

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO
DE CIÊNCIAS NATURAIS E MATEMÁTICA

MARA CRISTINA JULIO DE OLIVEIRA

**PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES:
UMA ABORDAGEM MULTICONTEXTUAL NA FORMAÇÃO DOCENTE**

NATAL
2022

Mara Cristina Julio de Oliveira

PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES:

UMA ABORDAGEM MULTICONTEXTUAL NA FORMAÇÃO DOCENTE

Texto apresentado à **Banca de Defesa** como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências Naturais e Matemática pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática do Centro de Ciências Exatas e da Terra da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Orientadora: **Profa. Dra. Juliana Mesquita Hidalgo Ferreira**

NATAL

2022

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Sistema de Bibliotecas - SISBI

Catálogo de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial Prof. Ronaldo Xavier de Arruda - CCET

Oliveira, Mara Cristina Julio de.

Princípio de Arquimedes: uma abordagem multicontextual na formação docente / Mara Cristina Julio de Oliveira. - 2022. 485f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Programa Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática. Natal, 2022.

Orientadora: Profa. Dra. Juliana Mesquita Hidalgo Ferreira.

1. História da ciência - Dissertação. 2. Natureza da ciência - Dissertação. 3. Pseudo-história - Dissertação. 4. Formação docente - Dissertação. 5. Princípio de Arquimedes - Dissertação. I. Ferreira, Juliana Mesquita Hidalgo. II. Título.

RN/UF/CCET

CDU 5(091)

Elaborado por Joseneide Ferreira Dantas - CRB-15/324

Mara Cristina Julio de Oliveira

PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES:

UMA ABORDAGEM MULTICONTEXTUAL NA FORMAÇÃO DOCENTE

Dissertação apresentada à **Banca de Defesa** como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências Naturais e Matemática pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática do Centro de Ciências Exatas e da Terra da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Profa. Dra. Juliana Mesquita Hidalgo Ferreira

PPGECNM – UFRN

Orientadora e Presidente

Prof. Dr. Alexsandro Pereira Lima

Escola de Ciências e Tecnologia (ECT) – UFRN

Examinador externo ao Programa

Prof. Dr. Milton Thiago Schivani Alves

PPGECNM-UFRN

Examinador interno ao Programa

Profa. Dra. Carolina Gual da Silva

UFRRJ

Examinadora externa à Instituição

NATAL

2022

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus que permitiu que tudo fosse possível, não somente nesses anos como universitária, mas em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais Rosângila e Paulo César (in memória) pelo apoio e incentivo que serviram de alicerce para as minhas realizações. À minha filha Nicole, que sempre esteve ao meu lado mesmo nas madrugadas de escritas. Ao meu marido Arlúcio pela compreensão, carinho e companheirismo. Aos meus irmãos Aline e Audren. Às minhas sobrinhas Esther e Ayla. De modo geral, a todos os meus familiares que torceram por mim próximos ou distantes.

À minha orientadora Juliana Hidalgo, pela orientação, apoio, confiança e valiosas contribuições dadas durante todo o processo. A todos os professores que tive o privilégio de ouvir durante toda a minha trajetória acadêmica.

Ao colaborador Daniel Queiroz, que sempre me socorreu nos momentos de aflição, tanto pelas palavras de alento e incentivo encorajador, como pelas suas valiosas contribuições para esse trabalho.

A todos os amigos que adquiri no curso de graduação e no mestrado, em especial Pablo Henrique, Heloísa Mariana e Cristiano Paiva, que compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos, sempre com o espírito colaborativo.

Aos irmãos que a vida me presenteou dentro e fora dos muros da universidade pela compreensão nos momentos de ausência.

Também agradeço à UFRN, que tem sido meu segundo lar, me proporcionando grandes realizações e aos seus funcionários, que contribuíram direta e indiretamente para o desenvolvimento desse trabalho.

Por fim agradeço a Maya, que foi inseparável, me apoiando sem dizer uma palavra, estando sempre ao meu lado trazendo seus brinquedos e pedindo colo.

“Todas as vitórias ocultam uma abdicação”.

Simone de Beauvoir

RESUMO

A introdução de discussões sobre a Natureza da Ciência para a alfabetização científica do estudante da Educação Básica vem sendo uma solicitação recorrente na legislação educacional, e a utilização da História da Ciência tem sido apontada como uma das possibilidades para essa inserção. Contudo, costuma-se observar uma acentuada deficiência nos materiais didático-pedagógicos, os quais não atendem a prescrições legais relativas à História da Ciência e à Natureza da Ciência e apresentam uma historiografia ultrapassada. O professor, cuja formação geralmente é deficiente nesses aspectos, não está preparado para identificar essas lacunas e atuar de modo a atenuá-las. Considerando esses dois aspectos, desenvolvemos um produto educacional para a formação inicial e continuada de professores de Física da Educação Básica. Trata-se de um material de apoio para curso de formação docente que propõe uma abordagem multicontextual para o Princípio de Arquimedes, abrangendo aspectos científicos, metacientíficos e pedagógicos. O material proposto contempla diversos objetivos. Busca inserir os docentes em formação em atividades de reflexão sobre aspectos da construção histórica do Princípio de Arquimedes a partir de fontes primárias e secundárias da História da Ciência. Mais particularmente, em termos históricos, tem como recorte o episódio envolvendo Arquimedes e a coroa do Rei Hieron de Siracusa. Procura aproximar licenciandos e professores em atuação da leitura de materiais acadêmicos acessíveis sobre o conteúdo físico específico e de interesse para o Ensino de Física. Propõe, ainda, a reflexão sobre a temática Natureza da Ciência e a sensibilização para a importância da utilização didática da História da Ciência por meio do estudo de trechos da legislação educacional e de editais do Programa Nacional do Livro Didático. Busca sensibilizar esse público a respeito da necessidade de avaliar as alusões a elementos históricos, narrativas e eventuais iniciativas de transposição didática da História da Ciência presentes nos livros didáticos. Considerando os referidos objetivos, a aplicação do produto educacional foi realizada em curso de extensão e teve como público-alvo professores atuantes e em formação, provenientes de diversas regiões do país, que o acompanharam de forma remota. Discutimos os resultados obtidos na aplicação, e, em decorrência do que se pôde notar, apresentamos sugestões a possíveis interessados na utilização do produto educacional.

Palavras-chave: História da Ciência; Natureza da Ciência; Pseudo-história; Formação Docente; Princípio de Arquimedes.

ABSTRACT

The introduction of discussions on the Nature of Science for the scientific literacy of Basic Education students has been a recurrent request in educational legislation, and the use of the History of Science has been pointed out as one of the possibilities for this insertion. However, it is customary to observe a marked deficiency in didactic-pedagogical materials, which do not meet the legal requirements related to the History of Science and the Nature of Science and present an outdated historiography. The teacher, whose training is generally deficient in these aspects, is not prepared to identify these gaps and act in a way to alleviate them. Considering these two aspects, we developed an educational product for the initial and continued training of Basic Education Physics teachers. It is a support material for a teacher training course that proposes a multi-contextual approach to Archimedes' Principle, covering scientific, meta-scientific and pedagogical aspects. The proposed material contemplates several objectives. It seeks to insert teachers in training in activities to reflect on aspects of the historical construction of Archimedes' Principle from primary and secondary sources in the History of Science. More particularly, in historical terms, its clipping is the episode involving Archimedes and the crown of King Hieron of Siracura. It seeks to bring together undergraduates and professors in the field of reading accessible academic materials on specific physical content and of interest to the Teaching of Physics. It also proposes reflection on the Nature of Science theme and raising awareness of the importance of didactic use of the History of Science through the study of excerpts from educational legislation and public notices from the National Textbook Program. It seeks to sensitize this audience about the need to evaluate allusions to historical elements, narratives and possible initiatives for the didactic transposition of the History of Science present in textbooks. Considering these objectives, the application of the educational product was carried out in an extension course and had as target audience active and in-training teachers from different regions of the country, who accompanied him remotely. We discussed the results obtained in the application, and, as a result of what was noticed, we presented suggestions to possible interested parties in the use of the educational product.

Keywords: History of Science; Nature of Science; Pseudohistory; Teacher Training; Principle of Archimedes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagem ilustrativa, baseada na geometria euclidiana, utilizada para explicar a Proposição 5 que trata da relação entre a densidade do corpo e do fluido no qual está inserido.	27
Figura 2: Balança hidrostática adaptada a partir do texto de Galileu – La Bilancetta, utilizada para auxiliar na compreensão de seu funcionamento.	32
Figura 3: Destaque para os quadrinhos com a fala do pato, após ser molhado pela entrada de Arquimedes na banheira, na versão em inglês e na tradução apresentada no exemplar de Yamamoto e Fuke (2016).	47
Figura 4: Imagem ilustrativa representando o famoso banho de Arquimedes, no qual ao adentrar na banheira ocorre o insight de como desvendar o mistério da coroa sem destruí-la. Observa-se que na imagem a banheira não está transbordando, ao contrário do que narra a versão de Vitruvius.	50
Figura 5: Etapas apresentadas no livro didático para conduzir o leitor através da (suposta) linha de raciocínio adotada por Arquimedes.	51
Figura 6: Retrato a óleo de Arquimedes, datado do século XVII, autoria de Giuseppe Nogari. Imagem ilustrativa do box com recorte biográfico sobre o filósofo.	52
Figura 7: Imagem de uma balança hidrostática datada do século XVII.	55
Figura 8: Imagem ilustrativa de experimento ilustrativo para o Teorema de Arquimedes.	56
Figura 9: Arquimedes, tela a óleo de Domenico Fetti, 1620.	64
Figura 10: Ilustração de Arquimedes sendo levado por seus escravos para o banho.	68
Figura 11: Ilustração representativa da citação anterior, trazida como exemplo para discussão apresentada no livro de Doca e colaboradores.	71
Figura 12: Esquema ilustrativo trazido no livro de Doca e colaboradores para verificação da lei do empuxo.	71
Figura 13: Paradoxo de Galileu: corpo flutuando em um recipiente, no qual não existe o volume de líquido requerido pelo enunciado usual do Princípio de Arquimedes.	112

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Visões ingênuas sobre a ciência. Organizado a partir de GIL-PÉREZ et al. (2001).....	41
Quadro 2: Alguns critérios adotados por Forato (2013) com base em Allchin (2004). 42	
Quadro 3: Exemplos analisados.....	43
Quadro 4: Síntese dos critérios utilizados para análise dos LD.....	44
Quadro 5: Cronograma do curso de extensão.....	80
Quadro 6: Questões norteadoras para leitura dos textos MARTINS, 2000 e SILVEIRA; MEDEIROS, 2009, disponibilizadas aos cursistas em 01/12/2020.....	85
Quadro 7: Questões norteadoras para leitura das fontes primárias,.....	87
Quadro 8: Divisão dos livros aprovados no PNLD 2018 entre os grupos.	89
Quadro 9: Orientações para análise dos livros didáticos, disponibilizadas aos cursistas em 05/12/2021.	90

LISTA DE SIGLAS

- BNCC** – Base Nacional Comum Curricular
- CELD** - Comissões Estaduais do Livro Didático
- CNLD** - Comissão Nacional do Livro Didático
- FAE** - Fundação de Assistência ao Estudante
- FENAME** - Fundação Nacional do Material Escolar
- HC** – História da Ciência
- HFC** – História e Filosofia da Ciência
- HQ** – História em Quadrinhos
- IFRN** – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
- INL** - Instituto Nacional do Livro
- LD** – Livro Didático
- MEC** – Ministério da Educação e Cultura
- NDC** – Natureza da Ciência
- PE** - Produto Educacional
- PLINDEF** - Programa do Livro Didático para Ensino Fundamental
- PNLD** - Programa Nacional do Livro Didático
- PNLEM** - Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio
- TCLE** – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	14
1.1 REFLEXÕES INICIAIS	14
1.2 OBJETIVO GERAL E DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL... 17	17
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4 JUSTIFICATIVA	19
CAPÍTULO 2 – PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES.....	22
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	22
2.2 O PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES	26
2.3 ARQUIMEDES E A COROA DO REI: A VERSÃO VITRUVIANA <i>VERSUS</i> A VERSÃO GALILEANA.....	28
CAPÍTULO 3 – ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS	37
3.1 O LIVRO DIDÁTICO E O PAPEL DA HFC NO ENSINO	37
3.2 PARÂMETROS UTILIZADOS NAS ANÁLISES	41
3.3 ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS – PNLD 2018.....	42
3.3.1 Física para o Ensino Médio, de Yamamoto e Fuke.....	45
3.3.2 Física: Contexto & Aplicações, de Luz, Álvares e Guimarães	48
3.3.3 Física – Ciência e Tecnologia, de Torres e colaboradores	51
3.3.4 Física aula por aula, de Barreto Filho e Silva	55
3.3.5 Física, de Guimarães, Piqueira e Carron	59
3.3.6 Ser Protagonista – Física, de Fukui, Molina e Venê	62
3.3.7 Física: Interação e Tecnologia, de Gonçalves Filho e Toscano	63
3.3.8 Física em Contextos, de Pietrocola e colaboradores	64
3.3.9 Física, de Bonjorno e colaboradores	66
3.3.10 Conexões com a Física, de Martini e colaboradores	68
3.3.11 Física, de Doca, Biscuola e Bôas	69
3.3.12 Compreendendo a Física, de Gaspar	72
3.4 COMENTÁRIOS ADICIONAIS SOBRE AS OBRAS DO PNLD 2018	73
CAPÍTULO 4 – O PRODUTO EDUCACIONAL E SUA APLICAÇÃO	76
4.1 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	76
4.2 BREVE DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO	78
4.3 CRONOGRAMA	80
4.4 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	81
4.4.1 ETAPA I - SÍNCRONA	81
4.4.2 ETAPA 2	85

4.4.3 ETAPA 3	87
4.4.4 ETAPA IV	88
4.4.5 ETAPA V - SÍNCRONA	91
4.4.6 ETAPA VI SÍNCRONA	92
CAPÍTULO 5: ANÁLISE DA APLICAÇÃO	94
5.1 METODOLOGIA E COLETA DE DADOS	94
5.2 ANÁLISE DOS ENCONTROS FORMATIVOS.....	97
5.2.1 ETAPA I (SÍNCRONA) – ENCONTRO I	98
5.2.2 ETAPA I (SÍNCRONA) – ENCONTRO II	100
5.2.3 ETAPA II.2 (SÍNCRONA) – ENCONTRO III	102
5.2.4 ETAPA III.2 (SÍNCRONA) – ENCONTRO IV	114
5.2.5 ETAPA IV E V (SÍNCRONA) – ENCONTROS V, VI E VII	118
CATEGORIA 1 – Visões de Ciência	119
CATEGORIA 2 – Historiografia.....	122
CATEGORIA 3 – Legislação Didática	127
CATEGORIA 4 – Conteúdo Histórico.....	128
CATEGORIA 5 – Episódio da Coroa	130
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	142
REFERÊNCIAS.....	146
APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL	151
APÊNDICE B - TCLE	152
APÊNDICE C – TRANSCRIÇÕES.....	156

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 REFLEXÕES INICIAIS

Todos nós já frequentamos o espaço de uma sala de aula. É fácil nos lembrarmos do(a) professor(a) ali na frente, falando e escrevendo na lousa, enquanto nós, estudantes, sentados nas nossas carteiras, ficávamos calados e copiávamos tudo. Esse modelo tradicional de aula deveria figurar somente nas lembranças das pessoas. No entanto, ainda está presente atualmente. Muito talvez se deva às exigências do ensino “conteudista” que se adota em boa parte das escolas, deixando os professores sempre preocupados em reproduzir em aula todo o conteúdo do livro didático. Seguindo esse modelo, muitos aspectos importantes são excluídos:

Numa aula de qualquer uma das disciplinas científicas no ensino médio, grande parte, e talvez até sua totalidade, da atenção didática dispensada pelo professor fica a cargo de conteúdos específicos compostos de conceitos e resultados prontos, deixando de lado importantes discussões históricas e filosóficas. Discussões estas que poderiam esclarecer alguns aspectos obscuros em certas teorias científicas, além de derrubar alguns dogmas muito comuns sobre a natureza da ciência. (SILVA; PAGLIARINI, 2008, p.2)

A citação anterior traz à tona a importância das discussões movidas pela introdução da temática Natureza da Ciência¹ (NDC), especialmente em abordagens histórico-filosóficas dos conteúdos das Ciências da Natureza - Física, Química e Biologia. Diversos autores argumentam a favor da inserção didática da História e da Filosofia da Ciência (MATTHEWS, 1995; DUARTE, 2004; SILVA; MOURA, 2008; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011). Contudo, como adverte Martins:

[...] tratar desses temas de História da Ciência é muito mais que citar nomes e datas. É um trabalho complexo, de esclarecer em profundidade os múltiplos aspectos e interrelações de cada episódio com seu contexto mais amplo. Apenas sob essa forma, a História da Ciência – ou qualquer outra História – pode ser realmente útil. (MARTINS, 1993, p. 78)

Essa perspectiva vai ao encontro do que sinaliza a legislação educacional vigente, a qual demonstra preocupação e cuidado em desenvolver nos alunos da Educação Básica uma consciência crítica por meio de contextualizações históricas, que não se restrinjam a cronologias

¹ A Natureza da Ciência (NDC) é um meta-conhecimento sobre a ciência, que surge de reflexões interdisciplinares a partir de filosofia, história e sociologia da ciência (ACEVEDO-DIAZ; GARCÍA-CARMONA, 2015, p.3).

do desenvolvimento da ciência. Por meio da História da Ciência (HC) pode-se apresentar os conhecimentos científicos “como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura (BRASIL, 2018, p. 550).

Ainda a respeito da contextualização histórica, pode-se entender a partir da BNCC que:

uma abordagem contextualizada deve contemplar elementos que permitam apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, oportunizando ao estudante a percepção da dinâmica da construção do conhecimento científico, por exemplo, por meio da comparação de explicações científicas distintas propostas em diferentes épocas. (HIDALGO; QUEIROZ; ANSELMO, 2021, p. 3)

Importante ressaltar que uma abordagem baseada na HC não pode ser reduzida a um relato mítico, pseudo-histórico, no qual o cientista costuma ser retratado de forma hagiográfica², consolidando visões ingênuas de ciência (GIL PÉREZ *et al.*, 2001; ALLCHIN, 2004). Dentre os propósitos de se utilizar a HC para fins didáticos, destaca-se a possibilidade de apresentar o processo de desenvolvimento de teorias e conceitos de modo relacionado aos contextos sociais, políticos e religiosos de diferentes épocas. Destaca-se também a possibilidade de abordar as relações entre os cientistas e a comunidade científica em processos de aceitação e refutação de teorias, bem como controvérsias.

Ao optar pela utilização de textos sobre episódios históricos nas disciplinas de Ciências da Natureza é importante que os professores estejam atentos a qual HC levarão para a sala de aula:

Assim, defende-se que conhecer alguns pressupostos básicos da historiografia pode auxiliar nos usos da HFC no ensino de ciência, contribuindo para uma leitura mais crítica das versões históricas presentes no ensino de ciências. Essas críticas às distorções da história presentes na educação científica devem-se menos a um preciosismo histórico em si, e voltam-se muito mais à preocupação sobre a visão de ciência que tais versões fomentam em professores e estudantes. (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011, p. 36)

Tal como a ciência, a historiografia da ciência também sofreu transformações ao longo do tempo. Dentre os pressupostos historiográficos atuais, está a defesa de uma narrativa

² Em sentido amplo, a hagiografia é geralmente definida como a biografia dos santos e mártires, ou de qualquer pessoa idealizada, de modo a se configurar como uma narrativa parcial a favor do biografado. Esse termo é utilizado para versões da HC que não apenas “santificam” um pensador “genial”, como omitem seus erros, desconsideram as contribuições anteriores ou de seus pares e apresentam suas conjecturas como um modelo idealizado de pensamento científico. Compondo a visão “santificada” de uma personagem, seus rivais são, não raro, ridicularizados de modo preconceituoso. (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011, p. 38)

diacrônica, que, ao contrário de uma narrativa anacrônica³, respeita as peculiaridades de cada época. Toma-se o tomando o cuidado de evitar juízos de valor a partir de comparações entre conhecimentos de contextos distintos. Evita-se a referência a conceitos do passado em linguagem atual, descontextualizada.

A utilização didática da HC não é trivial. Torna-se uma tarefa ainda mais complexa para aqueles professores que não estão familiarizados com ela. É importante o contato com a HC durante a formação docente, pois um professor não pode abordar aquilo que desconhece. Esse é um aspecto importante, se aliado a outros:

A chave, como em outros casos de ensino de ciências, está no treinamento que é dado aos professores e, associado a isso, em sua concepção do currículo de ciências da escola e implementação em sala de aula. (ACEVEDO-DIAZ; GARCÍA-CARMONA, 2015, p.8)

Professores sensibilizados em relação ao papel didático da HC estarão mais abertos à possibilidade de abordá-la no ensino básico, ainda que tenham pela frente desafios comumente citados pela literatura:

Alguns desses problemas, enfrentados por professores do nível médio, são também conhecidos dos pesquisadores da área: a falta de material pedagógico adequado, assim como as dificuldades de leitura e interpretação de texto por parte dos alunos. (MARTINS, 2007, p. 115-116)

Ao optarem por abordagens histórico-filosóficas devem estar preparados para escolher materiais de apoio adequados, condizentes com a historiografia atual e, conseqüentemente, com visões de ciência mais sofisticadas. De outro modo, a escolha de narrativas histórico-filosóficas apoiadas em pressupostos historiográficos ultrapassados pode implicar conseqüências negativas em termos educacionais:

Uma História da Ciência puramente internalista pode colaborar para uma visão de ciência neutra. A História da Ciência de cunho hagiográfico colabora para uma visão

³ “Anacronismo” consiste em olhar os fatos do passado com base no ponto de vista do presente, o que não raro leva a juízos de valor sobre o passado. Conforme historiadores da Escola dos Annales, Lucien Febvre (1878-1956) e Marc Bloch (1886-1956), o anacronismo seria o pior de todos os pecados do historiador, sendo um dever do historiador compreender os homens de acordo com a época em eles viveram. Mais recentemente, reflexões realizadas por autores como Nicole Lourax (1943-2003) lembram que o historiador é um ser histórico, de modo que só pode colocar ao passado questões do presente. O diálogo cuidadoso entre passado e presente se expressa no trabalho historiográfico, deixando-se de lado o que parecia ser uma “demonização” do anacronismo. Na análise registrada no Capítulo 3, muito se falará sobre anacronismo. No contexto didático, as alusões históricas precisam refletir cautela quando se referem a ações e ideias atribuídas a personagens do passado a fim de que considerações anacrônicas sejam evitadas. Por exemplo, é anacrônica a atribuição da versão atual do Princípio de Arquimedes ao personagem a quem esse princípio homenageia, sendo igualmente anacrônico afirmar que Arquimedes utilizou o termo empuxo. Contudo, isso não implica que conceitos ou definições atualmente correntes na ciência devam ser referidos segundo suas versões no passado. Ou seja, seria absurdo abolir o termo empuxo porque Arquimedes não o utilizou ou, ainda, exigir que o professor de Física ao explicar o referido Princípio utilize a demonstração geométrica euclidiana realizada por Arquimedes.

de ciência individualista e elitista. E, por sua vez, a indicação de que cada descoberta ocorre de forma repentina, em data pontual, se interliga a uma visão empirista-indutivista [...] Em contrapartida, a nova historiografia da ciência estabelece, por exemplo, a inadequação de uma história meramente cronológica, que se limita aos nomes de pensadores e às datas de seus "grandes feitos". Antes e diante desse exemplo, explora os contextos na busca de "atores coadjuvantes" que contribuíram com as produções científicas, situando a ciência como construção humana coletiva. (HIDALGO et al, 2018, p. 104)

Como identificar nos livros didáticos pseudo-histórias e narrativas históricas imersas em pressupostos historiográficos desatualizados e visões ingênuas sobre a ciência? Por outro lado, como identificar nos livros didáticos iniciativas de inserção didática de episódios históricos alinhadas à legislação educacional atual e adequadas do ponto de vista histórico-filosófico? Como agir, enquanto professor, diante das possibilidades notadas em relação a esses aspectos nos livros didáticos?

1.2 OBJETIVO GERAL E DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Esse trabalho tem como objetivo geral contribuir com um espaço para reflexões sobre os questionamentos supracitados na formação de licenciandos em Física. Utilizaremos como recorte o conteúdo físico “Princípio de Arquimedes” e, mais particularmente, em termos históricos, o episódio envolvendo Arquimedes e a coroa do Rei Hieron de Siracura. Pretende-se que os docentes em formação sejam apresentados a discussões multicontextuais sobre o referido recorte, contemplando aspectos científicos, metacientíficos e pedagógicos.

O produto educacional realizado contempla um curso de formação subsidiado por material de apoio de autoria própria, que pode servir como base para outras iniciativas de formação docente. Em um primeiro momento, os licenciandos participarão de discussões mediadas sobre pressupostos historiográficos atuais e visões de ciência, bem como serão levados à reflexão sobre trechos da legislação educacional e do edital 2018 do Programa Nacional do Livro Didático que fazem menção a aspectos histórico-filosóficos.

Em seguida, os licenciandos participarão da discussão mediadas sobre os artigos “Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos” e “O paradoxo hidrostático de Galileu e a lei de Arquimedes”, ambos publicados no Caderno Brasileiro de Ensino de Física (MARTINS, 2000; SILVEIRA; MEDEIROS, 2009).

Em segundo momento de fundamentação histórica, serão apresentados a trechos específicos da fonte primária⁴ *Sobre os corpos flutuantes*, de Arquimedes, que trazem a redação

⁴ Utilizamos aqui a expressão fonte primária como forma de identificar as traduções das obras de Arquimedes e Galileu. As fontes primárias (material da época estudada escrito pelos pesquisadores estudados) e fontes

original do que futuramente seria conhecido como o Princípio de Arquimedes. Outra fonte primária, o pequeno tratado *La Bilancetta*, de Galileu Galilei será lido pelos licenciandos para discussão mediada sobre uma alternativa à narrativa empirista-indutivista do episódio da descoberta do empuxo. Ambas as fontes primárias encontram-se traduzidas para o português e são de fácil acesso online⁵ (GALILEU, 1986; ASSIS, 1996).

A partir dessas etapas iniciais de formação, os licenciandos serão apresentados a trechos que trazem o conteúdo Princípio de Arquimedes, extraídos de cada um dos livros didáticos aprovados no PNLD 2018. Em grupos, deverão analisar os referidos trechos considerando os elementos provenientes das etapas formativas precedentes: aspectos histórico-filosóficos específicos, pressupostos historiográficos, visões de ciência, recomendações da legislação e do edital 2018 do PNLD.

Em momento subsequente, os grupos deverão socializar suas contribuições. Em discussão coletiva mediada, os docentes em formação participarão de reflexão sobre como proceder, enquanto professor, diante das possibilidades notadas em relação a esses aspectos nos livros didáticos.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos elegemos proporcionar ao professor em formação oportunidades de:

- Refletir sobre aspectos da construção histórica do Princípio de Arquimedes a partir de fontes primárias e secundárias da História da Ciência;
- Aproximar-se da leitura de materiais acadêmicos acessíveis de interesse para o Ensino de Física;
- Sensibilizar-se para a importância da utilização didática da HC por meio do estudo de trechos da legislação educacional e do edital do PNLD2018;
- Refletir sobre a temática Natureza da Ciência;
- Perceber aspectos multicontextuais (metacientíficos, científicos e pedagógicos) relacionados ao Princípio de Arquimedes;

secundárias (estudos historiográficos e obras de apoio a respeito do período e dos autores investigados) (MARTINS, 2005, p. 310) Obras originais não estão facilmente disponíveis, assim nos valem de suas traduções.

⁵Sobre os corpos flutuantes, tradução comentada de um texto de Arquimedes. Disponível em: [https://www.ifi.unicamp.br/~assis/Revista-SBHC-V16-p69-80\(1996\).pdf](https://www.ifi.unicamp.br/~assis/Revista-SBHC-V16-p69-80(1996).pdf). La Bilancetta - a pequena balança ou a balança hidrostática. Disponível em: <https://www.cle.unicamp.br/eprints/index.php/cadernos/article/view/1219>

- Sensibilizar-se a respeito da necessidade de avaliar as alusões a elementos históricos, narrativas e eventuais iniciativas de transposição didática da História da Ciência presentes nos livros didáticos.

1.4 JUSTIFICATIVA

A importância do estudo na vida do cidadão(ã) é inquestionável. É na escola que temos nossa primeira socialização com pessoas de fora do nosso ciclo familiar. Lá construímos vínculos de amizade. Abrimo-nos para novas descobertas, construímos conhecimentos, percebemos nossa afinidade em relação a determinadas disciplinas, temos direcionamentos sobre possíveis atividades profissionais, dentre outras inúmeras conquistas. Enfim, a escola é um elemento vital na formação e consolidação de características de cada indivíduo.

Para o Ensino Médio, o artigo 35 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB – Lei nº 9.394, de 1996) já determinava como objetivos:

- I. a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;
- II. a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
- III. o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;
- IV. a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina. (BRASIL, 1996, artigo 35)

Para contribuir com a evolução dos alunos quanto a esses aspectos, é importante que o professor se sinta confiante e tenha autonomia para lançar mão de materiais de apoio além do livro didático, inserindo em suas aulas: dinâmicas, discussões sobre os mais variados temas, simulações para tomadas de decisões.

Essa evolução tem início no Ensino Fundamental. Mais recentemente, a Base Nacional Comum Curricular traz orientações para que o ensino se constitua em um todo e não fragmentado:

Portanto, ao longo do Ensino Fundamental, a área de Ciências da Natureza tem um compromisso com o desenvolvimento do letramento científico que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico) [...] apreender ciência não é a finalidade última do letramento, mas, sim, o desenvolvimento da capacidade de atuação no e sobre o mundo, importante ao exercício pleno da cidadania. (BRASIL, 2018, p. 321)

Verifica-se, ao longo da leitura do texto educacional, a importância de que haja a promoção da compreensão sobre o conhecimento científico relacionando-o a diferentes tempos, espaços e culturas, respeitando-se a construção histórica deste conhecimento:

Compreender as Ciências da Natureza como empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico. (BRASIL, 2018, p. 324)

[...] a contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes de cientistas e a datas da história da Ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura. [...]. Ainda com relação à contextualização histórica, propõe-se, por exemplo, a comparação de distintas explicações científicas propostas em diferentes épocas e culturas e o reconhecimento dos limites explicativos das ciências, criando oportunidades para que os estudantes compreendam a dinâmica da construção do conhecimento científico. (BRASIL, 2018, p. 549-550)

A formação docente deve estar, então, alinhada a tais perspectivas, de modo que:

[...] a introdução da História da Ciência nos currículos dos cursos de licenciaturas poderá contribuir para aproximar a escola das exigências nascidas da contemporaneidade (FERREIRA; FERREIRA, 2010, p.12).

Um bom professor de uma disciplina científica deve combinar uma competência científica (dominar o conteúdo que vai lecionar) com uma competência didática. A História da Ciência pode contribuir para esses dois aspectos da formação de um professor, de modo significativo. (MARTINS, 1990, p.4)

[...] a HFC surge como uma necessidade formativa do professor, na medida em que pode contribuir para: [...] permitir uma compreensão mais refinada dos diversos aspectos envolvendo o processo de ensino aprendizagem da ciência; proporcionar uma intervenção mais qualificada em sala de aula. (MARTINS, 2007, p. 115)

A HFC também faz parte da necessidade formativa docente “na medida em que pode contribuir para: evitar visões distorcidas sobre o fazer científico” (MARTINS, 2007, p. 115). É um elemento fundamental para que o professor compreenda e possa colocar em prática recomendações presentes na Base Nacional Comum Curricular:

Destacamos aqui o que Gil-Pérez e colaboradores (2001) denominam visões deformadas de ciência:

- rígida e algorítmica – há um método científico único, infalível, universal, com etapas fixas para se produzir conhecimento científico livre de erros.
- empirista-indutivista e atórica – o processo de experimentação e observação são neutros, livre de carga teórica prévia. O conhecimento surge naturalmente do experimento, sem hipóteses orientadoras.

- aproblemática e ahistórica – o conhecimento é apresentado de maneira pronta e acabada; são omitidos os problemas que lhe deram origem;
- exclusivamente analítica – caráter simplificador, desconsidera que os conhecimentos estão interligados;
- acumulativa e de crescimento linear – ciência feita por acumulação, desconsidera as reformulações e rupturas profundas nos conhecimentos;
- individualista e elitista – o trabalho científico é produzido por gênios isolados;
- socialmente neutra – ignoram-se as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Esses autores advertiram sobre a importância de

[...] (re)conhecer as visões deformadas dos professores sobre o trabalho científico, para a partir daí poderem consciencializar e modificar as suas próprias concepções epistemológicas acerca da natureza da ciência e da construção do conhecimento científico. (GIL PEREZ et al, 2001, p.125)

Em face destes argumentos, identifica-se a importância de levar aos professores atuantes e em formação uma ciência contextualizada social e historicamente. É recomendável na formação docente o contato com a historiografia da ciência e com trechos (acessíveis) de fontes primárias da História da Ciência. A literatura voltada para a inserção didática de conteúdos histórico-filosóficos deve também tangenciar essa formação. É importante, ainda, que os profissionais tenham a oportunidade de refletir sobre a temática Natureza da Ciência e examinem suas próprias visões de ciência. De acordo com Gil-Perez e colaboradores (2001), muitas vezes visões ingênuas sobre a ciência, especialmente o empirismo-indutivismo, estão tão arraigadas nas concepções dos próprios professores que estes as transmitem inconscientemente para seus alunos.

Considerando a fragilidade na formação docente como um dos obstáculos relacionados à utilização didática da HC, visamos propiciar aos licenciandos (e, eventualmente, a professores atuantes na Educação Básica que possam se interessar pelo produto educacional proposto) um espaço formativo de reflexões que compreenda os objetivos previamente delimitados.

CAPÍTULO 2 – PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Não há quem resista a uma boa história, principalmente as que narram eventos fantásticos e feitos grandiosos realizados por pessoas além do normal. Muitos episódios históricos relacionados a descobertas científicas receberam um incremento quase teatral com o intuito de impactarem seus leitores e promoverem seus personagens. Seguindo esse raciocínio, muitas histórias fantásticas se propagaram e chegaram até os dias atuais tomadas como relatos verídicos.

Presos a essa rede imaginativa, muitos professores lançam mão dessas narrativas históricas romanceadas para despertarem interesse em seus alunos por conteúdos de disciplinas como Física, Química e Biologia. Porém, essas histórias mirabolantes pouco contribuem para o aprendizado com significado⁶ e, reforçam concepções inadequadas sobre a ciência. Fortalecem mitos e alimentam a ideia de que cientistas são pessoas predestinadas a grandes feitos e descobertas repentinas.

Na literatura podemos encontrar trabalhos que procuram desmistificar essas histórias e alertar os professores para suas implicações negativas em termos da compreensão da ciência (MEGID NETO; FRACALANZA, 2003; PAGLIARINI; SILVA, 2006; VIANA; PORTO, 2007; TAVARES; PRESTES, 2012; FORATO 2013). Episódios como a queda da maçã e a “descoberta” da gravidade por Newton ou o banho de Arquimedes e a “descoberta” do empuxo são exemplos de mitos à primeira vista inofensivos. Aparentemente, seguem esse entendimento livros didáticos que expressam alguma desconfiança em relação a essas narrativas, e mesmo assim optam por apresentá-las: “Há narrativas não confirmadas pelos historiadores que atribuem a Arquimedes alguns fatos famosos” (SAMPAIO; CALÇADA, 2008, p. 207).

Os mitos científicos são contestados por historiadores da ciência com base na interpretação de evidências históricas, bem como, em alguns casos, na inviabilidade das ocorrências do ponto de vista científico. O exemplo da narrativa sobre Arquimedes citada no comentário anterior, expresso em um livro didático de Física, deveria não figurar nesse tipo de

⁶ No sentido usado por Soares e Nobre (2017), uma “aprendizagem com significado” vai na contramão de uma abordagem centrada nas resoluções de exercícios em quantidade e repetições. Ao contrário, prioriza a qualidade e a análise de questões, propiciando um pensamento reflexivo do estudante.

obra também por inadequações de natureza conceitual física (MARTINS, 2000; MARTINS, 2006; PAGLIARINI; SILVA, 2006).⁷

É importante frisarmos ainda que:

[A] Pseudo-história transmite ideias falsas sobre o processo histórico da ciência e a natureza do conhecimento científico, mesmo quando baseada em fatos reconhecidos. Conta de forma fragmentada eventos históricos reais que omitem o contexto e podem enganar, mesmo quando pretendem mostrar como a ciência funciona. (ALLCHIN, 2004, p. 186)

As críticas às distorções da história presentes na educação científica devem-se menos a um preciosismo histórico em si, e voltam-se muito mais à preocupação sobre a visão de ciência que tais versões fomentam em professores e estudantes. (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011, p. 36)

[...] comum em ambiente escolar [...], ela [a pseudo-história] transmite e reforça as concepções deformadas sobre as ciências [...]. (FORATO, 2013, p. 1317).

Douglas Allchin (2003) se refere a mitos científicos como uma forma de narrativa com atributos e estilos próprios. Ele apresenta características inerentes à arquitetura desses mitos:

- monumentalidade – o cientista é retratado como uma pessoa plena de virtudes, sem falhas de caráter; uma “descoberta” historicamente gradual e dependente de vários indivíduos é atribuída a um único indivíduo que a realizou por meio de um *insight* repentino;
- idealização – simplificação dos fatos, reduzindo os eventos a uma linha do tempo que destaca contribuições positivas e omite tentativas falhas;
- drama efetivo – utilização de técnicas literárias para tornar a história mais atraente dando ênfase ao apelo emocional, favorecendo a memorização e a divulgação da narrativa mítica.
- caráter justificativo e explicativo – assim como nas fábulas a história tem uma moral, transmite-se um significado que justifica a autoridade da ciência.

As pseudo-histórias são relatos que se utilizam dos fatos científicos de forma seletiva, promovem imagens enganosas sobre a Natureza da Ciência, “romantizam” cientistas, inflam o

⁷ Na biologia temos, por exemplo, o episódio da “descoberta” da célula por Robert Hooke. O estudioso, ao pesquisar sobre propriedades da cortiça, se deparou com estruturas vazias as quais denominou *cellas*. Historiadores da ciência demonstram, porém, que ele não as compreendia no sentido de unidades formadoras dos seres vivos. A nomenclatura escolhida por Hooke não se referia à definição atual de célula (TAVARES; PRESTES, 2012). Na química, temos, por exemplo, a atribuição da teoria atômica isoladamente a John Dalton. Como demonstram os historiadores, essa perspectiva suprime os estudos anteriores a Dalton e as influências que este recebeu de Isaac Newton, Robert Boyle, Stephen Hales, Joseph Black, Joseph Priestley e Henry Cavendish. Pelo contrário, pode-se demonstrar, nesse caso, a cooperação na produção do conhecimento científico, por trás da atribuição do mérito da “descoberta” a um único indivíduo (VIANA; PORTO, 2007).

drama de suas descobertas e simplificam o processo da ciência. Costumam omitir o ambiente cultural ou social, as contingências humanas, as ideias antecedentes e alternativas. Nessas narrativas tem-se a impressão de que na ciência há uma aceitação acrítica de novos conceitos e conhecimentos.

A fim de que um professor sem grandes conhecimentos sobre HC possa identificar as características de uma pseudo-história, Allchin (2004) sumariza os seguintes sinais de alerta:

- relatos romantizados;
- personagens perfeitas;
- descobertas monumentais e individuais;
- *insight* tipo eureka;
- apenas experimentos cruciais são citados;
- senso do inevitável, trajetória óbvia;
- retórica da verdade *versus* ignorância;
- ausência de qualquer erro, interpretação aproblemática de evidências;
- simplificação generalizada de evidências;
- conclusões sem influências ideológicas.

Incentivando a formação do professor de modo a prepará-lo para identificar de forma autônoma as pseudo-histórias em materiais didáticos de apoio, a pesquisadora Thaís Forato (2013) implementou uma iniciativa embasada pelos referenciais desenvolvidos por Allchin sobre a pseudo-história. Sobre a intervenção na formação docente, a autora afirmou

Os estudantes [licenciandos] demonstravam melhor compreensão do problema da pseudo-história quando as deformações sobre a NDC eram discutidas em exemplos clássicos, como “a maçã de Newton”, a “eureka de Arquimedes”, a “descoberta da Penicilina”, etc. (FORATO, 2013, p. 1319)

É importante que discussões sobre a temática NDC estejam presentes na formação docente de modo que os licenciandos sejam sensibilizados quanto aos riscos representados por narrativas históricas eventualmente carregadas de visões ingênuas sobre a ciência. Essas costumam ser comuns em livros didáticos.

Os professores necessitam ter cuidado com armadilhas como utilizar pseudo-histórias que reforcem visões ingênuas sobre a ciência:

Às vezes os professores não estão cientes de sua falta de entendimento e usam a história da ciência numa tentativa para melhorar o ensino. No entanto, o tipo de história que eles usam é distorcida e simplificada, enfatizando os aspectos caricaturais dos cientistas, reforçando a ideia da existência de “gênios”, redução a nomes e datas,

transmitindo uma visão errada sobre o método científico. (PAGLIARINI; SILVA, 2006, p.1)

Para enfrentar esse problema, a intenção não é transformar professores da educação básica em historiadores, mas fornecer subsídios para que possam ter autonomia para selecionar criticamente materiais didáticos pertinentes ao conteúdo que pretendem abordar (ALLCHIN, 2004).

Igualmente, refletir sobre NDC pode colaborar para que os futuros professores identifiquem potencialidades em relação a essa temática em narrativas históricas bem construídas e propostas didáticas de cunho histórico-filosófico bem elaboradas. Afirma-se, por exemplo, que:

[...] a análise de episódios históricos permite a discussão sobre modelos de natureza da ciência envolvidos na produção do conhecimento científico. Isso favorece a compreensão do caráter dinâmico da construção da ciência, evidenciando que cada época e cada cultura adotaram critérios próprios para validar a construção do conhecimento. (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2011, p. 35)

Essa perspectiva é reforçada pela legislação educacional, de modo que a HC assume um papel importante nesse sentido.

No presente trabalho, buscamos desenvolver na formação docente aspectos intrinsecamente relacionados, com a percepção de mitos científicos, isto é, a identificação da pseudo-história e de visões ingênuas de ciência associadas. Adicionalmente, procuramos colaborar para uma percepção crítica da HC contida nos livros didáticos pelos docentes atuantes e em formação. Estimulamos a reflexão sobre como agir, enquanto professor, diante dos bons e maus exemplos de narrativas históricas, de alusões a aspectos históricos e de propostas didáticas de cunho histórico-filosófico identificadas nos livros didáticos de Física aprovados no Programa Nacional do Livro Didático edição 2018 (PNLD 2018).

Particularmente, dirigimos nossa atenção como recorte específico para o conteúdo científico “Princípio de Arquimedes”, ao qual frequentemente costuma ser associado o episódio histórico envolvendo Arquimedes e a coroa do Rei Hieron de Siracusa. Acerca desse episódio, duas versões costumam ser propagadas: a mítica vitruviana, fisicamente inviável e carregada de características de pseudo-história e a galileana, provinda de estudos de Galileu Galilei, reforçada por documentos históricos e coerente do ponto de vista físico.

A esse episódio histórico, muitos trabalhos acadêmicos têm sido dedicados nas últimas décadas. Em especial, podemos destacar o artigo “Arquimedes e a coroa do Rei: problemas históricos”, publicado no ano 2000. Seu autor, o historiador da ciência Roberto de Andrade Martins, contrapõe as duas já referidas narrativas. Esse artigo figura dentre os mais acessados

no Caderno Brasileiro de Ensino de Física e foi publicado também como capítulo de livro (MARTINS, 2000; MARTINS, 2005).⁸

Em 2009, Fernando Lang da Silveira e Alexandre Medeiros publicaram “O paradoxo hidrostático de Galileu e a Lei de Arquimedes” (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009). Os pesquisadores da área de Ensino de Física, estudiosos da inserção didática da HFC, demonstraram que o enunciado da Lei (ou Princípio) de Arquimedes precisaria ser reformulado, considerando condições específicas. Lang e Medeiros reforçaram as críticas às narrativas empiristas-indutivistas relacionadas a esse conteúdo da hidrostática.

Importante destacar, ainda, a tradução comentada do trabalho de Arquimedes, *Sobre os corpos flutuantes*, que traz em suas proposições a redação original do que conhecemos como Princípio de Arquimedes. Essa tradução, realizada pelo pesquisador André Koch Torres Assis, foi publicada em 1996 na Revista Brasileira de História da Ciência (ASSIS, 1996). Ainda em termos de fontes primárias relacionadas ao nosso recorte, o pequeno tratado *La Bilancetta*, de Galileu Galilei, foi traduzido para o vernáculo como *A pequena Balança* em edição de 1986 do Caderno de História e Filosofia da Ciência (GALILEI, 1986).

A partir da seção seguinte, abordaremos aspectos histórico-filosóficos relacionados ao Princípio de Arquimedes.

2.2 O PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES

O conceito físico envolvido na resolução do problema da coroa é o empuxo. Em livros didáticos atuais do ensino superior, encontramos o seguinte enunciado do princípio atribuído a Arquimedes:

Quando um corpo está total ou parcialmente submerso em um fluido uma força de empuxo \vec{F}_E exercida pelo fluido age sobre o corpo. A força é dirigida para cima e tem um módulo igual ao peso $m_f g$ do fluido deslocado pelo corpo. (HALLIDAY, 2008, p.66)

Em notação atual, o chamado “Princípio de Arquimedes” pode ser escrito matematicamente da seguinte forma,

$$\vec{F}_E = m_f g \quad (1)$$

onde m_f é a massa do fluido deslocado.

⁸ Um link a partir do site do Caderno Brasileiro de Ensino de Física mostra que o artigo de Martins está entre os 100 mais citados do periódico (https://scholar.google.com.br/citations?hl=pt-BR&btnA=1&user=J3_Bd00AAAAJ, acesso em 22 jul. 2020).

Sabemos que a construção do conhecimento científico se dá coletivamente ao longo da história. A redação do que atualmente chamamos Princípio de Arquimedes não foi obra de Arquimedes exclusivamente, embora esse pesquisador tenha tido um papel importante em sua configuração. Especula-se que a obra *Sobre os corpos flutuantes* tenha sido escrita por ele, em dois volumes, no ano de 250 a.C. Na forma de proposição inter-relacionadas, ele descreveu o que ficaria conhecido atualmente como Princípio de Arquimedes:

Proposição 5 Qualquer sólido mais leve do que um fluido ficará, caso colocado no fluido, submerso de tal forma que o peso do sólido será igual ao peso do fluido deslocado. [...]

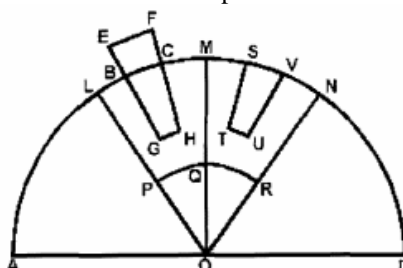
Proposição 6 Se um sólido mais leve do que um fluido for forçadamente submerso nele, o sólido será impelido para cima com uma força igual a diferença entre seu peso e o peso do fluido deslocado.

Proposição 7 Um sólido mais pesado do que um fluido descera, se colocado nele, ao fundo do fluido, e o sólido será, quando pesado no fluido, mais leve do que seu peso real pelo peso do fluido deslocado. (ASSIS, 1996, p. 74-75)

A construção introdutória sobre o empuxo realizada por Arquimedes foi influenciada por estudiosos como Euclides. Arquimedes não se valeu de experimentos em sua argumentação, isto é, esta não foi de natureza empírica. Ele usou a geometria euclidiana para demonstrar suas proposições, as quais se referem a conhecimentos fundamentais da hidrostática. Para a Proposição 5 foi apresentada a seguinte demonstração:

Pois seja o sólido EGHF e BGHC sua porção submersa quando o fluido está em repouso. Como na Prop. 3, conceba uma pirâmide com vértice O incluindo o sólido, e uma outra pirâmide com o mesmo vértice contínua com a primeira, sendo igual e similar a ela. Suponha uma porção do fluido STUV na base da segunda pirâmide sendo igual e similar à porção submersa do sólido; e seja a construção a mesma que na Prop.3. Então, como a pressão sobre as partes do fluido em PQ e QR têm de ser iguais para que o fluido possa permanecer em repouso, segue-se que o peso da porção STUV do fluido tem de ser igual ao peso do sólido EGHF. E a primeira porção é igual ao peso do fluido deslocado pela porção submersa do sólido BGHC (ASSIS, 1996, p. 74-75)

Figura 1: Imagem ilustrativa, baseada na geometria euclidiana, utilizada para explicar a Proposição 5 que trata da relação entre a densidade do corpo e do fluido no qual está inserido.



Fonte: ASSIS, 1996, p. 74

Não são notados nas proposições transcritas o termo empuxo e a formulação matemática que conhecemos. São elementos posteriores, derivados de uma construção histórica coletiva. Nas proposições são utilizadas as expressões “mais leve” e “mais pesado”, quando Arquimedes relaciona o corpo imerso ao líquido. Na época, o conceito de densidade não estava definido, embora já houvesse uma concepção incipiente a respeito.

Observa-se, ainda, que o próprio Arquimedes não fez referência ao episódio da coroa do Rei Hieron de Siracusa. O episódio foi relatado dois séculos depois, como veremos a seguir.

2.3 ARQUIMEDES E A COROA DO REI: A VERSÃO VITRUVIANA *VERSUS* A VERSÃO GALILEANA

A narrativa sobre o episódio da coroa do rei, largamente difundida em livros didáticos e na divulgação científica, deve-se a Marcus Vitruvius Pollio, arquiteto romano do século I a.C. Essa versão nos diz que:

Conta-se que Heron, rei da cidade grega Siracusa no século III a.C., mandou ao ourives da corte certa quantidade de ouro, para que ele lhe fizesse uma nova coroa. Quando recebeu a encomenda pronta, o rei desconfiou que parte do ouro fora substituída por prata, cujo valor já era bem menor naquela época. Heron tinha grande respeito por um dos maiores matemáticos que o mundo conheceu, Arquimedes [...]. Bem, foi a esse sábio que o rei pediu para verificar sua desconfiança em relação ao ourives. Diz a história que Arquimedes descobriu como resolver o problema no banho. Ao submergir na banheira, pensando na tarefa que o rei lhe confiara, sentiu-se mais leve e deduziu o que ficou conhecido como o princípio de Arquimedes: “Quando um corpo é mergulhado na água ele perde, em peso, uma quantidade que corresponde ao peso do volume de água que foi deslocado pela imersão do corpo”. Emocionado com a descoberta, Arquimedes teria saltado da banheira, saindo nu pelas ruas de Siracusa a gritar: “Eureka, eureka!”, que significa “encontrei, encontrei!” (BARCO, 1996)

A narrativa citada anteriormente traz, de modo emblemático, sinais de alerta para a confiabilidade da fonte, sobre os quais Allchin (2004) chama a atenção dos professores. Um dos sinais é denominado “*Eureka-type insight*” (ALLCHIN, 2004, p.193): a solução para um problema surge inesperadamente quando o interessado em resolvê-lo está realizando outra tarefa sem relação com o problema em questão.

Pelo relato, Arquimedes havia recebido a incumbência de descobrir se o ourives havia ou não misturado prata ao ouro para confeccionar a coroa. Teria que fazê-lo sem destruir o objeto. Ao banhar-se, facilmente percebeu, devido à sua genialidade, que o volume de água que transbordava da banheira equivalia ao volume do seu corpo que submergia na água.

A narrativa romantizada enfatiza a genialidade de Arquimedes e simplifica o processo de construção do conhecimento. O apelo literário busca prender a atenção do leitor destacando uma atitude inusitada do grego ao sair correndo nu pelas ruas da cidade. Com esse detalhe,

muitos leitores certamente irão se lembrar daquele “cientista” que, extasiado com a descoberta, teve uma atitude extravagante.

O episódio soa como uma anedota. Qualquer pessoa poderia questionar se o filósofo grego sairia mesmo nu correndo e gritando pelas ruas de uma cidade? O ourives teria coragem de roubar o ouro do rei?

Se houve questionamentos, estes não foram suficientes para pôr fim à disseminação dessa história mundialmente conhecida. O fato é que esse e outros contos míticos têm sofrido questionamentos acerca de sua veracidade e origem.

No artigo “Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos”, o historiador da ciência Roberto de Andrade Martins (2000) traz à tona fatos que vão contra o relato fantasioso e lançam luz sobre uma versão alternativa. Martins observa que Galileu Galilei, ainda no século XVII, já havia questionado a veracidade do relato vitruviano sobre o episódio.

Vitruvius assim havia descrito o procedimento técnico que teria sido executado por Arquimedes para desvendar a fraude do ourives:

[...] ele fabricou dois blocos de mesmo peso, igual ao da coroa, sendo um de ouro e o outro de prata. Feito isso, encheu de água até a borda um grande vaso, no qual mergulhou o bloco de prata. escoou-se uma quantidade de água igual ao volume imerso no vaso. Assim, depois de retirado o corpo, ele colocou de volta a água que faltava, medindo-a com um sextarius⁹, de tal modo que o nível voltou à borda, como inicialmente. Ele encontrou assim o peso de prata correspondente a uma quantidade determinada de água. Feita essa experiência, ele mergulhou, então, da mesma forma o corpo de ouro no vaso cheio, e depois de retirá-lo fez então sua medida seguindo um método semelhante: partindo da quantidade de água necessária, que não era igual e sim menor, encontrou em que proporção o corpo de ouro era menos volumoso do que o de prata, quando tinham pesos iguais. Em seguida, depois de ter enchido o vaso e mergulhado desta vez a coroa na mesma água, descobriu que havia escoado mais água para a coroa do que para o bloco de ouro de mesmo peso, e assim, partindo do fato de que fluía mais água no caso da coroa do que no do bloco, inferiu por seu raciocínio a mistura de prata ao ouro e tornou manifesto o furto do artesão (VITRUVIUS, De l'architecture, livro IX, preâmbulo, §§ 9-12, pp. 5-7 apud MARTINS, 2000, p.117-118).

O procedimento supostamente empregado por Arquimedes é descrito segundo uma visão empirista-indutivista. O conhecimento científico emerge instantaneamente da experimentação sem carga teórica prévia. O experimento tem caráter crucial.

Ao redigir a narrativa o romano teria como motivação o enaltecimento da figura de Arquimedes. Ele pode ter tido acesso a fragmentos de como Arquimedes resolveu a contenda e criou elementos para preencher as lacunas tomando para si a liberdade poética. Assim, a tão

⁹ O sextarius era uma medida romana de volume (0,547 litros, em valores atuais), cujo nome advinha do fato de ser equivalente a 1/6 do congius. O congius correspondia a aproximadamente um galão moderno. (MARTINS, 2000, p.118)

conhecida anedota em torno da questão de Arquimedes e a coroa do rei Hieron teria origem no relato vitruviano.

Martins (2000) traz informações que problematizam essa versão. Em termos contextuais, argumenta que Vitruvius não é uma fonte fidedigna por não ser coetâneo de Arquimedes. Dois séculos separam esses dois personagens. Um segundo ponto é levantado. À época de Arquimedes o escravo preparava o banho do senhorio, e, sendo assim, por qual razão encheria a banheira até a borda para que esta transbordasse quando alguém adentrasse? Isto aumentaria seu trabalho já que teria que secar o chão após o derramamento da água.

O historiador recorre a argumentos apoiados em conhecimentos físicos que contrariam a narrativa de Vitruvius. A técnica supostamente atribuída a Arquimedes apresenta problemas do ponto de vista físico. A tensão superficial da água, não considerada na narrativa, influenciaria o fenômeno em questão. O conhecimento sobre esse efeito não existia na época de Arquimedes, mas em termos atuais sabe-se que:

A tensão superficial surge nos líquidos como resultado do desequilíbrio entre as forças agindo sobre as moléculas da superfície em relação àquelas que se encontram no interior da solução. As moléculas de qualquer líquido localizadas na interface líquido - ar realizam um número menor de interações intermoleculares comparadas com as moléculas que se encontram no interior do líquido. A força resultante que atrai as moléculas da superfície de um líquido para o seu interior torna-se o principal obstáculo para a formação de bolhas, gotas e a nucleação de cristais em líquidos. Como estas forças de coesão tendem a diminuir a área superficial ocupada pelo líquido, observamos freqüentemente gotas adotarem a forma esférica. (ADAMSON; GAST, apud BEHRING et al, 2004, p. 492)

É possível que um objeto seja colocado no líquido, e ainda assim este não extravase. Dessa forma, a situação não era tão simples quanto Vitruvius a descreve.

Prosseguindo a argumentação de natureza física, Martins parte de considerações sobre as dimensões do recipiente necessário para imergir em água a coroa. Façamos uma aproximação matemática para o raciocínio apresentado pelo historiador. Supondo que a coroa pesasse 1000g e, sabendo que a densidade do ouro é de 19,28g/cm³, teríamos

$$densidade(d) = \frac{massa(m)}{volume(V)} \quad (2)$$

$$\frac{19,28g}{cm^3} = \frac{1000 g}{V} \rightarrow V = 51,86 \cong 52cm^3$$

Para uma coroa com 20 cm de diâmetro, o recipiente necessário teria uma área mínima de 314 cm², pois, para o círculo, $\text{área} = \pi R^2$. O cálculo para a subida do nível do líquido segue como

$$\text{volume}(V) = \text{área}(A) \cdot \text{altura}(h) \quad (3)$$

substituindo (2) em (3), temos

$$52\text{cm}^3 = 314\text{cm}^2 \cdot h \rightarrow h = 0,16\text{cm}$$

Então, para essas condições, a subida do nível da água seria de 0,16cm.

A prata possui a densidade de 10,5g/cm³. Podemos repetir os cálculos para uma liga de ouro e prata, considerando uma densidade média entre os dois metais de 14,89g/cm³. Isso nos daria o valor de 0,21cm para a elevação do nível da água com o objeto mergulhado. Valores tão diminutos, entre 0,1 e 0,2 cm, não poderiam ser medidos com precisão por Arquimedes. Fosse a coroa de ouro puro ou de uma mistura de ouro e prata, a subida do nível da água seria praticamente imperceptível. Os equipamentos de medição da época não eram capazes de mensurar com acurácia variações tão pequenas.¹⁰

Esse tipo de análise não é estritamente atual. Martins aponta que Galileu Galilei, em sua obra *A pequena Balança*, faz uma retomada desse episódio e afirma que a versão de Vitruvius é grosseira e pouco provável de ter sido executada (GALILEU, 1986). O estudioso renascentista buscou em obras antigas argumentos que o ajudassem a entender como Arquimedes havia obtido êxito em sua empreitada. Expôs, então, seus pensamentos em relação àquela técnica falha, demonstrando quão incomodado estava por ela ter sido atribuída a Arquimedes. Estudando outros trabalhos do grego chegou a um método que supunha ter sido o utilizado por ele:

Porém, o fato de eu saber que esse método era todo falho, faltando-lhe a precisão requerida nas coisas matemáticas, levou-me muitas vezes a cogitar sobre a maneira pela qual se pudesse descobrir, por meio da água e de modo rigoroso, a composição da liga de dois metais. E, finalmente, após haver cuidadosamente revisto o que Arquimedes demonstra nos seus tratados “Dos corpos que flutuam sobre a água” e “Dos corpos de mesmo peso”, me veio à mente um método que resolve o problema de maneira perfeita. Até acreditaria ser esse mesmo o método que usou Arquimedes, ao observar que, além de ser extremamente preciso, apoia-se em demonstração descobertas pelo próprio Arquimedes. (GALILEU, 1986, p.105)

¹⁰ A menor unidade de medida de comprimento na Roma Antiga corresponde a atuais 18 mm. Haveria dificuldade para medir valores da ordem de 1 e 2 mm.

Galileu fez uma descrição minuciosa de como teria realmente ocorrido a descoberta do furto. Para ele, Arquimedes teria recorrido a uma balança hidrostática para realizar “medidas de peso (e não de volume) para resolver o problema, utilizando aquilo que chamamos de princípio de Arquimedes: cada corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo igual ao peso do líquido deslocado” (MARTINS, 2000, p. 119).

Em *La Bilancetta*, Galileu começa sua explicação simplificando a demonstração complexa de Arquimedes sobre a flutuação de corpos sólidos:

[...] colocando, por exemplo, uma bola de ouro em água, se tal bola fosse de água não pesaria nada, já que a água na água não se move nem para baixo nem para cima. Em consequência, a bola de ouro pesa na água tanto quanto o peso do ouro excede o peso da água [...]. E tendo os metais diferentes pesos (específicos), os seus pesos na água diminuirão em diferentes proporções. (GALILEU, 1986, p.105-106)

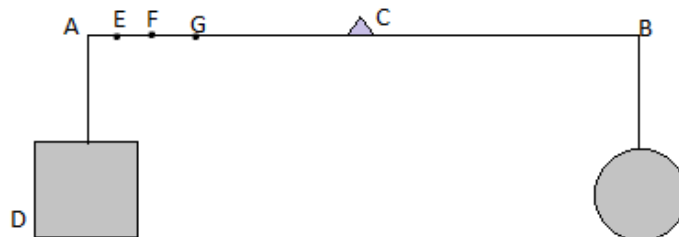
Em linguagem atual, dizemos que como o ouro e a prata possuem pesos específicos diferentes o peso aparente de cada metal também o será. Em um sistema em equilíbrio as forças peso e empuxo possuem sentido diferente e têm como resultante o peso aparente, ou seja, o peso aparente é a diferença entre o peso real (no ar) e o empuxo

(4)

$$peso_{ap} = peso - \overrightarrow{F_E}$$

O raciocínio de Galileu para explicar o procedimento da chamada “balança hidrostática” pode ser explicado com o auxílio da Figura 2. Temos uma balança cujo centro está em C. No braço B, tem-se uma porção de qualquer metal e, para manter o equilíbrio, é colocado no braço A um peso D de igual valor ao metal, pesado no ar. Quando o metal (em B) for submerso em água, a ação do empuxo promoverá um desequilíbrio na balança.

Figura 2: Balança hidrostática adaptada a partir do texto de Galileu – *La Bilancetta*, utilizada para auxiliar na compreensão de seu funcionamento.



Fonte: GALILEU, 1986.

Para que haja o equilíbrio, novamente, é necessário que o contrapeso D seja movido para a posição E, mais próxima de C: “[...] o peso do metal será tantas vezes maior que o da água (de mesmo volume) quantas vezes a distância CA for maior que AE.” (GALILEU, 1986, p.106). Assim, a distância AE corresponde ao empuxo que B recebe da água, ou seu peso específico.

Pensando especificamente, na questão da coroa Galileu prossegue

[...] o peso B seja de ouro e que, ao pesá-lo em água, o contrapeso precise ser levado até E; e, a seguir procedendo do mesmo modo com a prata pura, o contrapeso seja levado até F, [...] já que a prata é menos densa que o ouro. A diferença entre a distância AF e a distância AE será igual à diferença entre o peso (específico) do ouro e da prata. (GALILEI, 1986, p.106)

Este método permitiria não somente constatar a fraude, como também calcular a porcentagem de cada metal envolvido na mistura

Suponhamos, por exemplo, que a liga de ouro e prata esteja em B, equilibrada no ar pelo contrapeso D, e que, ao mergulhar a liga na água, esse contrapeso seja deslocado até G. Afirmo que (os pesos de) ouro e prata que compõem a liga estão entre si na mesma razão que as distâncias (respectivas) FG e GE. É preciso reparar que a distância GF, que termina no marco correspondente à prata, representará a quantidade de ouro; e a distância GE, que termina no marco ao ouro, representará a quantidade de prata; de modo que se FG for o dobro de GE, a liga constará de duas partes de ouro para uma correspondente de prata. (GALILEI, 1986, p.107)

Ao utilizar a balança hidrostática para determinar a fração de cada metal na liga, o pensador genovês explica que para a pesagem com o metal puro deve ser utilizado um fio finíssimo de aço no marco do metal e, nos intervalos determinados devem ser dadas voltas de um fio de latão também finíssimo para preenchê-los. Na Figura X, seriam colocados fios de aço nos pontos E, F e G, e os intervalos seriam preenchidos com voltas equidistantes do fio de latão. Para saber a proporção entre os metais bastaria contar o número de espiras em FG e GE, “[...] achando 40 voltas em FG e 21, por exemplo, em GE, direi que a liga é composta de 40 partes de ouro e 21 de prata.” (GALILEI, 1986, p. 107)

Nesse trabalho, Galileu explicita a ideia de que objetos com a mesma massa, e densidades diferentes têm volumes maiores quanto menor for a densidade. O objeto de maior volume, quando imerso em água, sofre um empuxo maior e, conseqüentemente, tem um peso aparente menor.

A versão apresentada por Galileu para a possível solução de Arquimedes para o problema da coroa é fisicamente mais consistente do que a versão narrada por Vitruvius. Além disso, a narrativa galileana é apoiada por documentos históricos encontrados muito posteriormente a Galileu. O poema intitulado *Carmen de ponderibus et mensuris*, proveniente

do século IV ou V d.C., relata o método da balança hidrostática e o atribui a Arquimedes (MARTINS, 2000).

Semelhantemente ao trabalho de Martins (2000), na tradução de Assis (1996) do tratado *Sobre os corpos flutuantes* são compartilhadas, em notas explicativas à Proposição 7, afirmações que reforçam a compatibilidade da narrativa galileana com o conhecimento expresso por Arquimedes em seus trabalhos. Assis também destaca que a narrativa de Galileu é corroborada por evidências históricas posteriores:

[...] esta proposição pode seguramente ser considerada como decisiva na questão de como Arquimedes determinou as proporções de ouro e prata contidas na famosa coroa. De fato, a proposição sugere o seguinte método [segue-se a demonstração segundo a versão galileana ...]. Este procedimento corresponde bem de perto àquele descrito no poema de ponderibus et mensuris (escrito provavelmente ao redor de 500 d. c.) com o objetivo de explicar o método de Arquimedes. A outra versão do método usado por Arquimedes é aquela dada por Vitruvius, de acordo com a qual ele mediu sucessivamente os volumes de fluido deslocados. (ASSIS, 1996, p. 76-77)

Observa-se que Galileu sustentou sua versão fisicamente consistente a partir de conhecimentos expressos nos próprios trabalhos de Arquimedes.

Outro aspecto relevante sobre o Princípio de Arquimedes pode ser citado a partir de trabalhos acadêmicos relativamente recentes. Como circunstância que demonstra a possibilidade de revisitação do próprio enunciado do Princípio de Arquimedes, Silveira e Medeiros (2009) publicaram o artigo “O Paradoxo Hidrostático de Galileu e a Lei de Arquimedes”, o qual se inspirou no trabalho de Joseph Snir (1991) sobre o Paradoxo Hidrostático de Galileu.

Para Silveira e Medeiros, a nomenclatura “Lei de Arquimedes” é mais coerente do que “Princípio de Arquimedes”. Um princípio se constitui em uma “proposição posta no início de uma dedução, não sendo deduzida de nenhuma outra no sistema considerado” (LALANDE, 1993, p. 861 *apud* SILVEIRA; MEDEIROS, 2009, p. 275). Não se trata de um Princípio, uma vez que o enunciado de Arquimedes pode ser reconhecido da Proposição 5, *deduzida* do Postulado I da obra *Sobre os corpos flutuantes*.

O artigo “O Paradoxo Hidrostático de Galileu e a Lei de Arquimedes” chama a atenção para a forma empirista-indutivista como a Lei de Arquimedes é apresentada em livros didáticos. Costuma-se afirmar a facilidade de “constatar” que o volume de água derramado de um recipiente equivale ao peso do corpo nele imerso. Silveira e Medeiros, em contraposição, lembram o chamado Paradoxo Hidrostático de Galileu, que consiste “na afirmação de que um corpo pode flutuar em um fluido mesmo quando o peso de fluido disponível é menor do que o peso do corpo”. (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009, p. 277)

Os autores recorrem a um exemplo que evidencia tal situação:

[...] uma lata de cerveja (cheia de cerveja) com volume aproximado de 350 ml e um recipiente contendo 230 ml de água (colorida com tinta amarela). Quando a lata flutua em água, [...] encontra-se quase que completamente imersa; assim sendo, segundo o enunciado usual da Lei de Arquimedes, deveria deslocar quase 350 ml de água. Apesar de não existir no recipiente esse volume, [...] mostra a lata flutuando. Assim, fica estabelecido um paradoxo em relação ao enunciado usual da Lei de Arquimedes, pois um corpo pode flutuar mesmo quando o volume de fluido é menor do que aquele que o corpo precisaria deslocar. (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009, p. 277)

São apresentadas três formas de se calcular o volume deslocado pelo corpo imerso no fluido: duas por meio da utilização da balança hidrostática e uma pela Lei de Stevin. Em decorrência da argumentação explicitada, apresenta-se uma possibilidade de redação para o Princípio de Arquimedes de modo a evitar que se recaia no Paradoxo Hidrostático identificado por Galileu:

[...] todo corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido contido em um volume idêntico ao volume submerso do corpo no fluido. (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009, p. 277)

Em suma, Silveira e Medeiros propõem alterar o enunciado do Princípio de Arquimedes, bem como sugerem a nomenclatura Lei de Arquimedes, por coerência epistemológica. Além disso, criticam o frequente viés empirista-indutivista notado nos livros didáticos, o qual se aproxima da narrativa vitruviana:

[...] a Lei de Arquimedes, da forma como costuma ser apresentada “experimentalmente” nos livros-texto, nos induz fatalmente a um erro de avaliação. A referida lei afirma que: “todo corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido por ele deslocado”. A principal peça de convencimento educacional comumente oferecida pelos livros didáticos de Física para que o aprendiz aceite a validade de tal afirmativa de Arquimedes é um “experimento” no qual um corpo é inicialmente colocado a flutuar em um vaso já repleto de água. No referido “experimento” – usualmente ilustrado nos livros – toda a água que extravasa do recipiente é recolhida e convenientemente pesada. O resultado mostra que o peso desta água deslocada é igual ao peso do corpo colocado a flutuar. O tal experimento parece convincente, a julgar pelo uso secular que os autores de livros didáticos de Física têm feito do mesmo [...]. [...] tal experimento tem sido assumido como uma peça de evidência válida, convincente e insofismável da referida Lei de Arquimedes, sem que se leve em conta que a justeza desse argumento já houvesse sido criticada no século XVII por Galileu [...] (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009, p. 276).

Como vimos, a versão do arquiteto romano Marcus Vitruvius, cuja utilização no ambiente educacional costuma ser apoiada por argumentos motivacionais, acaba simplificando o processo de construção da ciência. Ressalta visões ingênuas sobre a ciência, como o empirismo-indutivismo, e traz elementos que a identificam como uma pseudo-história. Trata-se de uma narrativa fisicamente inviável.

Sob a ótica vitruviana, Arquimedes teria sido uma pessoa excêntrica e esperta. Tomando por base essa narrativa do episódio, a construção da ciência decorreria de ideias brilhantes e repentinas de grandes gênios.

Galileu Galilei, por outro lado, não escondeu sua admiração pelo trabalho de Arquimedes, mas procurou descrever a metodologia utilizada por ele de forma bem fundamentada e coerente fisicamente. O genovês se sentiu incomodado com a narrativa de Vitruvius pela imprecisão física. Buscou nas obras do próprio Arquimedes informações que subsidiassem outra versão para o método aplicado para resolver a questão da coroa do rei Hieron.

Arquimedes contribuiu de várias formas com a ciência, em especial com a matemática e a física. Assim, merece mais consideração e não ser lembrado por um suposto episódio inusitado como correr nu e aos gritos pelas ruas de uma cidade.

Arquimedes foi um importante filósofo e matemático grego, que viveu entre os séculos 287 e 212 a.C., na cidade estado de Siracusa. Muito do que se sabe sobre a biografia de Arquimedes vem do relato de outros filósofos e historiadores antigos. Existem lacunas que impossibilitam uma cronologia adequada, o que se deve ao fato de que várias obras importantes do período greco-romano não foram conservadas (SOARES, 2014).

Há relatos de fragmentos de outras obras de Arquimedes e alguns manuscritos árabes mencionam outros títulos de trabalhos que seriam versões preliminares de produções conhecidas. Em nenhuma delas o episódio da coroa é abordado (SOARES, 2014).

Como explanamos anteriormente, Arquimedes contribuiu para a ciência com seus estudos e suas realizações têm sido utilizadas até os dias atuais. O conceito de empuxo, para o qual Arquimedes muito contribuiu, deveria ser apresentado no ensino de Física segundo uma abordagem contextualizada historicamente, apoiada em estudos confiáveis. Encerramos esse capítulo acreditando que tenham sido apresentados elementos suficientes para que o leitor compreenda a relevância desses apontamentos para o ensino de Física.

CAPÍTULO 3 – ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS

3.1 O LIVRO DIDÁTICO E O PAPEL DA HFC NO ENSINO

Recursos didáticos são materiais utilizados com o propósito de auxiliar no processo de ensino-aprendizagem. O professor deve ter autonomia para identificar quando e como aplicá-los. Segundo Castoldi e Polinarski:

Com a utilização de recursos didático-pedagógicos, pensa-se em preencher as lacunas que o ensino tradicional geralmente deixa, e com isso, além de expor o conteúdo de uma forma diferenciada, fazer dos alunos participantes do processo de aprendizagem. (2009, p. 685)

O livro didático exerce um papel importante no cenário da educação. Ele não é um recurso neutro. Sofre influências da economia, da política, dos interesses comerciais, da legislação e de outros fatores. Mas, qual o papel do livro didático dentro da sala de aula? Isso vai depender de quem se apropria dessa ferramenta e de como o faz.

É por meio do livro didático que os alunos costumam ser apresentados a conceitos científicos e “descobertas” da ciência. O que vemos na Educação Básica, geralmente, é o uso massivo do livro didático como objeto pronto para ser consumido como material de apoio ou recurso didático quase que exclusivo. Seria desejável que os estudantes realmente tirassem proveito do livro didático e não apenas o utilizassem para realizar exercícios ou memorizar conteúdo para as provas. Para os professores, este deveria servir de maneiras que superam a mera orientação da sequência de conteúdo a ser ministrada.

Choppin destaca que os livros didáticos,

[...] assumem, conjuntamente ou não, múltiplas funções: o estudo histórico mostra que os livros didáticos exercem quatro funções essenciais, que podem variar consideravelmente segundo o ambiente sociocultural, a época, as disciplinas, os níveis de ensino, os métodos e as formas de utilização.

1. Função referencial, também chamada de curricular ou programática, desde que existam programas de ensino: o livro didático é então apenas a fiel tradução do programa ou, quando se exerce o livre jogo da concorrência, uma de suas possíveis interpretações.

2. Função instrumental: o livro didático põe em prática métodos de aprendizagem, propõe exercícios ou atividades que, segundo o contexto, visam a facilitar a memorização dos conhecimentos, favorecer a aquisição de competências disciplinares ou transversais, a apropriação de habilidades, de métodos de análise ou de resolução de problemas etc.

3. Função ideológica e cultural: é a função mais antiga. A partir do século XIX, com a constituição dos estados nacionais e com o desenvolvimento, nesse contexto, dos principais sistemas educativos, o livro didático se afirmou como um dos vetores essenciais da língua, da cultura e dos valores das classes dirigentes[...].

4. Função documental: acredita-se que o livro didático pode fornecer, sem que sua leitura seja dirigida, um conjunto de documentos, textuais ou icônicos, cuja observação ou confrontação podem vir a desenvolver o espírito crítico do aluno. (2004, p. 552-553)

Para entendermos como esse artefato passou a desempenhar as referidas funções, vamos voltar um pouco na história e relembrar a trajetória do livro didático no Brasil. Segundo Silva (2012), com a criação do Colégio Pedro II no Rio de Janeiro, no século XIX, teve início a utilização sistêmica do livro didático. A classe privilegiada que frequentava o colégio tinha como modelo a cultura europeia. Assim, manuais franceses eram importados. Na era Vargas houve a proposta da política pedagógica nacionalista. Isto somado à crise econômica mundial que tornava a importação muito dispendiosa contribuiu para o desenvolvimento da produção didática no Brasil. Em 1938, surgiu a Comissão Nacional do Livro Didático (CNLD), que comandava as Comissões Estaduais do Livro Didático (CELD), responsáveis pelo controle político e ideológico na produção e distribuição do livro didático.

À época os livros eram utilizados por um longo período e seus autores não possuíam formação acadêmica específica. Eram figuras ilustres no meio intelectual. Esse cenário mudou no século XX, quando os autores passaram a ser professores com formação específica nas áreas sobre as quais escreviam. Devido à expansão escolar nos anos 1960, que abarcou estudantes com renda modesta, surgiu a necessidade de tornar o material didático mais acessível, o que levou o governo a subsidiar sua produção. Nos anos de 1970, a produção do livro didático passou a ser de responsabilidade do MEC em parceria do setor privado, através de recursos do Instituto Nacional do Livro (INL). Houve a criação do Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental (PLINDEF), que assumiu a coordenação administrativa e financeira desse processo.

Por meio do Decreto nº 77.107, de 04/02/1976, o governo comprou grande volume de livros para distribuir em escolas públicas. Com a extinção do INL, a FENAME (Fundação Nacional do Material Escolar) passou a ser responsável pelo programa do livro didático. Nessa época, a maior parte das escolas municipais foi excluída do programa devido à falta de recursos. Em 1983, a FENAME foi substituída pela Fundação de Assistência ao Estudante (FAE) que passou a agregar o PLINDEF. Os gestores, então, propuseram a ampliação do programa e a participação dos professores na escolha dos livros.

Em 1985, foi criado o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD)¹¹ por meio do Decreto nº 91.542, de 19 de agosto de 1985, em substituição ao PLINDEF:

Art. 2º. O Programa Nacional do Livro Didático será desenvolvido com a participação dos professores do ensino de 1º Grau, mediante análise e indicação dos títulos dos livros a serem adotados.

¹¹ Para maiores informações sobre a evolução histórica das políticas relacionadas ao livro didático, pode-se consultar: < <http://www.fnde.gov.br/> >

§ 1º A seleção far-se-á escola, série e componente curricular, devendo atender às peculiaridades regionais do País.

§ 2º Os professores procederão a permanentes avaliações dos livros adotados, de modo a aprimorar o processo de seleção.

Art. 3º. Constitui requisito para o desenvolvimento do Programa, de que trata este Decreto, a adoção de livros reutilizáveis.

§ 1º Para os efeitos deste artigo, deverá ser considerada a possibilidade da utilização dos livros nos anos subseqüentes à sua distribuição, bem como a qualidade técnica do material empregado e o seu acabamento.

§ 2º A reutilização deverá permitir progressiva constituição de bancos de livros didáticos, estimulando-se seu uso e conservação.

Art. 4º. A execução do Programa Nacional do Livro Didático competirá ao Ministério da Educação, através da Fundação de Assistência ao Estudante - FAE, que deverá atuar em articulação com as Secretarias de Educação dos Estados, Distrito Federal e Territórios, e com órgãos municipais de ensino, além de associações comunitárias.

Parágrafo único. A execução prevista neste artigo compreenderá a seleção final, a aquisição e a distribuição do livro didático às escolas da rede pública de ensino de 1º Grau, bem, como atividades de acompanhamento e controle do Programa.

Art. 5º. A secretaria de Ensino de 1º e 2º Graus - SEPS, do Ministério da Educação, responderá pela formulação, supervisão e avaliação da Política do livro didático (BRASIL, 1985, p. 12178)

Em 2003, o PNLD foi ampliado para o ensino médio pela Resolução CD FNDE nº 38, a qual instituiu o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM).

Dado o seu protagonismo, o livro didático começou a passar por um processo seletivo em face das normas regulamentadoras do PNLD. Afinal, a escolha do “livro didático pode interferir em diversas dimensões da experiência escolar, por exemplo: na seleção de tópicos a serem abordados; nos enfoques historiográficos e filosóficos [...]” (SCHIVANI et al., 2020, p. 9).

Particularmente, no contexto da presente dissertação de mestrado, nos interessam indicadores avaliativos relacionados à História da Ciência, dentre outros muitos aspectos contemplados pelos editais do PNLD. Em um dos mais recentes editais direcionados para a escolha de livros didáticos, lê-se:

Favorece o reconhecimento da ciência como o conjunto de conhecimentos sistematizados, produzidos socialmente ao longo da história, na busca da compreensão e transformação da natureza e da sociedade (BRASIL, 2015, p. 22).

Contempla a História da Ciência articulada aos assuntos desenvolvidos, evitando reduzi-la a cronologias, biografias de cientistas ou a descobertas isoladas (BRASIL, 2015, p. 23).

É fundamental a atenção ao conteúdo histórico-filosófico exposto no livro didático. Este exerce um papel importante no cenário da educação, sendo muitas vezes o único instrumento de apoio ao professor em sala de aula, norteando sequências de conteúdo e atividades (FRISON et al 2009; SILVA, 2010).

A inclusão da HFC vem sendo largamente defendida como forma de propiciar ao estudante uma formação de qualidade visando o desenvolvimento de sua visão crítica sobre a ciência. Para Matthews, a HFC:

[...](1) motiva e atrai os alunos; (2) humaniza a matéria; (3) promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento; (4) há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência -a Revolução Científica, o darwinismo, etc.; (5) demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que (6) se opõem a ideologia cientificista; e, finalmente, (7) a história permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente. (1995, p.172-173)

Em especial para a Educação Básica, Lilian Martins nos diz que a História da Ciência pode contribuir para

- a) mostrar através de episódios históricos o processo gradativo e lento de construção do conhecimento, permitindo que se tenha uma visão mais concreta da natureza real da ciência, seus métodos, suas limitações. Isto possibilitará a formação de um espírito crítico fazendo com que o conhecimento científico seja desmitificado sem, entretanto, ser destituído de valor.
- b) A História da Ciência mostra, através de episódios históricos, que ocorreu um processo lento de desenvolvimento de conceitos até se chegar às concepções aceitas atualmente. Isso pode facilitar o aprendizado do próprio conteúdo científico que estiver sendo trabalhado. O educando perceberá que suas dúvidas são perfeitamente cabíveis em relação a conceitos que levaram tanto tempo para serem estabelecidos e que foram tão difíceis de atingir.
- c) Através da História da Ciência o educando irá perceber que a aceitação e o ataque a alguma proposta não dependem apenas de seu valor intrínseco, de sua fundamentação, mas que também nesse processo estão envolvidas outras forças tais como as sociais, políticas, filosóficas ou religiosas. (1988, p. 18)

É reconhecida a importância da HFC no processo de ensino-aprendizagem, mas o que acontece quando episódios históricos são retratados na forma de anedotas ou carregam consigo traços de uma historiografia imersa em visões ingênuas sobre a ciência?

Narrativas históricas distorcidas dão sustentação a visões de senso comum sobre a ciência, que são baseadas em concepções empírico-indutivistas e passam a ideia de que a ciência seria composta de verdades inquestionáveis. (SILVA; PAGLIARINI, 2008, p.3)

Não basta, portanto, que os conteúdos histórico-filosóficos estejam presentes. É necessário que o material de apoio utilizado pelo professor seja fundamentado em pilares da historiografia atual, embasado por documentos históricos, representando uma transposição didática¹² cuidadosa e adequada a partir de trabalhos acadêmicos qualificados de pesquisa em História da Ciência. É importante que o professor tenha um conhecimento adequado sobre os

¹² Usamos a expressão “transposição didática” para a HFC no sentido de FORATO; PIETROCOLA; MARTINS (2011).

referidos aspectos, evitando colaborar com a perpetuação de pseudo-histórias e de visões ingênuas sobre a ciência.¹³

Qual História da Ciência tem chegado ao estudante brasileiro nos livros didáticos utilizados pelos professores? No caso do Princípio de Arquimedes, conteúdo físico selecionado como recorte na presente dissertação, o se nota nos livros didáticos brasileiros da Educação Básica? Uma vez que o livro didático tem um papel de destaque no contexto educacional é conveniente analisarmos como o Princípio de Arquimedes está presente nos exemplares aprovados no PNLD 2018.

3.2 PARÂMETROS UTILIZADOS NAS ANÁLISES

Em busca de informações sobre como o Princípio de Arquimedes tem figurado em materiais didáticos utilizados pelos professores, realizamos uma análise minuciosa de livros de Física do 1º ano do Ensino Médio aprovados pelo PNLD 2018.

Consideramos os parâmetros estabelecidos por Gil-Pérez e colaboradores (2001) para identificar visões ingênuas de ciência. Motivados por estudos que mostravam a presença de uma compreensão distorcida sobre a ciência nos diferentes níveis de educação, os autores identificaram no contexto escolar visões ingênuas e estereótipos sobre a ciência muitas vezes reforçados pela educação tradicional. Dentre as visões assinaladas pelos autores, levaremos em conta as dispostas no quadro 1, dada à pertinência das mesmas face ao exemplo proposto para análise.

Quadro 1: Visões ingênuas sobre a ciência. Organizado a partir de GIL-PÉREZ et al. (2001).

Visão	Definição
Empirista-indutivista e ateórica	O conhecimento emerge por indução a partir dos experimentos. Desconsidera a carga teórica prévia e esforços interpretativos.
Rígida e algorítmica	Persevera a ideia de um método científico único, universal, composto por etapas fixas.
Aproblemática e ahistórica	Desconsidera contextos, problemas e questionamentos que deram origem aos conhecimentos científicos.
Acumulativa e de crescimento linear	Destaca uma ciência feita por acumulação, desconsidera as reformulações e rupturas profundas nos conhecimentos.
Individualista	Considera que a ciência é realizada por gênios isolados.
Socialmente neutra	A ciência se desenvolve à parte da sociedade.

Fonte: baseado em GIL-PÉREZ et al (2001).

¹³ Há uma preocupação especial com professores em formação. Forato, Bagdonas e Testoni (2017, p. 3511) argumentam “que o estudo de diferentes episódios históricos pode contextualizar discussões sobre diversos aspectos da natureza da ciência (NDC), problematizando visões essencialistas e promovendo visões melhor informadas na formação de professores”.

Recorremos também a indicativos sinalizados por Allchin (2004) para a percepção da presença de pseudo-história. O autor aponta que a:

Pseudo-história transmite ideias falsas sobre o processo histórico da ciência e a natureza do conhecimento científico, mesmo que baseado em fatos reconhecidos. Contos fragmentados de eventos históricos reais que omitem o contexto podem enganar, mesmo quando pretendendo mostrar como a ciência funciona. Por exemplo, um conto romantizado de uma descoberta pode enfatizar as contribuições de um indivíduo, minimizar o papel dos erros acidentais, simplificar o processo investigativo, disfarçar motivações menos nobres, ocultar o efeito de valores pessoais ou culturais [...]. Eles transformam a ciência real em uma ciência imaginária idealizada. Esta história enganosa seletiva disfarçada de história responsável é justamente chamada de pseudo-história (ALLCHIN, 2004, p.186).

As pseudo-histórias costumam desconsiderar o ambiente cultural e social, as contingências humanas, as ideias antecedentes e alternativas. Essas narrativas trazem a aceitação acrítica de novos conceitos. Não parece haver controvérsias na História da Ciência. O referencial teórico proposto por Allchin vem sendo usados por pesquisadores engajados na inserção didática da História e Filosofia da Ciência, como Forato (2013), para a identificação da pseudo-história em textos didáticos (vide Quadro 2)

Quadro 2: Alguns critérios adotados por Forato (2013) com base em Allchin (2004).

Indício	Definição
Relatos romantizados e descobertas monumentais	Exageros nas narrativas
Descobertas essencialmente individuais	Não considera o trabalho coletivo
<i>Insight</i> tipo eureka	Descobertas ao acaso sem esforço e dedicação
Apenas experimentos cruciais	Experimentos pontuais, definitivos, que não deixam margem para dúvidas
Ausência de qualquer erro	Pesquisadores realizam trabalhos perfeitos, sem falhas
Interpretação aproblemática, simplificação generalizada das evidências	Evidências claras, óbvias, desconsidera divergências, multiplicidade de interpretações, tentativas, erros, dificuldades

Fonte: Baseado em FORATO, 2013.

Nas seções subsequentes, apresentaremos a análise de todos os livros de Física aprovados no PNLD 2018.

3.3 ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS – PNLD 2018

O conteúdo físico empuxo e o Princípio de Arquimedes são ministrados na 1ª série do Ensino Médio. Esses temas são contemplados no primeiro volume de cada uma das coleções

aprovadas no PNLD 2018, em capítulos dedicados à hidroestática e à hidrodinâmica. As referências das obras analisadas encontram-se no Quadro 3.

Quadro 3: Exemplares analisados.

REFERÊNCIAS
YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luís Felipe. <i>Física para o ensino médio</i> . 4ª ed., São Paulo: Saraiva, 2016, V1
LUZ, Antonio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga; GUIMARÃES, Carla da Costa. <i>Física Contexto e Aplicações</i> . 2ª ed. São Paulo: Scipione, 2016, V1
TORRES, Carlos Magno A.; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo; PENTEADO, Paulo Cesar Martins. <i>Física Ciência e Tecnologia</i> . 4ª ed., São Paulo: Moderna, 2016, V1.
BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Cláudio Xavier. <i>Física aula por aula</i> . 3ª ed., São Paulo: FTD, 2016, V1
GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Pereira; CARRON, Wilson. <i>Física para o ensino médio</i> . 2ª ed., São Paulo: Ática, 2016, V1
FUKUI, Ana; MOLINA, Madson de Melo; VENÊ. <i>Ser Protagonista</i> . 3ª ed., São Paulo: SM, 2016, V1
GONÇALVES FILHO, Aurélio; TOSCANO, Carlos. <i>Física Interação e Tecnologia</i> . 2ª ed., São Paulo: Leya, 2016, V1.
PIETROCOLA, Maurício; POGIBIN, Alexander; ANDRADE, Renata; ROMERO, Talita Raquel. <i>Física em contextos</i> . São Paulo: Editora Brasil, 2016, V1
BONJORNO, José Roberto; RAMOS, Clinton Marcico; PRADO, Eduardo de Pinho; BONJORNO, Valter; BONJORNO, Mariza Azzolini; CASEMIRO, Renato; BONJORNO, Regina de Fátima Souza Azenha. <i>Física para o ensino médio</i> . 3ª ed., São Paulo: FTD, 2016, V1
MARTINI, Glorinha; SPINELLI, Walter; REIS, Hugo Carneiro; <i>Conexões com a Física</i> . 3ª ed., São Paulo: Moderna, 2016, V1
DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Villas. <i>Física para o ensino médio</i> . 3ª ed., São Paulo: Saraiva, 2016, V1.
GASPAR, Alberto. <i>Compreendendo a Física</i> . 3ª ed., São Paulo: Ática, 2017, V1

Fonte: própria

A seguir, analisamos como o Princípio de Arquimedes é apresentado em cada um dos exemplares. Tomamos como base critérios advindos dos referenciais teóricos mencionados previamente: visões de ciência e indícios de pseudo-história. Observamos, ainda, se os exemplares contemplam narrativas sobre o episódio de Arquimedes e a coroa do Rei Hieron e, para os casos afirmativos, utilizamos estudos historiográficos recentes para avaliá-las. Buscamos notar eventuais impactos das discussões acadêmicas sobre esse episódio e o Princípio de Arquimedes. Analisamos os exemplares à luz das indicações da legislação educacional para a inserção didática da HFC.

Quadro 4: Síntese dos critérios utilizados para análise dos LD.

Critérios para análise dos LD	
Visões ingênuas de Ciência	Empirista-indutivista e ateórica Rígida e algorítmica Aproblemática e ahistórica Acumulativa e de crescimento linear Individualista Socialmente neutra
Indícios de pseudo-história	Relatos romantizados Descobertas monumentais e individuais <i>Insight</i> tipo eureka Apenas experimentos cruciais Ausência de qualquer erro Interpretação aproblemática, simplificação generalizada das evidências
Historiografia	História estritamente cronológica História Pedigree Hagiografia Anacronismo Diacronismo Internalismo Externalismo História Whig
Legislação Didática	Equilíbrio entre produto do conhecimento e processo de desenvolvimento da ciência Rejeição à HC estritamente cronológica Rejeição a biografias tipo hagiográficas/apologéticas Apresentação de fórmulas acompanhadas de referências ao seu desenvolvimento histórico Apresentação da ciência como construção humana, mutável, contextualizada historicamente, etc.
Episódio Histórico	O trecho traz a pseudo-história de Vitruvius sobre o episódio de Arquimedes? O trecho traz a versão de Galileu para o episódio? Como o episódio da coroa do rei se apresenta?
Enunciado do Princípio <i>versus</i> fonte histórica	O que é atribuído a Arquimedes? Comparação do enunciado do Princípio de Arquimedes no livro didático às proposições de Arquimedes

Fonte: própria.

3.3.1 Física para o Ensino Médio, de Yamamoto e Fuke

Ao abordarem o conceito de empuxo, os autores Yamamoto e Fuke apresentam como exemplo a hidroginástica. Ressaltam que os praticantes dessa modalidade esportiva aquática obtêm, devido ao empuxo, a vantagem de minimizar efeitos danosos (lesões na coluna, tendões, meniscos etc.) decorrentes de outros esportes realizados no solo. No exemplar, a imagem de um *iceberg* é seguida de questionamentos:

Mas o que provoca a redução aparente do peso de uma pessoa ou qualquer outro corpo imerso na água? Ou, ainda, por que um iceberg flutua nos mares gelados, com cerca de 90% de seu volume submerso? (YAMAMOTO; FUKU, 2016, p. 277)

Os questionamentos ensejam a apresentação do Princípio de Arquimedes. De forma positiva, indicam que o princípio é conhecido pela humanidade há muito tempo, embora sua nomenclatura seja posterior: “um princípio físico estudado desde os tempos da Grécia antiga, hoje denominado Princípio de Arquimedes” (YAMAMOTO; FUKU, 2016, p. 277). Outra indicação de cunho histórico é citada:

Naquela época, Arquimedes chegou à conclusão de que todo corpo imerso total ou parcialmente em um fluido em equilíbrio acaba sofrendo uma força, aplicada por este, com direção vertical, sentido voltado para cima e módulo igual ao peso da parte fluida deslocada. A essa força deu-se o nome de empuxo. (YAMAMOTO; FUKU, 2016, p. 277)

Na citação transcrita anteriormente percebe-se uma narrativa individualista sobre a produção do conhecimento, o qual é exclusivamente atribuído a Arquimedes. Nessa passagem, não há referência a motivações para os estudos de Arquimedes ou ao contexto de suas contribuições, o que tangencia uma visão de ciência ahistórica e neutra. Naquilo que é explicitamente atribuído a Arquimedes observa-se o uso de termos posteriores ao pensador, tais como empuxo e fluido, e a referência a elementos vetoriais não presentes em sua obra original, de modo que o trecho destacado anteriormente tem caráter anacrônico.

Na versão do professor os autores trazem uma nota na qual indicam um *link* para acesso a um artigo veiculado pelo Caderno Brasileiro de Ensino de Física em 2009. Trata-se do artigo de Fernando Lang da Silveira e Alexandre Medeiros, “O paradoxo hidrostático de Galileu e a Lei de Arquimedes”.

Silveira e Medeiros demonstram que a lei de Arquimedes é apresentada de forma inadequada em livros didáticos, os quais contribuem enormemente para a promoção da cultura empirista-indutivista.

[...]a Lei de Arquimedes, da forma como costuma ser apresentada “experimentalmente” nos livros-texto, nos induz fatalmente a um erro de avaliação. [...] A principal peça de convencimento educacional comumente oferecida pelos livros didáticos de Física para que o aprendiz aceite a validade de tal afirmativa de Arquimedes é um “experimento” no qual um corpo é inicialmente colocado a flutuar em um vaso já repleto de água. No referido “experimento” – usualmente ilustrado nos livros – toda a água que extravasa do recipiente é recolhida e convenientemente pesada. O resultado mostra que o peso desta água deslocada é igual ao peso do corpo colocado a flutuar. [...] tal experimento tem sido assumido como uma peça de evidência válida, convincente e insofismável da referida Lei de Arquimedes, sem que se leve em conta que a justeza deste argumento já houvesse sido criticada no século XVII por Galileu. (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009, p. 276).

Silveira e Medeiros argumentam contrariamente ao empirismo-indutivismo de forma contundente com base na obra de Galileu sobre a balança hidrostática e na obra *Sobre os corpos flutuantes* do próprio Arquimedes.

O fato de Yamamoto e Fuke indicarem ao professor o artigo de Silveira e Medeiros demonstra que possuem conhecimento da discussão galileana sobre a balança hidrostática, e estão cientes das críticas às narrativas empiristas-indutivistas relacionadas ao empuxo. No entanto, mesmo tendo à sua disposição tão rico material acadêmico, Yamamoto e Fuke optaram por não fazerem uso dele. Ao invés disso, transferiram ao professor qualquer iniciativa concreta a esse respeito, acenando com uma nota simples e pouco chamativa. Desprovida de maiores apontamentos, essa indicação não contribui para que o professor perceba a relevância da discussão apresentada no *link* e a sua contraposição ao conteúdo apresentado pelo próprio livro didático.

É inquestionável que o enunciado tradicional da Lei de Arquimedes está equivocado. [...] Evidencia-se um erro na formulação usual da Lei de Arquimedes no Paradoxo Hidrostático de Galileu, pois um corpo pode flutuar em um fluido mesmo quando o peso de todo o fluido disponível é menor do que o peso do corpo (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009, p. 289).

Paradoxalmente, Yamamoto e Fuke recomendam ao professor a leitura do artigo de Silveira e Medeiros, mas fazem justamente o que esses autores tanto criticam. Não se valeram dessa referência para a apresentação do conceito de empuxo de forma mais adequada. Ao invés disto, parecem ter delegado ao professor a tarefa de transpor para o contexto didático eventuais repercussões oriundas do trabalho de Silveira e Medeiros.

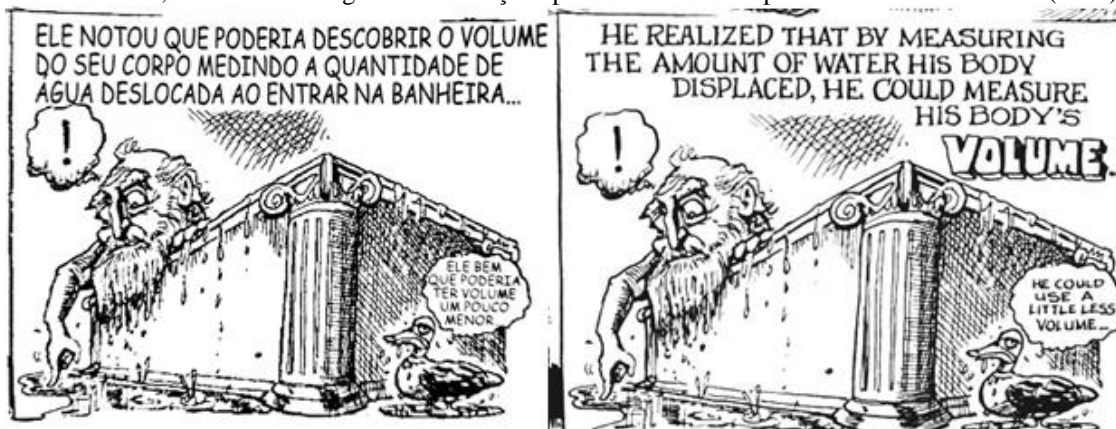
Yamamoto e Fuke, não mencionam em sua obra as críticas de Galileu à versão vitruviana do episódio sobre a coroa. Pelo contrário, no tópico intitulado “Outras Palavras”, os autores trazem uma história em quadrinhos (HQ) assinada pelo cartunista britânico Kevin Kallaugher, na qual é relatada de forma cômica a versão vitruviana. Há uma tentativa sutil de destacar a possível pseudo-história

Grandes acontecimentos do passado chegam até nós por meio da palavra escrita, pela tradição oral ou pelo registro em imagens. Eles são recontados, com **alterações** ou **exageros**, e seus personagens acabam por ser imortalizados. (YAMAMOTO; FUKU, 2016, p. 279; ênfase nossa)

Ao utilizarem as palavras em destaque, os autores criam uma oportunidade de explicar que a versão vitruviana se encaixa nesse padrão e, por isso, foi refutada por Galileu. No entanto, eles não se valem desta abertura. Utilizam a história em quadrinhos de forma lúdica, reforçando a pseudo-história e visão empirista-indutivista da ciência, como apresentada a seguir.¹⁴

A perpetuação da versão de Vitruvius na apresentação da HQ traz com ela uma exacerbação. Há um mergulho de Arquimedes na banheira e não simplesmente uma submersão, como consta na narrativa vitruviana original. A palavra “THIBUM!” representa a sonoplastia deste mergulho. Há também uma tradução equivocada da fala de um dos personagens: o pato.

Figura 3: Destaque para os quadrinhos com a fala do pato, após ser molhado pela entrada de Arquimedes na banheira, na versão em inglês e na tradução apresentada no exemplar de Yamamoto e Fuke (2016).



Fonte: YAMAMOTO; FUKU, 2016, p. 279 e THE ARCHIMEDES PALIMPSEST, disponível em <<http://www.archimedespalimpsest.org/images/kaltoon/>>.

Na imagem anterior o pato molhado devido ao transbordamento da água e aparentando estar chateado diz: “Ele (Arquimedes) bem que poderia ter volume um pouco menor...” (YAMAMOTO; FUKU, 2016, p. 279). Já no HQ original ele diz: “*He could use a little less volume...*” (THE ARCHIMEDES PALIMPSEST). Em português, “Ele (Arquimedes) poderia usar um pouco menos de volume (de água na banheira)”. Houve alteração substancial dessa passagem na versão traduzida, portanto.

¹⁴ A HQ pode ser observada com detalhes, no Anexo 12 do PE.

A frase original em inglês apresentada na figura do pato remete ao (pertinente) questionamento: por que alguém encheria a banheira até a borda, se teria o trabalho de secar o piso após o extravasamento da água com o uso? Esse questionamento foi realizado por Martins, em seu artigo sobre o episódio histórico:

Por que motivo alguém encheria uma banheira até a borda? Para molhar todo o chão do lugar onde a pessoa ia tomar banho? Se o banho havia sido preparado por um escravo (uma hipótese plausível), ele próprio teria que secar todo o chão, depois. Não é muito razoável pensar que ele enchesse a banheira até a borda (2000, p. 118).

No livro didático, nota-se que a HQ não é discutida. Tem papel motivacional para a realização de duas atividades simples: uma de manipulação matemática e outra referente à densidade de materiais. Chama-nos a atenção o fato de os autores não pontuarem os exageros e as alterações que eles mesmos alegam existir. A conduta adotada por Yamamoto e Fuke corrobora para a perpetuação da pseudo-história.

3.3.2 Física: Contexto & Aplicações, de Luz, Álvares e Guimarães

No capítulo específico destinado ao Princípio de Arquimedes, esse exemplar não contempla nenhuma das versões sobre o episódio da coroa. No entanto, a versão vitruviana surge páginas à frente em tópico sobre massa específica.

Para introduzir o Princípio de Arquimedes, os autores inicialmente abordam o conceito de empuxo. São mostrados exemplos como a diferença de peso de uma pedra dentro e fora da água. Ao abordarem as condições de flutuação de um objeto em um líquido e a relação entre empuxo e densidade do fluido, os autores trazem exemplos atuais como submarinos e balões. Referem-se, assim, ao conceito atual de fluidos, englobando líquidos e substâncias gasosas.

O Princípio é introduzido com uma breve apresentação de Arquimedes:

[...] Arquimedes, realizando experiências cuidadosas, descobriu uma maneira de calcular o empuxo que atua em objetos mergulhados em líquidos. Suas conclusões foram expressas por intermédio de um princípio, denominado Princípio de Arquimedes, cujo enunciado é o seguinte: “Todo objeto mergulhado em um líquido recebe um empuxo vertical, para cima, igual ao peso do líquido deslocado pelo objeto” [...]. Usando as leis de Newton, poderíamos chegar a esse mesmo resultado para o cálculo do empuxo. Perceba, entretanto, que Arquimedes descobriu esses fatos por meio de experiências, muitos anos antes de Newton estabelecer as leis básicas da Mecânica (LUZ; ÁLVARES; GUIMARÃES, 2016, p. 253).

A expressão “experiências cuidadosas” pode transmitir a ideia de empenho e persistência do pesquisador, fugindo da máxima do *insight* repentino tão difundido pela versão de Vitruvius. Porém, em sua obra *Sobre os corpos flutuantes*, Arquimedes não se valeu de argumentos empíricos e sim geométricos, tomando como base a forte influência euclidiana.

O trecho transcrito do livro didático reforça a visão empirista-indutivista, na qual os conhecimentos derivam dos experimentos, sem carga teórica. Anacronicamente, traz termos posteriores a Arquimedes em descrição do trabalho do pensador e contribui para uma visão individualista da ciência, uma vez que todo o conhecimento parece ser atribuído a Arquimedes isoladamente.

Luz e colaboradores sugerem a possibilidade de se chegar ao resultado de Arquimedes pela aplicação das leis de Newton. O apontamento é válido, mas é importante que o estudante-leitor não tenha a impressão de que Arquimedes usou ou poderia ter usado esse caminho, uma vez que os conhecimentos sobre a referidas leis estão cerca de dezoito séculos à frente de Arquimedes.

A introdução do texto “*O problema de Arquimedes*”, na página 239 do exemplar, anacronicamente refere-se a Arquimedes como um cientista¹⁵. O texto apresenta de forma sucinta a versão vitruviana sobre o episódio da coroa:

O rei havia prometido aos deuses, que o protegeram em suas conquistas, uma coroa de ouro. Entregou, então, certo peso de ouro a um ourives para que este confeccionasse a coroa. Quando o ourives entregou a encomenda, cujo peso era igual ao do ouro que Hieron havia fornecido, foi levantada a acusação de que ele teria substituído certa porção de ouro por prata. Arquimedes foi encarregado pelo rei de investigar se essa acusação era, de fato, verdadeira. Conta-se que, ao tomar banho em um banheiro público, observando a elevação da água à medida que mergulhava seu corpo, Arquimedes percebeu que poderia resolver o problema. Entusiasmado, saiu correndo para casa, atravessando as ruas completamente despido e gritando a palavra grega que se tornou famosa: Heureka! Heureka! (isto é: “Achei! Achei!”). (LUZ; ÁLVARES; GUIMARÃES, 2016, p. 239)

O trecho no exemplar de Luz e colaboradores se refere à “elevação da água na banheira” e não ao seu extravasamento. Uma figura introduzida pelos autores traz uma banheira que, de fato, não está cheia. Contudo, ao contrário dessas indicações, a narrativa vitruviana original traz uma banheira cheia em iminência de transbordamento.

¹⁵ A palavra cientista foi cunhada por William Whewell, em 1834, para se referir então àqueles que se dedicavam profissionalmente à ciência (ver ROSS, 1964). Não se aplica aos pesquisadores anteriores a esse período, aos quais mais adequadamente nos referimos como filósofos naturais.

Figura 4: Imagem ilustrativa representando o famoso banho de Arquimedes, no qual ao adentrar na banheira ocorre o insight de como desvendar o mistério da coroa sem destruí-la. Observa-se que na imagem a banheira não está transbordando, ao contrário do que narra a versão de Vitruvius.



Fonte: LUZ; ÁLVARES; GUIMARÃES, 2016, p. 239.

Posteriormente, na narrativa de Luz e colaboradores sobre o procedimento adotado por Arquimedes para verificar se a coroa era de ouro puro, o transbordamento é fundamental. Essa inconsistência ao longo do mesmo capítulo no exemplar pode passar despercebida por um leitor menos atento.

E realmente Arquimedes conseguiu resolver o problema da seguinte maneira: 1º) Mergulhou em um recipiente completamente cheio de água uma massa de ouro puro, igual à massa da coroa, e recolheu a água que transbordou (figura 5 a). 2º) Retomando o recipiente cheio de água, mergulhou nele uma massa de prata pura, também igual à massa da coroa, recolhendo a água que transbordou. Como a densidade da prata é menor que a do ouro, o volume de água recolhido, nessa segunda operação, era maior do que na primeira (figura 5 b). 3º) Finalmente, mergulhando no recipiente cheio de água a coroa em questão, constatou que o volume de água recolhido tinha um valor intermediário entre aqueles recolhidos na primeira e na segunda operações (figura 5 c). Ficou, assim, evidenciado que a coroa não era realmente de ouro puro. Comparando os três volumes de água recolhidos, Arquimedes conseguiu calcular até mesmo a quantidade de ouro que o ourives substituiu por prata. (LUZ; ÁLVARES; GUIMARÃES, 2016, p. 239)

A condução reforça a visão empirista-indutivista de descoberta pelo experimento. Em contraste, relembramos que, em sua obra *Sobre os corpos flutuantes*, Arquimedes se apoia na geometria euclidiana e não em evidências experimentais.

Figura 5: Etapas apresentadas no livro didático para conduzir o leitor através da (suposta) linha de raciocínio adotada por Arquimedes.



Fonte: LUZ; ÁLVARES; GUIMARÃES, 2016, p. 239.

Traços de anacronismo e de individualismo transparecem nas indicações de que Arquimedes, isoladamente, foi o responsável pela definição do conceito de empuxo como grandeza vetorial tal como o conhecemos hoje.

3.3.3 Física – Ciência e Tecnologia, de Torres e colaboradores

O capítulo 5 do exemplar de Torres e colaboradores é dedicado à Hidrostática. A primeira seção traz o conceito de fluidos, o qual aparece de modo relacionado aos conceitos de densidade e pressão.

A seção seguinte traz *O que diz a história – Arquimedes*, um box com recorte biográfico sobre o pesquisador: “*Arquimedes de Siracusa (c. 287 a.C. – c. 212 a.C.) foi filósofo, matemático, físico, engenheiro, inventor e astrônomo.*” (TORRES et al, 2016, p. 131). A multiplicidade de profissões atribuídas a Arquimedes reflete uma aproximação anacrônica, que busca, em termos atuais de especificidade, definir o que a Antiguidade vivenciava como algo integrado. Outra referência biográfica a Arquimedes também chama a atenção

[...] A vida dele está diretamente ligada à história de Siracusa, sua cidade natal. Por sua **genialidade**, tanto prática quanto teórica, é considerado **uma das mentes mais brilhantes da humanidade, em todos os tempos**. (TORRES et al, 2016, p. 131, grifo nosso)

As palavras em destaque podem trazer preocupação, uma vez que face a ausência de elementos que destaquem sua dedicação e seu esforço, a grandiosidade com que Arquimedes é retratado pode remeter à história hagiográfica¹⁶ e, eventualmente, à estrutura de uma pseudo-história (ALLCHIN, 2004).

Figura 6: Retrato a óleo de Arquimedes, datado do século XVII, autoria de Giuseppe Nogari. Imagem ilustrativa do *box* com recorte biográfico sobre o filósofo.



Fonte: TORRES et al, 2016, p. 131.

Ainda no recorte biográfico são apresentados aspectos da trajetória de Arquimedes, suas influências e algumas de suas contribuições para a Física, a Matemática e invenções tecnológicas. O *box* cita a obra *Sobre os corpos flutuantes* e a importância do pesquisador na introdução do conceito de empuxo. Um retrato de Arquimedes por Giuseppe Nogari, datado do século XVII, serve como ilustração.

No texto transparece uma visão individualista da ciência ao atribuir o conhecimento a Arquimedes, isoladamente. E, muito embora os autores demonstrem ter conhecimento suficiente de fontes históricas, não explicitam que tanto as formulações matemáticas desse capítulo quanto a formulação teórica do conceito de empuxo no sentido atual não estavam assim definidas na época de Arquimedes, no século III a.C.

Há aspectos positivos na transposição didática da HC realizada nessa obra. Os autores abordam o episódio histórico sobre Arquimedes e a coroa do rei Hieron, embasados tanto na versão vitruviana quanto na versão galileana, deixando patente a concordância com o artigo do historiador Roberto Martins (2000) no tocante às críticas à versão vitruviana. Um espaço

¹⁶ Vide nota 2.

considerável no exemplar didático é dedicado para expor as versões e confrontá-las. Não há a imposição de uma verdade ao leitor, mas subsídios são fornecidos para que este refute ou valide as versões apresentadas. O procedimento em relação ao Princípio de Arquimedes representa de modo emblemático o que concluiu a avaliação geral realizada pelo PNLD sobre essa obra: são apresentados episódios da História da Ciência com intuito de motivar ou apoiar a construção de conceitos e desconstruir elementos que favorecem a visão a-histórica e de conhecimento científico como verdade absoluta.¹⁷

Os autores da obra didática se baseiam no relato de Vitruvius para a admissão da existência do episódio da coroa, ainda que não concordem com a referida narrativa: “Embora muitos desses relatos careçam de uma análise mais cuidadosa sobre o desenrolar dos fatos envolvidos, não se questiona sua veracidade, mas sim o modo como realmente ocorreu” (TORRES *et al.*, 2016, p. 131). Sobre a versão vitruviana apresentam a seguinte glosa:

Um desses relatos, talvez o mais conhecido, atribuído ao arquiteto romano Vitruvius (século I a.C.), é o da coroa de ouro que o rei de Siracusa, Hierão, oferecera aos deuses em troca de proteção à sua cidade. Hierão suspeitava que o ourives, responsável pela confecção da coroa, teria substituído por prata uma parte do ouro recebido para confeccionar a coroa, apropriando-se da porção de ouro não utilizada. O fato foi comunicado a Arquimedes, que começou a pensar num modo de esclarecer a questão, sem ter de desfazer a coroa para analisar sua verdadeira composição. Conta-se que, durante um banho, observando o transbordamento da água ao entrar na banheira, ele teve a inspiração de como isso poderia ser feito. Entusiasmado com a descoberta, saiu pelas ruas de Siracusa gritando Eureka! Eureka! palavra que em grego significa “achei” ou “descobri”. Segundo Vitruvius, Arquimedes mergulhou completamente em água, em etapas sucessivas, um bloco de prata e um de ouro, ambos com massas iguais à da coroa, e a própria coroa. Depois de medir e comparar os volumes de água derramados pelos três corpos, ele constatou que o volume derramado pela coroa tinha um valor diferente do volume de água derramado pelo bloco de ouro. Ficava assim provada a fraude, pois, tendo massas iguais, a coroa supostamente feita de ouro puro e o bloco de ouro deveriam deslocar volumes iguais de água. Como isso não ocorreu, comprovou-se que a coroa não era de ouro puro. (TORRES *et al.*, 2016, p. 132)

Essa versão é recheada de ingredientes que alicerçam a pseudo-história. Observa-se o exagero na narrativa e a descoberta individual do tipo *insight*. Contudo, não há a totalidade da carga excêntrica atribuída a Arquimedes na narrativa vitruviana, uma vez que não consta a passagem na qual se diz que ele gritou nu pelas ruas.

Torres e colaboradores trazem a versão de Galileu sobre o episódio da coroa por meio de uma apresentação interessante e oportuna sobre esse pesquisador e o conteúdo da obra *La Bilancetta*:

¹⁷ Guia digital PNLD 2018 sobre a obra de Torres *et al.*, < <https://www.fnnde.gov.br/pnld-2018/>>.

Em 1586, aos 22 anos, o físico italiano¹⁸ Galileu Galilei (1564-1642) escreveu um pequeno tratado, intitulado *La Bilancetta* (A Balancinha) no qual descreveu detalhadamente um instrumento de medição muito prático, a balança hidrostática, para determinar com grande precisão a densidade dos corpos ou sua composição, no caso de uma mistura. Nesse trabalho, Galileu questionou a versão de Vitruvius sobre o método usado por Arquimedes para descobrir a verdadeira composição da coroa real. De acordo com Galileu, o método do transbordamento exigiria um altíssimo grau de precisão nas medidas dos volumes de água deslocados, algo bastante improvável na época de Arquimedes. A balancinha de Galileu utiliza os princípios da alavanca e da flutuação, de autoria do próprio Arquimedes. Com esse instrumento, e aplicando o conceito de empuxo, Arquimedes poderia medir o “peso aparente” da coroa e dos blocos de ouro e prata, quando mergulhados em água, e compará-los. Em seu tratado, Galileu afirma que esse teria sido o método mais apropriado para as condições experimentais da época de Arquimedes. (TORRES et al., 2016, p. 132)

Mencionar Arquimedes “*aplicando o conceito de empuxo*” transmite uma interpretação anacrônica de que a terminologia e o conceito, no sentido atual de força, estavam definidos na época, em contraste com a exposição baseada na geometria euclidiana notada no tratado *Sobre os corpos flutuantes*.

Na continuidade do texto, Torres e colaboradores levantam a hipótese de que Galileu teria descrito corretamente o método utilizado por Arquimedes. Com base na proposta galileana, explicam, então, como Arquimedes teria concluído que a coroa do rei não era de ouro puro:

Seu raciocínio teria sido o seguinte: Para uma mesma substância pura, massas iguais ocupam volumes iguais e, portanto, deslocam volumes iguais de água quando mergulhados. Assim, tomando-se uma porção de ouro puro e a coroa, de massa iguais, e pendurando-as cada uma em uma das extremidades de uma barra reta, esta ficaria equilibrada na horizontal [...]. Se a coroa fosse de ouro puro, seu volume seria igual ao volume do bloco de ouro, preso na outra extremidade e, quando o sistema fosse mergulhado em água, ambos os corpos deslocariam volumes iguais do líquido, não alterando assim a posição de equilíbrio da barra. No entanto, não foi isso o relatado. Dentro da água, a coroa teria “pesado” menos que o bloco de ouro, tirando a barra da sua posição inicial de equilíbrio [...] e revelando, assim, que não era feita de ouro puro. Repetindo o mesmo processo com um bloco de prata [...], Arquimedes notou que, dentro da água, o bloco de prata, de mesma massa que a coroa, “pesava” menos que a coroa [...]. Comparando as duas medições, ele concluiu que a coroa não era feita de ouro puro, e sim de uma mistura de ouro e prata, já que seu “peso” dentro da água (peso aparente) era menor que o peso aparente do ouro e maior que o peso aparente da prata. (TORRES et al., 2016, p. 132-133)

O texto elaborado pelos autores é fluido e adequado ao Ensino Médio. Com uma linguagem clara, expõe pontos-chave do texto de Galileu e das críticas à versão vitruviana (por exemplo, a inexistência de instrumentos precisos o suficiente para determinar o volume de água deslocado).

¹⁸ A rigor a referência à nacionalidade de Galileu é anacrônica, uma vez que a Itália ainda não existia como país naquela época. Melhor seria afirmar que ele nasceu na cidade de Pisa, na atual Itália. A correção seria oportuna, sobretudo tendo em vista que nessa etapa do Ensino Médio a disciplina de História aborda justamente a formação da Itália e da Alemanha.

O livro didático traz a imagem de uma balança hidrostática, do século XVII, contemporânea de Galileu. Apresenta um esquema ilustrado com quatro situações experimentais: “(A) Coroa e bloco de ouro de massa iguais, em equilíbrio no ar; (B) dentro da água, a coroa tem peso aparente menor que o bloco de ouro; (C) coroa e bloco de prata de massa

Figura 7: Imagem de uma balança hidrostática datada do século XVII.



Fonte: TORRES *et al*, 2016, p. 132.

iguais, em equilíbrio no ar; (D) dentro da água, a coroa tem peso aparente maior que o bloco de prata” (p. 133).

No exemplar, a abordagem do Princípio de Arquimedes se vale de uma referência explícita ao tratado *Sobre os corpos flutuantes*. Para adequação, expressões originais do tratado como “mais leve” ou “mais pesado” são substituídas por “menos denso” ou “mais denso” no livro didático. Para esclarecer oportunamente que Arquimedes se referiu apenas a líquidos, os autores comentam que: “Embora na linguagem de Arquimedes a termo “fluido” indique líquido, os gases também exercem empuxo.” (TORRES *et al*, 2016, p.135).

3.3.4 Física aula por aula, de Barreto Filho e Silva

No capítulo sobre Hidrostática, Barreto Filho e Silva introduzem o tópico sobre empuxo com a apresentação de uma situação vivenciada pelas pessoas: a sensação de leveza quando entramos em rios, lagos, mares, lagoas ou piscinas. Para construir a ideia de empuxo, valem-se dos mesmos exemplos aludidos por Martini e colaboradores e Luz e colaboradores. Uma pessoa com um objeto suspenso fora e dentro da água. Quando imerso, o objeto parece mais leve. A obra lembra também que quando tentamos submergir uma bola em um recipiente cheio

de água, observamos uma resistência de baixo para cima. A escolha de exemplos simples, vivenciados pela grande maioria, serve para aproximar o conteúdo didático do cotidiano do aluno.

O conceito atual de fluido surge na medida em que a obra relaciona duas situações – o uso de balões de ar quente e bolas de festa cheias de gás hélio - e o que acontece quando entramos em uma piscina. Na sequência é apresentado um exemplo esquemático da atuação das forças exercidas pelo líquido sobre a superfície de um corpo submerso. Tomando o teorema de Stevin, define-se que “a origem do empuxo está na diferença de pressão sobre um corpo imerso em um fluido” (BARRETO FILHO; SILVA, 2016, p. 269).

Figura 8: Imagem ilustrativa de experimento ilustrativo para o Teorema de Arquimedes.



Fonte: BARRETO FILHO; SILVA, 2016, p.270.

A apresentação do Teorema de Arquimedes se inicia com um experimento ilustrado. Mergulha-se dentro de um recipiente contendo água, um corpo suspenso por um dinamômetro. O recipiente apresenta um escape. Ao lado, um pote em cima de uma balança capta a água extravasada. A definição do teorema surge com uma breve referência ao estudioso:

Coube ao filósofo grego Arquimedes (287 a. C. a 212 a. C.), após vários experimentos, concluir que a intensidade do empuxo é igual à intensidade do peso do volume do líquido deslocado quando um corpo qualquer é colocado em um fluido. O chamado teorema de Arquimedes pode ser enunciado da seguinte forma: Em um corpo em contato com um fluido em equilíbrio, o empuxo é uma força vertical orientada de baixo para cima, cuja intensidade é igual à do peso do volume de fluido deslocado (BARRETO FILHO; SILVA, 2016, p. 270).

O texto transcrito salienta que Arquimedes teria realizado vários experimentos até chegar a uma conclusão. Uma vez que o experimento supracitado antecede a referência a “vários experimentos” é possível que o estudante venha a interpretar que Arquimedes o

realizou. Sabe-se, contudo, que em seu tratado *Sobre os corpos flutuantes*, Arquimedes recorreu à geometria euclidiana e não se valeu de experimentos.¹⁹

A afirmação contida no trecho transcrito pode ser analisada sob dois aspectos. Positivamente, sugere que as conclusões de Arquimedes não decorreram de um *insight* instantâneo, mas sim de esforço e dedicação. Por outro lado, traz informações inconsistentes com o tipo de argumentação (não empírica) evidenciada na obra original de Arquimedes. Ademais, o discurso de que “a partir dos experimentos houve a conclusão” pode transmitir uma visão empirista-indutivista.

A ausência de ressalvas de cunho histórico pode levar à interpretação anacrônica de que a conceituação atual de empuxo e o desenvolvimento matemático envolvido se devem a Arquimedes. Ao mesmo tempo, repactua-se a visão de uma ciência individualista.

A versão vitruviana do episódio da coroa do Rei Hieron é precedida pela seguinte introdução:

Nesta atividade vamos trabalhar com uma história muito difundida no ensino da Física: a da descoberta da falsificação da coroa de um rei por causa da água derramada de um recipiente. O resgate dessa história se deu por meio de um texto de Marcus Vitruvius (c. 80 a. C. -15 d. C.), arquiteto romano, que descreve um suposto procedimento utilizado por Arquimedes (BARRETO FILHO; SILVA, 2016, p. 275).

Nesse trecho, o termo “suposto” demonstra uma tentativa sutil de chamar a atenção do leitor para o caráter hipotético da metodologia atribuída a Arquimedes por Vitruvius. A ressalva pode passar despercebida pelo leitor inexperiente. Percebê-la, bem como compreender a repercussão do texto subsequente, pode depender da mediação do professor.

A versão de Vitruvius apresentada na obra *Física aula por aula* é uma transcrição literal do texto do historiador Roberto Martins (2000) para o Caderno Brasileiro de Ensino de Física, sendo este trabalho acadêmico devidamente referenciado, inclusive com o sítio de localização. Barreto Filho e Silva atenuaram a excentricidade de Arquimedes no texto original vitruviano ao suprimirem a passagem: “[...] ele saltou cheio de alegria para fora da banheira e completamente nu, tomou o caminho de sua casa, manifestando em voz alta para todos que havia encontrado o que procurava” (MARTINS, 2000, p. 117). Para que o estudante leitor seja capaz de compreender as medidas às quais a narrativa se refere, os autores introduziram uma explicação sobre a conversão da unidade do sextarius, utilizado na época de Arquimedes, para unidade de medida atual.

¹⁹ Em limite extremo, na ausência de pontuações de cunho histórico, o estudante pode supor que Arquimedes realizou o experimento citado, o que seria compreensão anacrônica. O dinamômetro tradicional, mostrado na Figura 9, foi inventado em 1684 por Isaac Newton (1642-1727) (DYNAMOMETER, 2020, s.p.).

Três questões para que os alunos respondam em grupo seguem a transcrição da narrativa vitruviana:

1. Quais são os dois metais com que a coroa foi confeccionada? Pesquise a quantidade de cada um deles e determine a diferença de volume encontrada para duas coroas que tenham a mesma massa de 1kg.
2. Em sua opinião, o método utilizado por Arquimedes descrito no texto é plausível? Tente estimar qual seria a diferença no volume de água deslocado pelas diferentes coroas.
3. Junte seu grupo e faça uma pesquisa sobre o que é uma balança hidrostática. Em seguida, determine de que modo esse mecanismo pode ser auxiliado na conclusão de Arquimedes sobre a veracidade da coroa. (BARRETO FILHO; SILVA, 2016, p. 275)

Pode-se notar que a menção à versão vitruviana não tem um papel meramente decorativo. As questões apresentadas propõem a problematização dessa versão. Buscam evidenciar a inadequação da mesma sob o ponto de vista físico, uma vez que encaminham para a percepção de que seria inviável a medição da diferença do nível do líquido segundo o método supostamente atribuído a Arquimedes. Instigam assim, a dúvida sobre a narrativa vitruviana. Mais ainda, sugerem que os estudantes reflitam sobre a balança hidrostática como possibilidade metodológica para o caso da coroa do Rei Hieron. Delegam aos alunos a elaboração de um procedimento metodológico mais adequado, que se aproxima da versão galileana. Prevê-se, assim, uma participação ativa dos estudantes. Do ponto de vista didático, as questões propostas são desafiadoras. Exigem dedicação e muito contribuem para o desenvolvimento de uma postura crítica, levantamento de hipóteses e argumentação.

O exemplar *Física aula por aula* priorizou não expor diretamente a versão de Galileu. Claramente haverá um confronto de versões a partir da tarefa à qual os alunos são conclamados. Possivelmente, contudo, só haverá efetividade nessa proposta se houver uma mediação didática adequada. A mediação parece primordial para que sejam alcançados os objetivos propostos. Mas, estaria o professor preparado para tal? Para isso, ele precisa conhecer e compreender a discussão promovida por Martins (2000), bem como estar seguro sobre a transposição didática desse conteúdo.

No guia do PNLD de Física 2018, a análise desse exemplar registra: “A História da Ciência, da forma como está distribuída ao longo da coleção, pode ajudar o estudante a reconhecer a Física como um conjunto de conhecimentos produzidos socialmente ao longo da história”²⁰ (PNLD 2018, Guia Digital). Em especial para a seção relacionada ao Princípio de Arquimedes, pode-se dizer a HC está, de fato, presente. A proposta de trabalho é

²⁰ Disponível em: <<http://www.fnnde.gov.br/pnld-2018/>>. Acesso em: 28/09/2020.

consideravelmente motivadora. Evita trazer o conhecimento pronto para o aluno. Incentiva a elaboração e a investigação de hipóteses.

3.3.5 Física, de Guimarães, Piqueira e Carron

Na obra de Guimarães, Piqueira e Carron, Arquimedes é apresentado no capítulo 10 – Estática dos Corpos Rígidos – Máquinas Simples, na seção *Em Construção* (2016, p. 250). O texto se inicia com uma biografia do pesquisador e, posteriormente, apresenta a versão vitruviana do episódio da coroa do Rei Hieron. Lê-se: “Arquimedes é considerado um dos maiores cientistas da Antiguidade.” (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016, p. 250) A conjugação das palavras cientista e Antiguidade é, no mínimo, incoerente e anacrônica.²¹

No tocante ao recorte biográfico podemos elencar pontos positivos como a indicação da proximidade de Arquimedes em relação aos discípulos de Euclides, o que contextualiza a familiaridade do biografado com a geometria utilizada em seu tratado *Sobre os corpos flutuantes*. Têm-se, nesse caso, a expressão de uma visão de ciência coletiva na narrativa. Esse aspecto do livro didático foi reconhecido pela análise do guia PNLD 2018, o qual destacou que a obra pode “ajudar a combater a visão positivista da natureza da ciência, desmitificar a figura do cientista e levar à compreensão da ciência como um conjunto de conhecimentos produzidos socialmente ao longo da história”.²²

De fato, percebe-se que há preocupação, por parte dos autores desse material didático, em orientar o professor para que este estimule o entendimento da ciência como construção coletiva ao alcance de todos, de modo que o aluno não se veja diante de uma ciência inacessível, restrita a gênios:

O fato de Arquimedes ter estudado em Alexandria com sucessores de Euclides foi bastante importante para sua formação e para sua habilidade em usar conceitos de Geometria para resolver problemas físicos. Aconselhamos aqui que você também dê destaque a outras características, como a curiosidade e a persistência, importantes para Arquimedes, mas que podem ser trabalhadas por qualquer pessoa (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016, p. 391).

Inspirados pela versão vitruviana, os autores fazem um resumo da trajetória de Arquimedes até o apogeu da “descoberta do empuxo” quando ele sai nu gritando pelas ruas de Siracusa:

[...] Arquimedes foi instruído a realizar a tarefa sem estragar a coroa. Segundo essa história, ele não imaginava como proceder até que um belo dia, entrando em uma

²¹ Vide nota 3.

²² Disponível em: <<http://www.fnnde.gov.br/pnld-2018/>>. Acesso em: 10/07/2020.

banheira cheia, notou que a água transbordava. Repentinamente ocorreu-lhe que a quantidade de água transbordada era igual, em volume, à parte do corpo nela mergulhada. Raciocinou então que, se mergulhasse a coroa na água, poderia determinar seu volume pela subida do líquido. Poderia mais ainda: comparar esse dado com o volume de um pedaço de ouro de igual peso. Se os volumes fossem iguais, a coroa seria de ouro puro. Se a coroa fosse feita de uma liga de prata (menos densa que o ouro), teria um volume maior. Entusiasmado com a descoberta, diz a história que Arquimedes pulou para fora da banheira, e, completamente nu, correu pelas ruas de Siracusa até o palácio real aos gritos de “Achei! Achei!”. Vale destacar que a nudez não perturbava os gregos daquela época tanto como perturba em nossa cultura atual. Como Arquimedes falava grego, o que disse foi “Eureka! Eureka!”. Essa expressão é usada desde então como exclamação apropriada ao anúncio de uma descoberta. A conclusão dessa história é que a coroa incluía certa porcentagem de prata, tendo sido o ourives executado. (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016, p. 250)

Mais uma vez essa versão tão distante historiografia atual preenche as páginas do livro didático, carregada de uma visão individualista de ciência, na qual o grande gênio – sozinho – desvenda o problema da coroa por meio de um *insight* singular, ao adentrar numa banheira. Reforça-se também a visão empirista indutivista de conhecimento repentino a partir da observação, sem esforços ou hipóteses.

Por outro lado, as orientações ao professor sugerem que este reproduza com os alunos o raciocínio de Arquimedes:

Sugerimos que você reproduza com os alunos o raciocínio de Arquimedes. Comece desenhando um recipiente com líquido em equilíbrio. Agora, imagine uma porção de líquido que vai ser mentalmente retirada [...]. Como seriam as forças que o líquido ao redor da porção mentalmente retirada aplicaria nela? Como a porção V estava em equilíbrio, logo, o somatório das forças que o fluido em volta aplicava nela deve ter a mesma intensidade que seu peso, mas é aplicada em sentido contrário, impondo o equilíbrio. Se na região de volume V, em vez de líquido tivermos outro corpo qualquer, da mesma forma, ela ficará sujeita à mesma força. Se a porção de volume V estiver totalmente submersa, o raciocínio permanece o mesmo. O raciocínio permite também descobrir em que ponto está aplicada a resultante das forças que o líquido ao redor aplica no corpo submerso: no centro de massa do volume de líquido deslocado, pois ele estaria em equilíbrio. A beleza dessa conclusão de Arquimedes é que ele não utiliza uma conta sequer para chegar até ela. É uma mostra de quão longe pode ir o raciocínio puro. Um ponto que deve ser destacado é que a intensidade do empuxo não depende da densidade do corpo, mas sim do líquido em que ele é mergulhado. Ao discutir o peso aparente, sugerimos comentar que, ao pesar o corpo no ar, o empuxo que o ar exerce sobre ele é desprezível somente se o corpo for muito mais denso que o ar. Ou seja, na verdade, o peso aparente deveria comparar o peso do corpo no vácuo com o peso do corpo submerso. Mais tarde, depois de discutir flutuação e empuxo em balões, o tema pode ser retomado. (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016, p. 395)

Esta sugestão se afasta da mera constatação e oportuniza uma possibilidade de superar o discurso empirista-indutivista presente no texto do aluno (!).

Ainda na narrativa sobre o episódio da coroa, os autores trazem uma informação adicional: “[...] Vale destacar que a nudez não perturbava os gregos daquela época tanto como perturba em nossa cultura atual.” (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016, p.250). Ao

tentar justificar esse aspecto da narrativa vitruviana, nota-se que o livro didático endossa sua veracidade literal, ainda que a mesma possa ser questionada do ponto de vista histórico, conforme mencionamos.

Ao finalizar a narrativa os autores apresentam dois questionamentos direcionados aos alunos:

1. Qual a origem da habilidade de Arquimedes para formular problemas físicos usando conhecimentos de Geometria?
2. Leia o texto “Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos”, de Roberto de Andrade Martins (disponível em: <www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6769/6238>; acesso em: set. 2015), e discuta com seus colegas a possível criação de mitos na ciência. (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016, p.250)

A primeira questão remete à preocupação dos autores com a construção coletiva da ciência, reafirmada pela orientação do manual do professor, a qual já mencionamos anteriormente. A proposta da segunda questão pode ser considerada inadequada para o nível didático a que se destina. Os autores do livro didático delegam aos alunos a tarefa de ler um texto acadêmico destinado a pesquisadores e professores. Parecem supor que os alunos compreenderiam os argumentos expostos pelo historiador da ciência, e identificariam, então, que a narrativa vitruviana apresentada pelo livro didático – costumeiramente concebido pelos alunos como detentor da verdade – pode ser implausível. Não há, portanto, uma transposição didática a partir do texto acadêmico, sendo o mesmo simplesmente indicado para leitura do aluno. Observa-se, ainda, que o manual do professor não traz recomendações sobre como mediar a referida tarefa.²³

Na obra didática de Guimarães, Piqueira e Carron, o Princípio de Arquimedes surge no capítulo sobre fluidos. O exemplo inicial afirma que a força necessária para submergir uma bola vai aumentando até determinada profundidade e depois se estabiliza. Arquimedes é, então, lembrado:” A origem dessa força²⁴ nos remete a Arquimedes de Siracusa (- a.C.), inventor e matemático grego que constatou que um corpo imerso em água torna-se aparentemente mais leve.” (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016, p. 269).

²³ Importante destacar, no entanto, que Forato (2013) menciona que ao utilizar o texto de Martins em atividade de formação docente, *os licenciandos em Física* tiveram dificuldades na interpretação, sendo necessária a leitura guiada por questionamentos auxiliares para uma compreensão adequada do texto. Se os licenciandos tiveram essa dificuldade, não se deve esperar que os alunos tenham mais facilidade para executar o que o livro didático sugere.

²⁴ Uma ressalva interessante, que contrasta com a narrativa de Guimarães; Piqueira; Carron, pode ser encontrada em uma publicação didática mais antiga, muito utilizada no ensino de física: “Como Arquimedes não tinha o conceito moderno de força – que foi introduzido por Newton muito mais tarde – vamos apresentar seu princípio usando uma argumentação um pouco diferente. (SAMPAIO; CALÇADA, 2008, p.203). Os autores definem que: “O módulo do empuxo é igual ao módulo do peso do fluido que caberia no espaço ocupado pelo corpo no interior do líquido” (SAMPAIO; CALÇADA, 2008, p. 203).

O enunciado do Princípio é apresentado tal qual o temos hoje, sem ressalvas que indiquem que essa não era a sua formulação no século III a.C.

Todo corpo mergulhado num fluido (líquido ou gás) fica sujeito ao empuxo, uma força vertical para cima, exercida pelo fluido, sendo a intensidade dessa força igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo. (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016, p.269)

Nas proposições apresentadas por Arquimedes, na sua obra *Sobre os corpos flutuantes*, não há um enunciado destacado. O pesquisador apresenta uma proposição para cada situação de um sólido imerso em um fluido: quando o sólido tem o peso equivalente, menor e maior que o do fluido. A partir de tais proposições, por meio de contribuições coletivas, o Princípio foi estabelecido ao longo da História da Ciência.

3.3.6 Ser Protagonista – Física, de Fukui, Molina e Venê

Fukui, Molina e Venê optam por iniciar o tópico sobre o Princípio de Arquimedes com questionamentos: Por que os balões de ar quente sobem? Por que os navios flutuam? (FUKUI *et al*, 2016, p. 245). Estes questionamentos na forma de exemplos introduzem a explicação sobre a força de empuxo e motivam a apresentação de Arquimedes: “O pensador grego Arquimedes (c. 287 a.C. – 212 a.C.) foi quem primeiro observou e apresentou essa força” (FUKUI *et al*, 2016, p. 245). Esta sentença representa quase que a totalidade da inserção de informações históricas realizada pelos autores na abordagem do referido conteúdo físico. A típica narrativa Pedigree, historiografia característica que busca precursores, transmite uma visão individualista sobre a ciência.

Ao introduzirem o enunciado do Princípio de Arquimedes, os autores ratificam a atualidade da redação, o que os livra de uma apresentação anacrônica da versão atual do Princípio observada em outras obras.

Em linguagem atual, o princípio de Arquimedes diz: Todo corpo imerso, total ou parcialmente, em um fluido em equilíbrio recebe a ação de uma força vertical, dirigida de baixo para cima e com intensidade igual ao peso do volume de fluido deslocado pelo corpo. (FUKUI *et al*, 2016, p. 245)

Este exemplar não traz explicitamente o episódio sobre Arquimedes e a coroa na versão galileana. Um dos exercícios propostos, no entanto, remonta àquela narrativa:

Duas coroas idênticas são penduradas cada uma em um dinamômetro, como mostra a figura a seguir. Uma delas está imersa em água, e a outra, no ar. A massa de ambas as coroas é igual a 0,4 kg, e o material de que são feitas é a prata, cuja densidade é 10500 kg/m³. **Dados:** $d_{\text{água}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$; $g = 10 \text{ m/s}^2$. (FUKUI *et al*, 2016, p. 246)

Em outra passagem, os autores questionam a veracidade da narrativa do episódio da coroa nos moldes vitruvianos e indicam uma leitura:

A história de Arquimedes saltando de sua banheira e gritando “Eureca!” é bastante conhecida (será verdadeira?). Pouca gente, porém, sabe que o grego alardeou que era capaz de mover o mundo. Pode-se saber dessa e de outras histórias lendo o livro Arquimedes e a alavanca em 90 minutos. (FUKUI et al,2016, p. 260)

Essas passagens poderiam ser oportunidades para a contextualização histórica, mas isso não ocorre. Não há orientação ao professor quanto à indagação proposta no trecho transcrito anteriormente. Desse modo, quanto ao cumprimento das determinações do PNLD concernentes à contextualização histórica, podemos dizer que a obra não as atende, de modo que se restringe basicamente a um enfoque matematizado do Princípio.

3.3.7 Física: Interação e Tecnologia, de Gonçalves Filho e Toscano

Gonçalves Filho e Toscano iniciam o tópico sobre o Princípio de Arquimedes com a apresentação de um procedimento experimental utilizando um recipiente com água, um bloco de isopor e um bloco de chumbo.

Os autores buscam o entendimento de que o empuxo é a soma vetorial das forças que atuam sobre um corpo em todas as direções quando este está submerso. Para reforçar essa compreensão, trazem um exemplo ilustrado de uma esfera submersa em um líquido com setas ao redor indicando a pressão exercida pelo líquido sobre o corpo. Subsequentemente, emerge a definição atual de empuxo:

Um corpo total ou parcialmente mergulhado num fluido recebe deste um empuxo (\vec{E}) dirigido verticalmente de baixo para cima, cujo módulo é igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo. (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2016, p.141)

O exemplar não traz uma abordagem historicamente contextualizada sobre o conceito de empuxo. Não apresenta nenhuma das versões sobre o episódio da coroa. O único traço de informação histórica é a imagem de uma tela a óleo em cuja legenda se lê: “Retrato de Arquimedes (287 a.C.- 212 a.C.)” (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2016, p.141). O texto didático não traz informações sobre a autoria da obra de arte. A imagem escura e pouco nítida supostamente retrata Arquimedes observando atentamente uma folha de papel. Trata-se da tela de Domenico Fetti, 1620, disponível na entrada para o verbete Arquimedes na Wikipedia.²⁵

²⁵ <https://pt.wikipedia.org/wiki/Arquimedes>, acesso em 05/07/2020.

Nota-se que o pintor retratou Arquimedes de modo anacrônico, em trajes típicos do século XVII, quando a pintura foi realizada.

Figura 9: Arquimedes, tela a óleo de Domenico Fetti, 1620.



Fonte: GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2016, p.141.

A ausência da contextualização história faz com que o texto didático reforce visões individualistas e ahistóricas da ciência (GIL PEREZ et al, 2001). O conhecimento físico em questão parece remontar exclusivamente a Arquimedes. Não há informações sobre o contexto vivenciado pelo pesquisador e as influências euclidianas em sua obra.

Assim, a contextualização histórica não é um aspecto observado na abordagem do Princípio de Arquimedes nessa obra. Tal característica é ressaltada na análise geral da coleção apresentada no Guia do PNLD 2018:

A história da ciência aparece de maneira discreta na obra, havendo algumas referências ao longo do texto principal e em alguns boxes de leitura, para além das seções de abertura de cada volume.²⁶

3.3.8 Física em Contextos, de Pietrocola e colaboradores²⁷

Segundo o Guia Digital do PNLD 2018 de Física:

²⁶ Disponível em: <<http://www.fnnde.gov.br/pnld-2018/>>. Acesso em: 10/07/2020.

²⁷ Os comentários apresentados restringem-se a forma como o Princípio de Arquimedes é apresentado na obra Física em Contexto não sendo outros conteúdos físicos objeto de análise deste trabalho. Ressalva-se que a obra trabalha em perspectiva histórica aprofundada conteúdos como a queda dos corpos, os sistemas de mundo heliocêntrico e geocêntrico, a gravitação universal, dentre outros. (HIDALGO, QUEIROZ, ANSELMO, 2021)

A coleção aborda, em diferentes momentos, a história da ciência de maneira articulada com o texto principal, proporcionando aos estudantes, além da compreensão conceitual, uma compreensão sobre o processo construtivo da ciência [...] ²⁸

Essa avaliação da obra didática *Física em Contextos* não pode ser estendida ao conteúdo físico Princípio de Arquimedes. A referência a Arquimedes no texto didático é circunscrita ao capítulo sobre equilíbrio de forças. Trata-se da menção às alavancas na seção intitulada Máquinas Simples. A alusão remonta às contribuições de Arquimedes na obra *Sobre o Equilíbrio dos Planos ou o Centro de Gravidade dos Planos*, mais especificamente ao que ficou conhecido como a lei da alavanca.

Uma frase isolada, atribuída a Arquimedes, antecede no exemplar didático a apresentação de exercícios resolvidos:

“Deem-me uma alavanca e um ponto de apoio, e eu moverei o mundo”. Segundo conta a história, essas palavras foram ditas por Arquimedes (287-212 a.C.). Mas será mesmo que o matemático grego poderia levantar a Terra? Que tal determinar o tamanho que deveria ter uma alavanca para realizar tal tarefa? [...] (PIETROCOLA et al., 2016, p. 182)

Subsequentemente, a seção sobre Equilíbrio dos Fluidos traz a seguinte sequência de tópicos: densidade, pressão e empuxo. O exemplar, a fim de introduzir o conceito de empuxo, apresenta um comentário sobre a sensação de leveza que experimentamos quando estamos em uma praia ou piscina. A apresentação do Princípio de Arquimedes é realizada sem nenhuma contextualização histórica. Traz-se o enunciado atual: “[...] quando um corpo é total ou parcialmente imerso em um fluido, sofre um empuxo igual ao peso do volume do fluido deslocado” (PIETROCOLA et al., 2016, p. 194).

Por meio da modelização matemática, é apresentada a dedução da fórmula do empuxo. Na ausência de ressalvas de cunho histórico, pode-se ter a impressão de que o Princípio e os cálculos matemáticos a ele relacionados remontam a Arquimedes isoladamente, o que favorece uma visão individualista sobre a ciência.

O manual do professor aconselha que se inicie o conteúdo de empuxo por meio de um experimento demonstrativo sobre flutuação. Se bem conduzida, e de forma aberta, esta atividade pode colaborar para que os alunos desenvolvam hipóteses sobre a flutuação ou não de corpos, relacionando os efeitos ao peso, forma e material que os constituem.

²⁸ Disponível em: <<http://www.fnnde.gov.br/pnld-2018/>>. Acesso em: 10/07/2020.

3.3.9 Física, de Bonjorno e colaboradores

Na obra didática de Bonjorno e colaboradores as definições de fluido, densidade, massa específica e pressão antecedem a abordagem do conceito de empuxo. Os autores trazem o exemplo de uma bolinha de pingue pongue que fica presa ao fundo de um reservatório cheio de água, quando existe uma força agindo diretamente sobre ela. Ao cessar esta força, a bolinha volta à superfície: “Essa força, denominado **empuxo** (\vec{E}), tem direção vertical e sentido de baixo para cima, contrário ao peso do objeto” (BONJORNNO et al, 2016, p. 262).

Na sequência é apresentado o Teorema²⁹ de Arquimedes em um texto com características de historiografia Pedigree:

Foi Arquimedes quem primeiro constatou as características do empuxo que um fluido exerce sobre um corpo que nele esteja total ou parcialmente imerso. Nos seus experimentos, verificou que, quando um corpo mais denso que o fluido é mergulhado neste o seu peso aparentemente diminui em um valor ao peso do volume do fluido deslocado. (BONJORNNO et al, 2016, p.262)

O texto reforça a visão de ciência individualista, ao atribuir todo o conhecimento a Arquimedes, bem como estimula uma visão empirista-indutivista, ao afirmar a “constatação” do empuxo por experimento. Por meio da narrativa apresentada, não se pode perceber a abstração realizada a partir do efeito observado e a importância das hipóteses orientando a observação. A ênfase está restrita à modelização matemática e dedução da expressão $E = dgV$.

A menção aos experimentos poderia até se contrapor favoravelmente ao simples *insight* difundido pela versão vitruviana: Arquimedes descobre o empuxo ao adentrar na banheira. A menção, no entanto, não é historicamente adequada. Na obra *Sobre os Corpos Flutuantes*, Arquimedes não se valeu de experimentos em sua argumentação.

No livro didático de Bonjorno e outros autores, lê-se na legenda que acompanha a imagem de Arquimedes:

Arquimedes (287 a.C.-212 a.C.), cientista, físico e matemático grego. Estudou em Alexandria, onde conviveu com grandes matemáticos e astrônomos como Eratóstenes de Cirene. (BONJORNNO et al, 2016, p.262)

Além do sutil anacronismo no uso do termo “cientista”³⁰, estranhamente, a passagem enumera como se distintas entre si o fossem, as ocupações “cientista” e “físico”. A referência à proximidade de Arquimedes em relação a Eratóstenes seria oportuna para que os autores do

²⁹A obra utiliza “Teorema” e não “Princípio” de Arquimedes. André Lalande explica que Teorema “é o enunciado demonstrável numa teoria” (LALANDE, 1993, p.1126). Essa discussão é retomada na obra de Gaspar (2017, p. 267) e melhor discutida nesta dissertação mais à frente (página 45).

³⁰ Vide nota 15.

material didático explorassem o caráter coletivo da construção do conhecimento, mas tal iniciativa não é materializada.

Considerando os aspectos supracitados, podemos dizer que os comentários sobre esse exemplar no Guia Digital do PNL D Física 2018 parecem pouco se aplicar à abordagem do conteúdo específico Princípio de Arquimedes:

A história dos cientistas e discussões sobre a evolução de conceitos da Física podem ser encontradas, em especial, na seção A História conta. Embora nem sempre estejam relacionados diretamente aos temas da unidade em que estão inseridos, esses textos podem ser explorados em discussões que promovam a compreensão da ciência como uma construção humana.³¹

O tópico sobre a tensão superficial da água, trazido pelo livro didático, seria um contexto oportuno para o questionamento da versão vitruviana. Todavia, a obra didática não aborda as versões históricas sobre Arquimedes e o episódio da coroa. A narrativa vitruviana sobre o episódio da coroa do rei figura apenas em texto sugerido para leitura (BONJORNO et al, 2016, p. 277). Trata-se da obra *Arquimedes: uma porta para a ciência*³², disponível no sítio Ciência à Mão da Universidade de São Paulo (USP), da autora e ilustradora Jeanne Bendick:

[...] Pois Arquimedes pode também ser descrito como um gênio da ciência aplicada. Diante do desafio de determinar se uma peça dada de presente ao rei era ou não de ouro maciço sem poder danificá-la, ele intuiu, durante um banho de imersão, que diferentes materiais causariam diferentes elevações do nível da água na banheira ao serem imergidos. Seria possível assim descobrir do que a peça era feita, sem quebrá-la. A descoberta da solução do problema afetou de tal forma Arquimedes que ele saiu nu, gritando pelas ruas da cidade a palavra “eureka, eureka!”, que quer dizer “achei!”. O gênio da ciência aplicada era também um coração entusiasmado! [...]³³

Esta é uma obra ilustrada voltada para o público infantil, que não tem a finalidade de abordar o episódio histórico da coroa sob o prisma da historiografia atual. Apresenta traços de história Pedigree³⁴ e relata a versão vitruviana, na qual a excentricidade de Arquimedes é exacerbada em texto e ilustração.

³¹ Disponível em: <<http://www.fn.de.gov.br/pnld-2018/>>. Acesso em: 10/07/2020.

³² Essa mesma indicação de leitura aparece em livros didáticos menos recentes como SAMPAIO; CALÇADA, 2008

³³ Disponível em: <http://www.ciencia.mao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=liv&cod=_arquimedes-umaportaparaacienciajeannebendick>. Acesso em: 10/07/2020.

³⁴ Narrativa centrada na busca de pais e precursores do conhecimento. (ALFONSO-GOLDFARB, 1994)

Figura 10: Ilustração de Arquimedes sendo levado por seus escravos para o banho.



Fonte: BENDICK, 2002, p. 71

Arquimedes gastou alguns dias sentado e olhando fixamente para a coroa. Teria esquecido até de comer, se seus escravos não o alimentassem. Ficava sentado até a noite cair, olhando para a coroa, até que os escravos entrassem para acender os braseiros. [...] O atendente dos banhos encheu até as bordas, com água morna, uma banheira grande e embutida no piso. [...] Quando Arquimedes resignadamente desceu na banheira e sentou-se na água, uma parte dela derramou no solo. “Hum”, pensou “que interessante! A banheira estava cheia até a borda. Quando eu entrei nela a quantidade de água que eu deslocuei caiu pelas bordas. Eu queria saber se a água deslocada...” Uma luz acendeu-se de repente em seus olhos, deu um grito e pulou para fora da banheira. (BENDICK, 2002, p. 70 – 72)

Como se pode notar, a única referência indicada pelos autores contribui para que a pseudo-história associada a Arquimedes seja difundida no contexto escolar.

3.3.10 Conexões com a Física, de Martini e colaboradores

A obra de Martini e colaboradores (2016) traz um capítulo voltado ao Princípio de Arquimedes. Na introdução, a partir da imagem de um navio cargueiro, o texto comenta sobre a flutuação das embarcações. Lembrando, ainda, a sensação de leveza ao adentrarmos em uma piscina ou mar, aponta a ação da força de empuxo nessas situações. Para conceituar o empuxo, traz um exemplo ilustrativo de uma pessoa tentando afundar uma bola dentro de uma piscina, ocasião em que o objeto tende a voltar à superfície.

Segundo os autores, em um sistema massa-mola, pode-se observar o módulo da força do empuxo. Adotam, assim, uma postura empirista-indutivista, na qual fenômeno e conceito se confundem. Simulam um experimento com dois momentos para a suposta observação do

empuxo: um corpo é sustentado por uma mola imerso na atmosfera e um corpo é sustentado por uma mola, imerso em um recipiente com água. Do fenômeno de contração da mola emergiria o conceito de empuxo.

A avaliação do Guia Digital de Física do PNLD 2018 afirma que:

A coleção busca, ainda que pontualmente, articular a História da Ciência aos assuntos desenvolvidos, evitando reduzi-la a cronologias, biografias de cientistas ou a descobertas isoladas. Tais inserções aparecem nas seções Para saber mais, identificadas por “sempre foi assim?”, sob a forma de textos nos quais se discutem o contexto histórico e as controvérsias do desenvolvimento de alguns conceitos da Física.³⁵

Esses comentários não se aplicam à abordagem realizada pela obra didática para o Princípio de Pascal. A referência histórica é reduzida a um registro que atribui a Arquimedes a prerrogativa do Princípio, nos moldes da historiografia Pedigree. O enunciado é apresentado em linguagem atual, desprovido de contextualização histórica. Percebe-se o uso anacrônico do termo empuxo, o qual não estava presente nos originais de Arquimedes:

Atribui-se ao grego Arquimedes (287-212 a. C.) a primeira definição de empuxo: “Todo corpo mergulhado em um líquido sofre uma força denominada empuxo equivalente ao peso do líquido deslocado”. O peso do líquido deslocado pode ser calculado a partir do volume do líquido deslocado [...]” (MARTINI et al, 2016, p. 203).

O manual do professor recomenda a esse profissional a leitura do artigo “Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos” do historiador da ciência Roberto de Andrade Martins (2000). O manual apenas expõe o *link* para o artigo. Não se nota uma justificativa explícita para essa leitura, de modo que não há incentivo para que os professores a realizem de modo a desenvolverem senso crítico em relação à narrativa pseudo-histórica fisicamente insustentável.

A indicação do artigo de Martins como leitura para o professor demonstra que os autores da obra didática têm conhecimento a respeito dos questionamentos levantados pelo historiador. Sendo assim, pode-se indagar por que eles próprios não o tomaram como base para apresentar Princípio de Arquimedes de forma contextualizada aos alunos

3.3.11 Física, de Doca, Biscuola e Bôas

Na obra de Doca e outros autores, uma seção sobre o Teorema de Arquimedes tem início com questionamentos sobre a existência de uma força vertical dirigida para cima que possibilita a flutuação de um navio, assim como faz com que uma bola imersa em uma piscina retorne à

³⁵ Disponível em: <<http://www.fnnde.gov.br/pnld-2018/>>. Acesso em: 10/07/2020.

superfície quando abandonada. O texto estimula que os alunos levantem hipóteses a fim de relacionar os dois fenômenos. Emerge a explicação:

Essa força vertical e dirigida para cima que os corpos recebem quando imersos na água, no ar ou em outros líquidos ou gases tem fundamental importância na compreensão dos fenômenos hidrostáticos. Seu nome é **empuxo**, tendo sido descrita por Arquimedes de Siracusa no século III a. C. (DOCA et al, 2016, p. 275).

Os autores empregam a terminologia “empuxo”, atribuindo anacronicamente sua descrição atual a Arquimedes. Na sequência tem-se um recorte biográfico sobre o grego:

Arquimedes (287 a.C.-212 a.C.) nasceu em Siracusa, na ilha da Sicília, cidade que na época pertencia à Magna Grécia. Em viagem de estudos a Alexandria (Egito), conheceu Euclides e seus discípulos, tornando-se entusiasta de sua obra. Determinou a área da superfície esférica, obteve com precisão o centro de gravidade de várias figuras planas, construiu engenhos bélicos de notável eficiência e também um parafuso capaz de elevar a água de poços e estudou o mecanismo das alavancas. O que realmente o celebrou, no entanto, foi a formulação da **lei do empuxo**. Morreu em plena atividade, na Primeira Guerra Púnica, durante o massacre realizado pelos romanos por ocasião da tomada de Siracusa. (DOCA et al, 2016, p. 275; grifos no original)

O trecho revela o convívio de Arquimedes com Euclides e seus discípulos, mas não se refere a uma consequência importante desse aspecto biográfico: a forte influência da geometria euclidiana no tratado *Sobre os corpos flutuantes* de Arquimedes. Vimos aqui, portanto, se repetir a situação de oportunidades negligenciadas no sentido de explorar a colaboração na ciência (vide, por exemplo, BONJORNIO et al, 2016)³⁶.

Pelo menos no que se refere ao Princípio de Arquimedes, não se nota o que relata sobre a coleção o Guia Digital de Física PNLD 2018:

O tratamento da história da ciência é inserido de forma discreta no conjunto da obra. Entretanto, quando presente, não se restringe a cronologias e biografias. Em algumas oportunidades, a obra procura apresentar a ciência como construção humana e produção social fundamentada na elaboração de modelos que buscam compreender as manifestações da natureza.³⁷

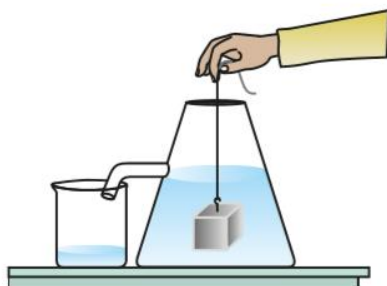
O texto didático traz uma seção com a demonstração matemática da força de empuxo seguida de exemplos. Um deles, especificamente, remete à versão vitruviana do episódio da coroa:

³⁶ Há obra atuais e mais antigas que destacam a influência de Euclides no trabalho de Arquimedes, de onde emerge uma visão colaborativa da ciência. A obra de Sampaio e Calçada (2008) destaca em recorte biográfico de Arquimedes sua proximidade com os discípulos de Euclides quando estudou em Alexandria. Decorreria desse contexto que “[...] procedendo como Euclides na geometria, partiu de alguns postulados (proposições consideradas auto evidentes) e demonstrou o princípio do empuxo e as aplicações da alavanca [...]” (SAMPAIO; CALÇADA, 2008, p. 207).

³⁷ - Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/pnld-2018/>>. Acesso em: 10/07/2020.

[...] quando o bloco (sem porosidades) é introduzido na jarra preenchida com água até o nível do seu bico, certo volume do líquido extravasa, sendo recolhido no recipiente lateral [vide figura X]. O volume de água extravasado é igual ao volume do bloco, e a intensidade do empuxo recebido por ele é igual à do peso do líquido deslocado (**Teorema de Arquimedes**). (DOCA et al, 2016, p. 277)

Figura 11: Ilustração representativa da citação anterior, trazida como exemplo para discussão apresentada no livro de Doca e colaboradores.

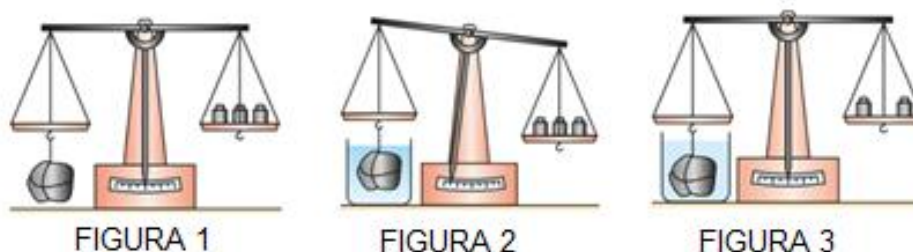


Fonte: DOCA et al, 2016, p. 277.

Os autores sugerem a verificação da lei de empuxo por meio de um experimento com uma balança. São apresentadas figuras de uma balança de braços com dois pratos (Figura 13). Na direita há três massores e, na esquerda, um corpo de ferro suspenso. A primeira figura encontra-se em equilíbrio no ar, a segunda apresenta desequilíbrio quando o corpo de ferro é imerso em água e a terceira volta ao equilíbrio quando se retira um massor com o corpo ainda submerso. Lê-se, então:

Introduzindo o corpo de ferro não poroso (dependurado no prato esquerdo) em um recipiente contendo água, verificamos certo desequilíbrio da balança. Isso ocorre porque, ao ser imerso na água, o corpo de ferro recebe desta uma força vertical e dirigida para cima – o empuxo –, que provoca uma redução na intensidade da força que solicita a extremidade esquerda do travessão. (DOCA et al, 2016, p. 277)

Figura 12: Esquema ilustrativo trazido no livro de Doca e colaboradores para verificação da lei do empuxo.



Fonte: DOCA et al, 2016, p. 277.

Pode-se notar que a explicação transcrita acima parece ir quase que naturalmente do fenômeno observado aos conceitos abstratos, sem elaborações mais cuidadosas, que sinalizem uma interpretação e não simplesmente o “brotar” do conhecimento físico. A abordagem tangencia o empirismo-indutivismo. Nota-se, ainda, que o exemplo remonta à balança hidrostática e, portanto, à versão galileana para o episódio da coroa do rei. Não obstante, o texto negligencia a oportunidade de realizar uma contextualização histórica.

3.3.12 Compreendendo a Física, de Gaspar

Seguindo o mesmo encaminhamento notado em outras obras (como MARTINI *et al*, 2016), o Princípio de Arquimedes é apresentado a partir de exemplo que utiliza um sistema massa-mola para demonstrar a ação da força de empuxo sobre a mola

A obra não retrata nenhuma das versões sobre Arquimedes e o episódio da coroa. A referência a Arquimedes ocorre apenas de passagem ao longo da definição de empuxo: “O empuxo é uma força cujo módulo, direção e sentido são definidos pelo princípio de Arquimedes (filósofo e matemático grego que viveu de 287 a.C. a 212 a.C.)” (GASPAR, 2017, p. 273).

A ausência de contextualização histórica pode levar o leitor a supor, anacronicamente, que todo o conhecimento exposto, incluindo a matematização do Princípio, teria sido cunhado por Arquimedes.³⁸

A abordagem realizada pela obra didática se distancia, no que diz respeito ao conhecimento físico empuxo, da análise apresentada no Guia Digital do PNLD Física 2018: “A coleção procura apresentar a ciência como um conjunto de conhecimentos produzidos socialmente e, para isso, introduz aspectos da História da Ciência ao longo de alguns textos principais.”

O autor apresenta uma ressalva em relação ao uso do termo “princípio” em referência ao conhecimento em questão:

O princípio de Arquimedes, a rigor, não é um princípio, pois pode ser deduzido a partir da lei de Stevin. Essa dedução nos permite obter a expressão matemática do módulo do empuxo (E) exercido por um fluido (l) sobre o corpo imerso. (GASPAR, 2016, p.267)

³⁸ Ao longo de décadas de publicações didáticas para o ensino de física podem ser notados exemplares nos quais a atribuição desse desenvolvimento matemático a Arquimedes é explícita: “Felizmente o físico e matemático grego Arquimedes (287-212 a.C.) descobriu um modo muito simples e engenhoso de calcular o empuxo. (SAMPAIO; CALÇADA, 2008, p.203).

Mais uma vez, a ausência de contextualização histórica pode resultar em uma compreensão distorcida do leitor. Pode parecer que o caminho adotado por Arquimedes foi uma dedução *a partir da lei de Stevin*. Esse autor, no entanto, viveu no século XVI, sendo seus estudos, assim, muito posteriores a Arquimedes.

Sobre o termo “princípio”, de fato, temos na literatura acadêmica:

Um princípio em Física, decorre na maior parte dos casos, da observação direta do que ocorre na natureza, ditado pelo encadeamento dos fenômenos e não é consequência de nenhuma dedução lógica, o que significa que um princípio não se explica, não se interpreta. (BAPTISTA, 2006, p. 541)

O questionamento ao uso do termo “princípio” é válido. No entanto, a obra didática não apresenta ao aluno uma terminologia alternativa. O manual do professor também não avança nesse sentido. Especificamente sobre o Princípio de Arquimedes, do questionamento emerge a utilização de outras terminologias que poderiam ser citadas:

Um princípio se constitui em uma “proposição posta no início de uma dedução, não sendo deduzida de nenhuma outra no sistema considerado” [...]. Ora, no texto de Arquimedes, Sobre os corpos flutuantes [...], é na Proposição 5, demonstrada a partir do Postulado 1 e das proposições que lhe antecedem e já foram provadas, que reconhecemos o famoso enunciado de Arquimedes. Dessa forma, do ponto de vista lógico, aquele enunciado é um teorema – “enunciado demonstrado em uma teoria” [...] – e, portanto, não há que chamá-lo de princípio. O termo lei é mais adequado, pois é neutro em relação à ideia de o enunciado ser um princípio ou um teorema (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009, p. 275).

3.4 COMENTÁRIOS ADICIONAIS SOBRE AS OBRAS DO PNLD 2018

O livro didático tem sido tema de várias pesquisas acadêmicas que o analisam nos mais diversos aspectos como: apoio para a construção de conhecimento, identificação de possíveis equívocos e oferta de soluções alternativas, orientação a professores na escolha de materiais didáticos.

A escolha do livro didático é de responsabilidade do professor e está envolta em inúmeros fatores:

[...] a escolha e utilização do livro didático é uma questão bastante complexa, uma vez que exige a definição de critérios que instrumentalizem o processo de escolha e fomentem a discussão sobre os processos de ensino e aprendizagem. Essa escolha constitui uma responsabilidade de natureza social e política e que muitas vezes traz dificuldades e incertezas aos professores. (FRISON et al, 2009, p.10)

Escolas públicas que não apontam suas preferências recebem do governo federal, geralmente, os livros mais adotados na respectiva região. Pesquisa recente sobre a distribuição dos exemplares da área de Física aprovados no PNLD 2018 identificou que:

No ranking geral de livros mais adotados para o triênio 2018-2020, identificamos que cinco coleções se destacaram no território nacional. As duas primeiras colocadas são de uma mesma editora, FTD. A coleção de Bonjorno, Casemiro, Clinton e Eduardo Prado foi a mais adotada em 2018 em todas as regiões do país, especialmente nas regiões sudeste e nordeste, totalizando em mais de um milhão e meio de volumes. A segunda foi a coleção de Benigno Barreto e Claudio Xavier, especialmente nas regiões nordeste, sudeste e sul. (SCHIVANI et al, 2020, p. 5)

A coleção de Bonjorno e colaboradores (2016), de perfil mais tradicional, é a mais adotada em vinte e um estados da federação, enfatizando “exercícios quantitativos”, como aponta o Guia do livro didático.³⁹ A segunda coleção mais adotada, a de Benigno Barreto e Xavier foi a preponderante em três estados. Os dados demonstram a “significativa uniformidade ao longo de todo o território brasileiro referente à coleção com o maior número de livros adotados pelas escolas para o triênio” (SCHIVANI et al, 2020, p. 10).

Em termos da inserção didática da HFC ainda resta um longo caminho a trilhar. A coleção mais adotada no país não realiza uma abordagem histórico-filosófica do Princípio de Arquimedes e não ensaia qualquer iniciativa de transposição didática envolvendo a HFC para esse conteúdo físico.

De forma oposta, a segunda coleção mais adotada, a de Benigno Barreto e Xavier realizou uma transposição bastante adequada do artigo de Martins (2000) para o contexto escolar, tendo sido salvo melhor juízo, o exemplar que obteve mais sucesso nesse sentido. Observa-se que a obra de Torres e colaboradores também realizou um ensaio muito interessante nesse sentido, recorrendo ao texto de Martins (2000) acrescido da fonte primária de Arquimedes.

De fato, identificamos em algumas obras didáticas aprovadas no PNLD 2018 repercussões bastante adequadas das discussões acadêmicas sobre implicações didáticas de aspectos histórico-filosóficos relacionados ao Princípio de Arquimedes. Notamos, por outro lado, autores de livros didáticos que embora estejam a par dessas discussões, trouxeram iniciativas questionáveis como a proposta de que o próprio aluno da educação básica leia o artigo de Martins (2000) para conhecer a versão galileana e obter subsídios para uma visão crítica do episódio (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016).

O mesmo artigo é indicado para leitura do professor por Martini e colaboradores (2016), mas sem orientações ao profissional sobre a transposição didática daquele material. Já a obra de Yamamoto e Fuke realiza proposta semelhante em relação ao texto de Silveira e Medeiros (2009), ou seja, apenas o indica ao professor.

³⁹ Disponível em: <<http://www.fnnde.gov.br/pnld-2018/>>. Acesso em: 28/03/2021.

Boa parte dos títulos de Física aprovados no PNLD 2018 manteve uma abordagem historicamente descontextualizada, essencialmente instrumental, focada em aspectos matemáticos.

A versão galileana para o episódio da coroa do rei é explorada em alguns exemplares. Outros trazem unicamente a narrativa vitruviana pseudohistórica. Seguindo a historiografia atual e o clamor da legislação educacional, seria importante inserir no contexto escolar uma narrativa mais plausível dos pontos de vista físico e histórico, que não transpareça concepções ingênuas sobre a ciência, como o empirismo-indutivismo.

CAPÍTULO 4 – O PRODUTO EDUCACIONAL E SUA APLICAÇÃO

4.1 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Como mencionamos no Capítulo 1, esse trabalho busca contribuir com um espaço para reflexões sobre os seguintes questionamentos na formação docente para a área de Física: Como identificar nos livros didáticos pseudo-histórias e narrativas históricas imersas em pressupostos historiográficos desatualizados e visões ingênuas sobre a ciência? Por outro lado, como identificar nos livros didáticos iniciativas de inserção didática de episódios históricos alinhadas à legislação educacional atual e adequadas do ponto de vista histórico-filosófico? Como agir, enquanto professor, diante das possibilidades notadas em relação a esses aspectos nos livros didáticos?

Propusemos como recorte o conteúdo físico “Princípio de Arquimedes” e, mais especificamente, em termos históricos, o episódio envolvendo Arquimedes e a coroa do Rei Hieron de Siracusa. Sugerimos que os docentes em formação (licenciandos e atuantes) sejam apresentados a discussões multicontextuais sobre o referido recorte, abrangendo aspectos científicos, metacientíficos e pedagógicos. Como objetivos gerais elegemos proporcionar ao professor em formação oportunidades de:

- Refletir sobre aspectos da construção do Princípio de Arquimedes a partir de fontes primárias e secundárias da História da Ciência;
- Aproximar-se da leitura de materiais acadêmicos acessíveis de interesse para o ensino de Física;
- Sensibilizar-se para a importância da utilização didática da História da Ciência por meio do estudo de trechos da legislação educacional e do edital do PNL 2018;
- Refletir sobre a temática Natureza da Ciência;
- Refletir sobre aspectos multicontextuais (metacientíficos, científicos e pedagógicos) relacionados ao Princípio de Arquimedes;
- Sensibilizar-se a respeito da necessidade de avaliar as alusões a elementos históricos, narrativas e eventuais iniciativas de transposição didática da História da Ciência presentes nos livros didáticos.

O produto educacional proposto, apresentado no Apêndice A dessa dissertação, é um curso de formação subsidiado por material de apoio de autoria própria, que pode servir como

base para iniciativas de formação docente. Pode ser aplicado para licenciandos em Física e professores atuantes nessa área na Educação Básica.

Em um primeiro momento, sugere-se que esse público seja inserido em discussões mediadas sobre pressupostos historiográficos atuais e visões de ciência, bem como sejam levados à reflexão sobre trechos específicos da legislação educacional e do edital 2018 do PNLD relacionados a aspectos histórico-filosóficos. Consideramos a oportunidade de que os professores em formação (inicial ou continuada) possam refletir sobre a temática Natureza da Ciência e sobre suas próprias visões de ciência.

Em momento subsequente, os participantes se engajam em discussão mediada sobre os artigos “Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos” e “O paradoxo hidrostático de Galileu e a lei de Arquimedes”, ambos publicados no Caderno Brasileiro de Ensino de Física (MARTINS, 2000; SILVEIRA; MEDEIROS, 2009). Ainda nesse momento do curso, completando a fundamentação histórica, são discutidas passagens específicas da fonte primária *Sobre os corpos flutuantes*, de Arquimedes, contendo a redação original do futuro Princípio de Arquimedes (ASSIS, 1996). O pequeno tratado *La Bilancetta*, de Galileu Galilei também é objeto de discussão mediada como alternativa à narrativa empirista-indutivista do episódio da descoberta do empuxo (GALILEU, 1986).

Parte-se do princípio de que é recomendável, na formação docente, o contato com fontes primárias e secundárias da História da Ciência e com artigos acadêmicos que discutem a inserção didática de conteúdos histórico-filosóficos.

Percorridas as etapas iniciais de formação, é iniciado o trabalho com trechos dos livros didáticos aprovados no PNLD 2018 que trazem o conteúdo Princípio de Arquimedes. Os docentes em formação, organizados em grupos, são encorajados a analisarem os recortes, considerando os elementos provenientes das etapas formativas precedentes: aspectos histórico-filosóficos específicos, pressupostos historiográficos, visões de ciência, recomendações da legislação e do edital 2018 do PNLD. Na subsequente socialização das contribuições, os docentes em formação participam de reflexão sobre como proceder, enquanto professor, diante das possibilidades notadas nos livros didáticos.

Esperamos, assim, levar a esse público uma ciência contextualizada social e historicamente. Pretendemos que o licenciando em Física e o professor atuante na Educação Básica se tornem capazes de reconhecer abordagens histórico-filosóficas bem estruturadas em termos dos aspectos específicos analisados. Não nos são desconhecidos obstáculos relacionados à utilização didática da HC. Um desses obstáculos diz respeito à formação docente adequada

(MARTINS, 2006). Nesse sentido, visamos propiciar um espaço formativo que contemple os objetivos previamente delimitados.

O produto educacional, incluindo as etapas formativas propostas e os recursos elaborados, pode ser consultado no Apêndice A.

4.2 BREVE DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO

Esse capítulo traz um breve relato da aplicação do produto educacional no formato de uma ação de extensão intitulada “O Princípio de Arquimedes nos livros didáticos do PNLD 2018: apreciação multicontextual (conceitual, histórico-filosófica e didático-pedagógica)”, cadastrada na Pró-reitoria de Extensão da UFRN, com carga horária total de 24 horas.⁴⁰

Considerando a situação de pandemia por COVID 19, vivenciada no segundo semestre de 2020, optou-se por realizar o curso de extensão na modalidade remoto. A divulgação da ação e a inscrição dos participantes foram realizadas por canais digitais, assim como todos os encontros. Optou-se por abrir inscrições tanto para licenciandos em Física, quanto para professores em atuação que desejassem participar do curso como formação continuada. Pôde-se atingir um público mais amplo na modalidade remota. Os encontros síncronos ocorreram de modo virtual, em período noturno, não chocando com horários em que eventuais participantes professores estivessem ministrando aulas na Educação Básica, as quais geralmente são diurnas. Foram ofertadas vinte e cinco vagas, sendo vinte vagas para público interno à UFRN e cinco vagas para público externo.

As vagas ofertadas foram preenchidas e, previamente ao início da ação de extensão solicitou-se aos participantes, através da plataforma *Google Forms*, o preenchimento do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), de modo que dados pudessem ser coletados ao longo da intervenção (Apêndice B). Dos vinte e cinco inscritos, quatorze responderam ao TCLE. Desse total, um participante concordou que os dados coletados fossem utilizados, mas não respondeu a nenhuma outra questão solicitada. Outro deu o aceite e respondeu aos questionamentos, mas não se identificou. Os dados referentes a esses dois participantes não serão utilizados para fins de análise.

⁴⁰ O curso foi cadastrado na PROEXT sob o Código CR596-2020. A equipe foi formada por Juliana M. Hidalgo (coordenadora da ação e docente da UFRN), Mara Cristina Julio de Oliveira (ministrante e mestranda em Ensino de Ciências Naturais e Matemática pela UFRN) e Daniel de Medeiros Queiroz (ministrante e mestre em Ensino de Ciências Naturais e Matemática pela UFRN)

Os participantes do curso são apresentados a seguir com base nas informações fornecidas e, para manter seu anonimato, são nomeados a partir deste momento por siglas representativas:⁴¹

P1 é licenciado em Física pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) desde 2019, atuante como professor em escola privada no 9º ano do Ensino Fundamental II e em todas as séries do Ensino Médio;

P2 é licenciado em Física pela UFRPE;

P3 é licenciando do 8º período de Física pela UFRN;

P4 é licenciado em Física pela UFRN, atua como professor desde 2010, na ocasião do curso estava na rede privada;

P5 é licenciado em Química pela UFRN e licenciando em Física na mesma instituição;

P6 é bacharel em Comunicação Social pela Universidade Estácio de Sá e licenciado em Física pela UFRN;

P7 é licenciado em Física pelo Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) e mestre em Ensino de Ciências Naturais e Matemática pela UFRN. Atua como professor há cinco anos, na ocasião do curso estava na rede pública.

P8 é licenciado em Física pela Universidade de São Paulo (USP), mestre em Ensino e História das Ciências e da Matemática pela Universidade Federal do ABC (UFABC) e doutorando na mesma instituição. Atua como professor há seis anos, na ocasião do curso estava na rede privada;

P9 é licenciado em Física pela Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN), mestre em Física pela UERN e doutor em Física pela UFRN

P10 obteve formação na UFRN em Engenharia Elétrica, Engenharia Civil e Engenharia Biomédica, e é licenciando em Física pela UFRN;

P11 cursa graduação no IFRN;

P12 é licenciado em Letras - Língua Portuguesa e Literatura pela UFRN e licenciando em Física pela mesma instituição. Atua como professor no Ensino Fundamental II da rede pública desde 2016.

A realização do curso de extensão na modalidade remota permitiu a formação de um grupo com participantes de diversas localidades do país. Consideramos positiva a oportunidade de levar esse tipo de iniciativa de formação docente para um público mais amplo. Como se pode observar, dentre os participantes alguns já haviam tido contato com discussões histórico-

⁴¹ Os dados estão incompletos, pois nem todos os participantes apresentaram as informações solicitadas.

filosóficas. Os licenciados em Física pela UFRN se encaixam nesse perfil, sendo a disciplina de História e Filosofia da Ciência nessa graduação ministrada pela professora orientadora da presente dissertação. Dentre os participantes externos à UFRN, P8 tinha formação na área de História da Ciência e apresentava um conhecimento mais substancial sobre o tema. Outros participantes, ao longo do curso, revelaram não terem familiaridade com a temática histórico-filosófica, havendo cursado, em poucos casos, disciplinas precárias desse âmbito nas respectivas graduações. O grupo, portanto, era heterogêneo em diversos aspectos.

Efetivamente, onze participantes tiveram participação regular no curso e se tornaram aptos a receberem o certificado com pelo menos 75% de presença nas atividades. Esse número não nos surpreende, sendo usual esse contexto de desistências mesmo antes do início das atividades em outros cursos de extensão que realizamos na UFRN. A gratuidade e a não obrigatoriedade dos cursos podem, eventualmente, contribuir para esse efeito.

4.3 CRONOGRAMA

A ação de extensão foi desenvolvida no período de 26 de novembro a 11 de dezembro de 2020, seguindo o cronograma mostrado no Quadro 5. As atividades de formação foram programadas de forma adaptada à modalidade remota. Foram realizadas atividades síncronas de discussão coletiva com auxílio da plataforma *GoogleMeet*. Todos os encontros foram gravados, de modo que as falas dos participantes puderam ser transcritas. As atividades assíncronas de leitura e discussão ocorreram por meio da rede social *Whatsapp*, sendo os diálogos conservados para análise.

Quadro 5: Cronograma do curso de extensão.

Data	Etapa	Descrição	Horário	Tema	Duração
26/11	I	Síncrona Primeiro Encontro	18:30 às 20:30	Discussões mediadas sobre pressupostos historiográficos atuais, visões de ciência, características da pseudo-história e transposição didática da HC.	2 h
30/11		Síncrona Segundo Encontro	18:30 às 20:30	Discussões mediadas sobre trechos da legislação educacional e do edital do PNLD 2018 que fazem menção a aspectos histórico-filosóficos.	2 h
	II.1	Assíncrona		Leitura prévia e orientada dos seguintes artigos: “Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos” (MARTINS, 2000); “O paradoxo hidrostático de Galileu e a lei de Arquimedes” (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009).	4 h
02/12	II.2	Síncrona	18:30 às 20:30	Discussões mediadas sobre os artigos lidos na Etapa II.1.	2 h

		Terceiro Encontro			
	III.1	Assíncrona		Leitura prévia e orientada das seguintes fontes primárias: <i>La bilancetta</i> de Galileu Galilei (GALILEU, 1986); Trechos selecionados de <i>Sobre os corpos flutuantes</i> de Arquimedes (ASSIS, 1996)	2 h
04/12	III.2	Síncrona Quarto Encontro	18:30 às 20:30	Discussões mediadas sobre as fontes lidas na Etapa III.1	2 h
	IV	Assíncrona		Em grupos, dispondo de trechos extraídos dos 12 exemplares aprovados no PNLD 2018, os participantes analisam o conteúdo “Princípio de Arquimedes” observando: pressupostos historiográficos, visões de ciência, aspectos histórico-filosóficos, exigências da legislação e do edital do PNLD 2018.	4 h
09/12	V	Síncrona Quinto Encontro	18:30 às 20:30	Primeira socialização das análises desenvolvidas na Etapa IV. Apresentação do Grupo 1 a respeito de 6 livros didáticos, com discussões mediadas.	2 h
10/12		Síncrona Sexto Encontro	18:30 às 20:30	Segunda socialização das análises desenvolvidas na Etapa IV. Apresentação do Grupo 2 a respeito de outros 6 livros didáticos, com discussões mediadas.	2 h
11/12	VI	Síncrona Sétimo Encontro	18:30 às 20:30	Como proceder, enquanto professor, diante dos resultados notados?	2 h

Fonte: própria.

A seguir realizamos uma breve descrição da aplicação do produto educacional. O relato de experiência fundamentado, com análise dos resultados, é apresentado no Capítulo 5.

4.4 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

4.4.1 ETAPA I - SÍNCRONA

Essa etapa contemplou os dois primeiros encontros. Foram apresentados importantes elementos para identificar a presença de traços de uma historiografia desatualizada nos livros didáticos ou a presença de pseudo-histórias que corroboram para a propagação de visões simplistas sobre a ciência. Também foram abordados pontos específicos, relacionados à História e Filosofia da Ciência na legislação educacional e no edital do PNLD 2018 para que os integrantes do curso de extensão pudessem, em atividade prevista para etapas posteriores, opinar se os livros aprovados cumpriam as exigências desses documentos.

Primeiro encontro

Para o primeiro encontro síncrono foram elaborados *slides* de apoio para o desenvolvimento dos tópicos História da Ciência e historiografia atual, visões de ciência, Natureza da Ciência, transposição didática da História da Ciência e pseudo-história (ver Apêndice I do PE).

Inicialmente tratamos da História da Ciência como área de pesquisa, abordando seu processo de institucionalização, a fim de que fossem percebidas as características da escrita dos historiadores no início do século XX e as transformações historiográficas ocorridas ao longo daquele século. Objetivou-se que os participantes se familiarizassem com a descrição linear, eurocêntrica e anacrônica da ciência desenvolvida pelos primeiros historiadores e compreendessem as características da história Whig, hagiográfica, Pedigree e essencialmente internalista, produzida naquela época.⁴² Ao longo dessa exposição dialogada, os participantes foram indagados e perceberam as semelhanças entre esse tipo de escrita da HC e aquela que muitas vezes costumamos encontrar nos livros didáticos.

As modificações ocorridas na historiografia da ciência foram discutidas, de modo que os participantes percebessem que atualmente a HC não é um registro de sequências cronológicas de teorias, invenções e ideias de outras épocas que parecem fluir diretamente em direção ao que aceitamos. O externalismo foi percebido em equilíbrio com o internalismo: atualmente a narrativa crítica sobre o desenvolvimento conceitual da ciência leva em conta a percepção de que este se dá em contextos sociais, econômicos, políticos e religiosos, dentre outros. O diacronismo, em oposição ao anacronismo da História da Ciência dos primeiros historiadores, bem como as narrativas não lineares da ciência, marcadas por rupturas, foram também elementos abordados de modo que os participantes pudessem perceber que a historiografia atual se diferencia muito da praticada no início do século XX, muito embora este ainda seja um modelo de HC usual em livros didáticos.

Tomamos como base o trabalho de Gil-Pérez e colaboradores (2001) para expor aos integrantes algumas das sete visões simplistas sobre ciência sintetizadas por esses autores. Demos prioridade às visões de ciência mais recorrentes nos livros didáticos em trechos sobre o Princípio de Arquimedes: a concepção empírico-indutivista; a visão rígida da ciência; a visão aproblemática e a-histórica; a visão individualista e a visão socialmente neutra da ciência. A importância de discorrer sobre esse tema reside no fomento de uma percepção crítica pelo

⁴² Uma demonstração de anacronismo conceitual, a História Whig, representa o estudo do passado com o olhar do que é aceito no presente (Krag, 1987). A História da ciência internalista se preocupa “com os problemas históricos internos à ciência, ou seja, a evolução de seus conceitos e suas teorias, independente da sociedade ou do meio que são produzidas” (ALFONSO-GOLDFARB, 1994, p. 77). Para os termos hagiográfica e Pedigree vide notas 2 e 34, respectivamente.

participante, sensibilizando-o para reconhecer visões ingênuas de ciência tanto nos materiais didáticos quanto eventualmente em si próprio.

O prosseguimento das discussões abordou a temática NDC e sua presença em sala de aula de modo contextualizado por meio de episódios históricos. Dialogamos sobre o processo de transposição didática da HC⁴³, esclarecendo que a simplificação exagerada pode corroborar visões ingênuas de ciência e promover a inserção da pseudo-história, na contramão do que recomenda a legislação educacional. Uma proposta didática bem elaborada pode colaborar com o ensino de conceitos físicos, ao mesmo tempo em que possibilita visões mais complexas sobre a ciência. Algumas dificuldades no processo de transposição didática foram discutidas com os participantes: localizar trabalhos históricos adequados; selecionar o conteúdo histórico e o nível de aprofundamento dos aspectos históricos e epistemológicos; cuidado com simplificações e/ou omissões; ponderar sobre o uso de textos históricos originais em sala de aula (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2012).

A fim de sensibilizá-los quanto a características que possibilitam identificar a presença da pseudo-história no livro didático, citamos as recomendações de Douglas Allchin (2004), restringindo-nos às características que mais comumente estão relacionadas ao episódio de Arquimedes e a coroa do Rei: relatos romantizados; apresentação de descobertas como monumentais e atribuídas a um indivíduo; narrativas tipo *insight* - descobertas repentinas que não envolvem esforço; narrativas restritas a experimentos cruciais.

Para encerrar esse primeiro encontro, questionamos os participantes sobre as seguintes narrativas usualmente comuns no contexto escolar: o episódio da eureka de Arquimedes e a descoberta do empuxo; a queda da maçã de Newton e a descoberta da gravidade. Não nos surpreendeu o fato de os participantes afirmarem que as conheciam desde quando cursavam a Educação Básica, tendo sido apresentados a elas pelos seus professores ou pelos livros didáticos adotados.

Segundo encontro

⁴³ Pensada a partir dos referenciais de Yves Chevallard: “[...] a transposição didática passa a ser vista sob a óptica de outro campo do saber, o das narrativas históricas, e não mais dos conceitos da matemática, seu berço de origem. O saber sábio passa a ser aquele construído pelo historiador das ciências, mas não apenas. Para tornar o processo mais complexo, têm-se os documentos originais, produzidos pelos cientistas, filósofos naturais e demais pensadores de diferentes épocas, os sujeitos que constroem as ciências” (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2012, p.127)

No segundo encontro foram apreciados recortes da legislação educacional, tais como as seções correspondentes à Física nos Parâmetros Curriculares Nacionais, as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, a seção referente às Ciências da Natureza e suas Tecnologias na Matriz de Referência do ENEM 2021, os Parâmetros Curriculares Nacionais para Ciências, documentos relativos à Educação de Jovens e Adultos e trechos da Base Nacional Comum Curricular que recomendam a inserção didática da História da Ciência (ver *slides* no Apêndice II do PE). A título de exemplificação, registramos que a Base Nacional Comum Curricular afirma que:

[...] a contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes de cientistas e a datas da história da Ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura. (BRASIL, 2018, p. 550)

A fim de demonstrar que as indicações da legislação educacional relativas à História da Ciência não se limitam à Física, foram apresentados alguns recortes referentes a outras disciplinas como Matemática, Biologia e Química. A exposição dialogada centrou-se na percepção de que as recomendações contidas nos documentos legais se referem à História da Ciência segundo um modelo historiográfico atual, entrelaçada a visões mais sofisticadas sobre a ciência, e não à História essencialmente cronológica, anacrônica, hagiográfica e linear, praticada pelos primeiros historiadores da ciência profissionais. Estabeleceu-se, assim, uma ligação entre as temáticas dos primeiros encontros síncronos.

Foram analisados nesse segundo encontro síncrono recortes do edital do Programa Nacional do Livro Didático 2018, mais especificamente, itens que tratavam da História e Filosofia da Ciência extraídos dos Princípios e Critérios para a Avaliação de Obras Didáticas destinadas ao Ensino Médio (ver Apêndice II do PE). Observa-se, por exemplo:

Assim, deve-se valorizar não a sua estrutura conceitual, os conhecimentos físicos propriamente ditos, mas também os principais aspectos de sua história e das suas formas particulares de se constituir. Isso significa abrir espaços para discussões em que elementos da História e da Epistemologia da Física estejam presentes. (BRASIL, 2015, p. 54)

A exposição dialogada permitiu observar que as determinações da legislação e do edital caminham em consonância e são unânimes no tocante à inserção didática da História da Ciência, desde que orientada pela historiografia atual e não segundo aquele modelo historiográfico praticado no início do século XX.

Os participantes do curso de extensão, em sua maioria, não tinham conhecimento do que a legislação educacional solicita, tampouco conheciam os termos praticados no edital do PNLD 2018. Sentiram-se impactados com as informações. Mencionaram que os livros didáticos

aos quais já tiveram acesso ainda traziam traços da historiografia ultrapassada, o que suscitou questionamentos do tipo: Se existe um edital com diretrizes a serem seguidas em termos da HC, por que os livros didáticos aprovados não se ajustam a essas premissas? Como os livros são selecionados para as escolas? Estes questionamentos foram retomados no último encontro síncrono.

4.4.2 ETAPA 2

Atividade assíncrona e terceiro encontro

Previamente ao terceiro encontro síncrono, foi realizada uma atividade assíncrona de leitura orientada dos seguintes artigos: “Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos” (MARTINS, 2000) e “O Paradoxo Hidrostático de Galileu e a Lei de Arquimedes” (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009). Criou-se um grupo de *WhatsApp* com todos os participantes do curso, com o intuito de que esse canal fosse usado para o envio de questões que orientassem a leitura dos textos (ver Quadro 6), de modo a chamar a atenção para determinados aspectos e, contabilizar a presença na atividade assíncrona. Escolhemos esse canal, pois atualmente o *smartphone* faz parte do cotidiano da maioria da população. Costuma estar sempre à mão, o que poderia trazer maior facilidade para que os participantes pudessem contribuir com comentários sobre os textos a qualquer momento em suas atividades diárias.

Quadro 6: Questões norteadoras para leitura dos textos MARTINS, 2000 e SILVEIRA; MEDEIROS, 2009, disponibilizadas aos cursistas em 01/12/2020.

Questões norteadoras para leitura dos artigos acadêmicos.
Questão 1) O que você conhece sobre Arquimedes e a descoberta do empuxo?
Questão 2) No texto "Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos" temos duas versões para o episódio histórico em questão. De acordo com a narrativa de Vitruvius, como o episódio é descrito? Que características do processo científico você nota?
Questão 3) De acordo com o historiador, a narrativa vitruviana não é viável por motivos físicos. Por quê?
Questão 4) De acordo com o historiador, a narrativa vitruviana levanta suspeitas por motivos contextuais e históricos. Por quê?
Questão 5) O texto "Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos" traz a versão de Galileu sobre o referido episódio. Que diferença há entre essa versão e a vitruviana?
Questão 6) Que evidências apoiam a narrativa de Galileu?
Questão 7) O texto de Fernando Lang da Silveira e de Alexandre Medeiros traz críticas ao enunciado do princípio de Arquimedes. Que reformulação os autores propõem?

Fonte: própria.

A intenção era provocar uma prévia da discussão no próprio grupo de *Whatsapp* a partir das questões propostas. Percebeu-se, no entanto, que houve pouca participação em termos de discussões por esse canal.

Houve um intervalo de dois dias entre o segundo e o terceiro encontros síncronos, durante o qual os participantes deveriam se dedicar às leituras. Pelo que se pôde notar no encontro síncrono subsequente às leituras, os debates sobre os textos transcorreram de maneira bastante satisfatória, demonstrando que os participantes haviam acessado e lido o material, ainda que não tivessem exposto seus comentários sobre os conteúdos dessas leituras na rede social.

É possível que alguns fatores tenham interferido nesse sentido. O fato de o curso ter sido realizado em período de finalização de semestre letivo pode ter colaborado para esse panorama. Os participantes estavam sobrecarregados por atividades profissionais e estudos, ainda se adaptando às condições do ensino remoto, seja como alunos ou como professores. Somam-se a isso, os efeitos psicológicos adversos causados pelo isolamento social e perdas de todas as ordens na pandemia. Assim, pôde-se se notar que os participantes realizaram as leituras, mas devem tê-las realizado quase que imediatamente antes do encontro síncrono, de modo que não puderam se manifestar a tempo pelo *Whastapp*.

Os textos foram escolhidos como fundamentação para as discussões, pois ambos abordam o episódio histórico da “descoberta do empuxo”. O artigo de Martins (2000) problematiza a versão mítica de Arquimedes, narrada por Vitruvius no século I a.C., na qual o rei de Hieron solicita ao pensador que descubra se sua coroa é de ouro puro ou de uma liga de ouro e prata. Nessa versão pseudohistórica, Arquimedes tem um *insight* ao se banhar em uma banheira e “descobre” o método para solucionar o caso. Martins traz questionamentos que levantam dúvidas sobre a consistência física e histórica da narrativa vitruviana. Em seguida, apresenta a obra *La Bilancetta*, na qual Galileu atribui a Arquimedes um método física e historicamente mais plausível para resolver o problema. O artigo demonstra que evidências históricas corroboram a versão galileana.

O texto de Silveira e Medeiros (2009) faz uma forte crítica às narrativas empiristas-indutivistas que costumam caracterizar a apresentação do Princípio de Arquimedes nos livros didáticos. Os autores questionam o enunciado tradicional do Princípio de Arquimedes e sugerem uma nova formulação que contorne o chamado Paradoxo Hidrostático de Galileu.

Os participantes não conheciam os referidos textos antes da ação de extensão. Para facilitar a discussão síncrona, elaboramos *slides* norteadores pontuando os principais aspectos

abordados pelos textos (ver Apêndice III do PE). O terceiro encontro, portanto, configurou-se como um momento de discussão sobre as fontes secundárias que embasariam a futura análise do Princípio de Arquimedes nos livros didáticos pelos participantes. Um novo olhar para o episódio histórico da “descoberta do empuxo” foi lançado. E, em relação ao Paradoxo Hidrostático de Galileu, foi uníssona a fala dos participantes no sentido de que até então desconheciam as limitações físicas do Princípio de Arquimedes.

4.4.3 ETAPA 3

Atividade assíncrona e quarto encontro

Previamente ao quarto encontro, ocorreu a atividade assíncrona de leitura das seguintes fontes históricas: o tratado *La bilancetta*, escrito por Galileu Galilei (GALILEU, 1586) e trechos selecionados do tratado *Sobre os corpos flutuantes*, escrito por Arquimedes no séc. III a.C. (ASSIS, 1996). Adotou-se nessa atividade o mesmo método da atividade assíncrona anterior: leitura orientada por questões prévias (Quadro 7).

Quadro 7: Questões norteadoras para leitura das fontes primárias, disponibilizadas para os cursistas em 03/12/2020.

Questões norteadoras para leitura das fontes primárias
Observem os seguintes aspectos:
1) A natureza dos argumentos de Arquimedes é geométrica/Euclidiana ou empírica? Ele descreve experimentos?
2) Há matematização ou uma descrição fenomenológica?
3) Observe possíveis semelhanças e diferenças em relação ao enunciado tradicional do Princípio.
4) O termo empuxo aparece?
5) Outros aspectos chamam a sua atenção nesses trechos em amarelo? ⁴⁴

Fonte: própria

Os trechos da fonte primária *Sobre os corpos flutuantes* foram apresentados aos participantes para que eles próprios pudessem refletir sobre como o enunciado do Princípio foi apresentado por Arquimedes, em contraste com o modo como costuma ser exposto em livros didáticos (ver Apêndice IV do PE). Resumidamente, no tratado, os argumentos de Arquimedes se apoiavam na geometria euclidiana. Não eram de natureza empírica e não havia formulação algébrica. Havia alusão a fluidos, mas apenas como líquidos, e o termo empuxo não constava

⁴⁴ No intuito de direcionar a leitura dos trechos de interesse, as proposições 5, 6 e 7 do Tratado *Sobre os corpos flutuantes* foram destacadas em amarelo.

nas proposições de Arquimedes. Não havia menção ao episódio da coroa. Estes são pontos importantes porque inclinam à percepção de que o enunciado e sua apresentação algébrica atual devem ter sido uma construção coletiva ao longo da História da Ciência, e não uma produção individual e isolada de Arquimedes, o que contraria afirmações recorrentes nos livros didáticos. Esses aspectos foram percebidos pelos participantes, conforme pôde-se notar nas discussões realizadas no quarto encontro síncrono. Os participantes demonstraram, ainda, estranhamento causado pelo tipo de argumentação empregada por Arquimedes, baseada na geometria euclidiana.

A outra fonte primária, *La Bilancetta*, é o texto de Galileu citada no artigo de Martins (2000). Sendo uma obra curta, de três páginas, e de leitura acessível, considerou-se conveniente inseri-la na formação docente. Nela Galileu demonstrou se sentir incomodado com a narrativa de Vitruvius para o episódio da coroa, uma vez que considerava falho o método atribuído a Arquimedes, por quem tinha grande admiração. O genovês, então, relatou um outro método, baseado em medidas de peso e não de volume, por meio da utilização de uma balança hidrostática. Galileu havia chegado a esse método a partir de investigações que realizou sobre as obras de Arquimedes, em especial a lei das alavancas. Considerava, assim, que Arquimedes deveria tê-lo utilizado. Como relata Martins (2000), documentos medievais encontrados posteriormente corroboram a hipótese de Galileu, uma vez que atribuem esse método a Arquimedes.

Somadas às fontes secundárias estudadas em etapa anterior, as fontes primárias foram importantes no processo de fundamentação histórica dos participantes para a atividade subsequente de análise dos livros didáticos. Interessante também foi perceber que alguns participantes do curso de extensão, já docentes em exercício, se referiam às suas próprias atividades profissionais, analisando os materiais didáticos utilizados em suas escolas.

4.4.4 ETAPA IV

Assíncrona

Para a análise dos livros didáticos, o grupo único do *WhatsApp* foi diluído. Os participantes foram divididos em dois grupos criados na mesma rede social. Nessa divisão, primou-se pelo equilíbrio ao levar em conta fatores tais como: a formação dos integrantes (ambos os grupos continham professores e licenciandos), sexo (ambos os grupos eram formados por homens e mulheres em proporção equilibrada), indivíduos com fundamentação sobre a História da Ciência no Ensino prévia ao curso e indivíduos que estabeleceram no curso o

primeiro contato com essa temática (distribuição equilibrada entre os grupos), indivíduos que vinham demonstrando uma participação mais ativa no curso (distribuídos de modo equitativo entre os grupos). No primeiro grupo ficaram os participantes P4, P6, P7, P9 e P10. O segundo grupo foi formado pelos participantes P1, P2, P3, P5 e P8.

Doze livros foram aprovados no PNLD 2018. Cada grupo foi, então, contemplado com recortes de seis exemplares, específicos sobre o Princípio de Arquimedes. Posto que os organizadores do curso já haviam realizado uma análise prévia detalhada de todas as doze obras, a distribuição dos exemplares também levou em conta a intenção de equilibrar entre os grupos aqueles nos quais a presença da História da Ciência era restrita na apresentação do Princípio de Arquimedes e exemplares que, de fato, traziam abordagens histórico-filosóficas para esse conteúdo físico. Primeiramente cada grupo recebeu os recortes pertinentes apenas à sua análise (ver Quadro 8). Posteriormente, antes do encontro *online*, os demais recortes também foram disponibilizados.

Quadro 8: Divisão dos livros aprovados no PNLD 2018 entre os grupos.

Número	Obras direcionadas ao Grupo 1	Obras direcionadas ao Grupo 2
1	BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Cláudio Xavier. <i>Física aula por aula</i> . 3ª ed., São Paulo, FTD, 2016, V1	BONJORNO, José Roberto <i>et al.</i> <i>Física para o ensino médio</i> . 3ª ed., São Paulo, FTD, 2016, V1
2	DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Villas. <i>Física para o ensino médio</i> . 3ª ed., São Paulo, Saraiva, 2016, V1	GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. <i>Física Interação e Tecnologia</i> . 2ª ed., São Paulo, Leya, 2016, V1
3	FUKUI, Ana; MOLINA, Madson de Melo; VENÊ. <i>Ser Protagonista</i> . 3ª ed., São Paulo, SM, 2016, V1	GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Pereira; CARRON, Wilson. <i>Física para o ensino médio</i> . 2ª ed., São Paulo, Ática, 2016, V1
4	GASPAR, Alberto. <i>Compreendendo a Física</i> . 3ª ed., São Paulo, Ática, 2017, V1	LUZ, Antonio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga; GUIMARÃES, Carla da Costa. <i>Física Contexto e Aplicações</i> . 2ª ed. São Paulo, Scipione, 2016, V1
5	MARTINI, Glorinha; SPINELLI, Walter; REIS, Hugo Carneiro; <i>Conexões com a Física</i> . 3ª ed., São Paulo, Moderna, 2016, V1	PIETROCOLA, Maurício; POGIBIN, Alexander; ANDRADE, Renata; ROMERO, Talita Raquel. <i>Física em contextos</i> . São Paulo, Editora Brasil, 2016, V1
6	YAMAMOTO, Kazuhito; FUKE, Luís Felipe. <i>Física para o ensino médio</i> . 4ª ed., São Paulo, Saraiva, 2016, V1	TORRES, Carlos Magno A.; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo; PENTEADO, Paulo Cesar Martins. <i>Física Ciência e Tecnologia</i> . 4ª ed., São Paulo, Moderna, 2016, V1

Fonte: própria.

Considerando que boa parte dos participantes estabeleceu no curso o primeiro contato com discussões relacionadas à História da Ciência, julgou-se conveniente encaminhar via *WhatsApp* uma síntese dos principais aspectos abordados nos quatro primeiros encontros síncronos, os quais serviriam como diretrizes para a análise dos livros didáticos: fundamentos

historiográficos, legislação didática, visões de ciência e elementos relacionados ao estudo das fontes históricas primárias e secundárias específicas (Quadro 9). Os participantes também tiveram acesso aos *slides* utilizados como apoio nos encontros síncronos (Apêndices I, II, III e IV do PE).

Quadro 9: Orientações para análise dos livros didáticos, disponibilizadas aos cursistas em 05/12/2021.

Orientações para análise dos LD	
Visões de Ciência	<ul style="list-style-type: none"> • Individualista ou cooperação • Rígida/ passo a passo na investigação científica • Empirista indutivista – o conhecimento “brota” por <i>insight</i> naturalmente da observação/experimento • Aproblemática/ahistórica – não traz os questionamentos a que o referido conhecimento buscou responder
Historiografia	<ul style="list-style-type: none"> • História estritamente cronológica • História Pedigree – paternidade de um conhecimento atribuída a um indivíduo • Hagiografia – pesquisador endeusado como perfeito; apologia ao pesquisador • Anacronismo – projeção de conceitos/ideias de uma época em outra: às vezes aparece associado a juízo de valor • Diacronismo - cada conceito/ideia contextualizado em sua época; oposto do anacronismo • Internalismo - história estritamente conceitual • Externalismo – história da ciência que engloba fatores religiosos, culturais, políticos, econômicos etc. • História Whig - história de certos e errados; heróis e vilões
Legislação Didática	<ul style="list-style-type: none"> • Equilíbrio entre produto do conhecimento e processo de desenvolvimento da ciência • Rejeição à HC estritamente cronológica; • Rejeição a biografias tipo hagiográficas/apologéticas; • Crítica a apresentação de fórmulas desacompanhadas de referências ao seu desenvolvimento histórico; • Apresentar a ciência como construção humana, mutável, contextualizada historicamente etc.)
Conteúdo Histórico Específico	<ul style="list-style-type: none"> • O trecho traz a pseudo-história de Vitruvius sobre o episódio de Arquimedes? • O trecho traz a versão de Galileu para o episódio? • Como o episódio da coroa se apresenta? • Vimos que Arquimedes não se refere a empuxo; não utiliza esse termo; não realiza uma argumentação empírica; não descreve experimentos na fonte original; utiliza argumentação geométrica. • Comparar o enunciado do Princípio Arquimedes no livro didático às proposições de Arquimedes que estudamos; observar que ele não realizou a matematização do princípio.

Fonte: própria.

Estimulou-se o diálogo entre os integrantes de cada grupo por *WhatsApp* ao longo da realização das análises dos livros didáticos, previamente ao encontro síncrono no qual os comentários seriam socializados. Novamente notou-se que poucos participantes responderam a esse chamado, muito embora tenha havido boa participação na etapa síncrona de socialização. A troca de mensagens foi registrada e é objeto de análise no Capítulo 5 dessa dissertação.

4.4.5 ETAPA V - SÍNCRONA

Quinto e Sexto Encontros

No quinto encontro síncrono foi realizada a socialização das observações do Grupo 1 sobre o conteúdo relativo ao Princípio de Arquimedes nos exemplares encaminhados para análise de acordo com os critérios previamente estabelecidos (Quadro 9). Deixamos que os integrantes expusessem livremente seus comentários sobre os recortes dos livros didáticos. O conteúdo escrito apresentado por esses recursos, assim como imagens e a coerência das abordagens para o Princípio de Arquimedes foram observados.

A cada exemplar comentado as discussões foram abertas de modo que pudessem envolver os integrantes dos dois grupos. O diálogo prosseguiu intensamente sem um controle rígido de tempo, de modo que foi dispendido o necessário para a fluidez dos debates sobre cada recorte. Não foi possível contemplar todos os recortes atribuídos ao Grupo 1 nesse primeiro encontro da Etapa V. Os integrantes desse grupo apresentaram seus comentários sobre os exemplares 1, 2, 3 e 6.

As contribuições apresentaram um bom grau de aprofundamento. Aspectos eventualmente não percebidos pelos participantes foram complementados pela equipe responsável pelo curso de extensão. Convém destacar, também, que aspectos não percebidos pelos próprios organizadores foram evidenciados por alguns participantes, o que demonstra a importância da pluralidade de olhares e a riqueza desse tipo de discussão em grupos envolvendo indivíduos de diferentes perfis.⁴⁵

No sexto encontro, optamos por alternar entre os dois exemplares que faltaram na exposição do Grupo 1 e os exemplares previstos para o Grupo 2. Procedemos com a alternância entre os grupos até finalizarmos os recortes que faltaram do primeiro grupo. Novamente não delimitamos o tempo dispendido na discussão dos recortes de cada obra. Algumas tomaram mais tempo por apresentarem mais aspectos a serem debatidos, outras nem tanto. As discussões

⁴⁵ Esse aspecto será evidenciado no Capítulo 5.

desse segundo encontro foram igualmente substanciais e mobilizaram participantes dos dois grupos. Foi interessante notar que determinados recortes despertaram olhares divergentes. Enquanto alguns participantes se mostraram satisfeitos com o conteúdo histórico apresentados por determinados recortes, outros apontavam o que consideravam “falhas” nesses mesmos recortes, o que levou a uma percepção plural e enriquecedora do público participante do curso de extensão.⁴⁶

4.4.6 ETAPA VI SÍNCRONA

Sétimo Encontro

Não houve tempo hábil para contemplarmos todos os exemplares didáticos propostos ao Grupo 2 no sexto encontro. A discussão sobre esses exemplares transcorreu no último encontro do curso de extensão, seguindo os mesmos procedimentos adotados nas etapas anteriores de socialização dos comentários sobre os recortes dos livros didáticos. Novamente observou-se um bom nível de engajamento dos participantes nos debates.

Prevíamos para esse encontro uma discussão final sobre a seguinte questão: “Como proceder, enquanto professor, diante dos resultados notados?” Observou-se, no entanto, que, a cada exemplar discutido, questionamentos intrinsecamente relacionados vinham à tona. O que fazer diante de livros que trazem pouca ou nenhuma informação histórica relacionada ao Princípio de Arquimedes? Como lidar com tamanha escassez e suas consequências? O que fazer diante de exemplares que indicam a leitura do texto de Martins (2000) ao professor, aparentemente delegando a ele toda a tarefa de transposição didática, ao mesmo tempo em que expõem o conteúdo segundo a narrativa empirista-indutivista, em desacordo com a própria leitura que recomendam? E quando o livro didático indica essa mesma leitura acadêmica para o aluno do Ensino Médio?! O que fazer se o livro recomenda ao professor a leitura do texto de Silveira e Medeiros (2009)? Estaria o professor preparado para realizar uma transposição didática a partir do conteúdo exposto nesse material?

Os participantes refletiram continuamente, ao longo das etapas síncronas V e VI, sobre esse tipo de questionamento. Sugeriram alternativas para contornar falhas e explorar as boas possibilidades de abordagens histórico-filosóficas apresentadas por alguns exemplares.

O tema da distribuição dos livros didáticos aprovados no PNLD veio à tona. Recorremos ao trabalho de Schivani e colaboradores (2020) para a apresentação de dados sobre a

⁴⁶ Esse aspecto será evidenciado no Capítulo 5.

distribuição mais recente dos exemplares analisados no curso de extensão. Os participantes verbalizaram não terem conhecimento de que um exemplar, o de Bonjorno e colaboradores, com abordagem mais tradicional e quantitativa, é o mais adotado em vinte e um estados brasileiros, sendo que o segundo mais adotado, o de Barreto Filho e Silva, atingiu essa marca em apenas três estados. Experiências sobre falhas no processo de escolha dos livros didáticos pelos professores foram compartilhadas. Aproveitamos a oportunidade para apresentar o Guia Digital do PNLD 2018, com suas informações sobre a análise dos exemplares por especialistas e as resenhas das coleções aprovadas.

Encerramos o encontro com as impressões dos participantes sobre o curso de extensão, notando que houve uma boa recepção em relação à temática proposta e o seu desenvolvimento ao longo das etapas transcorridas.

Os encontros síncronos realizados foram gravados. Realizamos a transcrição das falas dos participantes (Apêndice C). As trocas de mensagens por meio da rede social *WhatsApp* foram conservadas. Todo esse material foi objeto de análise para a elaboração de um relato de experiência fundamentado apresentado no Capítulo 5 dessa dissertação. À parte do texto da dissertação, a proposta de produto educacional foi destacada, de modo que pode ser facilmente acessada por interessados em sua aplicação (Apêndice A).

CAPÍTULO 5: ANÁLISE DA APLICAÇÃO

5.1 METODOLOGIA E COLETA DE DADOS

Quando se trata de pesquisa na área de Educação, a forma de análise mais usual é a qualitativa por se opor à rigidez e à fragmentação da quantitativa. Podem ser consideradas três características fundamentais da análise qualitativa: visão holística; abordagem indutiva e investigação naturalística (MAZOTTI, 1991). A visão holística refere-se à compreensão do significado atribuído a um evento ou comportamento e está relacionada à compreensão das interrelações em um contexto. A abordagem indutiva está ligada ao grau de liberdade do pesquisador, permitindo que as categorias de análise sejam construídas durante o processo de impregnação. A investigação naturalística diz respeito à mínima intervenção possível do pesquisador durante o processo de observação.

Utilizamos a observação direta como procedimento da pesquisa qualitativa, deixando claro para os participantes qual seria o nosso papel. Partimos, então, para uma observação participativa, pois questionávamos os participantes e os provocávamos para que pudessemos obter maiores informações sobre suas reflexões e, vez por outra, algum relato de experiências anteriores. Contudo, procuramos ao máximo não influenciar na conduta e nos dizeres de cada participante, pois nos importavam suas impressões pessoais. Como mencionam Poupart *et al* (2008) existe a preocupação recorrente com a subjetividade dos dados coletados por observação, pois o observador pode embê-los com suas dimensões pessoais como idade, sexo, origem social e étnica, conhecimentos pregressos etc. Tal subjetividade pode ser contornada incluindo na análise as citações dos participantes e apresentado na íntegra toda a transcrição realizada para que o leitor possa fazer suas próprias considerações. Ainda segundo os mesmos autores, em relação à epistemologia, utilizamos o modelo da observação por impregnação:

[...] o saber é o produto da integração do pesquisador no meio estudado. A observação se caracteriza pela inserção do observador no grupo estudado, segundo um procedimento de compreensão do real [...], e é a participação ou envolvimento do pesquisador que permite chegar à compreensão da realidade pesquisada. (POUPART *et al*, 2008, p. 262)

A pesquisa qualitativa, na visão de Bogdan e Biklen (1994), é descritiva, sendo as palavras ou imagens os dados obtidos. Como resultado dessa investigação, tem-se citações que fundamentam as reflexões do pesquisador e os dados de campo podem ser as transcrições das entrevistas e vídeos, entre outros.

Realizamos uma análise qualitativa dos dados obtidos, coletados por meio de observação direta dos encontros síncronos, sendo esses vídeo-documentados⁴⁷, juntamente com as respostas aos questionamentos propostos quando da análise de cada um dos livros didáticos, podendo ser essa considerada como uma entrevista semiestruturada. Temos interesse em relatar as impressões e reflexões dos participantes no processo de análise do conteúdo físico Princípio de Arquimedes nos livros de Física aprovados pelo PNLD 2018.

Foram geradas, aproximadamente, duas horas de gravação para cada encontro. A gravação permite que os encontros sejam acessados repetidas vezes, podendo ser analisados em diferentes aspectos e com maior detalhamento, não nos limitando à memória do pesquisador. As transcrições foram realizadas de modo a captarem ao máximo a naturalidade das interações, incluindo os elementos não-verbais e a especificidade de cada indivíduo como pausas, gagueiras e entonações.

Tomamos as considerações dos participantes como respostas aos questionamentos propostos para análise dos livros didáticos como se compusessem uma entrevista semiestruturada. Isso porque os participantes foram apresentados de antemão a questões norteadoras e durante a exposição dessas considerações outros questionamentos poderiam ser introduzidos tanto pelos mediadores quanto por outros participantes. De acordo com Lüdke e André (2018), a entrevista é um importante método de aquisição de dados na pesquisa qualitativa. O seu formato não permite que ocorra uma relação hierárquica entre entrevistador e entrevistado como em outros instrumentos de pesquisa, mas que se crie interação entre ambos. Em especial nas entrevistas que não são totalmente estruturadas, há maior liberdade nas respostas dos entrevistados, à medida que ocorre estímulo e aceitação mútua, as informações fluem de maneira natural.

Para a análise dos dados coletados utilizaremos a Análise Textual Discursiva (ATD):

A análise textual discursiva é uma abordagem de análise de dados que transita entre duas formas consagradas de análise na pesquisa qualitativa que são a análise de conteúdo e a análise de discurso. (MORAES; GALIAZZI, 2006, p. 118)

A ATD utiliza os pressupostos que emergem das inúmeras leituras dos textos (transcrições), analisados a partir do significado que são atribuídos pelo pesquisador com base em seus conhecimentos, teorias e interpretações. Nessa análise, a delimitação do material dará

⁴⁷ Em virtude da pandemia causada pelo vírus da covid-19, os encontros síncronos realizados no curso de extensão se deram no formato remoto, como já mencionado. Todos os encontros foram gravados com a prévia anuência dos participantes.

origem ao *corpus* que é definido a partir de uma amostra maior e comporá a matéria-prima da análise-textual.

A dinâmica da ATD envolve a unitarização e a categorização, captando novo emergente em processo auto-organizado que forma um ciclo. O ciclo se inicia com a unitarização que corresponde à desmontagem dos textos, ou seja, os textos são separados em unidades de significado que podem ou não gerar outras unidades a depender da interpretação do pesquisador. Pode ocorrer uma multiplicidade de significados a partir de um mesmo significante, a depender dos diferentes pressupostos teóricos utilizados por cada leitor. As unidades de análise podem ser definidas em função de categorias definidas *a priori* (sabe-se previamente os temas da análise) ou emergentes (as categorias vão emergindo das leituras do *corpus* de acordo com o grau de impregnação do pesquisador) (MORAES, 2003).

A próxima etapa do ciclo é a categorização que vai articular as unidades de significados semelhantes formando as categorias através de comparação entre as unidades. Nessa etapa ocorre o afinamento e o aperfeiçoamento. Atuando com rigor e precisão consegue-se delimitar cada vez mais as categorias que servirão de base para a próxima etapa do ciclo.

A partir das categorias produzidas é construído um metatexto que descreverá e interpretará sentidos e significados mediante a compreensão e a impregnação do pesquisador. Essa etapa refere-se à captação do novo emergente. Essa emergência é composta por *insights* que vão se desenvolvendo de acordo com a evolução do processo intuitivo focalizando o fenômeno de forma global e holística, embora ainda com lacunas. De acordo com Moraes (2003), podem ser produzidos tipos diferentes de textos, mais descritivos (próximos do *corpus* original) ou mais interpretativos (mais afastados do *corpus* com sentido de maior teorização e abstração).

Para encerrar o ciclo, tem-se a auto-organização, processo de aprendizagem viva que compila todas as etapas anteriores, iniciando com a fragmentação e a desorganização do *corpus*, seguindo com a reconstrução através das categorias e surgimento de novas compreensões que serão validadas na forma de texto. Moraes (2003) compara a ATD a uma tempestade de luz, na qual emergem flashes para iluminar o cenário caótico e desordenado, surgindo novas compreensões dos fenômenos investigados.

Seguindo as etapas procedimentais da ATD, a análise dos dados teve início com a leitura massiva das transcrições para a delimitação do *corpus*, o qual foi fragmentado em unidades de significado. A fragmentação iniciou-se com categorias *a priori*, seguindo as orientações norteadoras transmitidas aos participantes, mas não descartamos o surgimento de categorias

emergentes. Posteriormente, essas unidades foram reagrupadas em categorias, considerando as semelhanças encontradas quando comparadas, de modo a originar as unidades de significado. A seguir trazemos detalhadamente esse processo.

5.2 ANÁLISE DOS ENCONTROS FORMATIVOS

Quando o curso de extensão foi planejado, levou-se em consideração o fato de que os participantes poderiam estar em níveis distintos de entendimento sobre a História da Ciência e os pressupostos que norteiam a sua inserção didática. Essa possibilidade se concretizou. Entre os participantes havia quem estivesse cursando o doutorado em História da Ciência, bem como aqueles com nenhum contato com essa área. Outros relataram terem frequentado disciplinas de História da Ciência no decorrer da graduação e/ou cursos de extensão sobre recortes de episódios históricos específicos.

Levou-se em conta esse contexto nos quatro encontros iniciais, etapas de fundamentação teórica, idealizadas de modo a fornecerem subsídios para que os participantes tivessem autonomia para comentar sobre os recortes de livros didáticos. Os encontros síncronos das etapas I, II.2 e III.2 tiveram caráter expositivo-dialógico. Aos participantes foi dada a liberdade de questionar e expressar suas opiniões a qualquer momento.

Nos encontros síncronos (etapas II.2 e III.2) ocorreram as discussões coletivas sobre textos acadêmicos e fontes primárias, respectivamente. Como já mencionado, a leitura prévia desses materiais foi realizada de forma assíncrona, norteada por questões-guia. Ao longo da discussão, no encontro síncrono, foram lançados questionamentos como forma de suscitar a participação ativa do maior número de participantes.

Emergiram, justamente desses questionamentos, a maior parte das categorias *a priori* que propusemos para a realização da análise dos dados registrados sobre esses encontros iniciais.

Nos encontros finais (etapas IV e V), os participantes passaram a exercer o papel de protagonistas, de modo que os organizadores se restringiram à mediação. No decorrer da fala dos participantes percebeu-se a necessidade de incluir uma categoria emergente referente às orientações dirigidas ao professor quanto à condução da aula.

Na análise que se segue não são apresentadas as falas dos participantes em sua integralidade, ainda que todas elas tenham sido utilizadas para efeito de categorização.⁴⁸ A

⁴⁸ As transcrições dessas falas podem ser observadas no Apêndice C.

seguir, portanto, apenas algumas delas são expostas objetivando a fundamentação das conclusões analíticas.

5.2.1 ETAPA I (SÍNCRONA) – ENCONTRO I

No primeiro encontro, foram abordados os tópicos História da Ciência e historiografia atual das ciências, Visões de Ciência, Natureza da Ciência, transposição didática dos episódios históricos e pseudo-história. Esse encontro se caracterizou pela exposição-dialogada de elementos que auxiliariam a construção da lente através da qual os participantes realizariam comentários sobre os LD aprovados no PNLD 2018.

Iniciamos com a apresentação do modelo historiográfico prevalecente entre os historiadores da ciência no início do século XX. Caminhamos com a transformações sofridas pela área de pesquisa História da Ciência ao longo do século passado, de modo que novos pressupostos historiográficos deram lugar aos antigos (ver Capítulo IV). Em seguida, abordamos a temática visões ingênuas sobre ciência pela ótica de Gil-Pérez e outros autores (2001). Tratamos sobre a transposição didática da História da Ciência, conforme as considerações estabelecidas por Forato e outros autores (2011), concluindo com elementos sugeridos por Allchin (2004) para reconhecimento da pseudo-história.

Em seguida, lançamos o seguinte questionamento aos participantes: **“Vocês encontram alguma semelhança [entre o tipo de historiografia do início do século XX] com o conteúdo histórico exibido nos livros didáticos atuais?”**

Dois participantes responderam:

P1⁴⁹: *Sim, eu vejo que sempre tem esse aspecto muito mito, né? Como se ... eu lembro, falam bastante de Einstein, né? Na física contemporânea. Que diz que Einstein estava trabalhando na loja ... no seu ofício e, pensou e veio à mente. Então, parece que eles não contextualizam com nada do que estava vivendo. Parece que não tem uma contextualização social, não tem uma contextualização econômica, cultural. Parece que foi simplesmente porque deu vontade dele estudar. [...] Por que surgiram as máquinas a vapor? Por que que surgiu Carnot? Foi um nome muito conhecido. Foi por que ele tinha vontade de pesquisar? E poucos livros trazem que ele é filho de militares. E, ele queria fazer aquilo para desenvolver, né? O exército...*

⁴⁹ Como mencionado no Capítulo 4, seção 4.2, os participantes receberam siglas representativas para preservar suas identidades. Relembrando que P1 tem formação acadêmica em Licenciatura em Física pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE (2019) e atua como professor em escola privada para o 9º ano do fundamental II e para o todas as séries do ensino médio. Como pode ser observado, esse participante foi muito atuante durante todo o curso de extensão, tendo uma atuação substancial desde o primeiro encontro.

porque ele queria ... tinha uma função social, tinha uma função cultural e econômica ali e militar envolvida, né? Então, os livros só têm ele [sic] como é... um grande cientista, né? Brilhante que tinha ideias geniais. É sempre aquele estereótipo de cientista mesmo louco, recluso, isolado do mundo, né?

P6: *Será que ... que as fórmulas físicas, né? A gente vê nos livros originais [fontes históricas] muita diferença do que a gente vê nos livros didáticos. Será que são as formas de anacronismo também?*

Na fala de P1, percebe-se o questionamento a uma visão neutra de ciência, que não considera as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, além de propiciar uma imagem dos cientistas como pessoas “acima do bem e do mal” (GIL-PÉREZ et al, 2001). O participante citou o exemplo de Einstein e destacou a falta de contextualização social, econômica e cultural. Mais adiante mencionou Carnot e a motivação do pesquisador para iniciar seus estudos sobre máquinas a vapor. O participante elencou e procurou responder a uma série de questionamentos que dificilmente são contemplados em livros didáticos. Interessante perceber que ele expressou um sentimento de desamparo em relação à ausência de contextualização histórica nos livros didáticos no tocante às motivações que circundam os cientistas.

Na fala transcrita anteriormente, P6 levantou uma questão de natureza historiográfica, o anacronismo, implicitamente remetendo a uma visão individualista da construção do conhecimento científico. Ao se referir às fórmulas físicas apresentadas nos livros didáticos, questionou se não haveria anacronismo em sua apresentação, uma vez que nas fontes primárias essas são apresentadas de maneira distinta. Nota-se que o participante empregou apropriadamente o termo “anacronismo” e já se adiantou em relação a apontamentos críticos sobre os livros didáticos.

De fato, a fim de evitar percepções anacrônicas, seriam válidas ressalvas em ocasiões nas quais são trazidas formulação e linguagem atuais nos livros didáticos, em menções a conhecimentos que parecem remeter exclusivamente a um único autor do passado remoto. Por exemplo, como mencionamos no Capítulo 4, o Princípio de Arquimedes não se encontra em forma matematizada na obra *Sobre os corpos flutuantes*. Esse aspecto resultou de uma construção coletiva posterior a Arquimedes.

Nesse primeiro encontro nos deparamos com algumas dificuldades potencializadas pelo formato remoto do curso. Como os participantes não se conheciam, ficaram muito reservados a princípio. Praticamente, não interagiram com os mediadores a exceção de poucos participantes. Desse modo, era difícil avaliar se estavam acompanhando adequadamente o

conteúdo, se havia alguma dúvida, etc. Solicitamos que as câmeras fossem deixadas abertas, se possível, mas na maior parte do tempo os cursistas as mantiveram fechadas. Devido à pouca interação, a análise desse primeiro encontro tornou-se restrita.

5.2.2 ETAPA I (SÍNCRONA) – ENCONTRO II

No segundo encontro, foram apreciados recortes da legislação educacional (BNCC, PCN, Diretrizes Curriculares Nacionais) referentes à inserção didática da HFC. Foram analisados também recortes do edital do PNLD 2018 que tratavam dessa temática, extraídos dos “Princípios e Critérios para a Avaliação de Obras Didáticas destinadas ao Ensino Médio” (Apêndice II do PE). A discussão desses recortes colaborou como mais uma etapa importante para a construção da lente sob a qual seriam analisados, posteriormente, as passagens referentes aos Princípio de Arquimedes nos livros didáticos. Cada recorte foi submetido a uma apreciação dialógica envolvendo ministrantes e participantes do curso de extensão.

Ministrante: *Na concepção de vocês tem espaço para a História da Ciência ser inserida nos anos iniciais no fundamental I e II?*

P1: *Eu acho que talvez sejam os anos mais interessantes de se trabalhar, sabe? Porque você consegue fazer toda uma narrativa lúdica, uma narrativa histórica. Você consegue realmente contar histórias.*

O participante considerou a possibilidade de abordar a HC por meio de narrativas dos episódios como histórias com personagens e ações. A fala do participante pode remeter, eventualmente, a um uso meramente ilustrativo da HC, compreendida por muitos professores como um elemento acessório, introdutório, capaz de tornar a aula mais divertida. Essa perspectiva estaria longe da percepção da possibilidade de abordagem histórico-filosófica dos conteúdos científicos:

[...]fundamental que os professores das quatro disciplinas relacionadas às Ciências Naturais introduzam no cotidiano das suas disciplinas tópicos de História da Ciência, que não se limitam a um caráter apenas ilustrativo, episódico, factual e cronológico. (DOS REIS; DE BRITO SILVA; BUZA, 2012, p. 3)

Na BNCC, nas Competências Específicas de Ciências da Natureza para o Ensino Fundamental, temos: “Compreender as Ciências da Natureza como empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico” (BRASIL, 2018, p. 324). No âmbito dessa competência, visualizamos a possibilidade de utilizar a HC no Ensino Fundamental, o que corroboraria uma visão que vai além do caráter meramente ilustrativo, mas

sim confere à HC um papel fundamental. Na unidade temática Matéria e Energia, que percorre todo o Ensino Fundamental, pode-se abordar diferentes episódios históricos, considerando os devidos cuidados com o processo de transposição didática. Deve-se, por exemplo, adequar a linguagem e o nível de aprofundamento dos aspectos históricos ao contexto educacional visado.

Ministrante: *Será que vocês conseguem reconhecer que aí tem uma alusão à História da Ciência? O que que vocês acham? Tem uma alusão aí nesse trecho?*

Esse questionamento se referia ao seguinte trecho do edital do PNLD 2018:

[...] apresenta expressões matemáticas de leis, sempre acompanhadas de seus enunciados próprios e em forma adequada, bem como da especificação de suas condições de produção ou criação. (BRASIL, 2015, p. 58)

Os participantes concordaram, embora apenas P1 tenha formalizado sua resposta.

P1: *É eu acho que tem, né? Porque eu lembro que teve um professor lá da graduação da gente que foi falar das equações de Maxwell, né? E aí você chega e diz: - quatro equações, regem tudo! Só que na verdade é... eu acho que foram 24 equações escritas de uma forma muito complicada, né? Porque naquela época eles tinham uma matemática que era mais geométrica, né? Então Maxwell escreveu todas as equações de forma geométrica, né? [...] E com a modernização da Matemática, com as simplificações são escritas de forma simples com alguns operadores; como quatro equações hoje, né? Só que a produção foi muito complexa, foi muito sabe?*

Na formulação do seu comentário, o participante trouxe o relato de uma experiência vivenciada por ele, como aluno, *na graduação*, ao aprender as leis de Maxwell. Nesse contexto, de fato, as quatro leis costumam ser apresentadas sem esclarecimentos sobre o seu processo de construção. Importante notar aqui que o participante reconheceu deficiências em sua formação como professor que muito possivelmente têm impacto em sua atuação profissional. Essas lacunas na formação docente colaboram como um obstáculo à presença da HC no contexto educacional básico (MARTINS, 2006; MARTINS, 2007; MEDEIROS, 2007).

De fato, a presença escassa da História da Ciência pode ser notada em todos os níveis de ensino, da Educação Básica ao Nível Superior. O caráter inadequado desse panorama é evidenciado por outros trechos do edital do PNLD 2018, uma vez que o discurso referente à disciplina de Física reforça:

Porém, sendo uma atividade social e cultural humana, realizada por indivíduos em articulação, ou seja, de modo coletivo, esse processo caracteriza-se também pela sua historicidade. Assim, todas as construções do conhecimento físico são fortemente

permeadas pelos contextos sociopolítico-cultural-histórico-econômicos em que se desenvolvem. (BRASIL, 2018, p. 54)

Para que o professor possa, efetivamente, trazer essa perspectiva para sala de aula, é preciso que esteja incorporada aos materiais didáticos, bem como é necessário que sua formação inicial colabore nesse sentido.

Novamente nesse encontro, os cursistas mostraram-se pouco participativos, à exceção do participante P1. Insistimos que as câmeras fossem abertas e oportunizamos a fala de todos. Naquele momento nos preocupava se os objetivos do curso seriam atingidos mesmo em formato remoto, sendo este inevitável em circunstâncias da pandemia de Covid 19. Nos encontros seguintes, entretanto, outros participantes paulatinamente se engajaram nas discussões, o que desfez nossas preocupações iniciais.

5.2.3 ETAPA II.2 (SÍNCRONA) – ENCONTRO III

O intuito dessa etapa era proporcionar aos participantes um momento de discussão sobre dois textos acadêmicos, “Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos” (MARTINS, 2000) e “O Paradoxo Hidrostático de Galileu e a Lei de Arquimedes” (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009). É importante lembrar que os participantes haviam lido previamente os textos, na etapa II.1 acompanhados de questões norteadoras da leitura, disponibilizadas no grupo de *whastapp* pelos ministrantes. As questões chamavam a atenção para determinados aspectos (Capítulo 4, seção 4.4.2).

O primeiro texto foi indicado por tratar do episódio histórico de Arquimedes e a coroa, discutindo tanto a versão vitruviana quanto a galileana. O segundo texto reforça que o conhecimento científico não é estático. Silveira e Medeiros sugerem uma reformulação do enunciado do Princípio de Arquimedes para contornar o Paradoxo Hidrostático de Galileu. Eles apresentam uma abordagem experimental, argumentativa, embasada nas obras de Galileu (ver Capítulo 2 para comentários detalhados sobre os textos).

Os participantes do curso de extensão relataram não terem conhecimento do referido paradoxo e, portanto, desconheciam as limitações do Princípio de Arquimedes apontadas pelos autores. No encontro síncrono, inicialmente, fizemos o seguinte questionamento:

Ministrante - *Quem foi Vitruvius e em que época ele viveu?*

P1: *Não sei exatamente quem ele foi, mas eu sei que ele viveu depois, né? Bastante tempo depois, cerca de 100 anos depois de Arquimedes. Ele não foi contemporâneo de Arquimedes.*

P7: *No texto diz que ele era arquiteto, né? Também...*

Ministrante - O que a narrativa vitruviana apresenta em linhas gerais?

P1: [...] Ele fala de uma história, que aparentemente não tem nada que consiga (né?) corroborar com isso, a gente nem sabe (né?) Se o rei realmente pediu, né? Fez esse pedido, (né?) se foi feito e... Ele deu origem a esse mito que a gente propaga hoje como se fosse realmente... tivesse sido Arquimedes (né?) que descobriu naquele... teria sido responsável por descobrir se havia sido falsificado ou não, né? Ele descobriu isso através da... derramamento de fluido da banheira dele (né?) que saiu gritando: - Encontrei de fato... Eureka!

Percebe-se que o participante já mencionou em sua fala inicial que não havia elementos que corroborassem a narrativa vitruviana, à qual se referiu como “mito”. Como mencionamos no Capítulo 3, narrativas pseudo-históricas, segundo Allchin (2004) utilizam recursos retóricos característicos a fim de apresentar figuras de heróis que realizam descobertas repentinas. A percepção demonstrada pelo participante P1 sinaliza o cuidado necessário para que, de forma assertiva, os professores evitem a propagação de pseudo-histórias que transmitam visões ingênuas sobre a ciência.

Primeiramente, é necessário que os professores entendam a dimensão retórica dessas histórias, uma vez que o modo como são contadas influenciam fortemente a concepção dos alunos sobre o referido assunto científico. Portanto, um professor melhor informado sobre as conseqüências do ensino através desses mitos estará mais bem preparado para trazer à sala de aula uma utilização adequada da HFC. (PAGLIARINI; SILVA, 2006, p. 1)

Os questionamentos iniciais serviam para posicionar cronologicamente os personagens envolvidos no episódio histórico. Os ministrantes chamaram a atenção para o fato de que Vitruvius e Arquimedes não eram contemporâneos. Esse aspecto era importante, uma vez que remetia a indagar sobre que fontes teriam sido consultadas por Vitruvius para compor sua narrativa, já despertando uma visão mais crítica dos participantes sobre o episódio.

Apesar de a narrativa vitruviana ter sofrido críticas (inclusive deferidas por Galileu no século XVII), o fato é que atualmente ainda figura em diversos meios consultados pelos envolvidos no contexto escolar (livros didáticos e sites de divulgação, por exemplo), o que nos conduz ao próximo questionamento:

Ministrante: E como essa narrativa vitruviana chegou até nós? Como vocês acham que ela caminhou ao longo da história e conseguiu se entranhar e permanecer viva ainda hoje?

P1: Fake News. Perdão...

P5: *Eu creio que foi por dois tipos de fontes, né? As fontes escritas como por exemplo, livros didáticos e as fontes orais, por professores relatados aos alunos.*

A resposta imediata de P1, em tom de brincadeira, não deixa de ser coerente. Afinal, *Fake News*, expressão tão utilizada atualmente, representa as notícias falsas que são divulgadas como se fossem reais em meios de comunicação e redes sociais podendo gerar sérios danos aos envolvidos.

A resposta do participante P5 demonstra a percepção de que essa narrativa vem sendo repetida nos livros didáticos há tanto tempo que é tomada como verdadeira no contexto escolar. Devido à confiança que os professores têm nos livros didáticos acabam não se questionando sobre os elementos dessa narrativa e a propagam para seus alunos, o que termina formando um ciclo vicioso.

No Capítulo 3, elencamos os parâmetros aos quais recorremos para analisar o episódio histórico quando trazido pelos livros didáticos aprovados pelo edital do PNLD 2018. No curso de extensão, esses parâmetros puderam ser delineados, ao longo das leituras e dos primeiros encontros formativos. Era importante, então, que os participantes comesçassem a visualizar a narrativa vitruviana à luz desses critérios. Dessa forma, buscando destacar a visão de cientista transmitida por essa versão, questionamos:

Ministrante: *Nessa narrativa de Vitruvius como Arquimedes é descrito?*

P1: *É... eu acho que retrata como a versão estereotipada do cientista. O gênio é... o excêntrico, né?*

P4: *As narrativas cada vez que a gente é... que nós observamos, cada vez afastavam mais ainda ele da realidade de uma pessoa comum e, afastar o interesse comum do aluno em ser um tanto quanto pesquisador, digamos assim. Querer ser igual a Arquimedes? Deus me livre! Cara louco, até fora do normal, né?*

Nessas falas percebemos que os participantes sinalizam a percepção de algo como uma visão individualista da ciência (GIL-PÉREZ *et al*, 2001). Mais, ainda, tem-se o gênio isolado excêntrico, que não age como uma pessoa normal, o que pode causar estranheza aos alunos, eventualmente, afastando-os das carreiras científicas, como aponta P4.

Ao longo do encontro, os ministrantes puderam notar que os participantes se esforçavam para utilizar, em seus comentários, termos não habituais, com os quais estavam tendo contato recente na intervenção:

P1: *Tem... tem tanto termo bom, né? Técnico que eu esqueci, né? Acho que o único bom mesmo que eu lembro é empirismo-indutivismo... lembrei!*

Essas ocasiões foram oportunas, uma vez que os ministrantes encadearam questionamentos no sentido de compreender se os participantes estavam, de fato, sofisticando suas percepções.

Ministrante: *E onde você identifica o empirismo-indutivismo?*

P1: *Eu acho que das relações que... [...] se eu ver que transborda eu consigo subitamente transportar esse conhecimento para uma coisa (né?) que é bem eu... eu ... é eu acho bem difícil de você enxergar isso, né? Você enxergar a relação. Mas segundo eles é isso (né?), aí você tem experimento que você consegue rapidamente visualizar aplicação disso e uma solução de um problema, né?*

O participante expressou de maneira clara o significado de uma visão empirista-indutivista da ciência, indicando por quê a narrativa vitruviana a transmite: fenômeno e conceito se confundem; da observação parece emergir naturalmente o conhecimento científico. O fenômeno, Arquimedes entrar na banheira e elevar o nível da água, é confundido com o conceito de empuxo, o conhecimento científico “Princípio de Arquimedes”. Interessante notar que o comentário expresso por P1 não costuma ser observado entre os professores. O empirismo-indutivismo é uma visão ingênua muito comum entre esses profissionais, os quais dificilmente conseguem percebê-la (GIL-PÉREZ *et al*, 2001).

Cientes do caráter empirista-indutivista na narrativa de Vitruvius, os ministrantes prosseguiram a mediação, buscando indagar aos participantes sobre a identificação de eventuais características de relatos pseudo-históricos, conforme os referenciais abordados em etapas anteriores do curso (FORATO, 2013).

Ministrante: *Em relação às características de pseudo-história, vocês conseguem identificar alguma?*

P1: *É, tem uma parte que eu achei muito interessante, saber esses detalhes que me atentou, acho que o principal foi de, é... por que uma pessoa (né?) ia tomar banho, com digamos assim (né?), a água quase transbordando, na iminência de transbordar, né? Eu acho que isso é por si só é uma coisa muito estranha, aí que passa batido, que nunca foi questionado, né? Que é uma coisa completamente incomum, né? É,*

e ele... por quê, né? Porque... foi os escravos (né?), os servos que fizeram isso. Se transbordasse os servos têm que limpar, têm que trabalhar. [...]Então esse primeiro ponto é um ponto muito forte, né? O segundo ponto é que quando o Galileu (né?) fala da história ele mostra que ele, né... Olha, isso pode até fazer sentido só que não tinha nenhuma prática dessa, sabe? Não é comum, não é acostumado você fazer isso e já existia uma prática muito semelhante que quando ele fala das balanças hidrostáticas. E o terceiro ponto que foi fenomenal para mim foi a questão da imprecisão nessa medição, né? [...] E a gente faz as contas é um volume de água muito pequeno, muito diferente, no que é deslocada, a tensão superficial da água, a questão do recipiente, né? Então existe (né?) é... impraticável, não é praticável, certo? Não consegue ser válido na prática, né? Então essas... Na minha concepção... Esses três pontos principais que corroboram a dizer que isso é uma pseudo-história, sabe?

Nitidamente tomando como base o texto de Martins (2000), indicado para leitura aos participantes, P1 sintetizou muito bem três elementos que contribuem para que a narrativa vitruviana seja considerada uma pseudo-história. O primeiro ponto para o qual chamou a atenção foi o fato de que, estranhamente, os servos teriam enchido a banheira até a iminência de transbordamento, mesmo sendo incumbidos da limpeza.

Soma-se a essa sutileza, um segundo ponto. A investigação realizada por Galileu, a qual resultou na percepção de que o método utilizado por Arquimedes se baseava na balança hidrostática. O texto de Martins traz esse elemento, que seria reforçado pela leitura do trabalho do próprio Galileu, disponibilizado posteriormente aos participantes.

O terceiro ponto apontado por P1 diz respeito à suposta medida da subida de nível do líquido na banheira. O participante transmitiu em sua fala a impressão de que ele próprio teria feito as contas. Expressou sua surpresa com o resultado obtido “*foi fenomenal para mim foi a questão da imprecisão nessa medição*”. A subida do nível seria mínima, como Martins (2000) explora em seu texto, classificando a situação como uma dificuldade física do método atribuído por Vitruvius a Arquimedes. O participante a denominou “*impraticável*”.

Nota-se que o participante citou elementos do episódio histórico específico, mas não utilizou os elementos elencados pela literatura para identificação de uma narrativa pseudo-histórica de modo geral (FORATO, 2013). Esses elementos haviam sido abordados em etapas anteriores do curso de extensão, mas não foram retomados um a um pelo ministrante em seu questionamento.

Por outro lado, é interessante observar que o participante realizou uma leitura muito atenta ao texto de Martins (2000), sendo capaz de retomar os principais aspectos elencados pelo historiador da ciência em discussão que rejeitou a validade da narrativa vitruviana, apontando

a galileana como alternativa mais plausível e fisicamente viável. Considerando que essa leitura havia sido recomendada aos participantes como preparação para o encontro que se descortinava, entende-se que a reação de P1 foi bastante razoável ao citar o que lhe era imediato e havia tanto chamado a sua atenção, conforme denotam suas palavras.

Podemos indagar, no entanto, caso o participante tivesse acesso a uma narrativa sobre um outro episódio, com características de pseudo-história, se ele conseguiria examiná-lo criticamente. Ou seja, seria sua percepção integralmente movida pelos pontos específicos assinalados por Martins ou ele havia chegado a conclusões mais gerais sobre narrativas pseudo-históricas? Não obstante, entendemos que um dos propósitos do curso era colaborar para que os participantes tivessem autonomia para avaliar criticamente narrativas sobre outros episódios históricos, a partir do exemplo de Arquimedes focalizado na intervenção.

Em relação à narrativa vitruviana, expusemos aos partícipes que os artifícios retóricos utilizados parecem convincentes, o que contribui para que esta seja propagada. Seguiram-se mais contribuições:

P6: *Eu acho interessante porque... No ano passado eu trabalhei no PIBID, então a gente trabalhou com livro... Eu acho que é... o nome do autor Benigno alguma coisa, eu não lembro agora... Que ele trazia esse recorte de Martins... de Vitruvius, e... é... eu acho que, exatamente como a... a Mara falou agora, é um ponto que a gente não tem nem como questionar, porque a gente tem como certo. Aquilo não foi tirado de uma fonte histórica não tem como... acho que é difícil até questionar, a gente... nós que somos... que vamos ser professores, imagine.... imagine um aluno, né? Que às vezes lê, às vezes nem entende o que tá [sic] lendo. É complicado demais eu... eu tenho até esse livro aqui e... eu já vi de novo e quando a gente lê a primeira vez, quando eu tive contato a primeira vez, é uma história tão bem-feita que a gente acha que é verdade mesmo, não tem muito questionamento...*

P4: *Eu acho... mesmo vendo uma janela com esse espaço no livro, com esse texto ou repetindo a história, pode servir como... que a gente pode fazer um questionamento, né? [Para]... o próprio aluno, para ele ter um senso crítico? Qual é a... a lógica que descreve os pontos dessa história? Porque também não é só de física, a história do... do... progressão aritmética quando a gente vai ver PA, aquela coisa Gauss, quando tinha 8, 10 anos, cada livro traz... uns dizem que ele tinha 8 anos, outros dizem que ele tinha 10 anos, quando criou a progressão aritmética, como uma forma de castigo. O professor colocou ele [sic] de castigo, e de castigo que ele tem que somar de 1 a 100. Aí daí surgiu-se genialmente no intervalo de uma aula. Eu queria ser igual a Gauss quando era pequeno. Não tem como no intervalo de uma aula ele ter criado a progressão, não tem... Então assim, tem como se questionar isso pela questão de lógica do próprio aluno já gera aí uma questão de*

debate, né? Mesmo trazendo no livro, questiona o livro, vê se o livro traz alguma coisa, né?

P6 relatou que em sua primeira aproximação com a narrativa vitruviana, tomou-a como verdade. Nada percebeu de suspeito. O participante trouxe o relato de uma experiência com um livro didático, o qual inclusive fez parte da lista dos que posteriormente seriam analisados no curso de extensão. Atuando como bolsista do PIBID, percebeu que ao abordarem o Princípio de Arquimedes, Benigno Barreto Filho e Cláudio Xavier da Silva (2016) transcrevem parte do texto de Martins (2000) para sua obra didática. P6 se lembrava de ter visto uma passagem do texto acadêmico transcrita para o livro. Quanto a esse aspecto, em etapa posterior do curso de extensão seria avaliada a pertinência dessa iniciativa de transposição didática, uma vez que o texto acadêmico de Martins não foi originariamente escrito para estudantes do Ensino Médio, e, assim, poderia não ser compreendido por esse público.⁵⁰

P6 trouxe um aspecto interessante em sua fala, o qual remete ao comentário de P4. P6 destacou que os próprios licenciandos têm dificuldade para questionar a narrativa vitruviana. E, sendo assim, esperar que o aluno viesse a fazê-lo seria uma possibilidade ainda mais distante. P4, por sua vez, apontou que o professor poderia atuar como mediador nesse sentido, estimulando os questionamentos por parte dos alunos. Ainda que o livro didático traga uma narrativa pseudo-histórica, o participante destacou a possibilidade de problematizá-la em sala de aula, de modo a desenvolver a visão crítica dos alunos. P4 trouxe, ainda em sua fala, a lembrança de um relato de cunho hagiográfico sobre Gauss observado em um de seus livros didáticos da infância. A narrativa, carregada de uma visão individualista de ciência, parece tê-lo impressionado profundamente.

Dando continuidade às discussões, o mediador buscou conduzir questionamentos a respeito da narrativa vitruviana. **Em relação à coerência da narrativa os participantes disseram:**

P4: *Inicialmente, não passava de forma nenhuma. Antes eu engolia a história, como ela vinha, eu não tinha senso. É... acontece que ela também se torna um conto, acaba... ela não é bem uma história, mas se torna às vezes um conto, é uma coisa bem bonita. A gente já sabe, que a gente fica ansioso para saber o final, como ele conseguiu resolver o problema, foi dada a ele, então se torna bem mais uma fábula mesmo.*

P1: *Idem.*

⁵⁰ Importante lembrar aqui que Forato (2013) relata que professores em formação tiveram dificuldade na leitura desse texto.

P5: *A história é tão bem contada, que... que a gente não para nem pra pensar no contexto, que ela foi montada, sobre um regime, é... Vitruvius era romano, né? Então a gente remete a um império romano aquele momento histórico em que Roma tava [sic] no poder, e será que tinha escravo naquela época? Não tinha? Como é que as pessoas se comportavam, né? Classe social... nada disso a gente pensa. Devido à visão central, só olhar a história que é muito bem amarrada, talvez contendo pontos verdadeiros, mas estão tão misturados que a gente não consegue saber, (né?) diferenciar o que seria pseudociência... do que... o quê... de ciência tinha de fato tenha naquela narrativa.*

Quanto à coerência buscávamos que os participantes retomassem os seguintes pontos: Por que um escravo encheria a banheira até a borda? Um filósofo grego realmente sairia nu, gritando e correndo pelas ruas da cidade? Ambos os pontos já haviam sido debatidos anteriormente. Nossa intenção era que os participantes identificassem o que já havia sido abordado, como elementos que corroboravam a falta de coerência da narrativa. Os participantes trouxeram sua própria experiência quanto à versão vitruviana. Naquele momento, concordavam com a críticas dirigida àquela versão. No entanto, considerando a credibilidade do material didático, se lembraram de que seus primeiros contatos não lhes teriam causados suspeitas quanto à coerência da narrativa. Pelo contrário, parecia-lhes uma história bem “amarrada”, de modo acarretar uma postura de aceitação.

Em sequência, o mediador buscou resgatar aspectos históricos. Vitruvius viveu dois séculos após Arquimedes. Não há referências de Arquimedes ao episódio da coroa.

P4: *A parte temporal também não faz muito... não dá muito prestígio, ou confiabilidade, a história (né?), ao conto. Fica um pouco complicado, se romantizar tanto algo... e algo que não viveu, né? Algo que não é contemporâneo, né? Então fica um pouco descredibilizado vamos dizer assim.*

P7: *Eu fiquei também pensando na questão das fontes, que algo tão discutido atualmente, não é? No início, eu não lembro quem falou de fake News, e isso acontece porque a gente não checa as fontes e aí eu fiquei pensando na nossa... nosso cotidiano (né?) na escola é... se a gente checa as fontes porque a gente costuma, geralmente, usar o livro didático, (né?) é... eu fiquei pensando nisso. Nosso cotidiano... Será que a gente checa essas fontes? Porque é um dos problemas, né? E Vitruvius não checa as fontes, não tem registros do período que isso aconteceu (né?) de registros contemporâneos da época de Arquimedes. E aí eu fiquei pensando na nossa... no nosso cotidiano mesmo como professor na sala de aula se a gente costuma checar né? Fiquei me analisando também nisso....*

P4 relembrou o fato de que Vitruvius e Arquimedes não eram contemporâneos. P7, por sua vez, questionou sobre a ausência de fontes referenciadas pelo arquiteto romano. O participante extrapolou esse pensamento para sua vida profissional, o que o levou a refletir sobre sua própria atitude como professor. Em autocrítica, demonstrou a necessidade de estar atento à checagem de fontes. Esse seria um passo inicial fundamental para evitar a propagação de pseudo-histórias no contexto educacional.

Em sequência, promovemos uma discussão sobre os elementos físicos conceituais envolvidos no método descrito por Vitruvius. Abordamos os seguintes pontos: quão diminuta seria a variação do nível da subida da água na banheira, quer fosse a coroa de ouro, prata ou uma mistura desses metais; considerando os instrumentos de medição utilizados pelos romanos à época, o método de Vitruvius seria inviável; era necessário levar em conta a tensão superficial da água⁵¹, o que colaborava ainda mais para a rejeição dessa narrativa.

A fala do participante P4 demonstrou a percepção dos referidos pontos:

P4 - *2mm? Eu acho que não supera nem a tensão superficial da.... da.... é... da água.*

Buscamos retomar detalhadamente esses elementos, de modo que os participantes pudessem compreender o quão implausível era o método descrito por Vitruvius. Dessa forma, indo ao encontro das críticas deferidas por Galileu, introduzimos o questionamento que se segue:

Ministrante: *Qual a opinião de Galileu sobre o método atribuído por Vitruvius a Arquimedes?*

P1: *Existe uma prática muito comum, que você medir o peso dos objetos no ar e na água. é uma prática que já era conhecida que é difundida, né? E que possivelmente (né?) Arquimedes fez dessa forma (né?), tanto pelo conhecimento que já se tinha, pela cultura que já se tinha, na época quando pela impra... imprati... por não ser prática. Vocês me entenderam.*

P7: *Ele... Ele questionou (né?), essa questão dele, não tem nenhum relato (né?) contemporâneo também ... nas palavras dele... ele... ele questiona isso, a falta desse relato.*

⁵¹ Importante destacar aqui que não se trata de pensar, anacronicamente, que Vitruvius deveria ter levado em conta esse efeito, mas sim, que sua existência (ainda que então desconhecida) inviabilizava o método narrado pelo arquiteto. Esse aspecto foi frisado no curso.

P5: *Uma que já foi falada é que o Galileu questiona essa questão dos volumes (né?), ele fala sobre medida de **peso** e seria o mais plausível de serem utilizados, do que comparar por volume.*

A palavra “peso” surgiu no discurso de P1 e P5, demonstrando que o método de comparação dessa grandeza deve ter sido o utilizado por Arquimedes, sendo descrito por Galileu em sua análise. Ambos os participantes apontam que a comparação de volumes, na qual se baseia o método descrito por Vitruvius era implausível ou impraticável. De fato, como os participantes haviam lido no texto de Martins (2000), à época de Arquimedes a balança hidrostática era um artifício já conhecido e sua prática lhe era atribuída, de acordo com documentos antigos encontrados por Berthelot.

P7 lembrou em sua contribuição a questão da ausência de fontes que validem a narrativa de Vitruvius. Mas e quanto às contestações de Galileu, com as quais os participantes tiveram contato no texto de Martins (2001)? Seriam essas confiáveis?

Ministrante: *Galileu viveu no século XVII, qual a confiabilidade em sua narrativa?*

P4: *essa é uma coisa interessante [...] que ele também não é Historiador, né? Mas o relato que ele traz é mais confiável, digamos assim, né? É mais fácil de assumir do que o relato do Vitruvius, né? Então assim, não é questão de confiar 100%, mas é argumentação que ele coloca torna mais plausível. Tem esse de ser de uma certa forma ou de outra até porque a gente não sabe nem quer se existiu, realmente, essa tal coroa esse... esse...episódio, se existiu. Eu acho que é porque ele detalha mais. Eu acho que eu confiaria mais pelo fato dele detalhar a forma como poderia ter acontecido. Aí então o argumento que ele usa faz mais a defesa dele.*

P1: *Eu acho que uma coisa aqui que surgiu, né? Que é em meados, né? De Galileu que surge a descoberta do método científico, né? Então a partir daí você vai ver que o que Galileu falou podia ser provável, né? Ele conseguiu colocar à prova aquilo que ele falou, sem falar que ele é um especialista naquilo, né? Como a gente viu naquele texto, que o outro era um arquiteto. Galileu é um físico e matemático, né? Então além de ter, né? Seu arcabouço teórico para falar ele... você podia testar, você poderia verificar, né? O quão difícil de você executar tal experimento, né?*

P7: *Eu acho que bem provável mesmo, né? mas que não tenha acontecido mesmo, tanto do ponto de vista físico como um registro e, na narrativa de Galileu. Eu acredito que a gente não tem certeza se realmente Arquimedes fez e, se ele fez dessa forma, né? Eu acredito que não tem como saber, mas que do ponto de vista físico a saída que*

Galileu traz (né?) é confiável, ela pode ser, se a gente for analisar fisicamente ela está correta.

Interessante notar que os participantes não citaram as fontes históricas, mencionadas por Martins (2001), que legitimam o resultado da investigação realizada por Galileu, ao localizarem a balança hidrostática na Antiguidade e a atribuírem a Arquimedes. Os participantes se valeram de outros argumentos: a reputação de Galileu e os conhecimentos anteriores desse pesquisador.

P1 deixou transparecer em sua fala duas visões simplistas sobre a ciência. Uma visão rígida da ciência ao mencionar “o método científico” (GIL PÉREZ et al, 2001), e uma visão individualista, ao atribuir a paternidade do referido método exclusivamente a Galileu.

Os comentários de P4 e P7 expuseram confiança na análise de Galileu devido à plausibilidade do método descrito por ele. P4 destacou a impossibilidade de afirmar até mesmo que o episódio da coroa do Rei realmente ocorreu, mas, ao mesmo tempo, ressaltou que a meticulosidade da análise de Galileu inspirava confiança. P7 também lembrou a impossibilidade de se ter certeza, ao mesmo tempo, em que deixou transparecer que sua confiança decorria da validade física do método descrito por Galileu.

Figura 13: Paradoxo de Galileu: corpo flutuando em um recipiente, no qual não existe o volume de líquido requerido pelo enunciado usual do Princípio de Arquimedes.



Fonte: SILVEIRA; MEDEIROS, 2009, p. 277.

No que concerne ao artigo de Silveira e Medeiros (2009), os participantes foram unânimes ao reconhecerem que desconheciam o chamado “paradoxo hidrostático de Galileu”.

Em suas formações, não haviam sido apresentados às limitações do enunciado do Princípio de Arquimedes. Sobre o aspecto pontuado pelo referido artigo, um dos participantes pontuou:

PI: Que ele disse (né?) que muitos livros anunciam o princípio de Arquimedes que é: “igual ao volume do fluido, que é igual ao peso do fluido deslocado”, né? que também é uma noção errônea, né? E é passado isso pra gente, (né?) veja que o erro se perpetua, né? Se propaga.

Percebeu-se a preocupação do participante ao identificar que o enunciado do Princípio de Arquimedes costuma ser transmitido sem alusão ao seu contexto de validade. Indagados sobre a diferença entre o enunciado comum em livros didáticos e a reformulação proposta por Silveira e Medeiros, o mesmo participante respondeu:

PI: Acho que a ideia é bem sutil, sabe? A ideia fica evidenciada quando eles fazem experimentos. Eu acho que com garrafa de cerveja... uma latinha de cerveja. Uma latinha, (né?) de 350 ml? E o outro corpo que tem 230 ml, né? Se repete aquele experimento, né? O empuxo é igual, (né?) ao peso do volume do fluido deslocado, né? Bem, ele só tem 230 ml, (né?) só que na verdade é bem diferente disso. É justamente isso (né?), tem a ver com a questão da imersão né? Do quanto desse corpo está imerso no fluido e não, necessariamente, o quanto ele desloca, né? Porque ele desloca 230 ml, mas tem a ver quanto ele está imerso dentro desse fluido. Pelo menos foi assim que eu interpretei.

O mediador buscou, então, esclarecer que, de acordo com o enunciado tradicional do Princípio de Arquimedes, não ocorreria a situação na qual o corpo que flutua, parcialmente imerso, possui volume maior do que o fluido no qual está imerso (vide Figura 13).

No edital do PNL 2018, critérios para o componente curricular Física destacam que o LD deve “evitar apresentar enunciados de leis, caracterização de teorias ou modelos explicativos, desacompanhados de suas condições de utilização, bem como de seus limites de validade” (BRASIL, 2018, p. 58). Como demonstra a análise apresentada no Capítulo 3 da presente dissertação, esse critério não é cumprido no que diz respeito ao Princípio de Arquimedes, o qual permanece sendo apresentado segundo enunciado tradicional. A única obra didática analisada que menciona o artigo de Silveira e Medeiros o faz como indicação de leitura para o professor, sem orientações ao profissional sobre como proceder diante do limite de validade apontado (YAMAMOTO; FUKU, 2016).

Chegamos a um ponto em que podemos nos questionar se haveria, de fato, algum desdobramento nas aulas (ou futuras aulas) ministradas pelos participantes do curso, tendo em vista o fato de que estavam, então, cientes do Paradoxo Hidrostático e da reformulação do enunciado do Princípio proposto por Silveira e Medeiros. São questionamentos para despertar nossa reflexão.

Nesse encontro, os cursistas mostraram-se mais dispostos a interagir. Aparentemente, havia lhes chamado a atenção os pontos levantados pelos artigos acadêmicos objeto das discussões. Percebemos que outros participantes, além de P1, se sentiram mais à vontade para contribuir. Para nós, mediadores, foi um alívio, uma vez que nas etapas subsequentes esse engajamento seria imprescindível.

5.2.4 ETAPA III.2 (SÍNCRONA) – ENCONTRO IV

Para esse encontro, os integrantes deveriam proceder com a leitura das fontes primárias: a obra de Arquimedes *Sobre os corpos flutuantes*, traduzida e comentada por André Assis (1996), e o tratado *La Bilancetta*, de Galileu, traduzido por Pierre Lucie (1986).

Nesse encontro, realizou-se uma exposição dos principais aspectos da obra galileana *La Bilancetta*. Retomou-se o caminho percorrido por Galileu em investigação sobre o método usado por Arquimedes, uma vez que ele não concordava com a descrição de Vitruvius, a qual considerava falha e imprecisa. Nessa obra, o genovês descreve o uso da balança hidrostática, demonstrando como Arquimedes a teria usado para obter a porcentagem de cada metal na coroa.

Porém, o fato de eu saber que esse método era de todo falho, faltando-lhe a precisão requerida nas coisas matemáticas, levou-me muitas vezes a cogitar sobre a maneira pela qual se pudesse descobrir, por meio da água e de modo rigoroso, a composição da liga de dois metais. (GALILEU, 1996, p. 105)

De acordo com os participantes, a leitura do tratado *La Bilancetta* havia sido fluida, transcorrendo sem dificuldades, ao contrário da leitura dos excertos indicados da obra *Sobre os corpos flutuantes*, de Arquimedes.

A argumentação exposta nessa obra se baseia na geometria euclidiana, o que causou certa estranheza e dificuldade de compreensão aos participantes, por se tratar de um tipo de argumentação que foge ao que nos é usual. Esse aspecto foi evidenciado pela fala dos participantes. P8, especialmente, que já possuía uma formação anterior na área de História da Ciência, ponderou que uma imersão contextual mais aprofundada poderia favorecer a leitura do documento.

P7: Bem complicado, eu voltei para rever, né? Eu costumo usar as vezes esses enunciados geométricos na parte da astronomia, esfera celeste e tal, mas eu tive bastante dificuldade. Botei várias vezes (né?) nas imagens mesmo já... já usando algumas coisas e é bem complicado de entender.

P2: Eu também tive que voltar várias vezes.

P8: *Eu sinto dificuldade por não ter estudado o período com muitos detalhes, (né?) por não ter feito uma imersão. Conceituar exatamente e classificar que tipo de argumentação que ele usou. Porque eu posso dizer, a partir do que eu conheço hoje, né? O que eu chamo hoje, o que nós chamamos hoje de álgebra: não ele não usou! Agora, não sei classificar em termos contextuais daquele contexto qual é a linha argumentativa dele.*

No encontro síncrono, para explicar as proposições de Arquimedes, utilizamos as figuras ilustrativas que as acompanham em sua tradução para o vernáculo (ASSIS, 1996, p. 74-76). Foram, então, retomados aspectos da fonte primária de Arquimedes, buscando estimular a percepção de que as proposições originais do autor são distintas do enunciado atual do Princípio que leva seu nome. Essa conclusão colaborou para que se solidificasse entre os participantes a visão do conhecimento científico como dinâmico, construído coletivamente ao longo do tempo.

Solicitamos aos participantes que comparassem o enunciado atual do Princípio de Arquimedes às proposições apresentadas no *Sobre os corpos flutuantes*.

P1: *Eu observei algumas diferenças, por exemplo, ele... eu acho que ele é bastante rígido (né?) e, no que ele tenta separar (né?) se o corpo afundar (né?) você vai tratar ele de uma certa forma, né? Se ele não afundar você vai tratar de outra forma, né? Ou seja, ela tá querendo dizer o seguinte: se um corpo for mais denso (né?) você tem que tratar de uma forma e se for menos denso tratar de outra forma, né? Eu acho que a primeira diferença se deu a partir daí.*

P8: *ele não usou a palavra empuxo, mas ele fala de força pra cima. Ele até usa a palavra pressão, o que me chamou muita atenção porque eu não sabia que eles já utilizavam esse termo.*

P1: *Ele fala de força, né? De uma força que é de baixo para cima no corpo; ele também fala de questões de fluido deslocado, (né?) mas acaba por aí as semelhanças.*

P7: *eu tinha falado lá no grupo mais cedo, dessa parte aqui do peso, (né?) que ele fala do peso do fluido deslocado que eu achei semelhança com o atual.*

P1: *Eu acho que aquela parte que ele fala mais leve e mais pesado, né? se ele afunda totalmente ou não totalmente, né? E ele fala que se ele não afunda totalmente, ou seja, se ele boia né? Ele usa ao termo boiar,*

também. Você teria que colocar uma força adicional, né? Para que esse corpo afundasse. Então acho que essas são ideias de densidade, (né?) que não são tratados dessa forma.

A rigidez apontada por P1 refere-se justamente à forma das proposições para cada uma das situações possíveis envolvendo o corpo e o fluido. Os enunciados apresentados por Arquimedes, no século III a. C., eram bastante distintos do que estamos habituados a encontrar em livros didáticos. À medida que a discussão avançou, os participantes perceberam que termos apresentados nos enunciados atuais, como “empuxo”, não faziam parte das proposições originais de Arquimedes. As ideias estavam na fonte primária discutida, mas em outro formato. Não há referência a “densidade”, mas o conceito transparece nos excertos analisados. O termo “pressão” parece representar força. O conceito de pressão tal como o conhecemos se formou ao longo do tempo, a partir, principalmente, de necessidades práticas de medição no período da Revolução Industrial (HIDALGO *et al*, 2021). Já o termo “fluido”, presente na tradução do texto de Arquimedes, refere-se apenas a líquidos, o que não inclui gases naquela formulação teórica.

Na maioria dos livros didáticos, em abordagem de caráter usualmente empirista-indutivista, o enunciado do Princípio de Arquimedes é seguido de um experimento, como prova indubitável, ou, ainda, parte de um experimento, como se emergisse naturalmente da observação. Contudo, em sua obra original, Arquimedes não relata experimentos em sua apresentação. Para estranhamento dos participantes, não habituados a esse tipo de argumentação, Arquimedes se baseia na geometria euclidiana. Esse aspecto foi evidenciado diversas vezes na discussão.

Ministrante: Os argumentos utilizados por Arquimedes são de natureza empírica?

P1: Olhe, eu lembro, (né?) eu não consegui observar nenhum... nenhum experimento não. Ele ...mencionando nenhum experimento não.

P2: Pois é nas situações, né? Ele vai explicando só que ele não diz o que foi realizado, você não tem noção no texto, pelo menos eu não senti, né?

P8: Na verdade eu acho que ele fez mental, né? Se a gente considerar o experimento mental como sendo parte da nossa definição de experimento, fez; mas fisicamente parece que não.

Não há argumentação de natureza empírica na obra *Sobre os corpos flutuantes*. Dessa forma, não correspondem ao documentado, afirmações recorrentes em livros didáticos: “[...] Arquimedes, realizando experiências cuidadosas, descobriu uma maneira de calcular o empuxo que atua em objetos mergulhados em líquidos” (LUZ; ÁLVARES; GUIMARÃES, 2016, p. 253).

Prosseguimos a historicização da fonte primária, de modo a realizar concomitante diálogo com a exposição usual do Princípio em livros didáticos.

Ministrante: *Vocês encontraram alguma formulação algébrica?*

P1: *Se a gente entender formulação algébrica (né?) como uma relação de letras e variáveis não, né? Daquela forma que a gente faz com uma expressão (né?) aritmética não. Inse muitos conceitos de geometria, né?*

P8: *Geométrica só.*

P7: *Não há.*

A representação algébrica para o Princípio não é observada no trabalho de Arquimedes, sendo uma construção coletiva posterior. Porém, os livros costumam apresentá-la sem essa ressalva. Transmitem a impressão de que Arquimedes partiu de experimentos, apresentou o enunciado atual do Princípio, com os conceitos de empuxo e pressão, e segundo formulação algébrica que conhecemos.

Como conclusão desse encontro síncrono, pode-se afirmar que, em decorrência da discussão dos excertos da obra *Sobre os corpos flutuantes*, ficou claro para os participantes que seria uma forma de anacronismo atribuir a Arquimedes o enunciado atual do Princípio, como usualmente ocorre em livros didáticos, matematizado e decorrente de experimentos. Nas palavras de um dos participantes:

P1: *A gente poderia dizer que: - definitivamente não foi ele que falou isso. E muito menos com essas palavras nem com essa formulação matemática, algébrica, né?*

Convém observar, ainda, que não há qualquer menção, nessa obra ou em outras produções de Arquimedes, ao episódio da coroa, relatado por Vitruvius.

Nesse quarto encontro, os cursistas foram expostos a fontes primárias da HC, o que para muitos era o primeiro contato com esse tipo de material. A forma não usual (para nós) que Arquimedes utiliza para justificar suas proposições serviu como incentivo para uma maior contribuição dos participantes. A dificuldade de compreensão serviu como catalizador para a

exposição de dúvidas e comentários pelos cursistas. Como nos outros encontros, oportunizamos, incentivamos e provocamos a fala de todos. Ainda assim, alguns não haviam se manifestado até o momento. As câmeras continuavam fechadas, em sua maioria.

5.2.5 ETAPA IV E V (SÍNCRONA) – ENCONTROS V, VI E VII

Nas etapas finais do curso de extensão, os participantes foram divididos em dois grupos, ficando cada grupo responsável pela análise de seis recortes de livros didáticos aprovados pelo PNLD 2018, relacionados ao Princípio de Arquimedes e ao conceito de empuxo. Nos encontros síncronos, recomendou-se que os participantes fossem participativos e expusessem suas opiniões e impressões sobre os textos.

Realizamos as gravações desses encontros, de modo a obtermos dados que pudessem ser analisados. Fizemos a categorização *a priori* tomando como referência as orientações apresentadas aos participantes (vide Quadro 9). A análise realizada desses encontros será apresentada em conjunto, uma vez que serão utilizadas as mesmas categorias para todos eles e, não em separado, como nos encontros anteriores. Durante o processo de imersão nas transcrições, percebeu-se a necessidade de inserir uma unidade emergente na Categoria Episódio da Coroa⁵². Tais categorias podem ser visualizadas no quadro que se segue.

Quadro 10: Categorias e unidades definidas a partir do corpus da pesquisa.

Categorias Iniciais	Unidades <i>a priori</i>	Unidades emergentes
Visões de Ciência	Individualista	
	Rígida	
	Empirista-indutivista	
	A-problemática/a-histórica	
Historiografia	Estritamente Cronológica	
	Pedigree	
	Hagiográfica	
	Anacrônica	
	Internalista	
	Whig	
	Diacrônica	
	Equilíbrio entre internalismo e externalismo	
Legislação Didática	Ciência como construção humana	
	Rejeição à HC estritamente cronológica	

⁵² A fala dos participantes evidenciou a preocupação em relação às orientações dos autores dos LD aos professores. Em alguns exemplares ela é inexistente e, em outros, quando existe, não fornece os subsídios necessários.

	Rejeição a biografias tipo hagiográficas	
	Equilíbrio entre produto e processo	
	Fórmulas acompanhadas do seu desenvolvimento histórico	
Conteúdo Histórico	Argumentação empírica atribuída a Arquimedes	
	Matematização atribuída a Arquimedes	
	Ressalva quanto à utilização de termos atuais	
Episódio da Coroa	Versão vitruviana	Orientação ao professor
	Versão galileana	

Fonte: Autoria própria.

A seguir apresentamos a análise realizada em virtude das categorias apresentadas anteriormente.

CATEGORIA 1 – Visões de Ciência

A Categoria 1 refere-se a visões ingênuas de ciência sob a ótica de Gil-Pérez e colaboradores (2001). Nos trechos dos exemplares analisados, os participantes detectaram a presença de algumas delas. A visão a-histórica, embora não tenha sido citada diretamente, transparece em livros que não fazem qualquer referência histórica. Há exemplares, como os de Gaspar (2017) e de Bonjorno e colaboradores (2016), que omitem até mesmo referências ao personagem Arquimedes, ao abordarem o princípio que leva seu nome.

A visão rígida faz referência ao “método científico”, uma sequência de passos fixos a serem seguidos para se produzir conhecimento científico. Com a intenção de chamar atenção quanto a forma que esta visão aparece no LD, o mediador fala:

Mediador: *tem mais, tem um passo a passo aí também. Acho que tá na página seguinte, não tá?*

O participante P2 identifica a passagem indicada pelo mediador e, apenas diz:

P2: *O passo a passo é esse aí...*

O participante P2 referiu-se ao trecho do livro de Luz, Álvares e Guimarães (vide Anexo 8 do PE), o qual na página 239 apresenta uma figura acompanhada de três passos que teriam sido realizados por Arquimedes para identificar se havia ocorrido o furto de ouro na confecção da coroa.

Praia, Cachapuz e Gil-Pérez (2002) relatam que essa visão é a segunda de maior ocorrência em artigos científicos e também é amplamente difundida entre os professores. Além de descrever o suposto passo a passo do método científico, essa visão simplifica o processo de desenvolvimento do conhecimento, enfatizando que observações rigorosas e experimentos possibilitam a obtenção de resultados exatos.

Esponaneamente, a visão rígida não foi citada pelos participantes. Houve a necessidade de direcionamento do mediador, o que demonstrou que os participantes ainda não atingiram maturidade suficiente para detectar todas as visões simplistas de ciência nos materiais didáticos.

Entre as visões ingênuas sobre a ciência identificadas nos trechos dos livros didáticos, percebeu-se que os participantes conseguiram claramente reconhecer a visão individualista. Essa visão desconsidera o trabalho coletivo e atribui a um único pesquisador o resultado obtido em uma pesquisa. A referência a essa visão foi explícita na fala nos participantes:

P4: Então deu... deu a paternidade como sendo para ele, né? E sozinho, também tem a parte da... da... da visão individualista.

P5: [...] porque fala no primeiro parágrafo “nos seus experimentos”, eu ainda vejo assim uma visão do cientista muito individualista, “nos seus”, no dele aconteceu isso, padrão dele.

A forma como o Princípio de Arquimedes é apresentado nos livros remete a uma visão individualista da ciência. A fala de P4 referiu-se diretamente à passagem do livro de Barreto Filho e Silva, onde se lê:

Coube ao filósofo grego Arquimedes (287 a.C. -212 a.C.), após vários experimentos, concluir que a intensidade do empuxo é igual à intensidade do peso do volume do líquido deslocado quando um corpo qualquer é colocado em um fluido. (BARRETO FILHO; SILVA, 2016, pág. 270)

De acordo com Fernández e colaboradores (2002), textos didáticos transmitem a ideia de que o trabalho científico é exclusividade de uma minoria dotada de genialidade. Ocultam o esforço despendido pelos pesquisadores, o caráter coletivo da construção científica, tentativas e erros que são comuns também aos próprios alunos, causando o afastamento desses em relação à atividade científica. Podem eventualmente levar também a discriminações de natureza social e de gênero (a ciência como atividade eminentemente masculina).

Outra visão percebida pelos cursistas foi o empirismo-indutivismo:

P7: Então, traz uma visão (né?) empirista-indutivista. A gente sabe que ele não realizou (né?) esses experimentos para chegar é... em alguma conclusão. Ele utilizou outros meios para essa função.

P8: Ele usa: “nos seus experimentos verificou”, a palavra verificou como se já tivesse dado um conhecimento que era só descobrir. A ideia de que a partir da observação você já consegue ter uma, uma, uma percepção muito definida, né?

P6: Tem, tem um experimento que ele atribui a Arquimedes, né? Pode ser feito... ele atribui esse experimento a Arquimedes. Foi essa.... isso que eu notei. É, através de um experimento... É a verificação.

O empirismo-indutivismo consiste em atribuir à experimentação um papel crucial no desenvolvimento do conhecimento científico, refletindo o senso comum usualmente transmitido por meios de comunicação, filmes e desenhos infantis, por exemplo (GIL-PÉREZ et al, 2001). De acordo com essa visão, o conhecimento nasce da observação desprovida de concepções prévias.

P6 fez alusão ao texto da página 273 da obra de Gaspar (2017; vide Anexo 5 do PE). Nesse trecho, intitulado “Verificação do Princípio de Arquimedes”, ocorre a descrição de um experimento para verificar o Princípio de Arquimedes, o qual teria sido realizado pelo próprio personagem histórico.

Os livros didáticos analisados, em geral, trazem a imagem de um experimento ou indicam que seja realizado um experimento para comprovar o enunciado do Princípio de Arquimedes. Confunde-se, assim, enunciado e fenômeno. O experimento não parece depender de interpretação. Dele parece emergir naturalmente um enunciado, definitivo, indubitável. Essa forma de apresentação do conteúdo pode, em última instância, transmitir a impressão de que o conhecimento científico só avança mediante a realização de experimentos. É importante que haja uma ruptura com este tipo de visão para que os alunos se conscientizem do dinamismo na construção do conhecimento e de suas limitações (PRAIA, CACHAPUZ, GIL-PÉREZ, 2002).

Nos seus experimentos, **verificou que**, quando um corpo mais denso que o fluido é mergulhado neste, o seu peso aparentemente diminui em um valor igual ao peso do volume do fluido deslocado. (BONJORNIO *et al*, 2016, p. 262)

O texto anterior foi o referido pelo participante P8, o qual previamente ao curso já estava familiarizado com discussões acerca das temáticas História da Ciência e Natureza da Ciência. Além dessa passagem, o participante destacou a utilização da palavra “determinar”, mais

adiante no mesmo exemplar. A contribuição desse participante ao grupo permitiu que a discussão sobre a visão empirista-indutivista pudesse ganhar aprofundamento.

A utilização de experimentos para convencer o alunado sobre a veracidade de enunciados científicos, aparentemente inquestionáveis, uma vez que “comprovados”, é um artifício do empirismo e, tem sido muito criticado na literatura acadêmica, a exemplo da obra de Silveira e Medeiros (2009) já citada anteriormente nessa dissertação. Inseridos em uma visão acrítica da prática docente e incentivados por livros didáticos, muitos professores solicitam que os alunos façam repetidas observações, seguindo um roteiro rígido estabelecido para coleta de dados a serem inseridos em tabelas e gráficos. Acredita-se, ingenuamente, que esse procedimento levaria à aprendizagem, à apreensão dos conceitos a partir da observação. Em contraste, sabemos que as percepções associadas à observação são interpretações embasadas por carga teórica prévia (PRAIA, CACHAPUZ, GIL-PÉREZ, 2002).

CATEGORIA 2 – Historiografia

Esperava-se que os cursistas identificassem nos recortes das obras didáticas termos e expressões ou, ainda, narrativas que remetesse a características historiográficas abordadas na etapa inicial do curso.

O anacronismo, que pode ser interpretado como um deslocamento no tempo, ou seja, uma referência a episódios da ciência do passado sob a ótica do conhecimento científico atual, foi identificado explicitamente pelos participantes em algumas obras:

P3: Só uma parte que chamou a atenção que é em relação a... a... como ele denomina Arquimedes, (né?) cientista, físico e matemático é, algo que... também não existia essas nomenclaturas, digamos assim, pra época, né?

P7: [...] vai ter a questão do anacronismo, né? Porque ele não utilizou o termo empuxo e, os termos que ele utilizou, como a gente viu, peso, outros... outros conceitos que nós utilizamos hoje não são necessariamente o que ele... a forma como ele entendia, né?

P1: Ele também usa palavras aqui (né?) que eu acho indícios de anacronismo. [...] Então ele faz tudo isso (né?) e, aí eu acho que isso aí é um anacronismo (né?) porque ele não usava essas expressões.

O participante P3 referia-se a uma imagem de Arquimedes, em recorte da obra didática de Bonjorno e colaboradores, ao lado da qual se lê:

Arquimedes (287 a.C. – 212 a.C.), cientista, físico e matemático grego. Estudou em Alexandria, onde conviveu com grandes matemáticos e astrônomos como Eratóstenes de Cirene. (BONJORNO, 2016, p. 262)

Como já mencionamos, o termo cientista foi cunhado por William Whewell, em 1834, para se referir então àqueles que se dedicavam profissionalmente à ciência (ROSS, 1964). Não se aplica a personagens anteriores a esse período, aos quais mais adequadamente nos referimos como filósofos naturais, estudiosos, pesquisadores, etc. Esse tipo de anacronismo sutil, comumente encontrado em materiais didáticos, foi percebido pelo participante P3 em decorrência de sua sensibilização em relação à temática História da Ciência.

Os participantes P1 e P7 se referiram a termos utilizados no enunciado atual do Princípio de Arquimedes, como empuxo, mais denso, menos denso. Durante a etapa de fundamentação, os cursistas haviam tido acesso à obra *Sobre os corpos flutuantes* e, puderam perceber como Arquimedes enunciou cada uma de suas proposições. Assim, ao se depararem com o enunciado atual do Princípio de Arquimedes, tornou-se claro para eles, que atribuir tal redação ao próprio Arquimedes, sem ressalvas, significava compor uma narrativa anacrônica. Os participantes tomaram consciência de que o enunciado atual do Princípio não reflete exatamente a obra original de Arquimedes. Consequentemente, deve-se tratar de uma construção coletiva ao longo da história.

As próximas falas referem-se a achados que remetiam à história Pedigree. Os participantes empregaram a referida terminologia, definiram-na precisamente como a busca de precursores e associaram-na a uma visão individualista da ciência.

P4: Que tem a parte da... do Pedigree aí, (né?) da história Pedigree e [...] O livro aborda que coube apenas a ele, (né?) essa... essa conclusão, (né?) essa percepção do empuxo mesmo sem ter usado essa palavra. Então deu... deu a paternidade como sendo para ele, né? E sozinho, também tem a parte da... da... da visão individualista.

P5: Nesse próprio box aí, o segundo parágrafo: “considerado o principal matemático da antiguidade”, então eu vejo muito essa questão de Pedigree. “É considerado o principal”, é tipo ele é a referência, vai dar algum Norte.

Os cursistas, assim, demonstram um bom entendimento da referida característica historiográfica e foram capazes de percebê-la em passagens dos textos didáticos. Mais ainda, ao associá-la a uma visão individualista da ciência, reconheceram-na como negativa, uma vez que colabora para que o conhecimento não seja visto como construção coletiva.

P4 empregou a palavra “paternidade” em referência à seguinte passagem da obra didática de Barreto Filho e Silva (2016, p. 270): “Coube ao filósofo grego Arquimedes”. De acordo com a narrativa, fica subentendido que Arquimedes foi o único responsável pela formulação do enunciado do Princípio que leva seu nome.

Já o participante P5 referiu-se à abordagem de Torres e colaboradores (2016). Nessa obra, o *box* intitulado “Arquimedes” traz uma narrativa sobre as contribuições do personagem à Física e à Matemática. O texto se inicia da seguinte forma (para ler o texto na íntegra, vide Anexo 11 do PE):

Arquimedes de Siracusa (c. 287 a.C. – c. 212 a.C.) foi filósofo, matemático, físico, engenheiro, inventor e astrônomo. [...] Entre suas inúmeras contribuições à Física estão os fundamentos da Estática e da Hidrostática e o princípio da alavanca [...]. Considerado o principal matemático da antiguidade [...]. (TORRES et al, 2016, p. 131)

O participante reconheceu traços de história Pedigree no texto, mesmo os autores não tendo nomeado de forma explícita Arquimedes como precursor de algum conceito. Para P5, contudo, essa era mesmo a visão geral transmitida por esse trecho.

Na sequência são apresentados recortes que ilustram a percepção de narrativas hagiográficas pelos participantes. Este tipo de narrativa se caracteriza pela “santificação” dos pesquisadores, realce de suas virtudes e omissão de seus erros e falhas.

P4: Eu acho que se eu for, se eu fosse, né? Se eu tivesse vendo esse cara, eu dizia: - não, esse cara é fora do normal! Esse cara não é gente! É um só... é um Deus, é um ser superior! [...] Aí fala como ele morreu, morreu de uma forma heroica.

P5: Tá na terceira linha, diz assim: “é considerado uma das mentes mais brilhantes da humanidade em todos os tempos”, então se é em todos os tempos não adianta quem vai vir depois ele ainda vai continuar com seu marco lá, (né?) que vai perpassar não importa o quão outros ou outras (né?) venham, Arquimedes é... digamos assim: o cara.

P8: Ele começa, quando ele vai citar Arquimedes ele fala assim ó: “ele é conhecido por sua genialidade tanto prática quanto teórica”, logo no começo. É isso que vocês colocaram: “considerado uma das mentes... tanto prática”, e esse termo para mim... já é logo no começo de tudo, né? Então eu acho que ao invés de aproximar já distancia o leitor porque cê já acaba colocando o Arquimedes no, numa posição muito elevada (né?) e acaba favorecendo a... o pensamento de que, de fato, ele tem, tinha ali as condições de sozinho chegar a conclusões definitivas.

P2: Já diz aí que Arquimedes é considerado um dos maiores cientistas da antiguidade e, aí e fala sobre o pai. Depois ele fala que ele já era familiarizado com a mais avançada matemática da época, então ele bota Arquimedes lá em cima.

O participante P4 referiu-se ao texto de Doca, Biscuola e Bôas (2016, p. 275 – vide Anexo 3 do PE), que ao trazer contribuições de Arquimedes para a Física e Matemática, induzem o leitor a construir uma imagem heroica de Arquimedes. Esse procedimento, na visão do participante, acabava distanciando o aluno, pois ele acredita que a ciência é feita exclusivamente por pessoas geniais. Como disse o próprio cursista: “*Esse cara não é gente! É um só... é um Deus, é um ser superior!*”

O participante P2 trouxe apontamentos referentes à obra de Guimarães, Piqueira e Carron (vide Anexo 7 do PE). Tal como o participante anterior, identificou traços que remetem a uma narrativa hagiográfica embora de forma mais sutil. Os participantes P5 e P8 se referiram-se ao texto de Torres e colaboradores (2016, p. 131 – vide Anexo 11 do PE). Identificaram traços de história Pedigree e narrativa hagiográfica, uma vez que os autores não pouparam elogios ao filósofo grego, revelando-o como uma figura extraordinária. A preocupação relatada pelos participantes é pertinente e, de certa forma, encontra ressonância nos apontamentos que realizamos em nossa análise das obras didáticas, apresentadas no Capítulo 3 dessa dissertação.

Sobre a obra de Torres e colaboradores, observamos um fato curioso: nas discussões, os participantes divergiram em sua apreciação, manifestando opiniões contrárias a seu respeito. O participante P1 afirmou:

P1: Eu achei que esse livro é fantástico e esse sim é um livro que você lê e diz:- esse livro eu vou dar pra qualquer pessoa ler e entender.

Percebemos que P5 e P8 não eram partidários da mesma opinião:

P8: [...]Eu até fiquei [risos] pensando, eu não fiquei tão entusiasmado com o livro não.

P5: [...]Eu vejo alguns probleminhas assim.

Após ouvi-los em manifestação sobre a obra, o participante P1 complementou:

P1: Eu concordo com vocês que ele endeusa bastante (né?) Arquimedes, mas eu acho que é de se notar sim que ele foi (né?) um dos matemáticos, filósofos naturais mais importantes da antiguidade. E aí ele não traz ele sozinho, ele traz Euclides e Eratóstenes dois grandes filósofos naturais que acompanham ele (né?), então ele não tava

sozinho nessa jornada, né? Ele também fala de diversas contribuições dele, ou seja, ele não bota só Arquimedes como o cara do princípio de Arquimedes, né? E ele faz uma ressalva que eu acho muito importante que ele (né?) “Talvez seu trabalho mais célebre seja o estudo da flutuação dos corpos, hoje conhecido como o princípio de Arquimedes, introduzindo o conceito de empuxo”, né? Então ele faz essa ressalva: “que hoje é conhecido como princípio de Arquimedes”, né? Que vem a introduzir o que a gente tem... é conhecido hoje como o empuxo, né? Mas que não foi, exatamente, isso (né?) que ele fez. Eu acho que ele faz umas ressalvas interessantes nesse aspecto.

Embora o participante P1 concordasse com P5 e P8 sobre a existência de traços de uma narrativa hagiográfica na referida passagem, na sua opinião, as ressalvas realizadas pelos autores eram suficientes para sanar possíveis problemas. P5 e P8 discordavam veementemente.

P5: *E o outro trecho que eu destaquei aí é esse que: “não se questiona a sua veracidade”, ele vai falar que embora esses relatos (né?), porque aí tem um pequeno relato do episódio da História da Ciência, “careçam de uma análise mais cuidadosa sobre o desenrolar dos fatos não se questiona sua veracidade, mas o modo como ocorreram”, ou seja, que aconteceu, aconteceu, não se questiona se é verdade. Se questiona como aconteceu e aí eu fiquei assim me perguntando: - ué, mas a gente viu que os historiadores da Ciência, eles questionam. Então se questionam tá indo em contraposição aí com essa frase de que não se questiona sua veracidade. Existem pessoas que questionam, historiadores da Ciência. Então não tá muito articulado isso no texto pelo menos na minha visão não encaixou muito esse trecho aí. [os trechos lidos pelo participante estão na página 131]*

P8: *é claro que ele tem mais cuidado que os outros, é inegável, né? Ele tenta fazer um diálogo com a anedota tentando problematizá-la, mas ao trazer a anedota eu acho problemático, de novo, porque se acaba reforçando um pouco o imaginário e uma coisa que eu não gostei é... um trecho um pouquinho mais para cima [referindo-se à localização do trecho do recorte compartilhado] Ele começa, quando ele vai citar Arquimedes ele fala assim ó: “ele é conhecido por sua genialidade tanto prática quanto teórica”, logo no começo. É isso que vocês colocaram: “considerado uma das mentes...”*

As análises realizadas pelos participantes refletiram suas percepções próprias, de modo que as passagens das obras didáticas foram interpretadas à luz dos critérios norteadores discutidos no curso e encaminhados resumidamente ao grupo. A realização dessa atividade oportunizou aos participantes uma análise minuciosa, linha a linha, termo a termo, para os recortes didáticos selecionados. A possibilidade de compartilhar as apreciações, por sua vez, mostrou-se um rico exercício de abertura a interpretações ora convergentes, ora complementares, e, em alguns casos pontuais, dissonantes.

CATEGORIA 3 – Legislação Didática

A Categoria 3 compreende elementos relacionados à Legislação Didática e ao edital do PNLD 2018, os quais podem ser observados no Quadro 11 a seguir.

Quadro 11: Recorte do quadro 10, referente a categoria de Legislação didática.

Legislação Didática	Ciência como construção humana
	Rejeição à HC estritamente cronológica
	Rejeição a biografias tipo hagiográficas
	Equilíbrio entre produto e processo
	Fórmulas acompanhadas do seu desenvolvimento histórico

Fonte: própria.

No encontro síncrono, foram pontuados elementos observados nos recortes didáticos sobre o Princípio de Arquimedes que estavam em relativo desalinhamento no tocante à historiografia atual, à adequação do conteúdo histórico e a visões mais complexas sobre a ciência. Esses elementos, portanto, estavam em desacordo com recomendações expressas na legislação educacional, como notaram os participantes do curso.

Se a perspectiva de apresentar a “Ciência como construção humana” (Unidade 1) fosse cumprida, não seriam observadas narrativas do tipo história Pedigree como as que foram citadas pelos participantes. Embora a legislação educacional desaconselhe a HC reduzida a biografias⁵³ e a historiografia atual rejeite narrativas hagiográficas, foram identificados em vários recortes didáticos e apontados pelos participantes, traços desse tipo de narrativa, conforme explicamos em tópico anterior sobre a Categoria 2 - Historiografia.

O enunciado do Princípio de Arquimedes, em geral, foi apresentado de modo desacompanhado do seu desenvolvimento histórico. Ao trazer apenas o enunciado atual do Princípio, acompanhado de matematização e evidências empíricas, os livros didáticos deixam transparecer a impressão de que todas essas realizações podem ser atribuídas a Arquimedes. Perdem a oportunidade de evidenciar a construção histórica coletiva do Princípio que o homenageia.

O paradoxo hidrostático de Galileu, uma importante contribuição que mostra as limitações do enunciado do Princípio de Arquimedes (vide Capítulo 2), não foi trabalhado em nenhuma obra didática. Foi citado, apenas pela obra de Yamamoto e Fuke (2016), o texto de Silveira e Medeiros (O Paradoxo hidrostático de Galileu e a Lei de Arquimedes, 2009), como indicação de leitura para o professor. Observa-se, contudo, que o professor não é informado a

⁵³ Contempla a História da Ciência articulada aos assuntos desenvolvidos, evitando reduzi-la a cronologias, biografias de cientistas ou a descobertas isoladas (BRASIL, 2015, p. 23).

respeito da importância da discussão, de modo que esse profissional não é sensibilizado para a relevância da leitura. Ademais, ainda que o professor leia o artigo acadêmico recomendado, pode não saber como proceder em termos de transposição didática em relação às informações disponíveis nesse texto.

CATEGORIA 4 – Conteúdo Histórico

Os exemplares foram divididos entre os dois grupos, e, nesses grupos, pôde-se notar a participação mais intensa de alguns cursistas nas análises dos recortes.

A matematização foi observada em todos os exemplares analisados. Contudo, houve comentários de que os livros não deveriam apresentar a formulação matemática para o empuxo sem a ressalva de que esta não foi elaborada por Arquimedes. Seria mais adequado que frisassem que a formulação matemática e o enunciado atual do Princípio decorrem de uma construção coletiva ao longo da HC.

P1: Ele faz essa matematização muito bonita e muito bem-feita, né? Eu acho muito interessante você entender como é que você pode deduzir uma expressão embora, de novo (né?), ele não traga, não faça a ressalva de que isso é atualmente.

Nessa fala, o participante refere-se à obra de Bonjorno e colaboradores (2016, vide Anexo 2 do PE), mas ao dizer: “*de novo (né?)*”, deixa implícito de que essa situação se repete em recortes analisados, ou seja, livros didáticos apresentam a matematização como obra acabada de Arquimedes.

Os recortes observados trazem o enunciado do Princípio de Arquimedes em linguagem atual, com referência ao empuxo, termo este que não foi empregado por Arquimedes em suas proposições. A exceção notada foi o exemplar de Fukui e colaboradores (vide Anexo 4 do PE) ao trazer a ressalva de que o enunciado é apresentado em linguagem moderna, como notou o participante P7:

P7: Eu achei interessante que ele botou: “em linguagem atual.”

Outro aspecto observado foi que os livros não advertem ao leitor sobre o fato de que Arquimedes, em sua época, referiu-se apenas a líquidos. Novamente, temos uma exceção. Dessa vez é a obra de Torres e colaboradores (2016, vide Anexo 11 do PE), na qual encontramos:

Embora na linguagem de Arquimedes a termo “fluido” indique líquido, os gases também exercem empuxo. (TORRES et al, 2016, p.135).

Essa ressalva não passou despercebida por um dos cursistas, que fez o seguinte comentário:

P1: pois é, eu acho que a melhor ressalva pra isso foi daquele outro livro lá, né? [...]faz a ressalva de fluido, embora entendido por Arquimedes apenas como líquido valia pro nosso conceito de fluido, de líquidos e gases.

Os demais exemplares apresentam o Princípio em linguagem atual e, na ausência de ressalvas, podem induzir o leitor a pensar que este foi assim elaborado por Arquimedes. Tal aspecto foi apontado pelos cursistas:

P8: Sem contar que ele usa a palavra empuxo e força como se fosse já utilizado pelo próprio Arquimedes.

P4: E ainda coloca que ele formulou a lei do empuxo, né? Como se já tivesse sido usado com essa com essa nomenclatura, né?

P3: que a gente viu nas anteriores, nas nossas.... nossos encontros anteriores o empuxo, né? A palavra empuxo ainda não tinha sido... ainda não tinha sido é.... enfatizado nessa época. Só depois que foi aparecer. Ele fala das características do empuxo, né? Ele já fala, ou seja, que o Arquimedes já detectou isso como sendo o empuxo em si, né?

O participante P8 fez referência ao texto de Gonçalves Filho e Toscano (2016, vide Anexo 6 do PE), o qual, a exemplo de outras obras, apresenta o enunciado atual do Princípio de Arquimedes sem ressalvas acerca de sua construção histórica coletiva. O comentário vale também para o exemplar de Doca e colaboradores (2016, vide Anexo 3 do PE), apontado por P4. A passagem referida pelo participante é:

O que realmente o celebrou, no entanto, foi a formulação da **lei do empuxo**. (DOCA et al, 2016, p. 275; grifos no original)

Embora o participante P3 estivesse se referindo à obra de Bonjorno e colaboradores (2016, vide Anexo 2 do PE), sua fala complementava a de P4, uma vez que, nas proposições de Arquimedes não aparece o termo empuxo.

Por sua vez, em relação à utilização do termo fluido pelos livros didáticos sem as devidas ressalvas históricas, destacamos as seguintes observações dos participantes:

P1: No fluido aqui, ele não faz a ressalva que o fluido, ele é considerado apenas o líquido.

P7: Também eu marquei aqui porque tem um quadrinho e tem líquido ou fluido. Quando eu li, eu até pensei que ele ia falar alguma coisa e tal, né? Alguma ressalva, mas não, é só para diferenciar no olhar que a gente tem hoje mesmo sobre o que é fluido.

Para o cursista P1, a forma como o exemplar de Bonjorno e colaboradores (2016, vide Anexo 2 do PE) apresenta o Princípio de Arquimedes faz com que o leitor creia que o estudioso já se referia a líquidos e gases. Nota-se na fala de P7 que, durante sua leitura do recorte de Gaspar (2017, vide Anexo 5 do PE), houve uma expectativa frustrada de que o autor destacasse uma ressalva histórica quanto ao termo fluido. Sem as devidas ponderações, o leitor entende que o enunciado atual do Princípio foi uma obra acabada por Arquimedes.

Alguns cursistas se queixaram do que na visão deles seria um destaque desproporcional ao enfoque matemático, já seguido da apresentação de exercícios resolvidos, o que caracterizaria uma educação pautada na resolução de questões, deixando pouco espaço para o desenvolvimento do senso crítico.

P5: Então dá a entender que a matematização é muito importante e que o enunciado vem depois da matematização e não o contrário que primeiro o fenômeno foi observado para depois ver uma matemática de como vai... enfim, respaldar experimento.

P4: Ele é muito enraizado na matemática, não é? É um trechinho explicando o termo e conta, conta, conta, conta, conta, conta.

O participante P5 se referiu negativamente à disposição apresentada na obra de Bonjorno e colaboradores (2016, vide Anexo 2 do PE), que antecipou a formulação matemática do Princípio à apresentação do próprio enunciado científico.

O cursista P4 destacou que, em sua opinião, havia uma abordagem excessivamente matemática no exemplar de Yamamoto e Fuke (2016, vide Anexo 12 do PE). Os autores dariam pouca atenção a explicações e contextualizações, já seguindo para uma apresentação vetorial do Princípio seguida de exercícios resolvidos.

CATEGORIA 5 – Episódio da Coroa

Em relação ao conteúdo histórico específico, buscava-se, dentre outros aspectos, verificar a presença ou ausência do episódio da coroa e a qualidade de eventuais narrativas apresentadas, considerando indícios de pseudo-história ou distorções históricas.

Entre os doze exemplares aprovados pelo PNL D 2018, três deles traziam a pseudo-história vitruviana, dois faziam menção à versão galileana e sete não faziam referência ao episódio envolvendo Arquimedes e a coroa do rei.

O fragmento de Barreto Filho e Silva (2016, vide Anexo 1 do PE) trouxe o episódio da coroa através de recorte que relata a versão vitruviana, extraído do artigo de Martins (2000). Inicialmente, chamou a atenção dos participantes o fato de os autores iniciarem a apresentação do tópico “Arquimedes e a coroa do rei” dizendo que a história se refere a “um **suposto procedimento** adotado por Arquimedes” (BARRETO FILHO; SILVA, 2016, p. 275; grifo nosso).

P4: É uma palavra, que como ele coloca suposto é... até ajuda na hora de fazer as questões. Porque na questão, na questão número 2, ele pergunta: “em sua opinião o método utilizado por Arquimedes é plausível?” Então só pelo fato dele colocar que é suposto já dá uma... uma... Pronto ele dá uma brecha para poder... para o aluno poder correr atrás de outra versão.

Na opinião do participante P4, o uso do termo “suposto”, seguido da pergunta 2 (“Em sua opinião, o método utilizado por Arquimedes descrito no texto é plausível?”) seria suficiente para suscitar no estudante a dúvida e fazê-lo buscar outras fontes.

É interessante notar, no entanto, que, para o cursista, o termo “suposto” remetia diretamente a suspeitas sobre a versão vitruviana, mas ele já estava a par do conteúdo do artigo de Martins (2000), discutido na etapa inicial do curso. Munido de conhecimento prévio, essa sinalização era, para o cursista, evidência de que havia algo suspeito a se investigar. Será que o aluno teria a mesma reação?

Ainda sobre esse exemplar didático, o participante P9 declarou:

P9: Um ponto que eu acho interessante que o autor decidiu seguir foi que ao inserir essa questão dos “vários experimentos” ele retira a... a clássica... clássica Insight do tipo eureka, né? Quando ele fala desses “vários experimentos” quer dizer que não foi uma coisa tipo eureka. O autor decidiu, decidiu seguir essa visão de que foi uma coisa ao longo do tempo, ao longo de experimentos que Arquimedes encontrou.

P9 notou que o exemplar não havia realizado uma narrativa que enfatizava o *insight* tipo eureka, substituindo-a pela referência a “vários experimentos”. O participante viu como positiva tal iniciativa. O ministrante, contudo, chamou a atenção para a necessidade de refletir sobre essa “substituição”. De fato, esta não remetia à visão de que o conhecimento científico surge repentinamente, sem grande esforço. Contudo, em ambos os casos tangencia-se uma visão

empirista indutivista da ciência. Adicionalmente, é importante registrar a imprecisão histórica, uma vez que, na obra *Sobre os corpos flutuantes*, Arquimedes não traz uma argumentação de cunho empírico, mas sim geométrico.

Ministrante: *mas aí tem um aspecto de novo positivo e negativo. Positivo porque não parece um insight, não parece uma coisa que saiu de uma hora para outra. Negativo porque não condiz com a questão histórica.*

Voltando às impressões dos cursistas quanto a ressalvas apresentadas pelos textos, sobre o exemplar de Torres e colaboradores (2016, vide Anexo 11 do PE), o participante P1 relatou:

P1: *Eu acho que ele faz ressalvas muito interessantes. [...] E ele faz uma ressalva que eu acho muito importante que ele (né?) “Talvez seu trabalho mais célebre seja o estudo da flutuação dos corpos, hoje conhecido como o princípio de Arquimedes, introduzindo o conceito de empuxo”, né? Então ele faz essa ressalva: “que hoje é conhecido como princípio de Arquimedes”, né?*

Outro participante discordou dessa opinião:

P8: *Essas, essas palavras e... de fato como P1 apontou, elas aparecem (né?): “hoje considerado”, mas acho que é muito sutil. Acho que deveria ter uma separação um pouco mais é... é... como eu posso dizer? Visivelmente gritante, então o que que foi o Arquimedes e separar mesmo. Tô falando visualmente porque a gente tá dialogando com os alunos (né?) que não tem nenhum tipo de formação histórica nesse nível de detalhe. Então talvez prum leitor já com uma bagagem seja suficiente, mas desconfio que para os alunos, não.*

O ministrante complementou que, contudo, era importante considerar que estávamos realizando uma análise cuidadosa dos recortes, observando mais atentamente palavras e expressões utilizadas. Restaria saber se a sinalização apresentada no recorte teria um efeito tão incisivo para um professor da Educação Básica, possivelmente não tão sensibilizado em relação à temática HC no Ensino, ou para um estudante do Ensino Médio, usuário do material didático.

Ministrante: *nesse ponto P8, a gente percebe que nós estamos aqui num trabalho metódico de analisar uma linha do texto, uma linha. E aí a gente para e aí a gente analisa pequenos termos, (né?) “hoje conhecido como”, agora não é essa leitura que o aluno vai fazer, né? O aluno, se muito, vai passar aí correndo e talvez ele entenda, realmente, nessa leitura corrida que não, não tem uma ênfase (né?) nessa, nessa diferenciação aí talvez ele entenda mesmo princípio de Arquimedes, inventou o empuxo... coisas desse tipo. É pode ser que, que coubesse (né?) uma... algo mais explícito (né?), embora,*

realmente, ele faça, ele faz a ressalva (né?) como o P1 falou. Caberia algo mais explícito? Talvez, né?

O recorte didático extraído do exemplar de Doca, Biscuola e Bôas (2016, vide Anexo 3 do PE) não faz menção ao episódio histórico. Contudo, traz um exemplo no qual um bloco sem porosidades é introduzido em uma jarra preenchida com água até o nível do seu bico. Ao extravasar, o volume de água perdido é recolhido por um recipiente lateral. Esse exemplo remete à versão vitruviana, o que foi percebido pelo participante P6.

P6: *Esse mesmo, professora que eu falei que ele não fala da história em sí (né?) nenhuma parte. Só naquela primeira parte, mas aqui ele traz um experimento que também pode ser utilizado como para falar um pouco da história, né?*

A obra de Doca, Biscuola e Bôas traz no tópico “Uma verificação da Lei do Empuxo” uma montagem experimental de uma balança de braço transversal em três posições distintas (2016, vide Anexo 3 do PE). Perspicazes, os participantes vislumbraram a possibilidade de abordar a versão galileana para o episódio da coroa. Cogitaram a possibilidade de um contraste entre os exemplos trazidos pelas duas obras didáticas:

P4: *se esse experimento tivesse sido encaixado no anterior, no livro anterior (né?), no recorte anterior dava pra ter feito uma coisa legal. Entendeu o que quero dizer? Pegava o recorte do livro anterior e esse recorte desse de agora dessa, dessa... quando... dessa verificação que ele tá colocando se colocasse um com outro poderia até ter um fluxo legal.*

Os cursistas, assim, estabeleceram conexões entre as abordagens adotadas pelos textos didáticos e as versões do episódio da coroa estudadas na etapa de fundamentação do curso.

O recorte didático de Yamamoto e Fuke (vide Anexo 12 do PE) traz uma HQ sobre o episódio da coroa. Na análise, os participantes apontaram que a utilização desse tipo recurso poderia ser válida, caso o conteúdo não fosse tão caricato quanto na HQ usada nesse exemplar. Esta traz apenas a versão de Vitruvius, muito embora sugira ao professor a leitura do texto de Silveira e Medeiros (2009).

P6: *O exagero é tão grande dos quadrinhos que chama muito mais atenção a forma engraçada do Arquimedes (né?) do que a própria história. Só no finalzinho que ele... no final do quadrinho tem “Organizando as ideias” no texto, aí tem umas questões orientadoras (né?) que ele fala, são duas questões que também podem ser*

trabalhados, né? Explicar direito essa história, mas o que chama atenção mesmo é a forma como ele fez o quadrinho. Eu acho que chama mais atenção isso do que tudo.

A interpretação do participante é coerente. Realmente, a HQ traz um Arquimedes caricato e exagerado. A versão vitruviana é narrada de forma cômica. Parece que sua introdução no material didático tem função exclusivamente lúdica. Por outro lado, a indicação do texto de Silveira e Medeiros (2009) como leitura para o professor é contraditória, uma vez que esses autores acadêmicos criticam exatamente o tipo de abordagem trazida pelo próprio exemplar didático.

P4: é isso que eu estava observando. Ele retira de si a parte histórica e diz: “vá lá e pesquise” e, quando o professor pesquisa ele vê, realmente, que é o oposto do que o livro tá apresentando. Aí complica!

O exemplar de Guimarães, Piqueira e Carron (2016, vide Anexo 7 do PE) realiza uma abordagem histórica centrada na versão vitruviana. Ao analisá-la, os participantes contribuíram com questionamentos:

P2: E ele cita nesse... mais pra baixo ele fala: “segundo essa história”, por que eu senti que ele falou isso né? Porque lá nas questões ele cita aquele textinho que a gente leu que foi sobre Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos, então eu acredito que ele fala segundo essa história já para dar essa ideia (né?) ao leitor que: - Olha, isso é uma história que pode não ser a verídica.

P1: Bem, eu acho interessante trazer as duas, mas se for para escolher uma (né?) que não seja a errada, então você tem um espaço pequeno pra você dialogar e pra você expor suas ideias, né? Ele gastou toda uma página pra falar, pra fazer isso e no final lá tem uma questão que pede pra você ver um texto, tá? Você não sabe por que você vai ler esse texto, você não tem nenhum indício do porquê você deveria ler esse texto, né? E eu acho que não fica claro (né?) é que nem a gente falou: - é muito sutil (né?) de você notar que você vai ter que ler, que você vai achar coisas muito boas nesse texto.

De acordo com a colocação de P2, os autores buscam alertar o leitor que a história narrada pode não ser correta. Essa, no entanto, seria uma tentativa muito sutil, como pontua P1. Esse participante fez uma observação importante, no que se refere ao espaço dedicado pelo livro didático à versão vitruviana. Para ele, se fosse necessário escolher entre as duas versões, seria melhor optar pela aceita pelos historiadores.

Os autores desse exemplar, Guimarães, Piqueira e Carron (DATA), orientam que o aluno leia o texto de Martins (2000). P2 ressaltou que a forma como as questões foram

colocadas pelos autores poderia fazer com que o aluno pensasse que a mesma narrativa do episódio, vitruviana, portanto, estaria presente no artigo. O aluno não deveria esperar encontrar no artigo uma outra narrativa, a galileana, que desacredita a trazida pelo próprio livro.

P2: E, aí fica essa ideia né? - O quê que será que vai ser um mito? Vai ser o que tem nesse texto ou no texto que a gente leu? Porque a gente não tem como saber a não ser que a gente leia e, aí se você subentende que: - Não o livro como ele é, o livro que a gente tá trabalhando né? Então ele vai trazer coisas concretas, vai trazer o correto. Então deve ser esse livro, deve tá correto e essa história que ele vai contar que deve ter os mitos.

Ainda sobre os exemplares que trazem a pseudo-história, o participante P2 referiu-se ao texto de Luz, Álvares e Guimarães (2016, vide Anexo 8 do PE):

P2: Mais uma vez aí a gente vê a história de Vitruvius que é contada nessa página toda. É toda essa história e aí não faz diferente do outro (né?) que a gente tava vendo, ele não faz menção nenhuma a algum artigo ou alguma coisa que fosse levar o leitor até outro tipo de conclusão. Então tem essa primeira página aí e tem até a figurinha (né?) ele coloca até figurinha, [...] ele coloca as figurinhas dos béqueres aí mostrando como é que foi realizada essa medição. O que também a gente viu (né?) que nem tinha esse sistema de medidas. E ele fala aqui: “na representação sem escala e em cores fantasia” porque ele não coloca também (né?) que talvez os objetos utilizados não fossem esses? Podia colocar alguma coisa assim pra dizer: - uhm, então seria qual, já que não são esses? Mas ele não se atenta a isso, foi até uma coisa que eu escrevi aqui também.

Os participantes, à medida que se sentiram com maior domínio do conteúdo, foram mais críticos em relação às obras didáticas. Suas contribuições remetiam a questionamentos e sugestões de melhoria coerentes. Por exemplo, P2, além de perceber que a obra didática de Luz, Álvares e Guimarães não trazia nenhuma referência de leitura adicional, quer seja para o professor ou para o aluno, também ficou incomodado com o uso de uma imagem ilustrativa dos procedimentos de Arquimedes, com materiais modernos, sem ressalva a esse respeito.

Buscou-se chamar a atenção dos cursistas não apenas para os textos como também para as imagens presentes nos recortes didáticos.

Ministrante: você que tá bem atenta as imagens. Essa imagem expressa bem a versão vitruviana? [a pergunta se refere à figura de LUZ; ÁLVARES; GUIMARÃES, 2016, p. 239]

P4: não porque a piscina não tá lotada, né? A banheira não tá pela boca.

Nesse caso específico, havia uma inconsistência entre a figura ilustrativa e o texto, que trazia a versão vitruviana. A figura mostrava uma pessoa em uma banheira que não estava cheia até a borda. Logo, não haveria transbordamento, o que seria inconsistente com aspecto primordial para essa versão.

O exemplar de Torres e colaboradores (2016, vide Anexo 11 do PE), assim como o de Barreto Filho e Silva, traz as duas versões do episódio histórico.

P5: E o outro trecho que eu destaquei aí é esse que: “não se questiona a sua veracidade”, ele vai falar que embora esses relatos (né?), porque aí tem um pequeno relato do episódio da História da Ciência, “careçam de uma análise mais cuidadosa sobre o desenrolar dos fatos não se questiona sua veracidade, mas o modo como ocorreram”, ou seja, que aconteceu, aconteceu, não se questiona se é verdade. Se questiona como aconteceu e aí eu fiquei assim me perguntando: - ué, mas a gente viu que os historiadores da Ciência, eles questionam. Então se questionam tá indo em contraposição aí com essa frase de que não se questiona sua veracidade. Existem pessoas que questionam, historiadores da Ciência. Então não tá muito articulado isso no texto pelo menos na minha visão não encaixou muito esse trecho aí.

P8: É claro que ele tem mais cuidado que os outros, é inegável, né? Ele tenta fazer um diálogo com a anedota tentando problematizá-la, mas ao trazer a anedota eu acho problemático, de novo, porque se acaba reforçando um pouco o imaginário.

P1: olhe, eu acho que o ponto de P8 é bastante válido só que eu fico pensando numa integração, né? Porque veja, essa é uma história que foi propagada desde o século terceiro, eu acho... eu não sei não. Faz muito tempo que essa história foi propagada, foi Vitruvius que fez. Então muitas pessoas conhecem essa história e uma coisa que eu sempre incentivo nos meus alunos é: converse com seu pai, converse com sua mãe e veja como foi isso. Eu acho que escola é uma vivência que a maioria das pessoas consegue compartilhar. E aí (né?), talvez esse choque de realidade, essa... esse incentivo de dizer: - essa história que seu pai ouviu, foi essa. A que é mais aceita hoje é essa outra. Talvez incentivar esse diálogo entre duas histórias controversas é criar essa discussão, talvez criar (né?) esse desequilíbrio, para mim (né?), seja interessante. E aí criando esse desequilíbrio talvez gere o interesse e da pessoa falar, perguntar. E talvez criar esse diálogo (né?) eu vejo por esse lado, né? Eu vejo por esse lado que ele traz a história vitruviana e depois ele traz essa ressalva, né? Ele fala da... de como Galileu teria contestado isso, fala de La Bilancetta e também vai indicar lá no final do livro, ele até destaca uma parte bem grande (né?) como resumo da obra, o título do artigo (né?), os autores e o resumo do artigo de Martins.

Em nossa análise, apresentada no Capítulo 3, consideramos que essa obra traz uma boa tentativa de transposição didática para o episódio em questão. O texto é fluido, a linguagem é clara e adequada ao Ensino Médio. Expõe pontos-chave das críticas de Galileu à versão vitruviana. Comenta, por exemplo, sobre a inexistência de instrumentos precisos o suficiente para determinar o volume de água deslocado.

A avaliação do participante P1 foi semelhante, de modo que ele buscou argumentos que a sustentassem. Contudo, o texto didático não agradou a todos os participantes. Considerando a inexistência de relatos documentais sobre o episódio da coroa, à exceção da versão vitruviana, bem posterior ao suposto episódio, P5 questionou, com propriedade, a afirmação dos autores sobre a existência real do episódio. P8 se manteve firme na opinião de que mesmo tendo confrontado as duas versões, ao trazer a versão vitruviana, o livro didático reforçaria a pseudo-história. O confronto das versões não seria benéfico. Na visão desse participante, a versão vitruviana deveria ser excluída do contexto escolar.

Um mesmo texto didático, portanto, motivou apreciações distintas, baseadas em visões variadas dos participantes considerando o que acreditavam ser o mais correto para se levar para a sala de aula, suas vivências profissionais e pessoais, bem como aspectos discutidos no curso. Os argumentos apresentados corroboravam os diferentes pontos de vista, de modo que a discussão enriquecedora trouxe aspectos que poderiam passar despercebidos.

Ao longo da leitura das transcrições, durante o processo de imersão, emergiu a “Orientação ao professor” como unidade dentro da Categoria Episódio da Coroa. Essa unidade retrata a preocupação dos cursistas em relação às orientações que os livros didáticos traziam para o professor no tocante ao ensino daquele conteúdo físico específico.

A seguir são apresentados alguns apontamentos dos participantes em relação à forma como o livro didático conduz (ou não) alguma orientação ao professor, tanto acerca de leituras complementares como em relação a ministrar as aulas sobre o conteúdo físico focalizado.

P7: Isso, mas assim, para mim não ficou claro como professor deveria utilizar é... eu não sei se esse livro tinha uma... Porque no livro que eu uso tem no final (né?) como você poderia. Tem em outros livros aqui como você poderia usar essa atividade, né? Porque às vezes o professor, ele não sabe como utilizar, (né?) e aí tu faria mais claro o caminho que... ele quer... o objetivo que o autor tem com essa atividade. [referência a BARRETO FILHO; SILVA, 2016]

P6: é importante também perceber que, diferente do outro livro que a gente viu, ele não traz nenhum tipo de orientação para o professor, né nesse? Pelo menos na... nas páginas que estão recortadas aí. Então fica

até difícil de trabalhar esse conteúdo. [referência a DOCA; BISCUOLA; BÔAS, 2016]

P4: É isso que eu estava observando. Ele retira de si a parte histórica e diz: “vá lá e pesquise” e, quando o professor pesquisa ele vê, realmente, que é o oposto do que o livro tá apresentando. Aí complica! [referência a YAMAMOTO; FUKU, 2016]

P2: E aí vai ficar bem a cargo do professor olhar esse material e ver: - Tá eu vou ler esse texto aqui para saber o que que ele tá falando. Mas se ele não faz isso, ele não vai receber esse apoio lá no material didático porque pelo que eu lembro ele não cita que essa história que ele tá contando aqui é a história contada, mas não é a que a Física vai respaldar [referência a GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016]

Em comum, os apontamentos demonstram preocupação de que as orientações apresentadas pelos exemplares didáticos parecem parcas. Não seriam suficientes para que se sentissem seguros quanto a conduzir a abordagem do conteúdo físico, a fim de atingir objetivos expressos na legislação educacional, considerando a inserção didática da História da Ciência.⁵⁴ As versões do professor da obra didática devem trazer orientações específicas e sanar dúvidas. Mesmo assim, por vezes, são insuficientes, de modo que os professores não se sentem preparados para desenvolver determinadas atividades e acabam permanecendo atrelados a uma abordagem essencialmente tradicional.

Outro ponto elencado é a forma como o livro didático delega ao professor a tarefa de preencher lacunas observadas, por exemplo, em termos de uma abordagem histórica. Ou, ainda, a necessidade de que o professor, sem apoio, elabore uma condução maestral para que os alunos atinjam a percepção necessária para fundamentar a construção do conhecimento.

Vale lembrar que as deficiências na formação do próprio docente são muitas, conforme abordamos no Capítulo 1. Assim, há uma necessidade maior de que as orientações apresentadas pelos livros didáticos sejam ainda mais cuidadosas. O professor geralmente não está preparado para suprir as lacunas observadas nesses materiais.

Finalizando nossa análise, podemos considerar que os objetivos almejados com o curso de extensão foram momentaneamente atendidos. Pudemos perceber que os participantes assimilaram muitas informações e sensibilizaram-se quanto à presença da pseudo-história nos materiais didáticos. Notadamente, à medida que os encontros foram acontecendo os participantes adquiriram mais segurança e confiança para expressarem suas opiniões a respeito

⁵⁴ Os professores mantêm forte expectativa, ou crença, de que as coleções correspondem a uma expressão fiel das propostas e diretrizes curriculares e do conhecimento científico. (MEGID NETO; FRACALANZA, 2003)

das obras analisadas, tornando-se muitas vezes bem exigentes. A proximidade temporal entre os encontros síncronos e a realização sequencial de atividades pode ter colaborado favoravelmente, proporcionando imersão na temática.

Importante ressaltar que durante o curso de extensão tivemos a informação que a maioria dos participantes não havia tido contato com temas como a identificação de narrativas pseudo-históricas (ALLCHIN, 2004) e visões ingênuas sobre a ciência (GIL-PÉREZ et al, 2001). Nunca haviam se aproximado de reflexões de cunho historiográfico. Em relação ao conteúdo físico específico, desconheciam o Paradoxo Hidrostático de Galileu (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009), ou seja, não tinham consciência de limitações do Princípio de Arquimedes. Em relação a aspectos históricos, desconheciam o confronto entre as versões de Vitruvius e Galileu para o episódio da coroa (MARTINS, 2000). Nunca haviam tido contato com as fontes *Sobre os corpos flutuantes* (ASSIS, 1996) e *La Bilancetta* (GALILEU, 1986).

Embora seja um grupo de amostragem pequeno, entendemos que os participantes do curso, licenciandos e professores em atuação, podem ser considerados um exemplo do que acontece nas diferentes universidades e escolas em nosso país. Diante desse panorama, sugerimos uma forma de sensibilizar o docente em formação inicial ou continuada, auxiliando no processo de desenvolvimento de sua autonomia e criticidade quanto a avaliar a HC presente em materiais didáticos, tomando como recorte específico o Princípio de Arquimedes. Elaboramos o curso de extensão segundo uma perspectiva multicontextual, objetivando que os cursistas fossem capazes de identificar nos livros didáticos a presença de pseudo-histórias, narrativas históricas imersas em pressupostos historiográficos desatualizados e distorções históricas do episódio específico com consequências negativas tanto do ponto de vista físico conceitual, como em termos de visões ingênuas sobre a ciência.

Para tal, inserimos no curso uma primeira etapa de fundamentação teórica, na qual foram apresentados pressupostos historiográficos atuais em contraposição a pressupostos ultrapassados, recortes da legislação educacional, artigos acadêmicos pertinentes ao conteúdo físico e histórico-filosófico e fontes primárias relacionadas. Procuramos também criar um espaço de reflexão para que cada participante pudesse reconhecer em si traços de concepções ingênuas sobre a ciência caso essas existissem.

A intenção era fornecer subsídios suficientes para que os próprios cursistas estabelecessem interpretações sobre a forma como o enunciado do Princípio de Arquimedes é apresentado no LD, sendo capazes de identificar quando há ou não uma contextualização histórica adequada aos parâmetros estudados no curso. A partir da fundamentação, em

perspectiva dialógica, solicitamos o engajamento dos cursistas em atividade coletiva que ensaiou a identificação nos livros didáticos de iniciativas de inserção didática da HC alinhadas à legislação educacional atual e adequadas do ponto de vista histórico-filosófico, bem como a percepção de eventuais inadequações. Dessa forma, mais conscientes sobre o panorama encontrado nos livros didáticos, tiveram condições de participar de reflexão coletiva sobre como agir enquanto professor diante dessa realidade.

A análise das discussões nos leva a crer que grande parte dos objetivos foram alcançados. Os cursistas já se apropriavam corretamente de expressões pertinentes à historiografia atual e identificavam visões ingênuas da ciência nos textos analisados:

*P1 - Então ele faz tudo isso (né?) e, aí eu acho que isso aí é um **anacronismo** (né?) porque ele não usava essas expressões*

*P7 - aí eu também percebi, nesse mesmo trecho que ele fala que foi após vários experimentos. Então traz uma visão, né? **Empirista-indutivista**. A gente sabe que ele não realizou, né? Esses experimentos para chegar é... em alguma conclusão. Ele utilizou outros meios para essa função.*

Os participantes foram muito atentos à forma como o enunciado do Princípio estava sendo apresentada pelos autores dos LD. Não se limitaram aos textos de apresentação do conteúdo físico. Observaram ilustrações, exercícios propostos e resolvidos. Notaram que a solicitação do edital do PNLD 2018 quanto a atualizações referentes ao conteúdo físico não foi acatada: os limites do Princípio de Arquimedes não eram explicitados por nenhum material didático, isto é, o Paradoxo Hidrostático de Galileu não era levado em conta.

Situações observadas ao longo do curso sugerem que os participantes estavam expandindo as reflexões críticas realizadas para outros conteúdos de Física. Um dos cursistas, por exemplo, lembrou que no ensino de Termodinâmica, nas referências às máquinas a vapor, os livros didáticos dificilmente trazem alguma contextualização histórica, e quando a trazem, não se referem a aspectos que influenciaram Carnot em suas pesquisas.

Sobre o estudo específico do Princípio de Arquimedes, os participantes demonstraram entendimento sobre os elementos que tornam a narrativa vitruviana improvável, tanto do ponto de vista físico – subida diminuta do nível do líquido, dificuldades de aferição e tensão superficial da água – quanto do ponto de vista histórico, já que não são conhecidas outras narrativas que corroborem com Vitruvius, sendo que este não era contemporâneo de Arquimedes.

Observamos pontos positivos em conversas informais com os cursistas fora dos encontros gravados. Um deles, por exemplo, já estava preparando uma postagem em sua rede social de cunho educativo, destacando o episódio de Arquimedes e a coroa, alertando para o desserviço de se perpetuar a versão vitruviana desse episódio. Além disso, os participantes mostravam-se muito interessados em novos cursos de extensão a fim de suprir lacunas que notavam em suas formações.

Inicialmente, o curso foi pensado para ser aplicado em formato presencial em uma turma da Licenciatura em Física na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Devido à pandemia de Covid-19 foi necessário fazer uma adaptação para aplicação remota. Houve vantagens nesse modelo no sentido de que participantes de diversas regiões do país puderam se inscrever, de modo que atingimos um público-alvo mais plural e as contribuições foram enriquecedoras, refletindo diferentes pontos de vista. Houve um engajamento efetivo dos participantes durante as análises dos livros didáticos. Percebia-se um interesse real na troca de impressões durante as discussões, tanto que participantes de um grupo traziam contribuições mesmo quando a obra tratada havia sido inicialmente direcionada para o outro grupo de estudo.

Por outro lado, houve dificuldades também significativas. Solicitamos que as câmeras fossem mantidas abertas na medida do possível. No entanto, poucos as mantiveram abertas à exceção dos momentos de suas falas. Assim, de modo geral, o ministrante pouco pôde interpretar acerca das expressões faciais e corporais dos participantes. Em relação à participação efetiva nas discussões, percebeu-se que, embora fortemente encorajada, esta foi limitada a poucos cursistas principalmente nos encontros iniciais. No decorrer do curso houve um aumento das participações. Mesmo assim a frequência girava em torno dos mesmos participantes, como pode ser observado pelas transcrições. (Apêndices C)

A aplicação remota do curso foi naquele momento absolutamente essencial e inevitável. Felizmente, eventuais dificuldades técnicas foram contornadas, de modo que avaliamos o resultado como positivo. Poderíamos ter incluído no curso outras etapas como, por exemplo, uma discussão mais ampla dos conhecimentos prévios dos participantes, o que serviria como acolhimento e possibilitaria uma visão melhor acerca da bagagem inicial de cada um. Isso talvez pudesse orientar a elaboração de estratégias para envolver de forma mais palpável todos os participantes. Por outro lado, devemos ponderar que sendo final de semestre e de ano letivo, estando os cursistas, professores e licenciandos, já imersos em inúmeras atividades remotas, poderia ser negativo se o curso se estendesse além da carga horária já prevista.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tem havido grande empenho dos estudiosos e destaque da legislação educacional para que haja inclusão da HC em sala de aula tendo em vista as contribuições que esta pode trazer para o processo de ensino aprendizagem e para o desenvolvimento crítico do aluno (MATTHEWS, 1995; BELTRAN, RODRIGUES, ORTIZ, 2011; DUARTE, 2004; SILVA; MOURA, 2008; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011). Como visto no curso de extensão a legislação ampara e corrobora com o pensamento destes estudiosos, mas sabemos também que, simplesmente, citar episódios históricos não contribui para o desenvolvimento crítico do aluno. É necessário que tanto o material de apoio quanto o professor estejam alinhados para desmistificar e dissolver visões ingênuas sobre a ciência ainda presentes no LD e no pensamento de alguns professores. Não são desconsideradas as dificuldades enfrentadas por professores para levar uma HC de qualidade para seus alunos. Entre esses obstáculos podemos citar a precariedade nos materiais de apoio didático-pedagógico e as lacunas na formação docente (MARTINS, 2006; MARTINS, 2007; FORATO, 2013).

A sequência didática apresentada para o curso de extensão apoia-se em atividades dialógicas que coloca o cursista como protagonista apoiando-se em fontes confiáveis para fornecer subsídios necessários ao desenvolvimento da autonomia e autoconhecimento. Através dos momentos reflexivos busca-se contribuir para diminuir as lacunas na formação docente e através das fontes apresentadas espera-se complementar os conteúdos apresentados no LD.

Em relação ao desenvolvimento do conceito do Princípio de Arquimedes buscou-se retirar a forma simplista como é apresentado na maioria dos LD, oportunizando aos cursistas conhecerem outros documentos e discussões de historiadores para que pudessem confrontar as versões de Galileu e Vitruvius e refletirem sobre a construção histórica deste conceito.

Preocupa-nos como o profissional educador conseguirá superar essas dificuldades e contribuir de maneira positiva para o desenvolvimento acadêmico e cidadão do seu aluno. Observe aqui não nos atemos apenas à formação acadêmica do aluno, mas sua formação como cidadão. Há a necessidade de se desmitificar a ciência que na maioria das vezes é vista como uma obra pronta e acabada desconsiderando-se seu trajeto de construção e as contribuições de diversos indivíduos. De acordo com Scheid (2018) o positivismo lógico presente em muitos livros didático e na forma de pensar de muitos professores impossibilita uma educação voltada para a participação cidadã uma vez que traz a visão de que o conhecimento científico é construído com objetividade e racionalidade oriundos de fatos empíricos e, sem influências do contexto sócio-histórico-cultural.

É fundamental que o estudante em formação compreenda não apenas as fórmulas e tecnologias desenvolvidas, mas os motivos que impulsionaram as pesquisas que os cercam para que possa contribuir de maneira assertiva com as tomadas de decisão quanto ao emprego de tecnologias dentro de sua comunidade. E esteja preparado para lidar com as consequências destas escolhas, que podem impactar não apenas o seu ambiente, mas toda comunidade.

Desenvolver estratégias e grades curriculares que busquem suprir as lacunas existentes na formação docente é um passo muito importante, pois para que o professor leve para sala de aula uma HC de qualidade é preciso que ele possua conhecimento, segurança e domínio dos conteúdos físicos e do desenvolvimento histórico desses conteúdos, além de estar sensibilizado em relação a visões mais complexas sobre a ciência. Caso não possua uma formação adequada, sensível ao que é HC e a questões relacionadas à sua inserção didática, pode acabar reproduzindo acriticamente o que veicula o material didático (GUÇÃO et al, 2011). No que diz respeito ao Princípio de Arquimedes, como vimos em nossa análise dos LD aprovados no PNLD 2018, ainda há um longo caminho a ser percorrido (Capítulo 3 dessa dissertação).

O LD não pode assumir a responsabilidade de antever as necessidades dos professores decorrentes das lacunas de sua formação, ele deve preocupar-se em cumprir as diretrizes estabelecidas nos editais e legislação educacional para que o professor em sala possa optar por usá-lo como uma bússola, de maneira pontual ou forma mais intensiva servindo de complemento. A educação não se encerra na figura do professor e do LD, estes são elementos que se harmonizam e não se sobrepõem. O processo de ensino-aprendizagem ultrapassa os limites da sala de aula e depende direta ou indiretamente de vários setores tendo início antes do professor entrar em sala de aula.

Durante a elaboração desse trabalho de mestrado houve uma mudança substancial no edital do PNLD lançado em 2020 em comparação ao edital de 2018, de forma que se pretende que o LD acompanhe as alterações promovidas pela BNCC no sentido de prosseguimento da reforma do Ensino Médio. Uma dessas mudanças foi o fato de o LD passar a ser apresentado em quatro macro áreas de conhecimento, assim Física, Química e Biologia passam a ser Ciências da Natureza e suas Tecnologias e os exemplares trazem as três disciplinas integradas em seis volumes a serem usados durante todo o Ensino Médio. Um dos critérios eliminatórios específicos da obra didática da Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias permanece sendo que os seis volumes devem fazer uma abordagem contextualizada e problematizada da ciência e suas tecnologias. (BRASIL, 2021, p. 81)

Esse formato compacto tornou a tarefa dos autores mais complexa quanto a escolha dos conteúdos que serão abordados através da HC, como visto no Capítulo 3 desta dissertação, a obra de utilizou páginas para apresentar a versão vitruviana e galileana do episódio da coroa, com a limitação de páginas por disciplinas dentro da macro área esse formato implica na omissão de outros conteúdos de Física.

A partir do cenário encontrado na análise do LD em formato único por disciplina apresentada (capítulo 3) despertou o interesse em saber como o Princípio de Arquimedes será abordado nesse novo formato. Não cabe ao presente trabalho de mestrado uma análise detalhada desses novos exemplares aprovados pelo PNLD 2021. Contudo, para que os leitores tomem ciência, um dos exemplares aprovados (LOPES; ROSSO, 2020) traz o enunciado do Princípio de Arquimedes com as mesmas inconsistências encontradas em alguns livros didáticos aprovados no PNLD 2018. Além disso, orienta que o professor apresente aos alunos a lenda de Arquimedes.

Para finalizar, apresente a lenda de Arquimedes, que ilustra como ele chegou à formulação da equação do empuxo,[...]. A dúvida do rei era se a coroa tinha sido feita de ouro puro, como ele encomendou, ou se havia uma mistura com prata e outros metais. Arquimedes deve então ter calculado o volume da coroa nas duas situações, a coroa feita de ouro puro e de prata pura. Assim, ele teria uma referência para comparar quando medisse o volume da coroa mergulhando-a na água. Proponha aos estudantes que calculem a diferença de volume derramado entre uma coroa feita de ouro puro e outra feita de prata pura. [...] A discussão do conceito de empuxo, aliada à história de Arquimedes, que evidencia que seu teorema foi baseado em dados experimentais, favorecem o desenvolvimento da habilidade EM13CNT301. (LOPES; ROSSO, 2020, p. XLIV-XLV)

Além de se referirem a uma lenda, os autores alegam que o teorema de Arquimedes foi baseado em dados experimentais, o que sabemos pela obra *Sobre os corpos flutuantes* não foi empírico. Com esta colocação percebemos que embora haja a legislação educacional ainda há um caminho longo a ser percorrido em termos da inserção didática da HC. Reafirmamos a importância de garantir uma formação docente robusta para que o educador consiga lidar com as adversidades encontradas em materiais de apoio.

No decorrer da aplicação do curso de extensão observou-se que o objetivo geral foi atingido junto àqueles cursistas que participaram ativamente. Os participantes foram motivados a avaliarem os LD utilizando os conhecimentos adquiridos nas etapas de fundamentação e, o que percebemos foi uma interação dialógica entre os participantes e ministrantes com a geração de um espaço para reflexão quanto ao material apresentado pelo LD, quanto ao posicionamento necessário enquanto docente frente ao que se via no LD e quanto a identificação da tentativa de transposição didática alinhada a legislação e visão de ciência mais sofisticada.

Os participantes foram levados a refletirem sobre a construção histórica do Princípio de Arquimedes e a partir desta reflexão questionarem a evolução de outras definições. A apresentação dos artigos acadêmicos estreitou a distância entre a sala de aula do ensino fundamental e a academia sendo a leitura uma forma de sensibilização.

Em relação a eventuais desdobramentos, poderia ser interessante contactar os participantes para saber se a partir do curso se perceberam alguma mudança em suas percepções, atitudes e práticas didáticas etc.

O papel mediador dos ministrantes estimulou a discussões entre os participantes e possibilitou a formação de conhecimento genuíno e coletivo do grupo entremeando todas as contribuições trazidas. Através dos instrumentos de análise conclui-se que o curso de extensão foi satisfatório tendo favorecido o desenvolvimento de argumentação e autoconhecimento dos participantes.

REFERÊNCIAS

- ACEVEDO-DÍAZ, José Antônio; GARCÍA-CARMONA, Antônio (2015). Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado. Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. **Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias**, Cádiz, 13(1), pp. 3-19, 2016.
- ALLCHIN, Douglas. Pseudohistory and Pseudoscience. **Science & Education**, Netherlands, 13(3), 179–195, 2004.
- _____. Scientific myth-conceptions. **Science & Education**, [S.L.], v. 87, n. 3, p. 329-351, 2003.
- ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria. **O que é história da ciência**. São Paulo: Brasiliense, 1994. 94 p.
- ARQUIMEDES, In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. [online] Wikimedia, 2006.
- ASSIS, André Koch Torres. Sobre os corpos flutuantes, tradução comentada de um texto de Arquimedes. **Revista da SBHC**, Rio de Janeiro, n. 16, p. 69-80, 1996.
- BAPTISTA, José Plínio. Os princípios fundamentais ao longo da história da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 541-553, 2006.
- BARCO, Luiz. História e Matemática: Arquimedes e a coroa do rei. **SUPER Interessante**. Fev 1996. [online], s.p. Disponível em: < <https://super.abril.com.br/historia/historia-e-matematica-arquimedes-e-a-coroa-do-rei/>>. Acesso em: 30/03/2020.
- BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Cláudio Xavier. **Física aula por aula – V1**. 3ª ed. São Paulo: FTD, 2016. 291 p.
- BEHRING, João Lino; LUCAS, Mônica; MACHADO, Clodoaldo; BARCELLOS, Ivonete Oliveira. Adaptação no método do peso da gota para determinação da tensão superficial: um método simplificado para a quantificação da CMC de surfactantes no ensino da química. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 492-495, junho 2004.
- BELTRAN, Maria Helena Roxo; RODRIGUES, Sabrina Páscoli; ORTIZ, Carlos Eduardo. História da Ciência em sala de aula – Propostas para o ensino das Teorias da Evolução. **História da Ciência e Ensino**, São Paulo, v. 4, p. 49 – 61, 2011.
- BENDICK, Jeanne. Trad. PRADA, Cecília. **Arquimedes. Uma Porta Para a Ciência** - Coleção Imortais da Ciência. 1ª ed. São Paulo: Odysseus, 2006. 160 p.
- BOGDAN, Robert C.; BIKLEN, Sari Knopp. **Investigação Qualitativa e Educação: Uma introdução a teoria e aos métodos**. Portugal: Porto Editora Ltda, 1994. 336 p.
- BONJORNO, José Roberto *et al.* **Física para o ensino médio - V1**. 3ª ed. São Paulo: FTD, 2016. 291 p.

BRASIL, Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2000.

_____. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2018.

_____. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2015.

_____. Ministério da Educação. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB**. 9394/1996. Brasília: MEC, 1998.

_____. **PNLD/2018**. Edital de convocação para inscrição no processo de avaliação e seleção de obras didáticas – Ensino Médio. Brasília: MEC, 2015.

_____. Decreto nº 91.542, de 19 de Agosto de 1985. Institui o Programa Nacional do Livro Didático, dispõe sobre sua execução e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 12178, 20 ago. 1985.

_____. **PNLD/2021**. Edital de convocação para inscrição no processo de avaliação e seleção de obras didáticas Objeto 2 – Ensino Médio. Brasília: Mec, 2021.

CASTOLDI, Rafael; POLINARSKI, Celso Aparecido. A utilização de recursos didático-pedagógicos na motivação da aprendizagem. **I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 684, 2009.

CHOPPIN, Alain. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 549-566, Dezembro 2004.

DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Villas. **Física para o ensino médio - V1**. 3ª ed. São Paulo: Saraiva, 2016. 288 p.

DOS REIS, André Silva; DE BRITO SILVA, Maria Dulcimar; BUZA, Ruth Gabriel Canga. O uso da história da ciência como estratégia metodológica para a aprendizagem do ensino de química e biologia na visão dos professores do ensino médio. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, São Paulo, v. 5, p. 1-12, 2012.

DUARTE, Maria da Conceição. A história da ciência na prática de professores portugueses: implicações para a formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 3, p. 317-331, 2004.

DYNAMOMETER. In: LUCENDO, Jorge. **Centuries of Inventions: Encyclopedia and History of Inventions**. Jorge Lucendo, edição Kindle, p 165, 2020. 6677 p.

FERNÁNDEZ, Isabel; GIL, Daniel; CARRASCOSA, Jaime; CACHAPUZ, Antônio; PRAIA, João. Visiones deformadas de la Ciencia transmitidas por la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, [S. L.], 20 (3), 477- 488, 2002.

FERREIRA, Alexandre Mattos Pires; FERREIRA, Maria Elisa de Matos Pires. A História da Ciência na formação de professores. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, São Paulo, v. 2, p. 1-13, nov. 2010.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello. Preparação de professores para problematização da pseudo-história em materiais didáticos. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, [S. L.], n. Extra, p. 1316-1321, 2013.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello; PIETROCOLA, Maurício; MARTINS, Roberto de Andrade. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 27-59, jan. 2011.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello; MARTINS, Roberto de Andrade; PIETROCOLA, Maurício. Enfrentando obstáculos na transposição didática da História da Ciência para a sala de aula. In PEDUZZI, Luiz O. Q.; MARTINS, André Ferrer P.; HIDALGO, Juliana Mesquita. **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**, Natal: EdUFRN, p. 123 – 154, 2012. 374 p.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello; BAGDONAS, Alexandre; TESTONI, Leonardo. Episódios históricos e natureza das ciências na formação de professores. **Enseñanza de las ciencias**, [S. L.], n. Extra, p. 3511-3516, 2017.

FRISON, Marli Dallagnol et al. Livro didático como instrumento de apoio para construção de propostas de ensino de ciências naturais. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis, p. 4-5, 2009.

FUKUI, Ana; MOLINA, Madson de Melo; Venê. **Ser Protagonista – V1**. 3ª ed. São Paulo: SM, 2016. 304 p.

GALILEI, Galileu. La bilancetta a pequena balança ou a balança hidrostática. Trad. Pierre H. Lucie. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, Campinas, (9): 105-107, 1986.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física- V1**. 3ª ed. São Paulo: Ática, 2017. 375 p.

GIL-PÉREZ, Daniel; MONTORO, Isabel Fernandez; ALIS, Jaime Carrascosa; CACHAPUZ, Antônio; PRAIA, João. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **CIÊNCIA & EDUCAÇÃO**, Bauru, v.7, n.2, p.125-153, 2001.

GONÇALVES FILHO, Aurélio; TOSCANO, Carlos. **Física Interação e Tecnologia- V1**. 2ª ed. São Paulo: Leya, 2016. 436 p.

GUÇÃO, Maria Fernanda Bianco; CARNEIRO, Marcelo Carbone; BOSS, José Luiz Bragatto; SOUZA FILHO, Moacir Pereira de; CALUZI, João José. Seleção de fontes históricas para o trabalho em sala de aula: uma análise do “Poema para Galileu” em duas perspectivas diferentes. In: CALDEIRA, Ana Maria de Andrade (Org.). **Ensino de ciências e matemática V**: história e filosofia da ciência. São Paulo: Cultura Acadêmica, p. 249-268, 2011. 337 p.

GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Pereira; CARRON, Wilson. **Física para o ensino médio**. 2ª ed. São Paulo: Ática, 2016. 404 p.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Trad. Ronaldo Sérgio de Biasi. **Fundamentos de Física**, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica. 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 349 p.

HIDALGO, Juliana Mesquita; MARTINS, André Ferrer P. **História da Ciência – o que é**, Natal: UFRN, 2009. 24 p.

HIDALGO, Juliana Mesquita; ALVES, Jardes Martins; SOUZA, Fabio de Abreu; QUEIROZ, Daniel de Medeiros. A história da ciência (distorcida ou ausente) em livros didáticos: o conteúdo sobre o “experimento de Torricelli” como estudo de caso. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 11, n. 1, p. 101-124, 2018.

HIDALGO, Juliana Mesquita; QUEIROZ, Daniel de Medeiros; Anselmo, Dory Hélio Aires de Lima. O “Princípio de Pascal” nos livros do PNLD 2018: uma análise crítica multicontextual (histórica e conceitual). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 43, p. x-x, 2021.

KRAGH, Helge. **An introduction to the Historiography of Science**. Cambridge: Cambridge University Press, 1987. 248 p.

LALANDE, André. **Vocabulário técnico e crítico da filosofia**. São Paulo: Martins Fontes, 1993. 1336 p.

LOPES, Sônia; ROSSO, Sérgio. **Ciências da Natureza – Água, Agricultura e Uso da Terra**. 1ª edição. São Paulo: Moderna, 2020. 260 p.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo Afonso. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. 2ª edição. Rio de Janeiro: EPU, 2018. 112 p.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga; GUIMARÃES, Carla da Costa. **Física Contexto e Aplicações – V1**. 2ª ed. São Paulo: Scipione, 2016. 368 p.

MARTINI, Glorinha; SPINELLI, Walter; REIS, Hugo Carneiro. **Conexões com a Física – V1**. 3ª ed. São Paulo: Moderna, 2016. 400 p.

MARTINS, André Ferrer Pinto; História e Filosofia da Ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.24, n.1: p.112-131, 2007

MARTINS, Lilian Al- Chueyr Pereira. A história da ciência e o ensino da biologia. **Ciência & Ensino**, Campinas, v. 5, n. 2, p. 8, 1998.

_____. História da Ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 11, n. 2, pp. 305-317, 2005.

MARTINS, Roberto de Andrade. Abordagens, métodos e historiografia na história da ciência. In MARTINS, Ângela. **O tempo e o Cotidiano na História**. São Paulo: Fundação para o Desenvolvimento da Educação, (série Idéias, 18), p. 73-78, 1993.

_____. Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 115-121, jan. 2000.

_____. Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos. In: STUDART, Nelson; OLIVIERI, Antônio Carlos; VEIT, Eliane Ângela; ZYLBERSZTAJN, Arden. (orgs.). Física – Ensino Médio. **Coleção Explorando o Ensino – V 7**. Brasília: MEC, p. 181-185, 2005. 187 p.

_____. A maçã de Newton: história, lendas e tolices. In SILVA, Cibelle Celestino (org.) **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, p. 167- 189, 2006. 381 p.

_____. Sobre o papel da história da ciência no ensino. **Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência**. [S. I.], (9): 3-5, 1990.

MATTHEWS, Michael. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, jan. 1995.

MAZZOTTI, Alda Judith Alves. O planejamento de pesquisas qualitativas em educação. **Cadernos de pesquisa**, São Paulo, n. 77, p. 53-61, 1991.

MEDEIROS, Alexandre. O desenvolvimento histórico da escala Fahrenheit e o imaginário de professores e de estudantes de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 2: p. 155-173, 2007.

MEGID NETO, Jorge; FRACALANZA, Hilário. O livro didático de ciências: problemas e soluções. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

MORAES, Roque. Uma Tempestade de Luz: a Compreensão Possibilitada pela Análise Textual Discursiva. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. Análise Textual Discursiva: Processo Reconstutivo de Múltiplas Faces. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.

PAGLIARINI, Cassiano Rezende; SILVA, Cibelle Celestino. A estrutura dos mitos históricos nos livros de Física. **Encontro de pesquisa em ensino de física**, São Carlos, v. 10, 2006.

PAGLIARINI, Cassiano Rezende; SILVA, Cibelle Celestino. A estrutura dos mitos históricos em livros de física: um estudo de caso. **Anais..** São Carlos: Instituto de Física de São Carlos - USP, 2006

PIETROCOLA, Maurício; POGIBIN, Alexander; ANDRADE, Renata; ROMERO, Talita Raquel. **Física em contextos – V1**. 1ª ed. São Paulo: Editora Brasil, 2016. 400 p.

POUPART, Jean; DESLAURIERS, Jean-Pierre; GROULX, Lionel-H; LAPERRIÈRE, Anne; MAYER, Robert; PIRES, Álvaro. **A Pesquisa Qualitativa: Enfoques epistemológicos e metodológicos**. 4º ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2008. 464 p.

PRAIA, João Felix; CACHAPUZ, Antônio Francisco Carrelhas; GIL-PÉREZ, Daniel. Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. **Ciência & Educação**. Bauru, v. 8, n. 1, pp. 127-145, 2002.

ROSS, Sydney. Scientist: The story of a word. **Annals of science**, [S. L.], v. 18, n. 2, p. 65-85, 1962.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. **Física – Volume único**. 3ª ed. São Paulo: Editora Atual, 2008. 749 p.

SCHIVANI, Milton; SOUZA, Gustavo Fontoura; LIRA, Natália. Programa Nacional do Livro Didático de Física: subsídios para pesquisas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 42, p. 1-10, 2020.

SCHEID, Neusa Maria Jonh. História da ciência na educação científica e tecnológica: contribuições e desafios. **Revista Brasileira de Ensino e Tecnologia**, Curitiba, v. 11, n. 2, p. 443 – 458, 2018.

SILVA, Cibelle Celestino; MOURA, Breno Arsioli. A natureza da ciência por meio do estudo de episódios históricos: o caso da popularização da óptica newtoniana. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 1602.1-1602.10, 2008.

SILVA, Cibelle Celestino; PAGLIARINI, Cassiano de Rezende. A Natureza da Ciência em Livros Didáticos. Nature of Science in Physics Textbooks. **XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Curitiba, 2008.

SILVA, José Pereira da. **Livro Didático de Física: Qualidade e Utilidade em Sala de Aula**. 2010. 115 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010

SILVA, Marco Antônio. A fetichização do livro didático no Brasil. **Educação e Realidade**, Porto Alegre, v. 37, n. 3, p. 803-821, Dezembro 2012.

SILVEIRA, Fernando Lang da; MEDEIROS, Alexandre. O paradoxo hidrostático de Galileu e a lei de Arquimedes. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 26, n. 2, p. 273-294, 2009.

SNIR, Joseph. Sink or float – What dos experts think? The historical development of explanations for floatation. **Science Education**, [S. L.], v. 75, n. 5, p. 595–609, 1991.

SOARES, Natércia Maria Fernandes. **Sobre o Conhecimento e a Difusão das Obras de Arquimedes em Portugal**. 2014. 110 f. Dissertação (Mestrado em História e Filosofia das Ciências. Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2014.

SOARES, Thiago Arrais; NOBRE, Francisco Augusto Silva. A contribuição da sequência de ensino Fedathi no processo de ensino aprendizagem em Física. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 1, n. 2, 2017.

TAVARES, Taysy Fernandes; PRESTES, Maria Elice Brzezinski. Pseudo-história e ensino de ciências: o caso Robert Hooke (1635-1703). **Revista da Biologia**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 35-42, 2012.

THE ARCHIMEDES PALIMPSEST. [online] Disponível em <http://www.archimedespalimpsest.org/images/kaltoon/>. Acesso em 04/04/2021.

TORRES, Carlos Magno A.; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo; PENTEADO, Paulo Cesar Martins. **Física: Ciência e Tecnologia**. 4ª ed. São Paulo: Moderna, 2016. 394 p.

VIANA, Hélio Elael Bonini; PORTO, Paulo Alves. O processo de elaboração da teoria atômica de John Dalton. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 7, p. 12, 2007.

YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luís Felipe. **Física para o ensino médio – V1**. 4ª ed. São Paulo: Saraiva, 2016. 402 p.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE
CIÊNCIAS NATURAIS E MATEMÁTICA

**PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES:
UMA ABORDAGEM MULTICONTEXTUAL NA FORMAÇÃO DOCENTE**

O presente material foi desenvolvido como produto educacional de dissertação de mestrado profissional no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

AUTORA: MARA CRISTINA JULIO DE OLIVEIRA

ORIENTADORA: PROFA. DRA. JULIANA M. HIDALGO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e
Matemática - PPGECNM



Mara Cristina Julio de Oliveira

Princípio de Arquimedes: UMA ABORDAGEM MULTICONTEXTUAL NA FORMAÇÃO DOCENTE.



LISTA DE FIGURAS

- Figura - 1:** Imagem ilustrativa, baseada na geometria euclidiana, utilizada para explicar a Proposição 5 que trata da relação entre a densidade do corpo e do fluido no qual está inserido. 21
- Figura - 2:** Balança hidrostática adaptada a partir do texto de Galileu – La Bilancetta, utilizada para auxiliar na compreensão do seu funcionamento. 26



LISTA DE QUADROS

Quadro - 1: Etapas do curso.	30
Quadro - 2: Questões norteadoras para leitura dos textos MARTINS, 2000 e SILVEIRA; MEDEIROS, 2009 a serem disponibilizadas aos cursistas	35
Quadro - 3: Questões norteadoras para leitura das fontes primárias a serem.....	37
Quadro - 4: Sugestão de divisão dos livros aprovados no PNLD 2018 entre os grupos.	39
Quadro - 5: Orientações para análise dos livros didáticos a serem apresentadas aos cursistas.	40



LISTA DE SIGLAS

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

EAD – Ensino a Distância

HC – História da Ciência

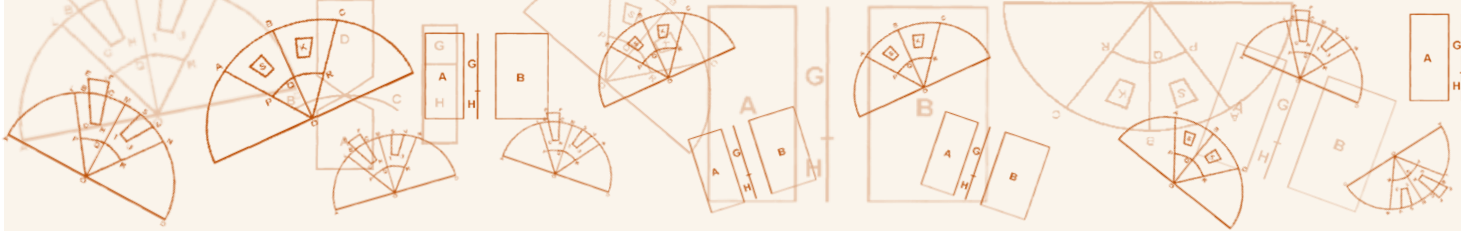
HFC – História e Filosofia da Ciência

LD – Livro Didático

LDB – Lei de Diretrizes de Base

NDC – Natureza da Ciência

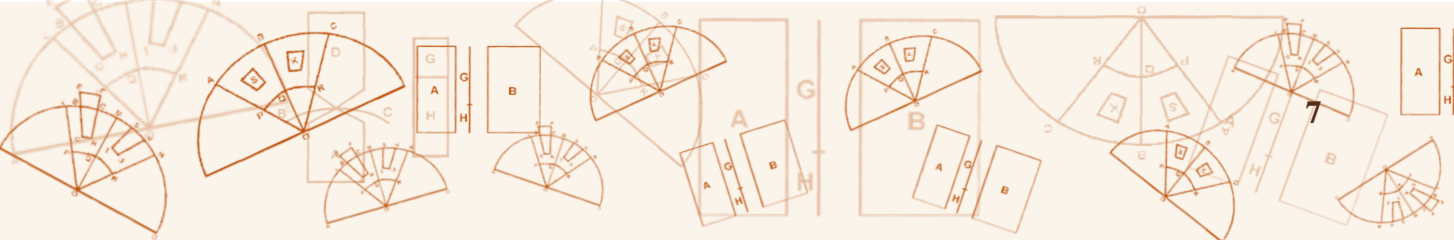
PNLD - Programa Nacional do Livro Didático



SUMÁRIO

CAPÍTULO I – APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	7
REFLEXÕES INICIAIS	7
OBJETIVO GERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
JUSTIFICATIVA	111
ASPECTOS GERAIS DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	13
CAPÍTULO II – O PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES: CONSIDERAÇÕES MULTICONTEXTUAIS	15
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	15
PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES: O INÍCIO	19
ARQUIMEDES E A COROA DO REI: A VERSÃO VITRUVIANA <i>VERSUS</i> A VERSÃO GALILEANA.....	21
CAPÍTULO III – O CURSO “PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES: UMA ABORDAGEM MULTICONTEXTUAL NA FORMAÇÃO DOCENTE”	30
ETAPAS DO CURSO	30
ETAPA I	31
ETAPA 2.....	34
ETAPA 3.....	36
ETAPA IV.....	38
ETAPA V.....	41
ETAPA VI.....	42
ORIENTAÇÕES ADICIONAIS AO MINISTRANTE DO CURSO	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
APÊNDICE I.....	48
APÊNDICE II	60
APÊNDICE III.....	76
APÊNDICE IV	91
APÊNDICE V	108
APÊNDICE VI.....	113
APÊNDICE VII	115
ANEXO 1 – BARRETO FILHO; SILVA.....	117
ANEXO 2 – BONJORNO E COLABORADORES.....	122
ANEXO 3 – DOCA E COLABORADORES	126

ANEXO 4 – FUKUI; MOLINA, VENÊ.....	132
ANEXO 5 – GASPAR	137
ANEXO 6 – GONÇALVES FILHO; TOSCANO	145
ANEXO 7 – GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON.....	151
ANEXO 8 – LUZ; ÁLVARES; GUIMARÃES.....	159
ANEXO 9 – MARTINI E COLABORADORES	166
ANEXO 10 – PIETROCOLA E COLABORADORES	171
ANEXO 11 – TORRES E COLABORADORES.....	174
ANEXO 12 – YAMAMOTO; FUKU	184



CAPÍTULO I – APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

REFLEXÕES INICIAIS

A abordagem tradicional de ensino é uma realidade nas salas de aula da Educação Básica. Talvez isso se deva às exigências do ensino “conteudista” adotado em boa parte das escolas, deixando os professores sempre preocupados em reproduzir em aula todo o conteúdo do livro didático (LD). Na literatura acadêmica há fortes críticas a esse tipo de abordagem e recomendações de mudanças no cenário escolar, o que depende da atuação de todos os setores envolvidos.

Silva e Pagliarini (2008) alegam que grande parte da atenção didática dos professores do Ensino Médio das disciplinas científicas é direcionada à apresentação de conceitos e resultados prontos, não contemplando discussões de aspectos histórico-filosóficos que poderiam trazer benefícios aos aprendizes. Outros autores

compartilham do mesmo pensamento e ressaltam a importância de abordagens histórico-filosóficas dos conteúdos científicos e de discussões sobre a Natureza da Ciência¹ (NDC) por meio de episódios históricos (MATTHEWS, 1995; DUARTE, 2004; SILVA; MOURA, 2008; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011).

Adverte-se, no entanto, que inserir a HC em sala de aula é algo bem distinto de apenas citar nomes de cientistas famosos e datas de descobertas (MARTINS, 1993; BELTRAN, RODRIGUES, ORTIZ, 2011). A presença da HC também não pode ser reduzida a um relato mítico, pseudo-histórico, no qual o cientista costuma ser retratado de forma hagiográfica², consolidando visões ingênuas de ciência (GIL PÉREZ *et al.*, 2001; ALLCHIN, 2004).

É necessário aprofundamento em aspectos que circundam os episódios

¹A Natureza da Ciência (NDC) é um meta-conhecimento sobre a ciência, que surge de reflexões interdisciplinares a partir de filosofia, história e sociologia da ciência (ACEVEDO-DÍAZ; GARCÍA-CARMONA, 2015, p.3).

² Em sentido amplo, a hagiografia é geralmente definida como a biografia dos santos e mártires, ou de qualquer pessoa idealizada, de modo a se configurar como uma narrativa parcial a favor do biografado. Esse termo é utilizado para versões da HC que não apenas “santificam” um pensador “genial”, como omitem seus erros, desconsideram as contribuições anteriores ou de seus pares e apresentam suas conjecturas como um modelo idealizado de pensamento científico. Compendo a visão “santificada” de uma personagem, seus rivais são, não raro, ridicularizados de modo preconceituoso (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011, p. 38).

históricos se o propósito é apresentar o processo de desenvolvimento de teorias e conceitos de modo relacionado aos contextos de diferentes épocas. Destaca-se também a possibilidade de abordar controvérsias científicas, bem como as relações entre os cientistas e a comunidade científica em processos de aceitação e refutação de ideias.

Essa perspectiva converge para o que a legislação educacional recomenda em termos do papel da HC no ensino, no sentido da necessidade de se apresentar os conhecimentos científicos “como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura” (BRASIL, 2018, p. 550).

É importante que os professores estejam atentos a qual HC levarão para a sala de aula. Para isso, precisam conhecer pressupostos básicos da historiografia da ciência a fim de que alcancem uma leitura mais crítica das versões históricas presentes no ensino, tendo em vista as visões de ciência que essas narrativas podem promover (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011).

Tal como a ciência, a historiografia da ciência também sofreu

transformações ao longo do tempo. Dentre os pressupostos historiográficos atuais, está a defesa de narrativas diacrônicas, que, ao contrário das anacrônicas, respeita peculiaridades e contextos de cada época ou situação. Toma-se o cuidado de evitar juízos de valor a partir de comparações entre conhecimentos de contextos distintos. Evita-se a referência descontextualizada a conceitos do passado.

A utilização didática da HC não é trivial. Torna-se uma tarefa ainda mais complexa para aqueles professores que não estão familiarizados com ela. É importante o contato com a HC durante a formação docente, pois um professor não pode abordar aquilo que desconhece. Professores sensibilizados em relação ao papel didático da HC estarão mais abertos à possibilidade de abordá-la no ensino básico, ainda que tenham pela frente muitos desafios, como a carência de material pedagógico adequado e a dificuldade de leitura e interpretação de textos por parte dos alunos (MARTINS, 2007).

Ao optarem por abordagens histórico-filosóficas, os professores devem estar preparados para escolher materiais de apoio adequados, condizentes com a historiografia atual e, conseqüentemente, com visões de ciência mais sofisticadas. De outro

modo, a escolha de narrativas histórico-filosóficas apoiadas em pressupostos historiográficos ultrapassados pode implicar consequências negativas em termos educacionais:

Uma História da Ciência puramente internalista pode colaborar para uma visão de ciência neutra. A História da Ciência de cunho hagiográfico colabora para uma visão de ciência individualista e elitista. E, por sua vez, a indicação de que cada descoberta ocorre de forma repentina, em data pontual, se interliga a uma visão empirista-indutivista [...] Em contrapartida, a nova historiografia da ciência estabelece, por exemplo, a inadequação de uma história meramente cronológica, que se limita aos nomes de pensadores e às datas de seus "grandes feitos". Antes e diante desse exemplo, explora os contextos na busca de "atores coadjuvantes" que contribuíram com as produções científicas, situando a ciência como construção humana coletiva. (HIDALGO et al, 2018, p. 104)

Mas afinal que tipo de HC aparece nos livros didáticos para a Educação Básica? E por que essa pergunta é tão relevante?

O livro didático exerce um papel importante no cenário da Educação Básica. Seu uso é massivo como objeto pronto para ser consumido como material de apoio ou recurso didático quase que exclusivo, norteando sequências de conteúdo e atividades

(FRISON et al 2009; SILVA, 2010). Ele não é um recurso neutro. Sofre influências da economia, da política, dos interesses comerciais, da legislação e de outros fatores.

Assim, é fundamental a atenção aos conteúdos histórico-filosóficos expostos no livro didático. Não basta que esses conteúdos estejam presentes. É necessário que o material de apoio utilizado pelo professor seja fundamentado em pilares da historiografia atual, embasado por documentos históricos, representando uma transposição didática³ cuidadosa e adequada a partir de trabalhos acadêmicos qualificados de pesquisa em HC.

É importante que o professor tenha um conhecimento adequado sobre os referidos aspectos, evitando colaborar com a perpetuação de pseudo-histórias que transmitem visões ingênuas sobre a ciência.⁴ Isso porque há consequências negativas para os estudantes quando episódios históricos são retratados na forma de anedotas ou carregam consigo traços de uma historiografia imersa em visões ingênuas sobre a ciência:

³ Usamos a expressão "transposição didática" para a HFC no sentido de FORATO; PIETROCOLA; MARTINS (2011).

⁴ Há uma preocupação especial com professores em formação. Forato, Bagdonas e Testoni (2017, p. 3511) argumentam "que o estudo de diferentes episódios históricos pode contextualizar discussões sobre diversos aspectos da natureza da ciência (NDC), problematizando visões essencialistas e promovendo visões melhor informadas na formação de professores".

Narrativas históricas distorcidas dão sustentação a visões de senso comum sobre a ciência, que são baseadas em concepções empírico-indutivistas e passam a ideia de que a ciência seria composta de verdades inquestionáveis. (SILVA; PAGLIARINI, 2008, p.3)

Como identificar nos livros didáticos pseudo-histórias e narrativas históricas imersas em pressupostos historiográficos desatualizados e visões ingênuas sobre a ciência? Por outro lado, como identificar nos livros didáticos iniciativas de inserção didática de episódios históricos alinhadas à legislação educacional atual e adequadas do ponto de vista histórico-filosófico? Como agir, enquanto professor, diante das possibilidades notadas em relação a esses aspectos nos livros didáticos?

Subsidiado por material de apoio que trabalha a partir desses questionamentos, o presente produto educacional se constitui como um curso de formação direcionado a licenciandos em Física e docentes atuantes na Educação Básica. Pode ser aplicado por profissionais atuantes no Ensino Superior em contexto de formação docente inicial ou continuada.

OBJETIVO GERAL

Esse curso tem como objetivo geral contribuir com um espaço de reflexões para os profissionais docentes da área de Física, em formação inicial ou

continuada, de modo a auxiliá-los na identificação de pseudo-histórias, narrativas imersas em pressupostos historiográficos desatualizados e visões ingênuas sobre a ciência eventualmente presentes em materiais didáticos utilizados na Educação Básica. Ao mesmo tempo, favorece o reconhecimento de iniciativas de inserção didática de episódios históricos em livros didáticos, alinhadas à legislação educacional vigente e adequadas do ponto de vista histórico-filosófico.

Para isso é utilizado como recorte o conteúdo físico Princípio de Arquimedes e, em termos históricos, o episódio de Arquimedes e a coroa do rei Hieron de Siracusa. Esses elementos são abordados de forma multicontextual, em proposta que contempla aspectos científicos, histórico-filosóficos e pedagógicos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos elegemos proporcionar ao professor em formação oportunidades de:

- Refletir sobre aspectos da construção histórica do Princípio de Arquimedes a partir de fontes primárias e secundárias da História da Ciência;

- Aproximar-se da leitura de materiais acadêmicos acessíveis de interesse para o ensino de Física;
- Sensibilizar-se para a importância da utilização didática da HC por meio do estudo de trechos da legislação educacional e do edital do PNLD2018;
- Refletir sobre a temática Natureza da Ciência;
- Perceber aspectos multicontextuais (histórico-filosóficos, científicos e pedagógicos) relacionados ao Princípio de Arquimedes;
- Sensibilizar-se a respeito da necessidade de avaliar as alusões a elementos históricos, narrativas e eventuais iniciativas de transposição didática da História da Ciência presentes nos livros didáticos.

JUSTIFICATIVA

A importância do estudo na vida do cidadão(ã) é inquestionável. É na escola que temos nossa primeira socialização com pessoas de fora do nosso ciclo familiar. Lá construímos vínculos de amizade, abrimo-nos para novas descobertas, construímos conhecimentos, percebemos nossa afinidade em relação a determinadas disciplinas, temos direcionamentos sobre possíveis atividades profissionais, dentre outras inúmeras conquistas.

Enfim, a escola é um elemento vital na formação e consolidação de características de cada indivíduo.

Devido à sua importância existem leis que regulam o sistema educacional tanto de escolas públicas como privadas. A LDB (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – Lei nº 9.394, de 1996) considera que o Ensino Médio deve promover:

- I. a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;
- II. a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
- III. o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;
- IV. a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina (BRASIL, 1996, artigo 35).

Mais recentemente, a BNCC (Base Nacional Comum Curricular) traz orientações para que o ensino não seja fragmentado. Adverte sobre a importância da promoção da compreensão sobre o conhecimento científico em diferentes tempos, espaços e culturas, respeitando seu desenvolvimento histórico:

[...] a contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes

de cientistas e a datas da história da Ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura. [...]. Ainda com relação à contextualização histórica, propõe-se, por exemplo, a comparação de distintas explicações científicas propostas em diferentes épocas e culturas e o reconhecimento dos limites explicativos das ciências, criando oportunidades para que os estudantes compreendam a dinâmica da construção do conhecimento científico. (BRASIL, 2018, p. 549-550)⁵

A formação docente deve estar alinhada às exigências da legislação educacional. A inserção da HC no currículo das licenciaturas, por exemplo, poderia contribuir para o cumprimento de exigências contemporâneas, suprimindo necessidades formativas do professor para abordagens histórico-filosóficas de conteúdos científicos (FERREIRA; FERREIRA, 2010; MARTINS, 2007).

Martins (1990) chama a atenção para o fato de que um bom professor de uma disciplina científica precisa possuir tanto a competência científica quanto a didática, de modo que haja uma combinação entre ambas. Segundo o autor, a compreensão do processo de desenvolvimento histórico do conteúdo científico pode trazer contribuições

significativas para que isso ocorra. Adicionalmente, é necessário que o professor (re)conheça e (re)avalie suas eventuais visões ingênuas sobre a ciência. Essas visões, especialmente o empirismo-indutivismo, costumam estar arraigadas nas concepções dos próprios professores que as transmitem aos seus alunos (GIL PÉREZ et al, 2001).

Em face desses argumentos, identifica-se a importância de levar ao professor em formação inicial ou continuada uma ciência contextualizada social e historicamente. É recomendável na formação docente o contato com a historiografia da ciência e com trechos acessíveis de fontes primárias da HC. A literatura voltada para a inserção didática de conteúdos histórico-filosóficos deve também tangenciar essa formação.

Considerando a fragilidade na formação docente como um dos obstáculos à utilização didática da HC, o curso proposto visa propiciar a esse público um espaço formativo de reflexões que compreenda os objetivos previamente delimitados.

⁵ De acordo com a BNCC, uma abordagem contextualizada deve contemplar elementos que permitam apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, oportunizando ao estudante a percepção da dinâmica da construção do conhecimento científico (HIDALGO; QUEIROZ, ANSELMO, 2021).

ASPECTOS GERAIS DO PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional contempla um curso de formação subsidiado por material de apoio, que serve como base para aplicações na formação docente.

Em um primeiro momento, os cursistas participam de discussões mediadas sobre pressupostos historiográficos atuais e visões de ciência, bem como são levados à reflexão sobre trechos da legislação educacional e do edital do PNLD 2018, que fazem menção a aspectos histórico-filosóficos. Em seguida, considerando que temos como recorte o Princípio de Arquimedes, participam da discussão mediada sobre os artigos “Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos” e “O paradoxo hidrostático de Galileu e a lei de Arquimedes”, ambos publicados no *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* (MARTINS, 2000; SILVEIRA; MEDEIROS, 2009).

Em um segundo momento de fundamentação histórica, são apresentados a trechos específicos de duas fontes primárias: *Sobre os corpos flutuantes*, tratado de Arquimedes, que

traz a redação original do que futuramente seria conhecido como o Princípio de Arquimedes; e o pequeno tratado *La Bilancetta*, de Galileu Galilei que contempla a descrição da balança hidrostática como alternativa à narrativa empirista-indutivista do episódio da descoberta do empuxo. Ambas as fontes primárias encontram-se traduzidas para o vernáculo e são de fácil acesso online (ASSIS, 1996; GALILEU, 1986).⁶

Finalizadas as etapas iniciais de formação, os cursistas são apresentados a trechos que trazem o conteúdo físico Princípio de Arquimedes, extraídos de cada um dos livros didáticos aprovados no PNLD 2018. Em grupos, analisam os referidos trechos considerando os elementos provenientes das etapas formativas precedentes: aspectos histórico-filosóficos específicos, pressupostos historiográficos, visões de ciência, recomendações da legislação educacional e do edital 2018 do PNLD.

Em momento subsequente, os grupos socializam suas contribuições. E, em discussão coletiva mediada, os docentes em formação participam de reflexão sobre como proceder, enquanto professor, diante das possibilidades

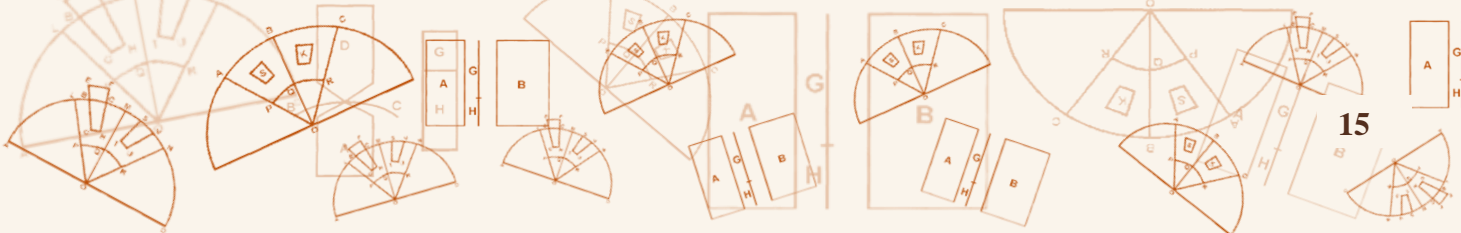
⁶ Sobre os corpos flutuantes, tradução comentada de um texto de Arquimedes. Disponível em: [https://www.ifi.unicamp.br/~assis/Revista-SBHC-V16-p69-80\(1996\).pdf](https://www.ifi.unicamp.br/~assis/Revista-SBHC-V16-p69-80(1996).pdf).

La Bilancetta - a pequena balança ou a Balança Hidrostática. Disponível em: <https://www.cle.unicamp.br/eprints/index.php/cadernos/article/view/1219>.

notadas em relação a esses aspectos nos livros didáticos.

A fim de subsidiar a aplicação desse Produto Educacional por profissionais do Ensino Superior, a quem nos dirigimos, apresentamos no Capítulo II considerações multicontextuais sobre o Princípio de Arquimedes. Essas considerações englobam aspectos físicos e limites de validade do Princípio, bem como referências de cunho histórico-filosófico acerca das origens desse conhecimento físico.

No Capítulo III, apresentamos de modo detalhado as etapas propostas para o curso de formação docente, incluindo aspectos metodológicos relacionados à aplicação dessa intervenção.



CAPÍTULO II – O PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES: CONSIDERAÇÕES MULTICONTEXTUAIS

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Não há quem resista a uma boa história, principalmente as que narram eventos fantásticos e feitos grandiosos realizados por pessoas além do normal. Muitos episódios históricos relacionados a descobertas científicas receberam um incremento quase teatral com o intuito de impactarem seus leitores e promoverem seus personagens. Seguindo esse raciocínio, muitas histórias fantásticas se propagaram e chegaram até os dias atuais tomadas como relatos verídicos.

Presos a essa rede imaginativa, muitos professores lançam mão dessas narrativas históricas romanceadas para despertarem interesse em seus alunos por conteúdos de disciplinas como Física, Química e Biologia. Porém, essas histórias mirabolantes pouco contribuem para o aprendizado com significado⁷⁶¹ e, reforçam concepções inadequadas sobre a ciência. Fortalecem mitos e alimentam a ideia de que cientistas são pessoas predestinadas a grandes feitos e descobertas repentinas.

Na literatura podemos encontrar trabalhos que procuram desmistificar essas histórias e alertar os professores para suas implicações negativas em termos da compreensão da ciência (MEGID NETO; FRACALANZA, 2003; PAGLIARINI; SILVA, 2006; VIANA; PORTO, 2007; TAVARES; PRESTES, 2012; FORATO 2013). Episódios como a queda da maçã e a “descoberta” da gravidade por Newton ou o banho de Arquimedes e a “descoberta” do empuxo são exemplos de mitos à primeira vista inofensivos. Aparentemente, seguem esse entendimento livros didáticos que expressam alguma desconfiança em relação a essas narrativas, e mesmo assim optam por apresentá-las: “Há narrativas não confirmadas pelos historiadores que atribuem a Arquimedes alguns fatos famosos” (SAMPAIO; CALÇADA, 2008, p. 207).

Os mitos científicos são contestados por historiadores da ciência com base na interpretação de evidências históricas, bem como, em alguns casos,

⁷ No sentido usado por Soares e Nobre (2017), uma “aprendizagem com significado” vai na contramão de uma abordagem centrada nas resoluções de exercícios em quantidade e repetições. Ao contrário, prioriza a qualidade e a análise de questões, propiciando um pensamento reflexivo do estudante.

na inviabilidade das ocorrências do ponto de vista científico. O exemplo da narrativa sobre Arquimedes citada no comentário anterior, expresso em um livro didático de Física, deveria não figurar nesse tipo de obra também por inadequações de natureza conceitual física (MARTINS, 2000; MARTINS, 2006; PAGLIARINI; SILVA, 2006).^{8 62}

É importante frisarmos ainda que:

[A] Pseudo-história transmite ideias falsas sobre o processo histórico da ciência e a natureza do conhecimento científico, mesmo quando baseada em fatos reconhecidos. Conta de forma fragmentada eventos históricos reais que omitem o contexto e podem enganar, mesmo quando pretendem mostrar como a ciência funciona. (ALLCHIN, 2004, p. 186)

As críticas às distorções da história presentes na educação científica devem-se menos a um preciosismo histórico em si, e voltam-se muito mais à preocupação sobre a visão de ciência que tais versões fomentam em professores e estudantes. (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011, p. 36)

[...] comum em ambiente escolar [...], ela [a pseudo-história] transmite e reforça as concepções deformadas sobre as ciências [...]. (FORATO, 2013, p. 1317).

Douglas Allchin (2003) se refere a mitos científicos como uma forma de narrativa com atributos e estilos próprios. Ele apresenta características inerentes à arquitetura desses mitos:

- monumentalidade – o cientista é retratado como uma pessoa plena de virtudes, sem falhas de caráter; uma “descoberta” historicamente gradual e dependente de vários indivíduos é atribuída a um único indivíduo que a realizou por meio de um *insight* repentino;
- idealização – simplificação dos fatos, reduzindo os eventos a uma linha do tempo que destaca contribuições positivas e omite tentativas falhas;
- drama efetivo – utilização de técnicas literárias para tornar a história mais atraente dando ênfase ao apelo emocional, favorecendo a memorização e a divulgação da narrativa mítica.
- caráter justificativo e explicativo – assim como nas fábulas a história

⁸ Na biologia temos, por exemplo, o episódio da “descoberta” da célula por Robert Hooke. O estudioso, ao pesquisar sobre propriedades da cortiça, se deparou com estruturas vazias as quais denominou *cellas*. Historiadores da ciência demonstram, porém, que ele não as compreendia no sentido de unidades formadoras dos seres vivos. A nomenclatura escolhida por Hooke não se referia à definição atual de célula (TAVARES; PRESTES, 2012). Na química, temos, por exemplo, a atribuição da teoria atômica isoladamente a John Dalton. Como demonstram os historiadores, essa perspectiva suprime os estudos anteriores a Dalton e as influências que este recebeu de Isaac Newton, Robert Boyle, Stephen Hales, Joseph Black, Joseph Priestley e Henry Cavendish. Pelo contrário, pode-se demonstrar, nesse caso, a cooperação na produção do conhecimento científico, por trás da atribuição do mérito da “descoberta” a um único indivíduo (VIANA; PORTO, 2007).

tem uma moral, transmite-se um significado que justifica a autoridade da ciência.

As pseudo-histórias são relatos que se utilizam dos fatos científicos de forma seletiva, promovem imagens enganosas sobre a Natureza da Ciência, “romantizam” cientistas, inflam o drama de suas descobertas e simplificam o processo da ciência. Costumam omitir o ambiente cultural ou social, as contingências humanas, as ideias antecedentes e alternativas. Nessas narrativas tem-se a impressão de que na ciência há uma aceitação acrítica de novos conceitos e conhecimentos.

A fim de que um professor sem grandes conhecimentos sobre HC possa identificar as características de uma pseudo-história, Allchin (2004) sumariza os seguintes sinais de alerta:

- relatos romantizados;
- personagens perfeitas;
- descobertas monumentais e individuais;
- *insight* tipo eureka;
- apenas experimentos cruciais são citados;
- senso do inevitável, trajetória óbvia;
- retórica da verdade *versus* ignorância;

- ausência de qualquer erro, interpretação apromblemática de evidências;
- simplificação generalizada de evidências;
- conclusões sem influências ideológicas.

Incentivando a formação do professor de modo a prepará-lo para identificar de forma autônoma as pseudo-histórias em materiais didáticos de apoio, a pesquisadora Thaís Forato (2013) implementou uma iniciativa embasada pelos referenciais desenvolvidos por Allchin sobre a pseudo-história. Sobre a intervenção na formação docente, a autora afirmou

Os estudantes [licenciandos] demonstravam melhor compreensão do problema da pseudo-história quando as deformações sobre a NDC eram discutidas em exemplos clássicos, como “a maçã de Newton”, a “eureka de Arquimedes”, a “descoberta da Penicilina”, etc. (FORATO, 2013, p. 1319)

É importante que discussões sobre a temática NDC estejam presentes na formação docente de modo que os licenciandos sejam sensibilizados quanto aos riscos representados por narrativas históricas eventualmente carregadas de visões ingênuas sobre a ciência. Essas costumam ser comuns em livros didáticos.

Os professores necessitam ter cuidado com armadilhas como utilizar

pseudo-histórias que reforçam visões ingênuas sobre a ciência:

Às vezes os professores não estão cientes de sua falta de entendimento e usam a história da ciência numa tentativa para melhorar o ensino. No entanto, o tipo de história que eles usam é distorcida e simplificada, enfatizando os aspectos caricaturais dos cientistas, reforçando a idéia da existência de “gênios”, redução a nomes e datas, transmitindo uma visão errada sobre o método científico. (PAGLIARINI; SILVA, 2006, p.1)

Para enfrentar esse problema, a intenção não é transformar professores da educação básica em historiadores, mas fornecer subsídios para que possam ter autonomia para selecionar criticamente materiais didáticos pertinentes ao conteúdo que pretendem abordar (ALLCHIN, 2004).

Igualmente, refletir sobre NDC pode colaborar para que os futuros professores identifiquem potencialidades em relação a essa temática em narrativas históricas bem construídas e propostas didáticas de cunho histórico-filosófico bem elaboradas. Afirma-se, por exemplo, que:

[...] a análise de episódios históricos permite a discussão sobre modelos de natureza da ciência envolvidos na produção do conhecimento científico. Isso favorece a compreensão do caráter dinâmico da construção da ciência, evidenciando que cada época e cada cultura adotaram critérios próprios para validar a construção do conhecimento. (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2011, p. 35)

Essa perspectiva é reforçada pela legislação educacional, de modo que a HC assume um papel importante nesse sentido.

No presente trabalho, buscamos desenvolver na formação docente aspectos intrinsecamente relacionados, com a percepção de mitos científicos, isto é, a identificação da pseudo-história e de visões ingênuas de ciência associadas. Adicionalmente, procuramos colaborar para uma percepção crítica da HC contida nos livros didáticos pelos docentes atuantes e em formação. Estimulamos a reflexão sobre como agir, enquanto professor, diante dos bons e maus exemplos de narrativas históricas, de alusões a aspectos históricos e de propostas didáticas de cunho histórico-filosófico identificadas nos livros didáticos de Física aprovados no Programa Nacional do Livro Didático edição 2018 (PNLD 2018).

Particularmente, dirigimos nossa atenção como recorte específico para o conteúdo científico “Princípio de Arquimedes”, ao qual frequentemente costuma ser associado o episódio histórico envolvendo Arquimedes e a coroa do Rei Hieron de Siracusa. Acerca desse episódio, duas versões costumam ser propagadas: a mítica vitruviana, fisicamente inviável e carregada de características de pseudo-história e a

galileana, provinda de estudos de Galileu Galilei, reforçada por documentos históricos e coerente do ponto de vista físico.

A esse episódio histórico, muitos trabalhos acadêmicos têm sido dedicados nas últimas décadas. Em especial, podemos destacar o artigo “Arquimedes e a coroa do Rei: problemas históricos”, publicado no ano 2000. Seu autor, o historiador da ciência Roberto de Andrade Martins, contrapõe as duas já referidas narrativas. Esse artigo figura dentre os mais acessados no Caderno Brasileiro de Ensino de Física e foi publicado também como capítulo de livro (MARTINS, 2000; MARTINS, 2005).⁹

Em 2009, Fernando Lang da Silveira e Alexandre Medeiros publicaram “O paradoxo hidrostático de Galileu e a Lei de Arquimedes” (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009). Os pesquisadores da área de Ensino de Física, estudiosos da inserção didática da HFC, demonstraram que o enunciado da Lei (ou Princípio) de Arquimedes precisaria ser reformulado, considerando condições específicas. Lang e Medeiros reforçaram as críticas às narrativas

empiristas-indutivistas relacionadas a esse conteúdo da hidrostática.

Importante destacar, ainda, a tradução comentada do trabalho de Arquimedes, *Sobre os corpos flutuantes*, que traz em suas proposições a redação original do que conhecemos como Princípio de Arquimedes. Essa tradução, realizada pelo pesquisador André Koch Torres Assis, foi publicada em 1996 na Revista Brasileira de História da Ciência (ASSIS, 1996). Ainda em termos de fontes primárias relacionadas ao nosso recorte, o pequeno tratado *La Bilancetta*, de Galileu Galilei, foi traduzido para o vernáculo como *A pequena Balança* em edição de 1986 do Caderno de História e Filosofia da Ciência (GALILEI, 1986).

A partir da seção seguinte, abordaremos aspectos histórico-filosóficos relacionados ao Princípio de Arquimedes.

PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES: O INÍCIO

O conceito físico envolvido na resolução do problema da coroa é o empuxo. Em livros didáticos atuais do ensino superior, encontramos o seguinte enunciado do princípio atribuído a Arquimedes:

⁹ Um link a partir do site do Caderno Brasileiro de Ensino de Física mostra que o artigo de Martins está entre os 100 mais citados do periódico (https://scholar.google.com.br/citations?hl=pt-BR&btnA=1&user=J3_Bd00AAAAJ, acesso em 22 jul. 2020).

Quando um corpo está total ou parcialmente submerso em um fluido uma força de empuxo \vec{F}_E exercida pelo fluido age sobre o corpo. A força é dirigida para cima e tem um módulo igual ao peso $m_f g$ do fluido deslocado pelo corpo. (HALLIDAY, 2008, p.66)

Em notação atual, o chamado “Princípio de Arquimedes” pode ser escrito matematicamente da seguinte forma,

$$\vec{F}_E = m_f g$$

1

onde m_f é a massa do fluido deslocado.

Sabemos que a construção do conhecimento científico se dá coletivamente ao longo da história. A redação do que atualmente chamamos Princípio de Arquimedes não foi obra de Arquimedes exclusivamente, embora esse pesquisador tenha tido um papel importante em sua configuração. Especula-se que a obra *Sobre os corpos flutuantes* tenha sido escrita por ele, em dois volumes, no ano de 250 a.C. Na forma de proposição inter-relacionadas, ele descreveu o que ficaria conhecido atualmente como Princípio de Arquimedes:

Proposição 5 Qualquer sólido mais leve do que um fluido ficará, caso colocado no fluido, submerso de tal forma que o peso do sólido será igual ao peso do fluido deslocado. [...]

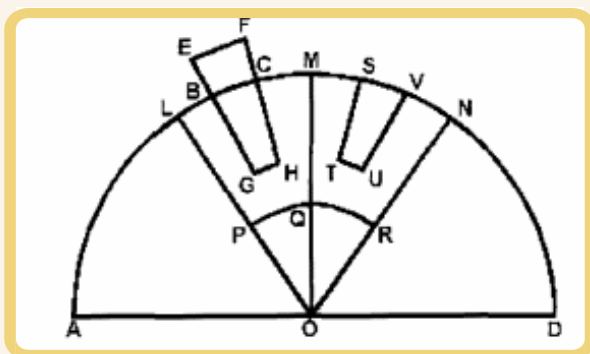
Proposição 6 Se um sólido mais leve do que um fluido for forçadamente submerso nele, o sólido será impelido para cima com uma força igual a diferença entre seu peso e o peso do fluido deslocado.

Proposição 7 Um sólido mais pesado do que um fluido descera, se colocado nele, ao fundo do fluido, e o sólido será, quando pesado no fluido, mais leve do que seu peso real pelo peso do fluido deslocado. (ASSIS, 1996, p. 74-75)

A construção introdutória sobre o empuxo realizada por Arquimedes foi influenciada por estudiosos como Euclides. Arquimedes não se valeu de experimentos em sua argumentação, isto é, esta não foi de natureza empírica. Ele usou a geometria euclidiana para demonstrar suas proposições, as quais se referem a conhecimentos fundamentais da hidrostática. Para a Proposição 5 foi apresentada a seguinte demonstração:

Pois seja o sólido EGHF e BGHC sua porção submersa quando o fluido está em repouso. Como na Prop. 3, conceba uma pirâmide com vértice O incluindo o sólido, e uma outra pirâmide com o mesmo vértice contínua com a primeira, sendo igual e similar a ela. Suponha uma porção do fluido STUV na base da segunda pirâmide sendo igual e similar à porção submersa do sólido; e seja a construção a mesma que na Prop.3. Então, como a pressão sobre as partes do fluido em PQ e QR têm de ser iguais para que o fluido possa permanecer em repouso, segue-se que o peso da porção STUV do fluido tem de ser igual ao peso do sólido EGHF. E a primeira porção é igual ao peso do fluido deslocado pela porção submersa do sólido BGHC (ASSIS, 1996, p. 74-75)

Figura - 1: Imagem ilustrativa, baseada na geometria euclidiana, utilizada para explicar a Proposição 5 que trata da relação entre a densidade do corpo e do fluido no qual está inserido.



Fonte: ASSIS, 1996, p. 74

Não são notados nas proposições transcritas o termo empuxo e a formulação matemática que conhecemos. São elementos posteriores, derivados de uma construção histórica coletiva. Nas proposições são utilizadas as expressões “mais leve” e “mais pesado”, quando Arquimedes relaciona o corpo imerso ao líquido. Na época, o conceito de densidade não estava definido, embora já houvesse uma concepção incipiente a respeito.

Observa-se, ainda, que o próprio Arquimedes não fez referência ao episódio da coroa do Rei Hieron de Siracusa. O episódio foi relatado dois séculos depois, como veremos a seguir.

ARQUIMEDES E A COROA DO REI: A VERSÃO VITRUVIANA VERSUS A VERSÃO GALILEANA

A narrativa sobre o episódio da coroa do rei, largamente difundida em

livros didáticos e na divulgação científica, deve-se a Marcus Vitruvius Pollio, arquiteto romano do século I a.C.

Essa versão nos diz que:

Conta-se que Heron, rei da cidade grega Siracusa no século III a.C., mandou ao ourives da corte certa quantidade de ouro, para que ele lhe fizesse uma nova coroa. Quando recebeu a encomenda pronta, o rei desconfiou que parte do ouro fora substituída por prata, cujo valor já era bem menor naquela época. Heron tinha grande respeito por um dos maiores matemáticos que o mundo conheceu, Arquimedes [...]. Bem, foi a esse sábio que o rei pediu para verificar sua desconfiança em relação ao ourives. Diz a história que Arquimedes descobriu como resolver o problema no banho. Ao submergir na banheira, pensando na tarefa que o rei lhe confiara, sentiu-se mais leve e deduziu o que ficou conhecido como o princípio de Arquimedes: “Quando um corpo é mergulhado na água ele perde, em peso, uma quantidade que corresponde ao peso do volume de água que foi deslocado pela imersão do corpo”. Emocionado com a descoberta, Arquimedes teria saltado da banheira, saindo nu pelas ruas de Siracusa a gritar: “Eureka, eureka!”, que significa “encontrei, encontrei!” (BARCO, 1996)

A narrativa citada anteriormente traz, de modo emblemático, sinais de alerta para a confiabilidade da fonte, sobre os quais Allchin (2004) chama a atenção dos professores. Um dos sinais é denominado “*Eureka-type insight*” (ALLCHIN, 2004, p.193): a solução para um problema surge inesperadamente quando o interessado em resolvê-lo está realizando outra tarefa sem relação com o problema em questão.

Pelo relato, Arquimedes havia recebido a incumbência de descobrir se o ourives havia ou não misturado prata ao ouro para confeccionar a coroa. Teria que fazê-lo sem destruir o objeto. Ao banhar-se, facilmente percebeu, devido à sua genialidade, que o volume de água que transbordava da banheira equivalia ao volume do seu corpo que submergia na água.

A narrativa romantizada enfatiza a genialidade de Arquimedes e simplifica o processo de construção do conhecimento. O apelo literário busca prender a atenção do leitor destacando uma atitude inusitada do grego ao sair correndo nu pelas ruas da cidade. Com esse detalhe, muitos leitores certamente irão se lembrar daquele “cientista” que, extasiado com a descoberta, teve uma atitude extravagante.

O episódio soa como uma anedota. Qualquer pessoa poderia questionar se o filósofo grego sairia mesmo nu correndo e gritando pelas ruas de uma cidade? O ourives teria coragem de roubar o ouro do rei?

Se houve questionamentos, estes não foram suficientes para pôr fim à disseminação dessa história mundialmente conhecida. O fato é que

esse e outros contos míticos têm sofrido questionamentos acerca de sua veracidade e origem.

No artigo “Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos”, o historiador da ciência Roberto de Andrade Martins (2000) traz à tona fatos que vão contra o relato fantasioso e lançam luz sobre uma versão alternativa. Martins observa que Galileu Galilei, ainda no século XVII, já havia questionado a veracidade do relato vitruviano sobre o episódio.

Vitruvius assim havia descrito o procedimento técnico que teria sido executado por Arquimedes para desvendar a fraude do ourives:

[...] ele fabricou dois blocos de mesmo peso, igual ao da coroa, sendo um de ouro e o outro de prata. Feito isso, encheu de água até a borda um grande vaso, no qual mergulhou o bloco de prata. escoou-se uma quantidade de água igual ao volume imerso no vaso. Assim, depois de retirado o corpo, ele colocou de volta a água que faltava, medindo-a com um sextarius¹⁰⁶⁴, de tal modo que o nível voltou à borda, como inicialmente. Ele encontrou assim o peso de prata correspondente a uma quantidade determinada de água. Feita essa experiência, ele mergulhou, então, da mesma forma o corpo de ouro no vaso cheio, e depois de retirá-lo fez então sua medida seguindo um método semelhante: partindo da quantidade de água necessária, que não era igual e sim menor, encontrou em que proporção o corpo de ouro era menos volumoso do que o de prata, quando tinham pesos

¹⁰ O sextarius era uma medida romana de volume (0,547 litros, em valores atuais), cujo nome advinha do fato de ser equivalente a 1/6 do congius. O congius correspondia a aproximadamente um galão moderno. (MARTINS, 2000, p.118)

iguais. Em seguida, depois de ter enchido o vaso e mergulhado desta vez a coroa na mesma água, descobriu que havia escoado mais água para a coroa do que para o bloco de ouro de mesmo peso, e assim, partindo do fato de que fluía mais água no caso da coroa do que no do bloco, inferiu por seu raciocínio a mistura de prata ao ouro e tornou manifesto o furto do artesão (VITRUVIUS, De l'architecture, livro IX, preâmbulo, §§ 9-12, pp. 5-7 apud MARTINS, 2000, p.117-118).

O procedimento supostamente empregado por Arquimedes é descrito segundo uma visão empirista-indutivista. O conhecimento científico emerge instantaneamente da experimentação sem carga teórica prévia. O experimento tem caráter crucial.

Ao redigir a narrativa o romano teria como motivação o enaltecimento da figura de Arquimedes. Ele pode ter tido acesso a fragmentos de como Arquimedes resolveu a contenda e criou elementos para preencher as lacunas tomando para si a liberdade poética. Assim, a tão conhecida anedota em torno da questão de Arquimedes e a coroa do rei Hieron teria origem no relato vitruviano.

Martins (2000) traz informações que problematizam essa versão. Em termos contextuais, argumenta que Vitruvius não é uma fonte fidedigna por não ser coetâneo de Arquimedes. Dois séculos separam esses dois personagens.

Um segundo ponto é levantado. À época de Arquimedes o escravo preparava o banho do senhorio, e, sendo assim, por qual razão encheria a banheira até a borda para que esta transbordasse quando alguém adentrasse? Isto aumentaria seu trabalho já que teria que secar o chão após o derramamento da água.

O historiador recorre a argumentos apoiados em conhecimentos físicos que contrariam a narrativa de Vitruvius. A técnica supostamente atribuída a Arquimedes apresenta problemas do ponto de vista físico. A tensão superficial da água, não considerada na narrativa, influenciaria o fenômeno em questão. O conhecimento sobre esse efeito não existia na época de Arquimedes, mas em termos atuais sabe-se que:

A tensão superficial surge nos líquidos como resultado do desequilíbrio entre as forças agindo sobre as moléculas da superfície em relação àquelas que se encontram no interior da solução. As moléculas de qualquer líquido localizadas na interface líquido - ar realizam um número menor de interações intermoleculares comparadas com as moléculas que se encontram no interior do líquido. A força resultante que atrai as moléculas da superfície de um líquido para o seu interior torna-se o principal obstáculo para a formação de bolhas, gotas e a nucleação de cristais em líquidos. Como estas forças de coesão tendem a diminuir a área superficial ocupada pelo líquido, observamos frequentemente gotas adotarem a forma esférica. (ADAMSON; GAST, apud BEHRING et al, 2004, p. 492)

É possível que um objeto seja colocado no líquido, e ainda assim este não extravase. Dessa forma, a situação não era tão simples quanto Vitruvius a descreve.

Prosseguindo a argumentação de natureza física, Martins parte de considerações sobre as dimensões do recipiente necessário para imergir em água a coroa. Façamos uma aproximação matemática para o raciocínio apresentado pelo historiador. Supondo que a coroa pesasse 1000g e, sabendo que a densidade do ouro é de 19,28g/cm³, teríamos

$$\text{densidade}(d) = \frac{\text{massa}(m)}{\text{volume}(V)} \quad 2$$

$$\frac{19,28g}{\text{cm}^3} = \frac{1000 g}{V} \rightarrow v = 51,86 \\ \cong 52\text{cm}^3$$

Para uma coroa com 20 cm de diâmetro, o recipiente necessário teria uma área mínima de 314 cm², pois, para o círculo, $\text{área} = \pi R^2$. O cálculo para a subida do nível do líquido segue como

$$\text{volume}(V) = \text{área}(A) \cdot \text{altura}(h) \quad 3$$

substituindo (2) em (3), temos

$$52\text{cm}^3 = 314 \text{cm}^2 \cdot h \rightarrow h = 0,16\text{cm}$$

Então, para essas condições, a subida do nível da água seria de 0,16cm.

A prata possui a densidade de 10,5g/cm³. Podemos repetir os cálculos para uma liga de ouro e prata, considerando uma densidade média entre os dois metais de 14,89g/cm³. Isso nos daria o valor de 0,21cm para a elevação do nível da água com o objeto mergulhado. Valores tão diminutos, entre 0,1 e 0,2 cm, não poderiam ser medidos com precisão por Arquimedes. Fosse a coroa de ouro puro ou de uma mistura de ouro e prata, a subida do nível da água seria praticamente imperceptível. Os equipamentos de medição da época não eram capazes de mensurar com acurácia variações tão pequenas.¹¹

Esse tipo de análise não é estritamente atual. Martins aponta que Galileu Galilei, em sua obra *A pequena Balança*, faz uma retomada desse episódio e afirma que a versão de Vitruvius é grosseira e pouco provável de ter sido executada (GALILEU, 1986). O estudioso renascentista buscou em obras antigas argumentos que o ajudassem a entender como Arquimedes

¹¹ A menor unidade de medida de comprimento na Roma Antiga corresponde a atuais 18 mm. Haveria dificuldade para medir valores da ordem de 1 e 2 mm.

havia obtido êxito em sua empreitada. Expôs, então, seus pensamentos em relação àquela técnica falha, demonstrando quão incomodado estava por ela ter sido atribuída a Arquimedes. Estudando outros trabalhos do grego chegou a um método que supunha ter sido o utilizado por ele:

Porém, o fato de eu saber que esse método era todo falho, faltando-lhe a precisão requerida nas coisas matemáticas, levou-me muitas vezes a cogitar sobre a maneira pela qual se pudesse descobrir, por meio da água e de modo rigoroso, a composição da liga de dois metais. E, finalmente, após haver cuidadosamente revisto o que Arquimedes demonstra nos seus tratados “Dos corpos que flutuam sobre a água” e “Dos corpos de mesmo peso”, me veio à mente um método que resolve o problema de maneira perfeita. Até acreditaria ser esse mesmo o método que usou Arquimedes, ao observar que, além de ser extremamente preciso, apoia-se em demonstração descobertas pelo próprio Arquimedes. (GALILEU, 1986, p.105)

Galileu fez uma descrição minuciosa de como teria realmente ocorrido a descoberta do furto. Para ele, Arquimedes teria recorrido a uma balança hidrostática para realizar “medidas de peso (e não de volume) para resolver o problema, utilizando aquilo que chamamos de princípio de Arquimedes: cada corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo igual ao peso do líquido deslocado” (MARTINS, 2000, p. 119).

Em *La Bilancetta*, Galileu começa sua explicação simplificando a demonstração complexa de Arquimedes sobre a flutuação de corpos sólidos:

[...] colocando, por exemplo, uma bola de ouro em água, se tal bola fosse de água não pesaria nada, já que a água na água não se move nem para baixo nem para cima. Em consequência, a bola de ouro pesa na água tanto quanto o peso do ouro excede o peso da água [...]. E tendo os metais diferentes pesos (específicos), os seus pesos na água diminuirão em diferentes proporções. (GALILEU, 1986, p.105-106)

Em linguagem atual, dizemos que como o ouro e a prata possuem pesos específicos diferentes o peso aparente de cada metal também o será. Em um sistema em equilíbrio as forças peso e empuxo possuem sentido diferente e têm como resultante o peso aparente, ou seja, o peso aparente é a diferença entre o peso real (no ar) e o empuxo.

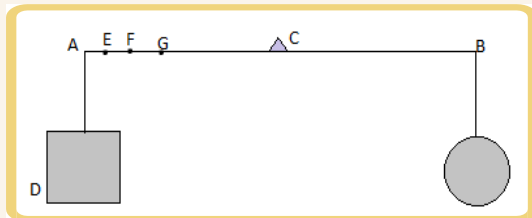
$$peso_{ap} = peso - \vec{F}_E$$

4

O raciocínio de Galileu para explicar o procedimento da chamada “balança hidrostática” pode ser explicado com o auxílio da Figura 2. Temos uma balança cujo centro está em C. No braço B, tem-se uma porção de qualquer metal e, para manter o equilíbrio, é colocado no braço A um peso D de igual valor ao metal, pesado

no ar. Quando o metal (em B) for submerso em água, a ação do empuxo promoverá um desequilíbrio na balança.

Figura - 2: Balança hidrostática adaptada a partir do texto de Galileu – La Bilancetta, utilizada para auxiliar na compreensão do seu funcionamento.



Fonte: GALILEU, 1986.

Para que haja o equilíbrio, novamente, é necessário que o contrapeso D seja movido para a posição E, mais próxima de C: “[...] o peso do metal será tantas vezes maior que o da água (de mesmo volume) quantas vezes a distância CA for maior que AE.” (GALILEU, 1986, p.106). Assim, a distância AE corresponde ao empuxo que B recebe da água, ou seu peso específico.

Pensando especificamente, na questão da coroa Galileu prossegue

[...] o peso B seja de ouro e que, ao pesá-lo em água, o contrapeso precise ser levado até E; e, a seguir procedendo do mesmo modo com a prata pura, o contrapeso seja levado até F, [...] já que a prata é menos densa que o ouro. A diferença entre a distância AF e a distância AE será igual à diferença entre o peso (específico) do ouro e da prata. (GALILEU, 1986, p.106)

Este método permitiria não somente constatar a fraude, como também calcular a porcentagem de cada metal envolvido na mistura

Suponhamos, por exemplo, que a liga de ouro e prata esteja em B, equilibrada no ar pelo contrapeso D, e que, ao mergulhar a liga na água, esse contrapeso seja deslocado até G. Afirmando que (os pesos de) ouro e prata que compõem a liga estão entre si na mesma razão que as distâncias (respectivas) FG e GE. É preciso reparar que a distância GF, que termina no marco correspondente à prata, representará a quantidade de ouro; e a distância GE, que termina no marco ao ouro, representará a quantidade de prata; de modo que se FG for o dobro de GE, a liga constará de duas partes de ouro para uma correspondente de prata. (GALILEU, 1986, p.107)

Ao utilizar a balança hidrostática para determinar a fração de cada metal na liga, o pensador genovês explica que para a pesagem com o metal puro deve ser utilizado um fio finíssimo de aço no marco do metal e, nos intervalos determinados devem ser dadas voltas de um fio de latão também finíssimo para preenchê-los. Na Figura X, seriam colocados fios de aço nos pontos E, F e G, e os intervalos seriam preenchidos com voltas equidistantes do fio de latão. Para saber a proporção entre os metais bastaria contar o número de espiras em FG e GE, “[...] achando 40 voltas em FG e 21, por exemplo, em GE, direi que a liga é composta de 40 partes de ouro e 21 de prata.” (GALILEU, 1986, p. 107)

Nesse trabalho, Galileu explicita a ideia de que objetos com a mesma massa, e densidades diferentes têm volumes maiores quanto menor for a densidade. O objeto de maior volume, quando imerso em água, sofre um empuxo maior e, conseqüentemente, tem um peso aparente menor.

A versão apresentada por Galileu para a possível solução de Arquimedes para o problema da coroa é fisicamente mais consistente do que a versão narrada por Vitruvius. Além disso, a narrativa galileana é apoiada por documentos históricos encontrados muito posteriormente a Galileu. O poema intitulado *Carmen de ponderibus et mensuris*, proveniente do século IV ou V d.C., relata o método da balança hidrostática e o atribui a Arquimedes (MARTINS, 2000).

Semelhantemente ao trabalho de Martins (2000), na tradução de Assis (1996) do tratado *Sobre os corpos flutuantes* são compartilhadas, em notas explicativas à Proposição 7, afirmações que reforçam a compatibilidade da narrativa galileana com o conhecimento expresso por Arquimedes em seus trabalhos. Assis também destaca que a narrativa de Galileu é corroborada por evidências históricas posteriores:

[...] esta proposição pode seguramente ser considerada como

decisiva na questão de como Arquimedes determinou as proporções de ouro e prata contidas na famosa coroa. De fato, a proposição sugere o seguinte método [segue-se a demonstração segundo a versão galileana ...]. Este procedimento corresponde bem de perto àquele descrito no poema de ponderibus et mensuris (escrito provavelmente ao redor de 500 d. c.) com o objetivo de explicar o método de Arquimedes. A outra versão do método usado por Arquimedes é aquela dada por Vitruvius, de acordo com a qual ele mediu sucessivamente os volumes de fluido deslocados. (ASSIS, 1996, p. 76-77)

Observa-se que Galileu sustentou sua versão fisicamente consistente a partir de conhecimentos expressos nos próprios trabalhos de Arquimedes.

Outro aspecto relevante sobre o Princípio de Arquimedes pode ser citado a partir de trabalhos acadêmicos relativamente recentes. Como circunstância que demonstra a possibilidade de revisitação do próprio enunciado do Princípio de Arquimedes, Silveira e Medeiros (2009) publicaram o artigo “O Paradoxo Hidrostático de Galileu e a Lei de Arquimedes”, o qual se inspirou no trabalho de Joseph Snir (1991) sobre o Paradoxo Hidrostático de Galileu.

Para Silveira e Medeiros, a nomenclatura “Lei de Arquimedes” é mais coerente do que “Princípio de Arquimedes”. Um princípio se constitui em uma “proposição posta no início de uma dedução, não sendo deduzida de

nenhuma outra no sistema considerado” (LALANDE, 1993, p. 861 *apud* SILVEIRA; MEDEIROS, 2009, p. 275). Não se trata de um Princípio, uma vez que o enunciado de Arquimedes pode ser reconhecido da Preposição 5, *deduzida* do Postulado I da obra *Sobre os corpos flutuantes*.

O artigo “O Paradoxo Hidrostático de Galileu e a Lei de Arquimedes” chama a atenção para a forma empirista-indutivista como a Lei de Arquimedes é apresentada em livros didáticos. Costuma-se afirmar a facilidade de “constatar” que o volume de água derramado de um recipiente equivale ao peso do corpo nele imerso. Silveira e Medeiros, em contraposição, lembram o chamado Paradoxo Hidrostático de Galileu, que consiste “na afirmação de que um corpo pode flutuar em um fluido mesmo quando o peso de fluido disponível é menor do que o peso do corpo”. (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009, p. 277)

Os autores recorrem a um exemplo que evidencia tal situação:

[...] uma lata de cerveja (cheia de cerveja) com volume aproximado de 350 ml e um recipiente contendo 230 ml de água (colorida com tinta amarela). Quando a lata flutua em água, [...] encontra-se quase que completamente imersa; assim sendo, segundo o enunciado usual da Lei de Arquimedes, deveria deslocar quase 350 ml de água. Apesar de não existir no recipiente esse volume, [...]

mostra a lata flutuando. Assim, fica estabelecido um paradoxo em relação ao enunciado usual da Lei de Arquimedes, pois um corpo pode flutuar mesmo quando o volume de fluido é menor do que aquele que o corpo precisaria deslocar. (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009, p. 277)

São apresentadas três formas de se calcular o volume deslocado pelo corpo imerso no fluido: duas por meio da utilização da balança hidrostática e uma pela Lei de Stevin. Em decorrência da argumentação explicitada, apresenta-se uma possibilidade de redação para o Princípio de Arquimedes de modo a evitar que se recaia no Paradoxo Hidrostático identificado por Galileu:

[...] todo corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido contido em um volume idêntico ao volume submerso do corpo no fluido. (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009, p. 277)

Em suma, Silveira e Medeiros propõem alterar o enunciado do Princípio de Arquimedes, bem como sugerem a nomenclatura Lei de Arquimedes, por coerência epistemológica. Além disso, criticam o frequente viés empirista-indutivista notado nos livros didáticos, o qual se aproxima da narrativa vitruviana:

[...] a Lei de Arquimedes, da forma como costuma ser apresentada “experimentalmente” nos livros-texto, nos induz fatalmente a um erro de avaliação. A referida lei afirma que: “todo corpo mergulhado em um

líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido por ele deslocado”. A principal peça de convencimento educacional comumente oferecida pelos livros didáticos de Física para que o aprendiz aceite a validade de tal afirmativa de Arquimedes é um “experimento” no qual um corpo é inicialmente colocado a flutuar em um vaso já repleto de água. No referido “experimento” – usualmente ilustrado nos livros – toda a água que extravasa do recipiente é recolhida e convenientemente pesada. O resultado mostra que o peso desta

água deslocada é igual ao peso do corpo colocado a flutuar. O tal experimento parece convincente, a julgar pelo uso secular que os autores de livros didáticos de Física têm feito do mesmo [...]. [...] tal experimento tem sido assumido como uma peça de evidência válida, convincente e insofismável da referida Lei de Arquimedes, sem que se leve em conta que a justeza desse argumento já houvesse sido criticada no século XVII por Galileu [...] (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009, p. 276).

CAPÍTULO III – O CURSO “PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES: UMA ABORDAGEM MULTICONTEXTUAL NA FORMAÇÃO DOCENTE”

30

ETAPAS DO CURSO

Propõe-se que o curso tenha a duração de cerca de 24 horas e seja organizado em etapas divididas entre momentos de discussões mediadas

coletivas e momentos de leituras preparatórias individuais. A seguir, apresentamos no Quadro 1 uma síntese das etapas que serão comentadas nesse capítulo.

Quadro - 1: Etapas do curso.

Etapa	Descrição	Tema	Duração
I	Primeiro Encontro	Discussões mediadas sobre pressupostos historiográficos atuais, visões de ciência, características da pseudo-história e transposição didática da HC.	2 h
	Segundo Encontro	Discussões mediadas sobre trechos da legislação educacional e do edital do PNLD 2018 que fazem menção a aspectos histórico-filosóficos.	2 h
II.1	Preparação individual	Leitura prévia orientada dos seguintes artigos: “Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos” (MARTINS, 2000); “O paradoxo hidrostático de Galileu e a lei de Arquimedes” (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009).	4 h
II.2	Terceiro Encontro	Discussões coletivas mediadas sobre os artigos lidos na Etapa II.1.	2 h
III.1	Preparação individual	Leitura prévia orientada das seguintes fontes primárias: <i>La Bilancetta (A pequena balança ou A balança hidrostática)</i> de Galileu Galilei (LUCIE, 1986); trechos selecionados da obra <i>Sobre os corpos flutuantes</i> de Arquimedes (ASSIS, 1996).	2 h
III.2	Quarto Encontro	Discussões mediadas sobre as fontes lidas na Etapa III.1	2 h
IV	Quinto Encontro	Em grupos, dispendo de trechos extraídos dos 12 exemplares aprovados no PNLD 2018, os participantes analisam o conteúdo “Princípio de Arquimedes” observando: pressupostos historiográficos, visões de ciência, aspectos histórico-filosóficos, exigências da legislação e do edital do PNLD 2018.	4 h
V	Sexto Encontro	Socialização das análises desenvolvidas pelo Grupo 1 na Etapa IV a respeito de 6 livros didáticos. Discussão coletiva mediada.	2 h
	Sétimo Encontro	Socialização das análises desenvolvidas pelo Grupo 2 na Etapa IV a respeito de 6 livros didáticos. Discussão coletiva mediada.	2 h
VI	Oitavo Encontro	Síntese dos pontos abordados anteriormente no curso. Discussão coletiva final: Como proceder, enquanto professor, diante dos resultados notados?	2 h

Fonte: própria.

ETAPA I

Essa etapa contempla dois encontros iniciais com o grupo formado por licenciandos e/ou professores atuantes na Educação Básica. São apresentados importantes elementos para identificar a presença de traços de uma historiografia desatualizada nos livros didáticos ou a presença de pseudo-histórias que corroboram para a propagação de visões simplistas sobre a ciência. Também são abordados pontos específicos, relacionados à HC na legislação educacional e no edital do PNLD 2018 para que os integrantes do curso possam, em atividade prevista para etapas posteriores, opinar se os livros aprovados cumprem as exigências estabelecidas nesses documentos.

Primeiro encontro

Para o primeiro encontro elaboramos *slides* de apoio para o desenvolvimento dos tópicos História da Ciência e historiografia atual, visões de ciência, Natureza da Ciência, transposição didática da História da Ciência e pseudo-história (ver Apêndice I do PE).

Inicialmente, sugerimos tratar da História da Ciência como área de pesquisa, abordando seu processo de institucionalização, a fim de que sejam percebidas as características da escrita dos historiadores no início do século XX e as transformações historiográficas ocorridas ao longo daquele século. Objetiva-se que os participantes se familiarizem com a descrição linear, eurocêntrica e anacrônica da ciência desenvolvida pelos primeiros historiadores e compreendam as características da história Whig, hagiográfica, Pedigree e essencialmente internalista, produzida naquela época.¹²

Ao longo dessa exposição dialogada, os participantes são indagados e percebem as semelhanças entre esse tipo de escrita da HC e aquela que muitas vezes costumamos encontrar nos livros didáticos.

As modificações ocorridas na historiografia da ciência são discutidas, de modo que os participantes percebam que atualmente a HC não é um registro de sequências cronológicas de teorias, invenções e ideias de outras épocas que parecem fluir diretamente em direção ao que aceitamos. O externalismo é

¹² Uma demonstração de anacronismo conceitual, a História Whig, representa o estudo do passado com o olhar do que é aceito no presente (Krag, 1987). A História da ciência internalista se preocupa “com os problemas históricos internos à ciência, ou seja, a evolução de seus conceitos e suas teorias, independente da sociedade ou do meio que são produzidas” (Alfonso-Goldfarb, 1994, p. 77).

percebido em equilíbrio com o internalismo: atualmente a narrativa crítica sobre o desenvolvimento conceitual da ciência leva em conta a percepção de que este se dá em contextos sociais, econômicos, políticos e religiosos, dentre outros. O diacronismo, em oposição ao anacronismo da História da Ciência dos primeiros historiadores, bem como as narrativas não lineares da ciência, marcadas por rupturas, são também elementos abordados de modo que os participantes possam perceber que a historiografia atual se diferencia muito da praticada no início do século XX, muito embora este ainda seja um modelo de HC usual em livros didáticos.

Adicionalmente, toma-se como base o trabalho de Gil-Pérez e colaboradores (2001) para expor aos integrantes algumas das sete visões simplistas sobre ciência sintetizadas por esses autores. Sugere-se dar prioridade às visões de ciência mais recorrentes nos livros didáticos em trechos sobre o Princípio de Arquimedes: a concepção empírico-indutivista; a visão rígida da ciência; a visão aproblemática e a-histórica; a visão individualista e a visão

socialmente neutra da ciência. A importância de discorrer sobre esse tema reside no fomento de uma percepção crítica pelo participante, sensibilizando-o para reconhecer visões ingênuas de ciência tanto nos materiais didáticos quanto eventualmente em si próprio.

O prosseguimento das discussões aborda a temática NDC e sua presença em sala de aula de modo contextualizado por meio de episódios históricos. Dialoga-se sobre o processo de transposição didática da HC¹³⁶⁷, esclarecendo que a simplificação exagerada pode reforçar visões ingênuas de ciência e promover a inserção da pseudo-história, na contramão do que recomenda a legislação educacional. Uma proposta didática bem elaborada pode colaborar com o ensino de conceitos físicos, ao mesmo tempo em que possibilita visões mais complexas sobre a ciência. Algumas dificuldades no processo de transposição didática devem ser discutidas com os participantes: localizar trabalhos históricos adequados; selecionar o conteúdo histórico e o nível de aprofundamento dos aspectos históricos e epistemológicos; cuidado

¹³ Pensada a partir dos referenciais de Yves Chevallard: “[...] a transposição didática passa a ser vista sob a óptica de outro campo do saber, o das narrativas históricas, e não mais dos conceitos da matemática, seu berço de origem. O saber sábio passa a ser aquele construído pelo historiador das ciências, mas não apenas. Para tornar o processo mais complexo, têm-se os documentos originais, produzidos pelos cientistas, filósofos naturais e demais pensadores de diferentes épocas, os sujeitos que constroem as ciências” (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2012, p.127)

com simplificações e/ou omissões; ponderar sobre o uso de textos históricos originais em sala de aula (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2012).

A fim de sensibilizá-los quanto a características que possibilitam identificar a presença da pseudo-história no livro didático, podem ser citadas as recomendações de Douglas Allchin (2004), em especial as características que mais comumente estão relacionadas ao episódio de Arquimedes e a coroa do Rei: relatos romantizados; apresentação de descobertas como monumentais e atribuídas a um indivíduo; narrativas tipo *insight* - descobertas repentinas que não envolvem esforço; narrativas restritas a experimentos cruciais.

Para encerrar esse primeiro encontro, pode-se questionar os participantes sobre as seguintes narrativas usualmente comuns no contexto escolar: o episódio da eureka de Arquimedes e a descoberta do empuxo; a queda da maçã de Newton e a descoberta da gravidade.

Segundo encontro

No segundo encontro são apreciados recortes da legislação educacional, tais como as seções correspondentes à Física nos Parâmetros Curriculares Nacionais, as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino

Médio, a seção referente às Ciências da Natureza e suas Tecnologias na Matriz de Referência do ENEM 2021, os Parâmetros Curriculares Nacionais para Ciências, documentos relativos à Educação de Jovens e Adultos e trechos da Base Nacional Comum Curricular que recomendam a inserção didática da História da Ciência (ver *slides* no Apêndice II do PE). A título de exemplificação, registramos o que a Base Nacional Comum Curricular afirma:

[...] a contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes de cientistas e a datas da história da Ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura. (BRASIL, 2018, p. 550)

A fim de demonstrar que as indicações da legislação educacional relativas à História da Ciência não se limitam à Física, são apresentados alguns recortes referentes a outras disciplinas como Matemática, Biologia e Química. A exposição dialogada centra-se na percepção de que as recomendações contidas nos documentos legais se referem à História da Ciência segundo um modelo historiográfico atual, entrelaçada a visões mais sofisticadas sobre a ciência, e não à História

essencialmente cronológica, anacrônica, hagiográfica e linear, praticada pelos primeiros historiadores da ciência profissionais. Estabelece-se, assim, uma ligação entre as temáticas dos primeiros encontros.

São analisados nesse segundo encontro recortes do edital do Programa Nacional do Livro Didático 2018, mais especificamente, itens que tratam da História da Ciência extraídos dos Princípios e Critérios para a Avaliação de Obras Didáticas destinadas ao Ensino Médio (ver Apêndice II do PE). Observa-se, por exemplo:

Assim, deve-se valorizar não a sua estrutura conceitual, os conhecimentos físicos propriamente ditos, mas também os principais aspectos de sua história e das suas formas particulares de se constituir. Isso significa abrir espaços para discussões em que elementos da História e da Epistemologia da Física estejam presentes. (BRASIL, 2015, p. 54)

A exposição dialogada permite observar que as determinações da legislação e do edital caminham em consonância e são unânimes no tocante à inserção didática da História da Ciência, desde que orientada pela historiografia atual e não segundo aquele modelo historiográfico praticado no início do século XX.

É muito provável que os participantes do curso, em sua maioria,

não tenham conhecimento do que a legislação educacional solicita, tampouco conheçam os termos praticados no edital do PNLD 2018. Desse modo, é provável que, impactados com as informações, apresentem questionamentos do tipo: Se existe um edital com diretrizes a serem seguidas em termos da HC, por que os livros didáticos aprovados não se ajustam a essas premissas? Como os livros são selecionados para as escolas? Esses questionamentos podem ser retomados no último encontro.

ETAPA 2

Atividade prévia de leitura e terceiro encontro

Previamente ao terceiro encontro sugerimos uma atividade individual de leitura orientada dos seguintes artigos: “Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos” (MARTINS, 2000) e “O Paradoxo Hidrostático de Galileu e a Lei de Arquimedes” (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009). Sugere-se criar um grupo de *WhatsApp* com todos os participantes do curso, com o intuito de que esse canal seja usado para o envio de questões que orientem a leitura dos textos (ver Quadro 2), de modo a chamar a atenção para determinados

aspectos.¹⁴ Sugerimos esse canal, pois atualmente o *smartphone* faz parte do cotidiano da maioria da população. Costuma estar sempre à mão, o que pode

trazer maior facilidade para que os participantes possam contribuir com comentários sobre os textos a qualquer momento em suas atividades diárias.

Quadro - 2: Questões norteadoras para leitura dos textos MARTINS, 2000 e SILVEIRA; MEDEIROS, 2009 a serem disponibilizadas aos cursistas

Questões norteadoras para leitura dos artigos acadêmicos.
Questão 1) O que você conhece sobre Arquimedes e a descoberta do empuxo?
Questão 2) No texto "Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos" temos duas versões para o episódio histórico em questão. De acordo com a narrativa de Vitruvius, como o episódio é descrito? Que características do processo científico você nota?
Questão 3) De acordo com o historiador, a narrativa vitruviana não é viável por motivos físicos. Por quê?
Questão 4) De acordo com o historiador, a narrativa vitruviana levanta suspeitas por motivos contextuais e históricos. Por quê?
Questão 5) O texto "Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos" traz a versão de Galileu sobre o referido episódio. Que diferença há entre essa versão e a vitruviana?
Questão 6) Que evidências apoiam a narrativa de Galileu?
Questão 7) O texto de Fernando Lang da Silveira e de Alexandre Medeiros traz críticas ao enunciado do princípio de Arquimedes. Que reformulação os autores propõem?

Fonte: própria.

A intenção é provocar uma prévia da discussão no próprio grupo de *Whatsapp* a partir das questões propostas. Sugere-se um intervalo de alguns dias entre o segundo e o terceiro encontros, durante o qual os participantes devem se dedicar às leituras. Como inspiração, tomamos uma metodologia ativa de aprendizagem, a sala de aula invertida (VALENTE, 2014), de modo que os participantes se preparam antecipadamente para as

discussões. Realizam a leitura orientada dos artigos acadêmicos e das fontes primárias, internalizando as ideias principais que posteriormente serão retomadas e debatidas no encontro subsequente. Dessa forma, a discussão pode ser mais bem estruturada e aprofundada.

Os textos foram escolhidos como fundamentação para as discussões, pois ambos abordam o episódio histórico da “descoberta do empuxo”. O artigo de

¹⁴ Em curso de formação docente, Forato relatou ocorrência que levou a esse tipo de estratégia para facilitar a leitura de textos acadêmicos pelos cursistas: “A despeito de bons resultados obtidos, a serem apresentados no evento, uma estudante mencionou dificuldades na compreensão dos textos e para responder às questões (momento III). Sugeri que se fossem enviadas com os textos, poderiam favorecer a análise. Acatando a sugestão, os três textos a serem lidos no momento V foram acompanhados por questões abertas, e foi possível perceber um ganho qualitativo nas discussões plenárias seguintes (momento VI).” (1319)

Martins (2000) problematiza a versão mítica de Arquimedes, narrada por Vitruvius no século I a.C., na qual o rei de Hieron solicita ao pensador que descubra se sua coroa é de ouro puro ou de uma liga de ouro e prata. Nessa versão pseudohistórica, Arquimedes tem um *insight* ao se banhar em uma banheira e “descobre” o método para solucionar o caso. Martins traz questionamentos que levantam dúvidas sobre a consistência física e histórica da narrativa vitruviana. Em seguida, apresenta a obra *La Bilancetta*, na qual Galileu atribui a Arquimedes um método física e historicamente mais plausível para resolver o problema. O artigo demonstra que evidências históricas corroboram a versão galileana.

O texto de Silveira e Medeiros (2009) faz uma forte crítica às narrativas empiristas-indutivistas que costumam caracterizar a apresentação do Princípio de Arquimedes nos livros didáticos. Os autores questionam o enunciado tradicional do Princípio de Arquimedes e sugerem uma nova formulação que contorne o chamado Paradoxo Hidrostático de Galileu.

É bem provável que os participantes não conheçam os referidos textos antes do curso de formação. Para facilitar a discussão presencial, elaboramos *slides* norteadores pontuando os principais aspectos abordados pelos textos (ver Apêndice III do PE).

O terceiro encontro, portanto, configura-se como um momento de discussão sobre as fontes secundárias que embasariam a futura análise do Princípio de Arquimedes nos livros didáticos pelos participantes. Um novo olhar para o episódio histórico da “descoberta do empuxo” é lançado. E, em relação ao Paradoxo Hidrostático de Galileu, os participantes podem (re) conhecer limitações físicas do Princípio de Arquimedes.

ETAPA 3

Atividade prévia de leitura e quarto encontro

Previamente ao quarto encontro, sugerimos uma atividade individual de leitura das seguintes fontes históricas: o tratado *La bilancetta*, escrito por Galileu Galilei (GALILEU, 1586) e trechos selecionados do tratado *Sobre os corpos flutuantes*, escrito por Arquimedes no séc. III a.C. (ASSIS, 1996). Adotou-se novamente a estratégia de leitura orientada por questões prévias (Quadro 3).

Quadro - 3: Questões norteadoras para leitura das fontes primárias a serem disponibilizadas para os cursistas.

Questões norteadoras para leitura das fontes primárias
1) Observem os seguintes aspectos:
2) A natureza dos argumentos de Arquimedes é geométrica/Euclidiana ou empírica? Ele descreve experimentos?
3) Há matematização ou uma descrição fenomenológica?
4) Observe possíveis semelhanças e diferenças em relação ao enunciado tradicional do Princípio.
5) O termo empuxo aparece?
6) Outros aspectos chamam a sua atenção nesses trechos em amarelo? ¹⁵

Fonte: própria

Os trechos da fonte primária¹⁶ *Sobre os corpos flutuantes* são apresentados aos participantes para que eles próprios possam refletir sobre como o enunciado do Princípio foi apresentado por Arquimedes, em contraste com o modo como costuma ser exposto em livros didáticos (ver Apêndice IV do PE). Resumidamente, no tratado, os argumentos de Arquimedes se apoiavam na geometria euclidiana. Não eram de natureza empírica e não havia formulação algébrica. Havia alusão a fluidos, mas apenas como líquidos, e o termo empuxo não constava nas proposições de Arquimedes. Não havia menção ao episódio da coroa. Estes são pontos importantes porque inclinam à percepção de que o enunciado e sua apresentação algébrica atual devem ter

sido uma construção coletiva ao longo da História da Ciência, e não uma produção individual e isolada de Arquimedes, o que contraria afirmações recorrentes nos livros didáticos.

É importante que o responsável pelo curso realize a mediação de modo que esses aspectos sejam evidenciados pelos participantes nas discussões realizadas no encontro subsequente a essa leitura. Adicionalmente, sugere-se que os participantes sejam indagados acerca de suas impressões sobre o tipo de argumentação empregada por Arquimedes, baseada na geometria euclidiana.

A outra fonte primária, *La Bilancetta*, é a obra de Galileu citada no artigo de Martins (2000). Sendo uma obra curta, de três páginas, e de leitura

¹⁵ No intuito de direcionar a leitura dos trechos de interesse, as proposições 5, 6 e 7 do Tratado *Sobre os corpos flutuantes* foram destacadas em amarelo.

¹⁶ Utilizamos aqui a expressão fonte primária como forma de identificar as traduções das obras de Arquimedes e Galileu. As fontes primárias (material da época estudada escrito pelos pesquisadores estudados) e fontes secundárias (estudos historiográficos e obras de apoio a respeito do período e dos autores investigados) (MARTINS, 2005, p. 310) Obras originais não estão facilmente disponíveis, assim nos valem de suas traduções.

acessível, considera-se conveniente inseri-la na formação docente. Nela Galileu demonstrou se sentir incomodado com a narrativa de Vitruvius para o episódio da coroa, uma vez que considerava falho o método atribuído a Arquimedes, por quem tinha grande admiração. O genovês, então, relatou um outro método, baseado em medidas de peso e não de volume, por meio da utilização de uma balança hidrostática. Galileu havia chegado a esse método a partir de investigações que realizou sobre as obras de Arquimedes, em especial a lei das alavancas. Considerava, assim, que Arquimedes deveria tê-lo utilizado. Como relata Martins (2000), documentos medievais encontrados posteriormente corroboram a hipótese de Galileu, uma vez que atribuem esse método a Arquimedes.

Somadas às fontes secundárias estudadas em etapa anterior, as fontes primárias são importantes no processo de fundamentação histórica dos participantes para a atividade subsequente de análise dos livros didáticos.

ETAPA IV

Quinto encontro

Supomos aqui que o grupo de cursistas seja relativamente numeroso e

inclua tanto licenciandos em Física como professores atuantes na Educação Básica. Para a análise dos livros didáticos, sugere-se que, nessas circunstâncias, os participantes sejam divididos em dois grupos. Nessa divisão, é conveniente primar pelo equilíbrio ao levar em conta fatores tais como: a formação dos integrantes (de modo que ambos contenham professores e licenciandos), sexo (ambos os grupos sejam formados por homens e mulheres em proporção equilibrada), indivíduos com fundamentação sobre a História da Ciência no Ensino prévia ao curso e indivíduos que estão estabelecendo no curso o primeiro contato com essa temática (distribuição equilibrada entre os grupos), indivíduos que vêm demonstrando uma participação mais ativa no curso (distribuídos de modo equitativo entre os grupos).¹⁷

Considerando que doze livros foram aprovados no PNLD 2018, cada grupo pode ser contemplado com recortes de seis exemplares, específicos sobre o Princípio de Arquimedes.¹⁸

Como material de apoio auxiliar ao professor do Ensino Superior responsável pela aplicação do curso, indicamos a consulta à análise completa dos recortes dos LD aprovados no PNLD 2018, apresentada no Capítulo 3 da dissertação da qual esse Produto

¹⁷ O organizador pode se valer de dados solicitados previamente em uma ficha de inscrição disponibilizada para os interessados em participar do curso.

¹⁸ Os recortes dos LD encontram-se nos Anexos 1 – 12 do PE.

Educacional faz parte. Essa análise foi também publicada no *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* em artigo intitulado “A História da Ciência no PNL D 2018: o Princípio de Arquimedes como estudo de caso” (HIDALGO; QUEIROZ; OLIVEIRA, 2021).¹⁹

Considerando essa análise prévia detalhada das doze obras, é interessante que a distribuição dos recortes dos exemplares também leve em conta a intenção de equilibrar entre os grupos aqueles nos quais a presença da História

da Ciência é restrita na apresentação do Princípio de Arquimedes e exemplares que, de fato, trazem abordagens histórico-filosóficas para esse conteúdo físico. Uma sugestão de divisão equilibrada nesse sentido é apresentada no Quadro 4. Primeiramente cada grupo deve receber apenas os recortes pertinentes apenas à sua análise. Posteriormente, antes do encontro subsequente, os demais recortes devem ser disponibilizados para cada grupo.

Quadro - 4: Sugestão de divisão dos livros aprovados no PNL D 2018 entre os grupos.

Número	Obras direcionadas ao Grupo 1	Obras direcionadas ao Grupo 2
1	BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Cláudio Xavier. <i>Física aula por aula</i> . 3ª ed., São Paulo, FTD, 2016, V1	BONJORNO, José Roberto <i>et al.</i> <i>Física para o ensino médio</i> . 3ª ed., São Paulo, FTD, 2016, V1
2	DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Villas. <i>Física para o ensino médio</i> . 3ª ed., São Paulo, Saraiva, 2016, V1	GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. <i>Física Interação e Tecnologia</i> . 2ª ed., São Paulo, Leya, 2016, V1
3	FUKUI, Ana; MOLINA, Madson de Melo; VENÊ. <i>Ser Protagonista</i> . 3ª ed., São Paulo, SM, 2016, V1	GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Pereira; CARRON, Wilson. <i>Física para o ensino médio</i> . 2ª ed., São Paulo, Ática, 2016, V1
4	GASPAR, Alberto. <i>Compreendendo a Física</i> . 3ª ed., São Paulo, Ática, 2017, V1	LUZ, Antonio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga; GUIMARÃES, Carla da Costa. <i>Física Contexto e Aplicações</i> . 2ª ed. São Paulo, Scipione, 2016, V1
5	MARTINI, Glorinha; SPINELLI, Walter; REIS, Hugo Carneiro; <i>Conexões com a Física</i> . 3ª ed., São Paulo, Moderna, 2016, V1	PIETROCOLA, Maurício; POGIBIN, Alexander; ANDRADE, Renata; ROMERO, Talita Raquel. <i>Física em contextos</i> . São Paulo, Editora Brasil, 2016, V1
6	YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luís Felipe. <i>Física para o ensino médio</i> . 4ª ed., São Paulo, Saraiva, 2016, V1	TORRES, Carlos Magno A.; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo; PENTEADO, Paulo Cesar Martins. <i>Física Ciência e Tecnologia</i> . 4ª ed., São Paulo, Moderna, 2016, V1

Fonte: própria.

¹⁹Disponível em: < <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/76199>>.

Deve-se considerar que boa parte dos participantes provavelmente está estabelecendo no curso o primeiro contato com discussões relacionadas à História da Ciência. Julga-se conveniente, portanto, que previamente ao início dos trabalhos dos grupos, nesse encontro, o ministrante realize uma síntese dos principais aspectos abordados nos encontros anteriores, os quais servem como diretrizes para a

análise dos livros didáticos: fundamentos historiográficos, legislação didática, visões de ciência e elementos relacionados ao estudo das fontes históricas primárias e secundárias específicas (Quadro 5). Os participantes também devem ter acesso aos *slides* utilizados como apoio nos encontros anteriores (Apêndice I, II, III e IV do PE).

Quadro - 5: Orientações para análise dos livros didáticos a serem apresentadas aos cursistas.

Orientações para análise dos LD	
Visões de Ciência	<ul style="list-style-type: none"> • Individualista ou cooperação • Rígida/ passo a passo na investigação científica • Empirista indutivista – o conhecimento “brota” por <i>insight</i> naturalmente da observação/experimento • Aproblemática/ahistórica – não traz os questionamentos a que o referido conhecimento buscou responder
Historiografia	<ul style="list-style-type: none"> • História estritamente cronológica • História Pedigree – paternidade de um conhecimento atribuída a um indivíduo • Hagiografia – pesquisador endeusado como perfeito; apologia ao pesquisador • Anacronismo – projeção de conceitos/ideias de uma época em outra: às vezes aparece associado a juízo de valor • Diacronismo - cada conceito/ideia contextualizado em sua época; oposto do anacronismo • Internalismo - história estritamente conceitual • Externalismo – história da ciência que engloba fatores religiosos, culturais, políticos, econômicos etc. • História Whig - história de certos e errados; heróis e vilões
Legislação Didática	<ul style="list-style-type: none"> • Equilíbrio entre produto do conhecimento e processo de desenvolvimento da ciência • Rejeição à HC estritamente cronológica; • Rejeição a biografias tipo hagiográficas/apologéticas; • Crítica a apresentação de fórmulas desacompanhadas de referências ao seu desenvolvimento histórico; • Apresentar a ciência como construção humana, mutável, contextualizada historicamente etc.)
Conteúdo Histórico Específico	<ul style="list-style-type: none"> • O trecho traz a pseudo-história de Vitruvius sobre o episódio de Arquimedes? • O trecho traz a versão de Galileu para o episódio? • Como o episódio da coroa se apresenta? • Vimos que Arquimedes não se refere a empuxo; não utiliza esse termo; não realiza uma argumentação empírica; não descreve experimentos na fonte original; utiliza argumentação geométrica.

- | | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Comparar o enunciado do Princípio Arquimedes no livro didático às proposições de Arquimedes que estudamos; observar que ele não realizou a matematização do princípio. |
|--|--|

Fonte: própria.

Deve-se estimular o diálogo entre os integrantes de cada grupo ao longo da realização das análises dos livros didáticos.

ETAPA V

Sexto e Sétimo Encontros

No sexto encontro é realizada a socialização das observações do Grupo 1 sobre o conteúdo relativo ao Princípio de Arquimedes nos seis exemplares encaminhados para análise de acordo com os critérios previamente estabelecidos (Quadro 5). Sugere-se deixar que os integrantes exponham livremente seus comentários sobre os recortes dos livros didáticos.

A cada exemplar comentado, as discussões podem ser abertas de modo a envolverem os integrantes dos dois grupos. O diálogo pode prosseguir sem um controle rígido de tempo, de modo que seja dispendido o necessário para a fluidez dos debates sobre cada recorte.

É importante que o mediador atue quando necessário no sentido de que as contribuições apresentem um bom grau de aprofundamento. O conteúdo escrito apresentado por esses recursos, assim como imagens e a coerência das

abordagens para o Princípio de Arquimedes devem ser observados. Aspectos eventualmente não percebidos pelos participantes podem ser complementados pelo responsável pelo curso. Aspectos novos podem ser evidenciados pelos próprios participantes, o que decorre da pluralidade de olhares e da riqueza desse tipo de discussão em grupos envolvendo indivíduos de diferentes perfis.

No sétimo encontro, é realizada a socialização das observações do Grupo 2 sobre o conteúdo relativo ao Princípio de Arquimedes nos outros seis exemplares encaminhados para análise de acordo com os critérios previamente estabelecidos. Novamente é interessante não delimitar o tempo dispendido na discussão dos recortes de cada obra. Alguns tomam mais tempo por apresentarem mais aspectos a serem debatidos, outros nem tanto.

É importante que o responsável pela mediação no curso atue de modo a fomentar discussões substanciais e que mobilizem os participantes dos dois grupos. Eventualmente, os recortes podem despertar olhares divergentes. Enquanto alguns participantes podem se mostrar satisfeitos com o conteúdo

histórico apresentados por determinados recortes, outros podem apontar o que consideram “falhas” nesses mesmos recortes, o que pode levar a uma percepção plural e enriquecedora do público participante.

ETAPA VI

Oitavo Encontro

Considerando um bom nível de engajamento dos participantes nos debates anteriores, para o último encontro sugere-se uma discussão final sobre a seguinte questão: “Como proceder, enquanto professor, diante dos resultados notados?”

Ao longo das duas últimas etapas anteriores, na discussão de cada exemplar, é provável que comentários intrinsecamente relacionados a essa questão venham à tona. O que fazer diante de livros que trazem pouca ou nenhuma informação histórica relacionada ao Princípio de Arquimedes? Como lidar com tamanha escassez e suas consequências? O que fazer diante de exemplares que indicam a leitura do texto de Martins (2000) ao professor, aparentemente delegando a ele toda a tarefa de transposição didática, ao mesmo tempo em que expõem o conteúdo segundo a narrativa empirista-indutivista, em desacordo com a própria

leitura que recomendam? E quando o livro didático indica essa mesma leitura acadêmica para o aluno do Ensino Médio?! O que fazer se o livro recomenda ao professor a leitura do texto de Silveira e Medeiros (2009)? Estaria o professor preparado para realizar uma transposição didática a partir do conteúdo exposto nesse material?

É interessante que esses questionamentos sejam retomados nessa etapa final do curso de modo que os participantes, com auxílio da mediação, possam refletir e sugerir alternativas para contornar falhas e explorar as boas possibilidades de abordagens histórico-filosóficas apresentadas por alguns exemplares.

O mediador pode, ainda, contemplar o tema da distribuição dos livros didáticos aprovados no PNL D. Os *slides* apresentados no Apêndice VII do PE são baseados no trabalho de Schivani e colaboradores (2020) sobre a distribuição mais recente dos exemplares analisados no curso. O exemplar de Bonjorno e colaboradores (2016), com abordagem mais tradicional e quantitativa, é o mais adotado em vinte e um estados brasileiros, sendo que o segundo mais adotado, o de Barreto Filho e Silva (2016), atingiu essa marca em apenas três estados. Experiências sobre falhas no processo de escolha e

distribuição dos livros didáticos, destacadas por Schivani e colaboradores (2020), podem ser compartilhadas com os cursistas. Essa também pode ser uma oportunidade interessante para apresentar o Guia Digital do PNLD 2018 aos cursistas, com suas informações sobre a análise dos exemplares por especialistas e as resenhas das coleções aprovadas. Esse recurso auxiliar para a escolha do LD costuma ser desconhecido pelos professores atuantes na Educação Básica.

Sugere-se encerrar o encontro formativo com as impressões dos participantes sobre o curso, notando aspectos sobre a recepção da temática proposta e o seu desenvolvimento ao longo das etapas transcorridas.

ORIENTAÇÕES ADICIONAIS AO MINISTRANTE DO CURSO

O curso “Princípio de Arquimedes: uma abordagem multicontextual na formação docente” foi aplicado em formato remoto em dezembro de 2020 em meio à pandemia de Covid 19. Dessa forma, na dissertação da qual esse Produto Educacional é parte integrante, pode-se localizar uma adaptação do curso a esse formato, de modo que atividades síncronas de discussão foram realizadas por meio da

plataforma *GoogleMeet*. Houve também a utilização da rede social *Whatsapp* para a exposição de orientações pelo ministrante sobre as atividades assíncronas de leitura e exposição inicial de comentários dos cursistas à medida que procediam a análise dos recortes didáticos.

Seja em formato remoto ou presencial, é importante que o ministrante esteja bem-preparado em relação aos aspectos físicos e histórico-filosóficos relacionados ao Princípio de Arquimedes contemplados pelo curso. Nesse sentido, sugerimos que o ministrante leia o texto da dissertação na qual o presente Produto Educacional se insere como encarte. Uma discussão detalhada sobre os critérios observados nas análises dos livros didáticos é contemplada nesse texto, por exemplo. Adicionalmente, as referências consultadas para a elaboração dessa proposta devem ser observadas pelo ministrante.

Apresentamos um quadro com descrições das etapas e dos conteúdos abordados em cada uma delas, assim como o tempo previsto para a realização dessas etapas. Contudo, de acordo com o número de participantes do curso, a quantidade de encontros pode variar, assim como o tempo estabelecido para cada encontro. Não aconselhamos a

inversão ou a supressão de etapas previstas, uma vez que há um fio condutor a partir da fundamentação inicial, indispensável para a aquisição de subsídios necessários para a avaliação dos livros didáticos pelos cursistas.

Por fim, consideramos importante frisar que o curso proposto se soma a iniciativas bem fundamentadas de atuação em um dos principais obstáculos à inserção didática da HC: a formação docente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLCHIN, Douglas. Pseudohistory and Pseudoscience. **Science & Education**, Netherlands, 13(3), 179–195, 2004.

ASSIS, André Koch Torres. Sobre os corpos flutuantes, tradução comentada de um texto de Arquimedes. **Revista da SBHC**, Rio de Janeiro, n. 16, p. 69-80, 1996.

BEHRING, João Lino; LUCAS, Mônica; MACHADO, Clodoaldo; BARCELLOS, Ivonete Oliveira. Adaptação no método do peso da gota para determinação da tensão superficial: um método simplificado para a quantificação da CMC de surfactantes no ensino da química. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 492-495, junho 2004.

BELTRAN, Maria Helena Roxo; RODRIGUES, Sabrina Páscoli; ORTIZ, Carlos Eduardo. História da Ciência em sala de aula – Propostas para o ensino das Teorias da Evolução. **História da Ciência e Ensino**, São Paulo, v. 4, p. 49 – 61, 2011.

BRASIL, Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2018.

_____. **PNLD/2018**. Edital de convocação para inscrição no processo de avaliação e seleção de obras didáticas – Ensino Médio. Brasília: MEC, 2015.

CASTOLDI, Rafael; POLINARSKI, Celso Aparecido. A utilização de recursos didático-pedagógicos na motivação da aprendizagem. I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, Ponta Grossa, v. 684, 2009.

DUARTE, Maria da Conceição. A história da ciência na prática de professores portugueses: implicações para a formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 3, p. 317-331, 2004.

FERREIRA, Alexandre Mattos Pires; FERREIRA, Maria Elisa de Matos Pires. A História da Ciência na formação de professores. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, São Paulo, v. 2, p. 1-13, nov. 2010.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello. Preparação de professores para problematização da pseudo-história em materiais didáticos. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, [S. L.], n. Extra, p. 1316-1321, 2013.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello; PIETROCOLA, Maurício; MARTINS, Roberto de Andrade. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 27-59, jan. 2011.

GALILEI, Galileu. La bilancetta a pequena balança ou a balança hidrostática. Trad. Pierre H. Lucie. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, Campinas, (9): 105-107, 1986.

GIL- PÉREZ, Daniel; MONTORO, Isabel Fernandez; ALIS, Jaime Carrascosa; CACHAPUZ, Antônio; PRAIA, João. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **CIÊNCIA & EDUCAÇÃO**, Bauru, v.7, n.2, p.125-153, 2001.

HIDALGO, Juliana Mesquita; QUEIROZ, Daniel de Medeiros; Anselmo, Dory Hélio Aires de Lima. O “Princípio de Pascal” nos livros do PNL D 2018: uma análise crítica multicontextual (histórica e conceitual). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 43, p. x-x, 2021.

MARTINS, André Ferrer Pinto; História e Filosofia da Ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.24, n.1: p.112-131, 2007.

MARTINS, Roberto de Andrade. Abordagens, métodos e historiografia na história da ciência. In MARTINS, Ângela. O tempo e o Cotidiano na História. São Paulo: Fundação para o Desenvolvimento da Educação, (série Idéias, 18), p. 73-78, 1993.

_____. Sobre o papel da história da ciência no ensino. **Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência**. [S. L.], (9): 3-5, 1990.

_____. Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 115-121, jan. 2000.

MATTHEWS, Michael. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, jan. 1995.

PAGLIARINI, Cassiano Rezende; SILVA, Cibelle Celestino. A estrutura dos mitos históricos nos livros de Física. Encontro de pesquisa em ensino de física, São Carlos, v. 10, 2006.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. Física – Volume único. 3ª ed. São Paulo: Editora Atual, 2008. 749 p.

SCHIVANI, Milton; SOUZA, Gustavo Fontoura; LIRA, Natália. Programa Nacional do Livro Didático de Física: subsídios para pesquisas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 42, p. 1-10, 2020.

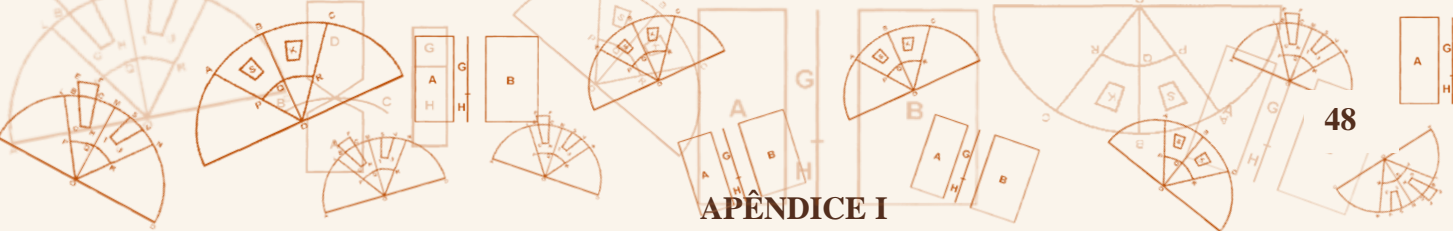
SILVA, Cibelle Celestino; MOURA, Breno Arsioli. A natureza da ciência por meio do estudo de episódios históricos: o caso da popularização da óptica newtoniana. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 1602.1-1602.10, 2008.

SILVA, Cibelle Celestino; PAGLIARINI, Cassiano de Rezende. A Natureza da Ciência em Livros Didáticos. Nature of Science in Physics Textbooks. **XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Curitiba, 2008.

SILVEIRA, Fernando Lang da; MEDEIROS, Alexandre. O paradoxo hidrostático de Galileu e a lei de Arquimedes. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 26, n. 2, p. 273-294, 2009.

.

VALENTE, José Armando. Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. *Educar em revista: Dossiê Educação a Distância*, Curitiba, edição especial (4), p. 79-97, 2014.



APÊNDICE I

ARQUIMEDES NOS LIVROS
DIDÁTICOS - CURSO DE EXTENSÃO



PRESSUPOSTOS HISTORIOGRÁFICOS ATUAIS E VISÕES DE CIÊNCIA

MARA CRISTINA OLIVEIRA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO - DEPARTAMENTO DE FÍSICA

AÇÃO DE EXTENSÃO

O PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES
NOS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLD 2018:
APRECIÇÃO MULTICONTEXTUAL
(CONCEITUAL, HISTÓRICO-FILOSÓFICA E DIDÁTICO-PEDAGÓGICA)

NATAL - 2020

MEMBROS DA EQUIPE



*Prof.ª Dr.ª Juliana
M. Hidalgo*

Orientadora



*Prof.ª Mara
Oliveira*

Mestranda



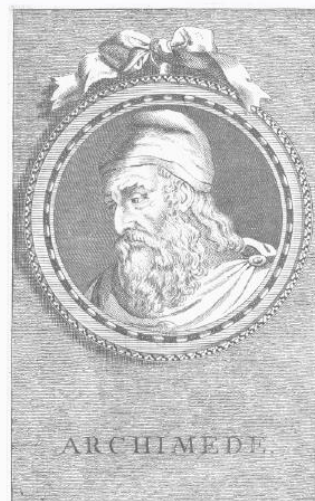
*Prof. Me. Daniel
de M. Queiroz*

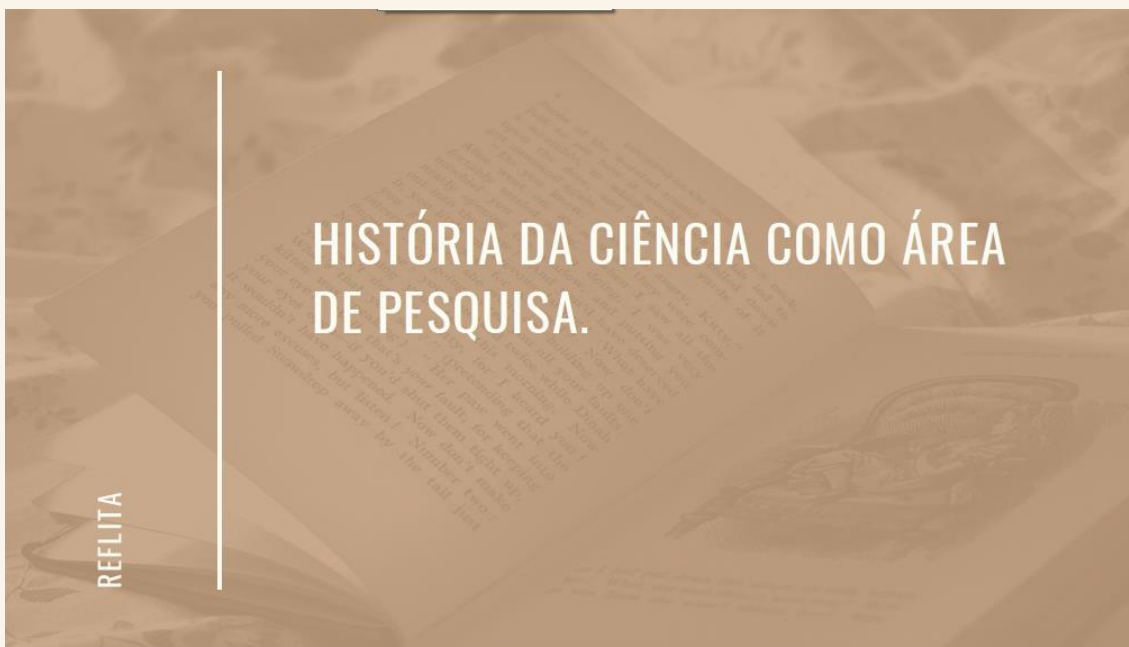
Colaborador

O QUE VAMOS DISCUTIR

TÓPICOS DE HOJE

História da Ciência e
Historiografia atual
Visões de Ciência
Natureza da Ciência
Transposição Didática
Pseudo-história





HISTORIOGRAFIA NO INÍCIO DO SÉC. XX

- LINEAR
 - ANACRÔNICA
 - WHIG
 - HAGIOGRÁFICA
 - PEDIGREE
 - EUROCÊNTRICA
 - SEQUÊNCIAS CRONOLÓGICAS DE TEORIAS E INVENÇÕES
 - IDEIAS DE OUTRAS ÉPOCAS PARECEM FLUIR DIRETAMENTE EM DIREÇÃO A TEORIAS ATUALMENTE ACEITAS
 - INTERNALISMO
-



HISTORIOGRAFIA DA CIÊNCIA ATUALMENTE

- DIACRÔNICA
 - EQUILÍBRIO ENTRE EXTERNALISMO E INTERNALISMO
 - NÃO EUROCÊNTRICA
 - NÃO RESTRITA À CRONOLOGIA
 - DESENVOLVIMENTO DA CIÊNCIA: NÃO LINEAR E HÁ RUPTURAS
 - RESGATA PERSONAGENS ANTES ESQUECIDOS
-

“

HISTÓRIA DA CIÊNCIA

[...] Não há a História da Ciência única, verdadeira, a ser inserida no contexto didático. Por outro lado, certamente acarretariam efeitos contrários aos desejáveis a inclusão de uma História da Ciência do tipo anacrônica, Whig, hagiográfica, embasada na ideia de progresso positivista [...]. Práticas educativas alinhadas a essas visões historiográficas podem colaborar para a propagação de visões simplistas sobre a ciência [...]. Uma História da Ciência puramente internalista pode colaborar para uma visão de ciência neutra. A História da Ciência de cunho hagiográfico colabora para uma visão de ciência individualista e elitista. E, por sua vez, a indicação de que cada descoberta ocorre de forma repentina, em data pontual, se interliga a uma visão empirista-indutivista [...].

”

Hidalgo et al., 2018, p. 104

MAS O QUE SERIA O EMPIRISMO INDUTIVISMO?

REFLITA

VISÕES INGÊNUAS DE CIÊNCIA

SEGUNDO GIL-PÉREZ E COLABORADORES

- CONCEPÇÃO EMPÍRICO-INDUTIVISTA E ATEÓRICA
 - VISÃO RÍGIDA (ALGORÍTMICA, EXATA ...)
 - VISÃO APROBLEMÁTICA E AHISTÓRICA
 - VISÃO INDIVIDUALISTA E ELITISTA
 - VISÃO SOCIALMENTE NEUTRA DA CIÊNCIA
-

“

[...] (re)conhecer as visões deformadas dos professores sobre o trabalho científico, para a partir daí poderem consciencializar e modificar as suas próprias concepções epistemológicas acerca da natureza da ciência e da construção do conhecimento científico

GIL-PÉREZ et al., 2001, p. 125

”

“

NATUREZA DA CIÊNCIA

O conceito de NdC engloba uma variedade de aspectos sobre o que é a ciência, seu funcionamento interno e externo, como constrói e desenvolve o conhecimento que produz, os métodos que usa para validar esse conhecimento, os valores envolvidos nas atividades científicas, a natureza da comunidade científica, os vínculos com a tecnologia, as relações da sociedade com o sistema tecnocientífico e vice-versa, as contribuições desta para a cultura e o progresso da sociedade.

Vásquez-Alonso et al., 2008, p.
34

”

NATUREZA DA CIÊNCIA

[...] a análise de **episódios históricos** permite a discussão sobre modelos de natureza da ciência envolvidos na produção do conhecimento científico. Isso favorece a compreensão do caráter dinâmico da construção da ciência, evidenciando que cada época e cada cultura adotaram critérios próprios para validar a construção do conhecimento. (FORATO, PIETROCOLA, MARTINS, 2011, p. 35)

NATUREZA DA CIÊNCIA

OBRAS EM DESALINHO COM A HISTORIOGRAFIA ATUAL
PODEM CONTRIBUIR PARA A PROPAGAÇÃO DE VISÕES
INGÊNUAS SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA.

MAS COMO TRABALHAR A
TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DA HC?

REFLITA

“

TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

[...] a transposição didática passa a ser vista sob a óptica de outro campo do saber, o das narrativas históricas, e não mais dos conceitos da matemática, seu berço de origem. O saber sábio passa a ser aquele construído pelo historiador das ciências, mas não apenas. Para tornar o processo mais complexo, têm-se os documentos originais, produzidos pelos cientistas, filósofos naturais e demais pensadores de diferentes épocas, os sujeitos que constroem as ciências.

FORATO, MARTINS
PIETROCOLA, 2012, P.127

”

TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

ALGUNS DESAFIOS ENCONTRADOS

- LOCALIZAÇÃO DE TRABALHOS HISTÓRICOS ADEQUADOS
 - SELEÇÃO DO CONTEÚDO HISTÓRICO
 - SIMPLIFICAÇÃO E OMISSÃO
 - UTILIZAR OU NÃO TEXTOS HISTÓRICOS ORIGINAIS
 - NÍVEL DE APROFUNDAMENTO
 - FALTA DE FORMAÇÃO ESPECÍFICA DO PROFESSOR
-

O professor não deve recorrer acriticamente a qualquer História da Ciência, mas sim, é necessário que o profissional reflita sobre “a qual história da ciência se deve recorrer para se atingir os objetivos educacionais”

BALDINATO; PORTO, 2008, P.01

[...] conhecer alguns pressupostos básicos da Historiografia pode auxiliar nos usos da HFC no ensino de ciência, contribuindo para uma leitura mais crítica das versões históricas presentes no ensino de ciências. Essas críticas às distorções da história presentes na educação científica devem-se menos a um preciosismo histórico em si, e voltam-se muito mais à preocupação sobre a visão de ciência que tais versões fomentam em professores e estudantes.

FORATO, PIETROCOLA, MARTINS,
2011, p. 36

PSEUDO-HISTÓRIA

CARACTERÍSTICAS - ALLCHIN, 2004, P. 193

- RELATOS ROMANTIZADOS
- DESCOBERTAS MONUMENTAIS E INDIVIDUAIS
- INSIGHT TIPO EUREKA
- APENAS EXPERIMENTOS CRUCIAIS
- INTERPRETAÇÃO APROBLEMÁTICA DE EVIDÊNCIAS
- SIMPLIFICAÇÃO GENERALIZADA DAS EVIDÊNCIAS



PSEUDO-HISTÓRIA: UM MAU EXEMPLO DE TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

ALGUNS EXEMPLOS

- A QUEDA DA MAÇÃ DE NEWTON
- O EPISÓDIO DA “DESCOBERTA” DA CÉLULA POR ROBERT HOOKE
- ARQUIMEDES E A COROA DO REI

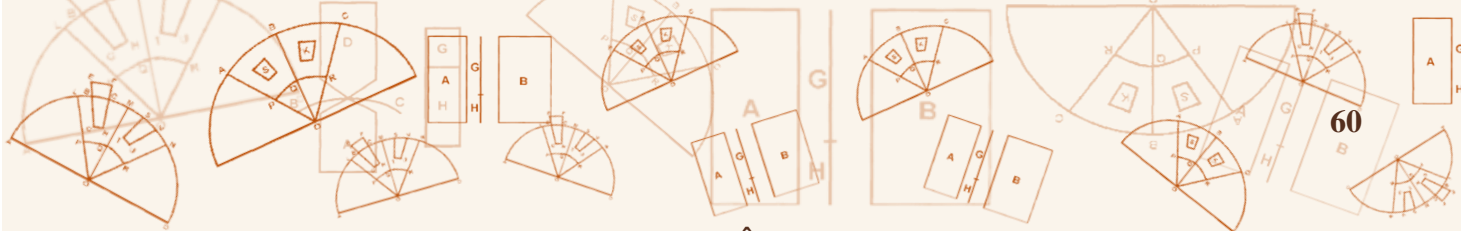
BIBLIOGRAFIA

- ALLCHIN, Douglas. Pseudohistory and pseudoscience. **Science & Education**, v. 13, n. 3, p. 179-195, 2004.
- BALDINATO, José Otávio; PORTO, Paulo Alves. Variações da história da ciência no ensino de ciências. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 6., 2008, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: ABRAPEC, 2008.
- FORATO, Thaís Cyrino de Mello; PIETROCOLA, Maurício; MARTINS, Roberto de Andrade. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.
- FORATO, Thaís Cyrino de Mello; MARTINS, Roberto de Andrade; PIETROCOLA, Maurício. Enfrentando obstáculos na transposição didática da História da Ciência para a sala de aula. In PEDUZZI, L.; MARTINS, André; HIDALGO, Juliana Mesquita. **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**, EdUFRN, 2012.



BIBLIOGRAFIA

- GIL-PÉREZ, Daniel; MONTORO, Isabel Fernández; ALÍS, Jaime Carrascosa; CACHAPUZ, Antônio; PRAIA. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência e Educação**, v.7, n.2, p.125-153, 2001.
- HIDALGO, Juliana Mesquita; ALVES, Jardes Martins; SOUZA, Fabio de Abreu; QUEIROZ, Daniel de Medeiros. A história da ciência (distorcida ou ausente) em livros didáticos: o conteúdo sobre o "experimento de Torricelli" como estudo de caso. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 1, p. 101-124, 2018.
- VÁSQUEZ-ALONSO, Ángel Vázquez-Alonso; MANASSERO-MAS, Maria Antônia; ACEVEDO-DÍAZ José Antônio; ACEVEDO-ROMERO, Pilar. Consensos sobre a Natureza da Ciência: A Ciência e a Tecnologia na Sociedade. **Química Nova na Escola**, n.27, 2008.



APÊNDICE II

ARQUIMEDES NOS LIVROS
DIDÁTICOS - CURSO DE EXTENSÃO



LEGISLAÇÃO EDUCACIONAL E EDITAL DO PNLD 2018

MARA CRISTINA OLIVEIRA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO - DEPARTAMENTO DE FÍSICA

AÇÃO DE EXTENSÃO

O PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES
NOS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLD 2018:
APRECIÇÃO MULTICONTEXTUAL
(CONCEITUAL, HISTÓRICO-FILOSÓFICA E DIDÁTICO-PEDAGÓGICA)

Uma introdução para a aula

NATAL - 2020

TÓPICOS DE HOJE

O que aparece sobre História da Ciência nos seguintes documentos:
BNCC - ENSINO MÉDIO
PCN - ENSINO MÉDIO
DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS
PNLD - 2018



BNCC - ENSINO MÉDIO

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS - 2017

[...] a contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes de cientistas e a datas da história da Ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura.

BNCC - ENSINO MÉDIO

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS - 2017

Competência Específica II:

[...] bem como inteirar-se da evolução histórica dos conceitos e das diferentes interpretações e controvérsias envolvidas nessa construção.

PÁGINA 556

BNCC - ENSINO MÉDIO

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS - 2017

Habilidades:

(EM13CNT201) Analisar e utilizar modelos científicos, propostos em diferentes épocas e culturas para avaliar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo.

PÁGINA 557

PCN ENSINO MÉDIO

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES

CONTEXTUALIZAÇÃO SOCIOCULTURAL:

- Reconhecer o sentido histórico da ciência e da tecnologia, percebendo seu papel na vida humana em diferentes épocas e na capacidade humana de transformar o meio.
- Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolveram por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade.

PÁGINA 13

PCN ENSINO MÉDIO

CONHECIMENTOS DE FÍSICA

[...] é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas.

PÁGINA 22

PCN ENSINO MÉDIO

CONHECIMENTOS DE FÍSICA - CRÍTICAS AO QUE VEM OCORRENDO

Apresenta o conhecimento como um produto acabado, fruto da genialidade de mentes como a de Galileu, Newton ou Einstein, contribuindo para que os alunos concluam que não resta mais nenhum problema significativo a resolver.

PÁGINA 22

PCN ENSINO MÉDIO

MUTABILIDADE NA CIÊNCIA

A Física percebida enquanto construção histórica, como atividade social humana, emerge da cultura e leva à compreensão de que modelos explicativos não são únicos nem finais, tendo se sucedido ao longo dos tempos [..]

PÁGINA 27

PCN ENSINO MÉDIO

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES A SEREM DESENVOLVIDAS EM FÍSICA

Contextualização sociocultural

- Reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico.
- Reconhecer o papel da Física no sistema produtivo, compreendendo a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico.

PÁGINA 29

PCN - CIÊNCIAS

A História das Ciências também é fonte importante de conhecimentos na área. A história das ideias científicas e a história das relações do ser humano com seu corpo, com os ambientes e com os recursos naturais devem ter lugar no ensino, para que se possa construir com os alunos uma concepção interativa de Ciência e Tecnologia não-neutras, contextualizada nas relações entre as sociedades humanas e a natureza. A dimensão histórica pode ser introduzida nas séries iniciais na forma de história dos ambientes e das invenções. Também é possível o professor versar a história das ideias científicas, conteúdo que passa a ser abordado com mais profundidade nas séries finais do ensino fundamental (BRASIL, 2001, p. 32).

EJA

“[...] ao estudar diferentes temas, os alunos precisam ter oportunidades para conhecer as bases lógicas e culturais que apoiam as explicações científicas, bem como para discutir as implicações éticas e os alcances dessas explicações na formulação de visões de mundo.”

“

[...] a análise de episódios históricos permite a discussão sobre modelos de natureza da ciência envolvidos na produção do conhecimento científico. Isso favorece a compreensão do caráter dinâmico da construção da ciência, evidenciando que cada época e cada cultura adotaram critérios próprios para validar a construção do conhecimento.

FORATO, MARTINS, PIETROCOLA,
2011, p. 35

”

MATRIZ DE REFERÊNCIA DO ENEM - 2021

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

COMPETÊNCIA DE ÁREA 1 - COMPREENDER AS CIÊNCIAS NATURAIS E AS TECNOLOGIAS A ELAS ASSOCIADAS COMO CONSTRUÇÕES HUMANAS, PERCEBENDO SEUS PAPÉIS NOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO E NO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL DA HUMANIDADE.

DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS

ENSINO MÉDIO - ARTIGO 6º

INCISO VIII - diversificação: articulação dos saberes com o contexto histórico, econômico, social, ambiental, cultural local e do mundo do trabalho, contextualizando os conteúdos a cada situação, escola, município, estado, cultura, valores, articulando as dimensões do trabalho, da ciência, da tecnologia e da cultura:

b) a ciência é conceituada como o conjunto de conhecimentos sistematizados, produzidos socialmente ao longo da história, na busca da compreensão e transformação da natureza e da sociedade;

OUTRAS DISCIPLINAS

BIOLOGIA

“mais importante é tratar esses conhecimentos de forma contextualizada, revelando como e por que foram produzidos, em que época, apresentando a história da Biologia como um movimento não linear e frequentemente contraditório” (BRASIL, 2000, p.19).

OUTRAS DISCIPLINAS

QUÍMICA

“não deve ser entendido como um conjunto de conhecimentos isolados, prontos e acabados, mas sim uma construção da mente humana, em contínua mudança. A História da Química, como parte do conhecimento socialmente produzido, deve permear todo o ensino de Química, possibilitando ao aluno a compreensão do processo de elaboração desse conhecimento, com seus avanços, erros e conflitos”. (BRASIL, 2000, p.31).

OUTRAS DISCIPLINAS

MATEMÁTICA

“A utilização da História da Matemática em sala de aula também pode ser vista como um elemento importante no processo de atribuição de significados aos conceitos matemáticos. É importante, porém, que esse recurso não fique limitado à descrição de fatos ocorridos no passado ou à apresentação de biografias de matemáticos famosos”(BRASIL, 2006, v.2, p. 86).

PNLD 2015

“CONTEMPLA A HISTÓRIA DA CIÊNCIA ARTICULADA AOS ASSUNTOS DESENVOLVIDOS, EVITANDO REDUZI-LA A CRONOLOGIAS, BIOGRAFIAS DE CIENTISTAS OU A DESCOBERTAS ISOLADAS” (BRASIL, 2015, P. 22).

PNLD - 2018

ANEXO III - PRINCÍPIOS E CRITÉRIOS PARA A AVALIAÇÃO DE OBRAS DIDÁTICAS DESTINADAS AO ENSINO MÉDIO

[...] uma atividade social e cultural humana, realizada por indivíduos em articulação, ou seja, de modo coletivo, esse processo caracteriza-se também pela sua historicidade. Assim, todas as construções do conhecimento físico são fortemente permeadas pelos contextos sócio-políticocultural-histórico-econômicos em que se desenvolvem.

PÁGINA 54

PNLD - 2018

ANEXO III - PRINCÍPIOS E CRITÉRIOS PARA A AVALIAÇÃO DE OBRAS DIDÁTICAS DESTINADAS AO ENSINO MÉDIO

Assim, deve-se valorizar não a sua estrutura conceitual, os conhecimentos físicos propriamente ditos, mas também os principais aspectos de sua história e das suas formas particulares de se constituir. Isso significa abrir espaços para discussões em que elementos da História e da Epistemologia da Física estejam presentes.

PÁGINA 54

PNLD 2018

ANEXO III - PRINCÍPIOS E CRITÉRIOS PARA A AVALIAÇÃO DE OBRAS DIDÁTICAS DESTINADAS AO ENSINO MÉDIO

3.4.2. CRITÉRIOS ELIMINATÓRIOS DA ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

D) DESENVOLVE OS CONTEÚDOS E AS ATIVIDADES, DE FORMA CONTEXTUALIZADA, CONSIDERANDO TANTO A DIMENSÃO SOCIAL E HISTÓRICA DA PRODUÇÃO DE CONHECIMENTO QUANTO À DIMENSÃO VIVENCIAL DOS ESTUDANTES NO QUE SE REFERE À PREPARAÇÃO PARA A VIDA E PARA O EXERCÍCIO PROFISSIONAL NO MUNDO DO TRABALHO;

PÁGINA 55

PNLD 2018

ANEXO III - PRINCÍPIOS E CRITÉRIOS PARA A AVALIAÇÃO DE OBRAS DIDÁTICAS DESTINADAS AO ENSINO MÉDIO

3.4.2.3. CRITÉRIOS ELIMINATÓRIOS ESPECÍFICOS PARA O COMPONENTE CURRICULAR FÍSICA

E. UTILIZA ABORDAGENS DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DAS TEORIAS FÍSICAS, SINALIZANDO MODELOS DE EVOLUÇÃO DESSAS TEORIAS QUE ESTEJAM EM CONSONÂNCIA COM VERTENTES EPISTEMOLÓGICAS CONTEMPORÂNEAS;

PÁGINA 58

PNLD 2018

ANEXO III - PRINCÍPIOS E CRITÉRIOS PARA A AVALIAÇÃO DE OBRAS DIDÁTICAS DESTINADAS AO ENSINO MÉDIO

3.4.2.3. CRITÉRIOS ELIMINATÓRIOS ESPECÍFICOS PARA O COMPONENTE CURRICULAR FÍSICA

M. APRESENTA EXPRESSÕES MATEMÁTICA DE LEIS, SEMPRE ACOMPANHADAS DE SEUS ENUNCIADOS PRÓPRIOS E EM FORMA ADEQUADA, BEM COMO DA ESPECIFICAÇÃO DE SUAS CONDIÇÕES DE PRODUÇÃO OU CRIAÇÃO;

PÁGINA 58

PNLD 2018

ANEXO III - PRINCÍPIOS E CRITÉRIOS PARA A AVALIAÇÃO DE OBRAS DIDÁTICAS DESTINADAS AO ENSINO MÉDIO

3.4.2.3. CRITÉRIOS ELIMINATÓRIOS ESPECÍFICOS PARA O COMPONENTE CURRICULAR FÍSICA

Q. APRESENTA OS CONTEÚDOS CONCEITUAIS DA FÍSICA SEMPRE ACOMPANHADOS, OU PARTINDO DE SUA NECESSÁRIA CONTEXTUALIZAÇÃO, SEJA EM RELAÇÃO AOS SEUS CONTEXTOS SÓCIO-CULTURAL-HISTÓRICO-ECONÔMICOS DE PRODUÇÃO, SEJA EM RELAÇÃO A CONTEXTOS COTIDIANOS EM QUE SUAS UTILIZAÇÕES SE FAÇAM PERTINENTES, EVITANDO A UTILIZAÇÃO DE CONTEXTUALIZAÇÕES ARTIFICIAIS PARA ESSES CONTEÚDOS.

PÁGINA 58

PNLD 2018

ANEXO III - PRINCÍPIOS E CRITÉRIOS PARA A AVALIAÇÃO DE OBRAS DIDÁTICAS DESTINADAS AO ENSINO MÉDIO

3.4.2.3.1. MANUAL DO PROFESSOR

B. APRESENTA UMA PROPOSTA DIDÁTICO-PEDAGÓGICA QUE COMPREENDA NÃO SÓ O PAPEL MEDIADOR DO PROFESSOR DE FÍSICA NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM DO ESTUDANTE, COMO TAMBÉM A SUA ESPECIFICIDADE NA CONDUÇÃO DAS ATIVIDADES DIDÁTICAS, PROCURANDO, ASSIM, SUPERAR VISÕES DE CIÊNCIA EMPIRISTAS E INDUTIVISTAS;

PÁGINA 59

PNLD 2018

ANEXO III - PRINCÍPIOS E CRITÉRIOS PARA A AVALIAÇÃO DE OBRAS DIDÁTICAS DESTINADAS AO ENSINO MÉDIO

3.4.2.3.1. MANUAL DO PROFESSOR

E. ESTIMULA O PROFESSOR A CONTINUAR INVESTINDO EM SUA PRÓPRIA APRENDIZAGEM, AMPLIANDO OS SEUS CONHECIMENTOS DE E SOBRE FÍSICA, BEM COMO SOBRE AS MÚLTIPLAS FORMAS DE DESENVOLVER AS SUAS ATIVIDADES DE ENSINO;

PÁGINA 59

BIBLIOGRAFIA

- BRASIL, Ministério da Educação. **PNLD/2018**. Edital de convocação para inscrição no processo de avaliação e seleção de obras didáticas – Ensino Médio. Brasília: MEC, 2015. Disponível em: <<https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/consultas/editais-programas-livro/item/7932-pnld-2018>>. Acesso em:
- BRASIL, Ministério da Educação. **Matriz de Referência do ENEM 2021**. Brasília: MEC, 2021. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/matriz-de-referencia>>. Acesso em:
- BRASIL, Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>>. Acesso em:

PÁGINA 29

BIBLIOGRAFIA

- BRASIL, Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/programa-saude-da-escola/195-secretarias-112877938/seb-educacao-basica-2007048997/12598-publicacoes-sp-265002211>>. Acesso em:
- BRASIL, Ministério da Educação. **Ciências Naturais na Educação de Jovens e Adultos**. Brasília: MEC, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/content/article/194-secretarias-112877938/secad-educacao-continuada-223369541/13534-material-da-proposta-curricular-do-2o-segmento>>. Acesso em:

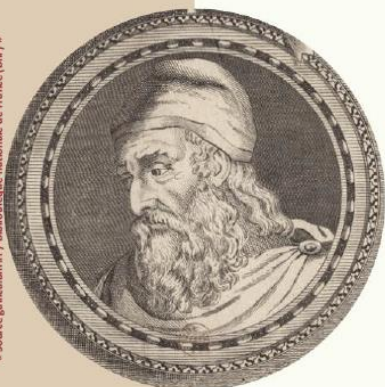
PÁGINA 29

BIBLIOGRAFIA

- BRASIL, Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/docman/novembro-2018-pdf/102481-rceb003-18/file>>. Acesso em:
- BRASIL, Ministério da Educação. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2006. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=13558>>. Acesso em:

ARQUIMEDES NOS LIVROS
DIDÁTICOS - CURSO DE EXTENSÃO

« Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France (BnF) »



Discussão dos artigos:

Arquimedes e a coroa do rei:
problemas históricos

O Paradoxo Hidrostático
de Galileu e a Lei de Arquimedes

MARA CRISTINA OLIVEIRA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO - DEPARTAMENTO DE FÍSICA

AÇÃO DE EXTENSÃO

O PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES
NOS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLD 2018:
APRECIÇÃO MULTICONTEXTUAL
(CONCEITUAL, HISTÓRICO-FILOSÓFICA E DIDÁTICO-PEDAGÓGICA)

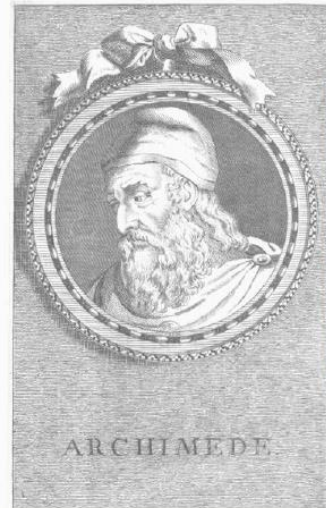
Uma introdução para a aula

NATAL - 2020

TÓPICOS DE HOJE

Arquimedes e a coroa do rei:
problemas históricos

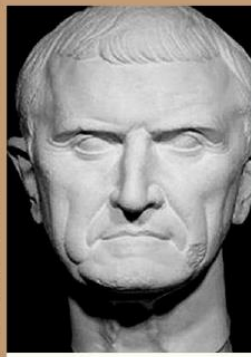
O paradoxo hidrostático de Galileu
e a Lei de Arquimedes



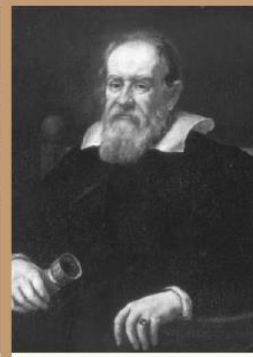
« Source gallica.jstor.fr / Bibliothèque nationale de France (BnF) »



Arquimedes
287 - 212 a.C.



Marcus
Vitruvius Pollio
81 - 15 a.C.



Galileu Galilei
1564 - 1642

ARQUIMEDES E A COROA DO REI: PROBLEMAS HISTÓRICOS



Autor

Roberto de Andrade Martins

Referência

Caderno Cat. Ensino Física, v. 17, p.115 -121, 2000.

Abordagem

Análise histórico-filosófica sobre o episódio de Arquimedes e a coroa do rei Hieron, contemplando as versões vitruviana e galileana.

ROBERTO DE ANDRADE MARTINS



Atualmente é professor colaborador na Universidade Federal do Estado de São Paulo – UNIFESP

Doutor em Filosofia pela Universidade Estadual de Campinas

Livre Docente em Física pela Universidade Estadual de Campinas – Unicamp

Pós-doutorado em História da Ciência em Oxford, Cambridge e Oklahoma

Possui mais de 200 livros e artigos publicados.

Sobre a narrativa de Vitruvius:

- ❖ Quem foi Vitruvius? Em que época viveu?
- ❖ O que a narrativa vitruviana apresenta?
- ❖ Como ela chegou até nós?
- ❖ Como Arquimedes é descrito nesta narrativa?
- ❖ Que visões (ingênuas) sobre a ciência a narrativa transmite?
- ❖ A narrativa traz características de pseudo-história?
- ❖ Qual foi o método utilizado por Arquimedes?

Vamos analisar alguns aspectos:

- **A coerência**
 - ❖ Por que um escravo encheria a banheira até a borda?
 - ❖ Um filósofo grego, realmente, sairia nu gritando e correndo pelas ruas da cidade?
 - ❖ O ourives teria coragem de roubar o rei?
- **Ponto de vista histórico**
 - ❖ Vitruvius viveu dois séculos após Arquimedes.
 - ❖ Arquimedes não deixou referência ao episódio da coroa.
- **Ponto de vista físico**
 - ❖ Tensão superficial da água.
 - ❖ Variação do nível da água.

Aproximação matemática utilizando medidas atuais:

- Supondo que a coroa tivesse peso = 1000 g e 20 cm de diâmetro
- Sabendo-se que a densidade do ouro = 19,28 g/cm³

Calculando o volume da coroa

$$\text{densidade}(\rho) = \frac{\text{massa}(m)}{\text{volume}(v)}$$

$$\frac{19,28g}{\text{cm}^3} = \frac{1000g}{v} \rightarrow v = 51,86 \approx 52\text{cm}^3$$

Aproximação matemática utilizando medidas atuais:

- O recipiente necessário para acomodar a coroa teria, aproximadamente, 314 cm²
- Uma vez que $\text{área}(A) = \pi r^2$

Calculando a subida do nível do líquido

$$\text{volume}(v) = \text{área}(A) \cdot \text{altura}(h)$$

$$\frac{52 \text{ cm}^3}{314 \text{ cm}^2} = h \rightarrow h = 0,16 \text{ cm}$$

Medida do líquido derramado

➤ Segundo Vitruvius:

"Assim, depois de retirado o corpo, ele colocou de volta a água que faltava, medindo-a com um *sextarius*, de tal modo que o nível voltou à borda, como inicialmente." (MARTINS, 2000, p. 117 – 118)



Fonte: Wikipédia

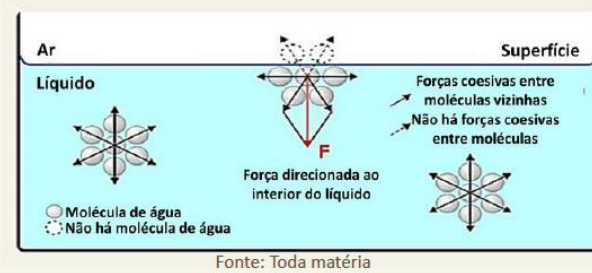
"O *sextarius* era uma medida romana de volume (0,547 litros, em valores atuais), que tinha esse nome por ser equivalente a 1/6 do *congius*. O *congius* correspondia a aproximadamente um galão moderno." (MARTINS, 2000, p. 118)

Algumas unidades romanas de medida

Antigas unidades romanas de comprimento		
Unidade Romana (nome traduzido)	Relação com o pé romano	Equivalente no sistema métrico
Dedo	1/16	18.5 mm
Polegada	1/12	24.6 mm
Palma	1/4	74 mm
Palma maior	3/4	222 mm
Pé e uma palma	5/4	370 mm
Cúbito	3/2	444 mm
Passo	5/2	0.74 m
Passada	5	1.48 m
Poleiro	10	2.96 m
Milha romana	5000	1.48 km

Antigas unidades romanas de volume		
Unidade Romana	Relação com congius	Equivalente no sistema métrico
Ligula	1/288	0.0114 L
Cyathus	1/72	0.045 L
acetabulum	1/48	0.068 L
Quartarius	1/24	0.136 L
Sextarius	1/6	0.546 L
urna	4	13.1 L
culeus	160	524 L

Tensão superficial da água, análise atual:



Vamos avançar até o século XVII:

➤ Qual a opinião de Galileu sobre o método atribuído por Vitruvius a Arquimedes?

[...] Galileo Galilei, que comentou sobre isso em um pequeno trabalho chamado La bilancetta. Nesse trabalho, ele afirmou que o método utilizando a quantidade de água que transbordava do recipiente seria "muito grosseiro e longe da perfeição", ou "de todo falho" (MARTINS, 2000, p. 119)

➤ Quais dúvidas Galileu levanta?

- A impossibilidade de fazer as medidas de volume

➤ Qual alternativa Galileu propõe?

- Arquimedes teria utilizado medidas de peso e não de volume.
- Pesar a coroa e os blocos de ouro e prata na água e no ar, utilizando uma balança hidrostática.

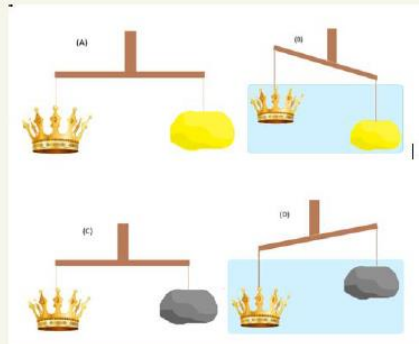
Proposta de Galileu



Fonte: TORRES *et al.*, 2016, p. 132

Cada corpo mergulhado em um líquido sofre uma força vertical para cima, que será igual ao peso do líquido deslocado. Arquimedes pegou a coroa de peso P e um bloco de ouro, também de peso P , medidos no ar. Ele não sabia se a coroa era de ouro puro ou não, então Arquimedes colocou os dois objetos mergulhados na água, cada um suspenso por um fio, sustentado por uma haste horizontal comum. O resultado disso era uma balança, onde cada lado ficava mergulhado na água. Se os pesos da coroa e do bloco são iguais, mas a coroa é falsa, ela tem uma densidade diferente da densidade do bloco de ouro. Se o bloco de ouro tem volume V_2 , ele desloca um volume de água V_2 . Se a coroa tem volume V_3 , ela desloca um volume de água V_3 . Como a coroa era de ouro e prata, seu peso na água era menor do que o do bloco de ouro puro.

Proposta de Galileu



Imagens ilustrativas da balança hidrostática em equilíbrio no ar para a coroa e massas iguais de ouro e prata e, em desequilíbrio quando imersos em água. (A) Coroa e bloco de ouro em equilíbrio no ar. (B) mergulhados em água a coroa apresenta o peso aparente menor que o ouro. A densidade da coroa é menor que a densidade do ouro. Portanto, houve fraude. (C) bloco de prata e coroa em equilíbrio no ar. (D) mergulhados em água a coroa apresenta o peso aparente maior que o bloco de prata. A densidade da coroa é maior que a do bloco de prata.

Em relação à narrativa de Galileu sobre o episódio

- ❖ Galileu viveu no século XVII. Podemos confiar no seu relato?
- ❖ No que ele se baseou para fundamentar sua versão?
- ❖ À época de Arquimedes a balança hidrostática já existia?

Sobre a narrativa de Galileu para o episódio

➤ Podemos afirmar que sua narrativa é “verdadeira”?

➤ Documentos antigos que corroboram a versão de Galileu.

"Um texto do século XII, chamado *Mappae clavicula*, fornece indicações precisas sobre como fazer as pesagens dentro da água e, a partir daí, calcular a porcentagem de prata utilizada." (MARTINS, 2000, p. 120)

"[...] poema latino do século IV ou V d.C. (*Carmen de ponderibus et mensuris*), onde está descrito o uso da balança hidrostática para resolver o problema da coroa e onde esse método é explicitamente atribuído a Arquimedes." MARTINS, 2000, p. 120)

O PARADOXO HIDROSTÁTICO DE GALILEU E A LEI DE ARQUIMEDES



Autores

Fernando Lang da Silveira & Alexandre Medeiros

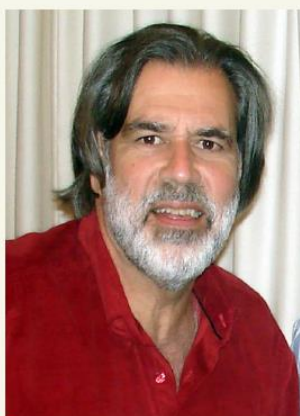
Referência

Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 26, p. 273 - 294, 2009.

Abordagem

Análise conceitual e experimental do Paradoxo hidrostático de Galileu e sua conexão com a Lei de Arquimedes.

FERNANDO LANG DA SILVEIRA

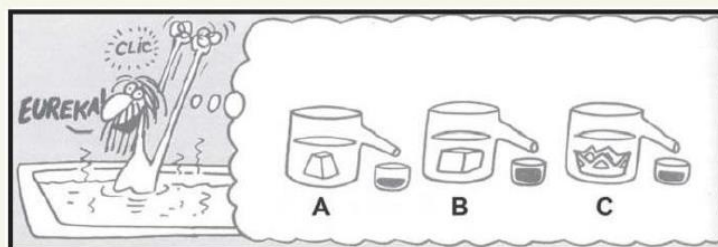


Graduação em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Mestrado em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Doutorado em Educação pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Atualmente é professor titular aposentado (2017) e professor colaborador convidado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tem experiência na área de Física, com ênfase em Pesquisa Em Ensino de Física, atuando principalmente nos seguintes temas: métodos quantitativos aplicados à pesquisa, história e filosofia da ciência, tópicos em física geral.



Graduado em Licenciatura em Física pela Universidade Federal de Pernambuco, Mestrado em Ensino de Ciências (Modalidades Física, Química e Biologia) pela Universidade de São Paulo e PhD em Science Education (University of Leeds). Tem experiência na área de História e Filosofia da Ciência aplicada ao ensino da Física, assim como nas áreas de Formação de Conceitos Científicos e Matemáticos e de Instrumentação para o Ensino da Física.

Utilização de experimento tradicional que reforça a visão ingênua do empirismo-indutivismo



➤ Princípio de Arquimedes nos livros didáticos

- *“todo corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido por ele deslocado”.*

REFLITA

- **Afinal que problema há com esse experimento?**
- **O que há de errado com o enunciado do Princípio de Arquimedes segundo os autores?**
- **Que visão de ciência transparece?**
- **Proposta dos autores**
 - *“todo corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido contido em um volume idêntico ao volume submerso do corpo no fluido.”*

PARADOXO HIDROSTÁTICO
DE GALILEU

Em relação ao artigo de Silveira & Medeiros

- **Qual visão de ciência os autores buscam combater?**
 - Fortes críticas ao empirismo-indutivismo.
 - *“O ensino tradicional da Física tem padecido, dentre outros problemas, de uma exagerada tendência indutivista ingênua que, ignorando a complexidade da produção do conhecimento científico, costuma vincular a geração de idéias e teorias às observações empíricas, de uma forma direta e praticamente sem qualquer intermediação teórica ”*
 - *“Este indutivismo ingênuo e simplificador reengendra a história da ciência, na tentativa inglória de justificar as práticas pedagógicas nele fundamentadas, causando assim equívocos e distorções que precisam ser devidamente reparados”*
 - *“A atitude indutivista ingênua no ensino da Física simplifica a sua história, ao ignorar a importância dos pressupostos teóricos e da existência de contextos de validade nas afirmações científicas, produzindo freqüentemente uma série de mitos e enigmas que necessitam ser esclarecidos.”*

PARADOXO HIDROSTÁTICO
DE GALILEU

Em relação ao artigo de Silveira & Medeiros

➤ **Qual visão de ciência os autores buscam combater?**

- *“A principal peça de convencimento educacional comumente oferecida pelos livros didáticos de Física para que o aprendiz aceite a validade de tal afirmativa de Arquimedes é um “experimento” no qual um corpo é inicialmente colocado a flutuar em um vaso já repleto de água. No referido “experimento” – usualmente ilustrado nos livros – toda a água que extravasa do recipiente é recolhida e convenientemente pesada”.*

➤ **Os autores trazem que Galileu já questionou esse método no século XXVII**

- *“[...] a Lei de Arquimedes tem sido um alvo preferencial de vários estudos educacionais, sob diferentes enfoques pedagógicos.”*
- *“[...] este tal experimento tem sido assumido como uma peça de evidência válida, convincente e insofismável da referida Lei de Arquimedes, sem que se leve em conta que a justeza deste argumento já houvesse sido criticada no século XVII por Galileu, dando origem ao seu célebre Paradoxo Hidrostático”.*

➤ **O que os autores buscam resgatar com este trabalho?**

- O Paradoxo Hidrostático de Galileu, apoiados na obra de Joseph Snir.

LEI DE ARQUIMEDES

Como é apresentada a Lei de Arquimedes

➤ **Nos livros didáticos**

- *“todo corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido por ele deslocado”.*

➤ **Proposta dos autores**

- *“todo corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido contido em um volume idêntico ao volume submerso do corpo no fluido.”*

EXPERIMENTO
DOCUMENTADO



PARADOXO HIDROSTÁTICO
DE GALILEU

Segundo os autores

- **Quando a Lei de Arquimedes como a conhecemos é válida?**
 - *quando o nível do líquido no recipiente antes e depois da introdução do corpo flutuante permanecer o mesmo.*
- **Como isto é possível?**
 - *se o recipiente estiver inicialmente com a sua capacidade máxima preenchida e, então, transbordar quando da imersão do corpo*
 - *quando o volume do corpo for desprezível em relação ao volume de fluido no recipiente*

Abordagem experimental

- **Quais são as formas de abordagens propostas pelos autores ?**
 - O Paradoxo de Galileu e o modelo da balança hidrostática
 - Utilizando o conceito de energia potencial gravitacional
 - Aplicando a Lei de Stevin
- **Segundo os autores, que condição de flutuação é encontrada?**
 - “[...] a condição de flutuação não faz referência direta a volumes deslocados, mas sim ao desnível entre a base do corpo flutuante e a superfície de separação do líquido com a atmosfera, ou ainda, à densidade do material que constitui o corpo sólido e à densidade do líquido”.



Olhando de perto

- **Para concluir**
 - As abordagens das condições de flutuação aqui apresentadas tentam romper esse discurso ideológico tradicional, repleto de lacunas, calcado em pressupostos empiristas-indutivistas, que pretende que de experimentos se possa induzir as leis da natureza, tão presente na pedagogia tradicional do ensino da Física.



ARQUIMEDES NOS LIVROS
DIDÁTICOS - CURSO DE EXTENSÃO

« Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France (BnF) »



Discussão das fontes primárias:

Sobre os corpos flutuantes

Arquimedes

La bilancetta

Galileu Galilei

MARA CRISTINA OLIVEIRA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO - DEPARTAMENTO DE FÍSICA

AÇÃO DE EXTENSÃO

O PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES
NOS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLD 2018:
APRECIÇÃO MULTICONTEXTUAL
(CONCEITUAL, HISTÓRICO-FILOSÓFICA E DIDÁTICO-PEDAGÓGICA)

Uma introdução para a aula

NATAL - 2020

O QUE VAMOS DISCUTIR

TÓPICOS DE HOJE

Sobre os corpos flutuantes

La bilancetta



« Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France (bnf) »

SOBRE OS CORPOS FLUTUANTES



« Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France (bnf) »

Autor Arquimedes

Tradução André Koch Torres de Assis

Referência

Revista da SBHC, n. 16, p. 69-80,1996

Abordagem

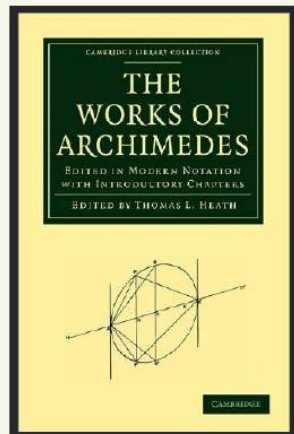
Tradução comentada da obra de Arquimedes *Sobre os corpos flutuantes*, feita a partir da tradução em inglês dos trabalhos de T. L. Heath: (Arquimedes, 1912 e 1952)

André Koch de Assis



Graduação em Física pela Universidade Estadual de Campinas (1983) e doutorado em Física pela Universidade Estadual de Campinas (1987). Atualmente é professor associado da Universidade Estadual de Campinas. Tem experiência na área de Física, com ênfase em Física Geral, atuando principalmente nos seguintes temas: fundamentos da física, eletrodinâmica de Weber, força de Ampère entre elementos de corrente, princípio de Mach, mecânica relacional, cosmologia, eletromagnetismo, plasma e história da física.

Thomas L. Heath



Sir Thomas Little Heath (1861-1940) era um funcionário público britânico, matemático, erudito clássico, historiador da matemática da Grécia antiga, tradutor e alpinista. Ele foi educado no Clifton College.

Sobre os corpos flutuantes

Estima-se que o Tratado Sobre os corpos flutuantes date de meados do século III. Ele é composto de dois volumes. O volume 1 traz o postulado 1 e as proposições de 1 a 7 e, o postulado 2 com as proposições 8 e 9. No primeiro livro são apresentados os princípios gerais que regem o equilíbrio dos fluidos e, no segundo, os cálculos das posições de equilíbrio de seções de parabolóides. O texto grego integral está disponível somente no “Palimpsesto de Arquimedes”, que ainda está em processo para ser decifrado.

Assis fez a tradução a partir da obra de Heath, incluindo seus comentários. Inicialmente aborda-se a narrativa de Vitruvius sobre o episódio da coroa até o episódio do banho com a intenção de situar o leitor sobre a importância do postulado apresentado e das suas proposições.

Comparando a fonte primária de Arquimedes ao enunciado atual do Princípio de Arquimedes

➤ Há diferenças? Há semelhanças? Quais?

Analisando...

- Os argumentos de Arquimedes são de natureza empírica?
- Ele descreve, explica experimentos?
- Há formulação algébrica?
- Há descrição fenomenológica?

Analisando...

- Nos trechos selecionados do tratado Sobre os corpos flutuantes, é possível identificar característica(s) do moderno Princípio de Arquimedes? Se sim, qual(ais)?
 - “Qualquer sólido mais leve do que um fluido ficará, caso colocado no fluido, submerso de tal forma que o peso do sólido será igual ao peso do fluido deslocado”.
 - “Se um sólido mais leve do que um fluido for forçadamente submerso nele, o sólido será impelido para cima com uma força igual a diferença entre seu peso e o peso do fluido deslocado.”
 - “Um sólido mais pesado do que um fluido descera, se colocado nele, ao fundo do fluido, e o sólido será, quando pesado no fluido, mais leve do que seu peso real pelo peso do fluido deslocado”.
 - “todo corpo mergulhado em um líquido sofre um **empuxo** de baixo para cima igual ao peso do fluido por ele deslocado”.

$$E = \rho v g$$

Sobre os corpos flutuantes

➤ **Depois de verificar os dados informados anteriormente, podemos concluir que:**

- Não são notados nas proposições transcritas o termo empuxo e a formulação matemática que conhecemos. São elementos posteriores, derivados de uma construção histórica.

Sobre os corpos flutuantes

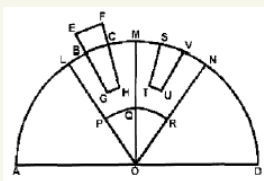
Analisando...

➤ **Qual a natureza dos argumentos de Arquimedes?**

- Arquimedes utiliza geometria euclidiana para apresentar, em proposições, conceitos fundamentais da hidrostática.
- Ele descreve o que ficaria conhecido atualmente como Princípio de Arquimedes.

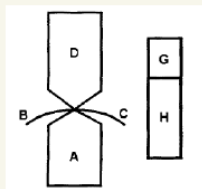
Analisando...

> Proposição 5

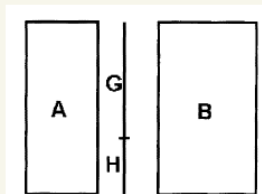


Pois seja o sólido EGHF e BGHC sua porção submersa quando o fluido está em repouso. [...] conceba uma pirâmide com vértice O incluindo o sólido, e uma outra pirâmide com o mesmo vértice contínua com a primeira, sendo igual e similar a ela. Suponha uma porção do fluido STUV na base da segunda pirâmide sendo igual e similar à porção submersa do sólido; [...]. Então, como a pressão sobre as partes do fluido em PQ e QR têm de ser iguais para que o fluido possa permanecer em repouso, segue-se que o peso da porção STUV do fluido tem de ser igual ao peso do sólido EGHF. E a primeira porção é igual ao peso do fluido deslocado pela porção submersa do sólido BGHC.


> Proposição 6



> Proposição 7



Analizando...

- **Quais expressões utilizadas por Arquimedes podemos relacionar ao conceito de densidade?**
 - Nas proposições são utilizadas as expressões **mais leve** e **mais pesado**, quando Arquimedes relaciona o corpo imerso com o líquido. Na época, o conceito de densidade não estava ainda definido, embora já houvesse a concepção da ideia.
- **Arquimedes utiliza a palavra fluido em suas proposições. Na fonte primária o que é fluido?**
 - À época de Arquimedes, o conceito de fluido se atinha aos líquidos.
- **Nas proposições Arquimedes relata algum experimento?**
 - Experimentos não são relatados na argumentação.
- **Na obra Arquimedes não faz menção ao episódio da coroa.** 

15

Encerrando...

- **Proposição de Heath a respeito de como Arquimedes determinou as proporções de ouro e prata na coroa**
 - O peso da coroa é representado por W , w_o e w_p os pesos de ouro e prata contidos na coroa, respectivamente, tal que $W = w_o + w_p$
 - Tome um peso W de ouro puro e pese-o num fluido. A perda aparente de peso é então igual ao fluido deslocado. Se F_o , denota este peso, F_o é conhecido assim como resultado da operação de pesagem.
 - O peso do fluido deslocado por um peso w_o de ouro é $\frac{w_o}{W} \cdot F_o$
 - Tome um peso W de prata pura e realize a mesma operação. Se F_p for a perda de peso quando a prata é pesada no fluido, encontramos de maneira semelhante que o peso do fluido deslocado por w_p é $\frac{w_p}{W} \cdot F_p$
 - Por último pese a própria coroa no fluido, e seja F a perda de peso. Portanto o peso do fluido deslocado pela coroa é F

$$\frac{w_o}{W} \cdot F_o + \frac{w_p}{W} \cdot F_p = F$$

Encerrando...

$$\frac{w_o}{W} \cdot F_o + \frac{w_p}{W} \cdot F_p = F$$

$$w_o F_o + w_p F_p = (w_o + w_p) F$$

$$\frac{w_o}{w_p} = \frac{F_p - F}{F - F_o}$$

- O autor afirma que este procedimento corresponde ao citado no poema de *Ponderibus et Mensuris* (500 d.C.)

Relembrando...

- Os argumentos de Arquimedes não são de natureza empírica.
- Não há formulação algébrica.
- A palavra fluidos na obra de Arquimedes se refere a líquidos.
- A palavra empuxo não aparece nas proposições de Arquimedes.
- Havia a ideia sobre densidade, mas ainda não havia o conceito.
- Há descrição fenomenológica.
- Arquimedes usa geometria euclidiana.
- Arquimedes não faz menção ao episódio da coroa.

LA BILANCETTA



« Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France Paris »

Autor

Galileu Galilei

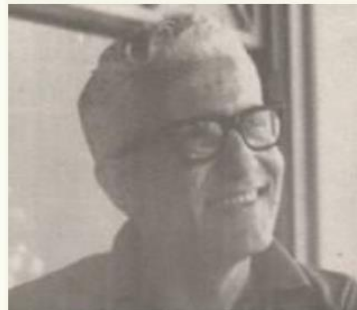
Referência

Cadernos de História e Filosofia da Ciência, 9, p 105 - 107, 1986

Abordagem

Tradução para o português do trabalho de Galileu Galilei por Pierre H. Lucie

Pierre Henri Lucie



1917 -1985

Recebeu o Baccalauréat em Filosofia e Matemática pela Universidade de Toulouse. Em 1937 ingressou na Escola Especial Militar de Saint-Cyr. Com cerca de 30 anos emigrou para o Brasil. Ministrou aula de Física na década de 50 no Colégio Santo Inácio. Em 1959 foi Vice-Diretor do Instituto de Física da PUC . Teve uma participação decisiva na criação do Ciclo Básico do CTC. Transferiu-se em 1977 para Campinas onde reformulou profundamente o ensino básico de Física na Unicamp.

Informações sobre Galileu

- Em 1585, abandona a faculdade e volta para Florença, onde inicia seus estudos sobre Arquimedes sob a orientação de Ostilio Ricci.
- É fortemente influenciado pelas obras de Arquimedes, o que se pode notar em suas primeiras obras como *La bilancetta*.
- *La bilancetta* foi pouco estudada e comentada, talvez por ter sido considerada um simples problema de tecnologia.
- O tema central de *La bilancetta* é a apresentação de um método mais plausível que teria sido utilizado por Arquimedes no episódio com a coroa do rei.

Analizando a obra

- **Como Galileu qualifica a versão de Vitruvius? A partir desta visão o que ele resolve fazer?**
 - “Porém, o fato de eu saber que esse método era de todo falho, faltando-lhe a precisão requerida nas coisas matemáticas, levou-me muitas vezes a cogitar sobre a maneira pela qual se pudesse descobrir, por meio da água e de modo rigoroso, a composição da liga de dois metais”. (p. 105)
- **Diante do seu objetivo de descobrir que método Arquimedes havia utilizado o que Galileu resolve fazer?**
 - “[...] após haver cuidadosamente revisto o que Arquimedes demonstra nos seus tratados “Dos corpos que flutuam sobre a água” e “Dos corpos de mesmo peso”, me veio à mente um método que resolve o problema de maneira perfeita”. (p. 105)
- **Segundo Galileu que método Arquimedes teria utilizado?**
 - O método procede por meio de uma balança hidrostática que utiliza medidas de peso e não de volume.

Analizando a obra

- **Como Galileu inicia sua explicação sobre o método?**
 - “[...] colocando, por exemplo, uma bola de ouro em água, se tal bola fosse de água não pesaria nada, já que a água na água não se move nem para baixo nem para cima. Em consequência, a bola de ouro pesa na água tanto quanto o peso do ouro excede o peso da água.[...] E tendo os metais diferentes pesos (específicos), os seus pesos na água diminuirão em diferentes proporções”. (p. 105-106)
- **Estabelecendo paralelos entre a linguagem científica atual e este trecho da fonte primária de 1586, o que para nós seria a afirmação “E tendo os metais diferentes pesos, os seus pesos na água diminuirão em diferentes proporções?”**
 - Em linguagem atual, dizemos que como o ouro e a prata possuem pesos específicos diferentes o peso aparente de cada metal também o será.

Analizando a obra

- **Como funcionaria a balança, em linguagem atual?**
 - A balança cujo centro está em C, tem no braço B uma porção de qualquer metal e, para manter o equilíbrio, é colocado no braço A um peso D de igual valor ao metal, pesado no ar. Quando o metal (em B) for submerso em água, a ação do empuxo promoverá um desequilíbrio na balança. Para que haja o equilíbrio, novamente, é necessário que o contrapeso D seja movido para a posição E, mais próxima de C.
- **Como Galileu descreve o método de pesagem dos metais?**
 - “Admitamos então que o peso A seja de ouro e que, ao pesá-lo em água, o contrapeso tenha de ser levado até E; e, a seguir, procedendo do mesmo modo com prata pura, o contrapeso seja levado até F, ponto que está mais próximo do ponto C, como mostra a experiência, já que a prata é menos densa que o ouro. A diferença entre a distância AF e a distância AE será igual à diferença entre o peso [específico] do ouro e o da prata”. (p. 106)

"Um sólido mais pesado que um fluido, quando posto nele, desce para o fundo do fluido; e o sólido pesado no fluido será mais leve que seu verdadeiro peso [no ar] [de uma quantidade igual ao] peso do fluido deslocado."
(Arquimedes)

Galileu o cita em *La bilancetta*

E em outras obras

Do movimento : "Um sólido mais pesado que a água é na água tão mais leve quanto é o peso no ar de um volume de água igual ao volume do sólido"

Discurso em torno das coisas que flutuam sobre a água ou que nela se movem : "... subtraindo do peso total de um sólido tanto quanto é o peso de um volume igual do mesmo meio, como demonstra Arquimedes ..."

1 – MEDIÇÃO DOS PESOS ESPECÍFICOS

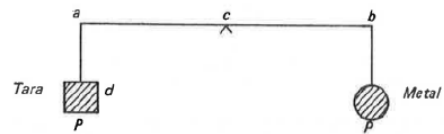


Figura 1

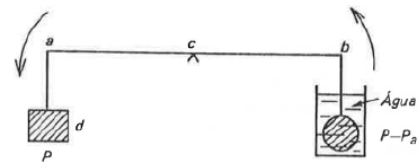


Figura 2

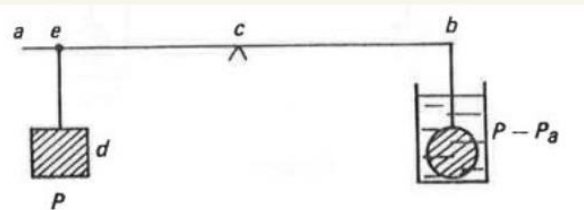


Figura 3

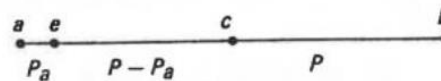
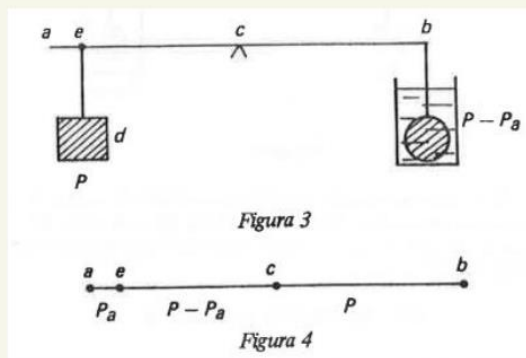


Figura 4

Para equilibrar de novo a balança, ou seja, para que os pesos desiguais $P - P_a$, por um lado, e P , pelo outro, estejam em equilíbrio em torno do fulcro c , é necessário aproximar a tara deste fulcro até, digamos, a posição e .

Qual é essa posição?

La bilancetta

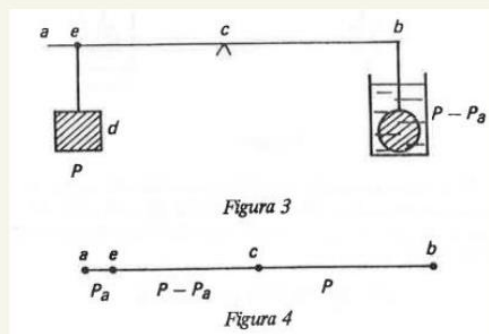


Qual é essa posição?

Arquimedes responde, no seu tratado *Do equilíbrio das figuras planas*:

"Proposição 6-7 - Duas grandezas, comensuráveis ou não, equilibrar-se-ão a distâncias inversamente proporcionais às grandezas".

La bilancetta



Qual é essa posição?

Galileu responde em "As máquinas simples" :

"[...] pesos desiguais, suspensos a distâncias desiguais, pesarão igualmente toda vez que essas distâncias estiverem em proporção inversa àquelas em que estão os pesos" (Lei das Alavancas!)

"O peso do metal será tantas vezes maior que o da água [de mesmo volume] quantas vezes a distância ca for maior que ae" '1

II – PESOS ESPECÍFICOS DO OURO E DA PRATA

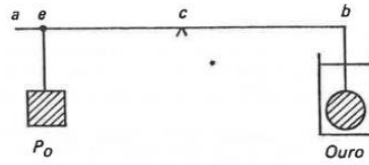


Figura 5

Sendo a prata menos densa que o ouro, o ponto f (prata) estará mais próximo do fulcro c do que o ponto e (ouro).

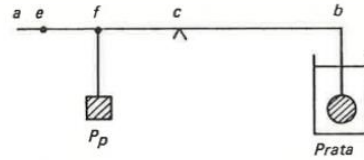


Figura 6

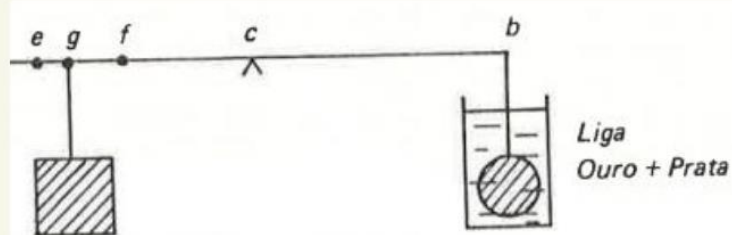


Figura 7

O problema da coroa
A posição g do contrapeso estará necessariamente entre e e f .
 g coincidiria com e se a coroa fosse totalmente de ouro
e com f se fosse de prata pura!

La bilancetta

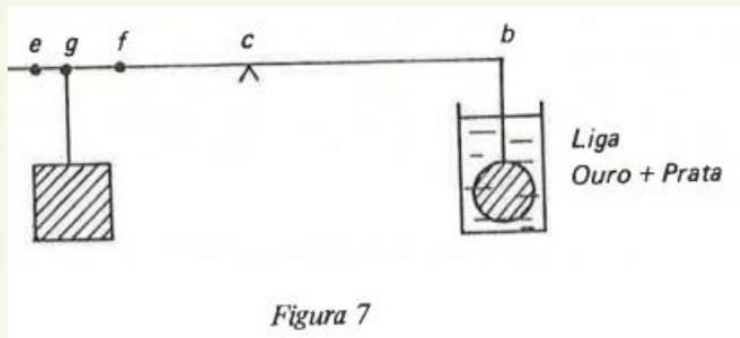


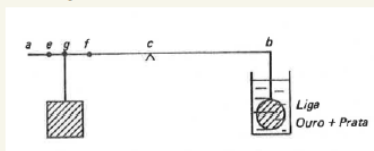
Figura 7

Galileu diz: "Afirmo que [os pesos de] ouro e prata que compõem a liga estão entre si na mesma razão que as distâncias [respectivas] fg e ge".
fg, que começa no "ponto da prata", mede a quantidade de ouro, enquanto que ge, que termina no "ponto do ouro" mede a quantidade de prata.

La bilancetta

➤ Qual a justificativa de Galileu para que as distâncias FG (marco da prata) e GE (marco do ouro) representem inversamente o peso dos metais?

- Suponhamos dois estados de equilíbrio do ouro e da prata ao mesmo tempo na balança, teríamos um novo estado de equilíbrio.
- Supondo fundir o ouro e a prata e substituir os dois contrapesos, por um contrapeso único de peso igual a soma dos dois e, conseqüentemente, ao peso da liga suspenso no centro de gravidade g de P_O (colocado em E) e de P_P (colocado em F), termos:



- Basta escrever que o centro de gravidade g divide o intervalo EF em razão inversa à razão dos pesos P_O e P_P (é a "lei da alavanca"):

$$\frac{FG}{GE} = \frac{P_O}{P_P} = \frac{\text{peso do ouro}}{\text{peso da prata}} \text{ na liga}$$

Analisando a obra

- **Qual exemplo Galileu utiliza para demonstrar a eficácia do método das espiras?**
 - “Enrolando fios de aço nos marcos E e F, preenche a seguir o intervalo entre eles enrolando um fio finíssimo de latão, que dividirá a distância EF em parcelas iguais. Para conhecer a razão entre as distâncias FG e GE, conta-se o número de espiras em FG e em GE e, achando 40 voltas em FG e 21, por exemplo, em GE, direi que a liga é composta de 40 partes de ouro e 21 de prata”. (p. 107)
- **Galileu reconhece alguma dificuldade no método? Se sim, qual sua sugestão?**
 - Devido à grande quantidade de espiras e à baixa espessura do fio de latão, não seria preciso contá-las visualmente. Ele aconselha que se utilize um estilete bem afiado. Somando-se o sentido da audição à resistência sentida pela mão ao transportar cada uma das espiras, teria-se uma maior precisão na contagem das espiras.

Relembrando

- Galileu desconfia do método que Vitruvius narrou por ser grosseiro e sem precisão.
- Galileu investiga as obras de Arquimedes.
- Galileu reconhece nas obras de Arquimedes um método que poderia ter sido empregado a partir da utilização da balança hidrostática.
- Ele explica o funcionamento de uma balança hidrostática.
- Detalha este método e transparece a possibilidade de utilização no caso do episódio da coroa.
- Sua explicação não esbarra em problemas físicos como o método narrado por Vitruvius.
- Existem evidências que corroboram a visão de Galileu (*Mappae clavícula, século XII e Carmen de ponderibus et mensuris* século IV ou V d.C.)

ARQUIMEDES NOS LIVROS
DIDÁTICOS - CURSO DE EXTENSÃO



« SOURCE GALLICA.BNF.FR / BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DE FRANCE (BNF) »

Análise dos livros aprovados no PNLD 2018 Grupo 1

MARA CRISTINA OLIVEIRA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO - DEPARTAMENTO DE FÍSICA

AÇÃO DE EXTENSÃO

O PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES
NOS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLD 2018:
APRECIÇÃO MULTICONTEXTUAL
(CONCEITUAL, HISTÓRICO-FILOSÓFICA E DIDÁTICO-PEDAGÓGICA)

Uma introdução para a aula

NATAL - 2020

RECORTES DOS SEGUINTE LIVROS DIDÁTICOS

BARRETO FILHO, B.; SILVA, C. Física aula por aula. Mecânica. São Paulo: FTD, 2016. v.1.

DOCA, R. H.; BISCOLOLA, G. J.; BÔAS, N. V. Física. São Paulo: Saraiva, 2016. v. 1.

FUKUI, A.; MOLINA, M. M.; VENÉ. Ser protagonista: física. São Paulo: SM, 2016. v. 1.

GASPAR, A. Compreendendo a física. São Paulo: Ática, 2016. v. 1.

MARTINI, G. et al. Conexões com a física. São Paulo: Moderna, 2016. v. 1.

YAMAMOTO, K.; FUKU, L. F. Física para o ensino médio. São Paulo: Saraiva, 2016. v. 1.



Historiografia

- História estritamente cronológica
- História Pedigree – paternidade de um conhecimento atribuída a um indivíduo
- Hagiografia – pesquisador endeusado como perfeito; apologia ao pesquisador
- Anacronismo – projeção de conceitos/ideias de uma época em outra; às vezes aparece associado a juízo de valor
- Diacronismo – cada conceito/ideia contextualizado em sua época; oposto de anacronismo
- Internalismo – história estritamente conceitual
- Externalismo – HC que engloba fatores religiosos, culturais, políticos, econômicos, etc.
- História Whig – história de certos e errados, heróis e vilões

Legislação Didática

- Equilíbrio entre o produto do conhecimento e o processo de desenvolvimento da ciência
- Rejeição à HC estritamente cronológica
- Rejeição à biografia tipo hagiográfica/apologética
- Apresenta fórmulas acompanhadas de referências ao seu desenvolvimento histórico
- Apresenta a ciência como construção humana, mutável, contextualizada historicamente

Visões de ciência

- Individualista ou cooperação
- Rígida – passo a passo na investigação científica; o método científico
- Empirista-indutivista – o conhecimento “brota” por *insight* naturalmente do experimento/ da observação
- Aproblemática/a-histórica – não traz os questionamentos aos quais o referido conhecimento buscou responder

Critérios de Análise

Conteúdo histórico

- Comparar o enunciado do Princípio de Arquimedes no livro didático às proposições de Arquimedes que estudamos
- Observar que ele não realizou a matematização do princípio

Critérios de Análise

Conteúdo histórico específico

- O trecho traz a pseudo-história de Vitruvius sobre o episódio de Arquimedes?
- O trecho traz a visão de Galileu sobre o episódio?
- Como o episódio da coroa se apresenta?

Relembrando

- Em relação ao conteúdo histórico:
 - Arquimedes não se refere a empuxo; não utiliza este termo
 - Não realiza argumentação empírica
 - Não descreve experimentos na fonte original
 - Utiliza argumentação geométrica

ARQUIMEDES NOS LIVROS
DIDÁTICOS - CURSO DE EXTENSÃO



« SOURCE GALICA.BNF.FR / BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DE FRANCE (BNF) »

Análise dos livros aprovados no PNLD 2018

Grupo 2

MARA CRISTINA OLIVEIRA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO - DEPARTAMENTO DE FÍSICA

AÇÃO DE EXTENSÃO

O PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES
NOS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLD 2018:
APRECIÇÃO MULTICONTEXTUAL
(CONCEITUAL, HISTÓRICO-FILOSÓFICA E DIDÁTICO-PEDAGÓGICA)

Uma introdução para a aula

NATAL - 2020

RECORTES DOS SEGUINTE LIVROS DIDÁTICOS

BONJORNO, J. R. et al. Física. São Paulo: Editora FTD, 2016. v. 1.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. Física: interação e tecnologia. São Paulo: Leya, 2016. v. 1.

GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. Física. São Paulo: Ática, 2016. v. 1.

LUZ, A. M. R.; ÁLVARES, B. A.; GUIMARÃES, C. C. Física: contexto & aplicações. São Paulo: Scipione, 2017. v. 1.

PIETROCOLA, M. et al. Física em contextos. 1 ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2016. v. 1.

TORRES, C. M. A. et al. Física: ciência e tecnologia. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2016. v. 1.



ARQUIMEDES NOS LIVROS
DIDÁTICOS - CURSO DE EXTENSÃO



« SOURCE GALLICA.BNF.FR / BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DE FRANCE (BNF) »

Como proceder, enquanto professor, diante das análises desenvolvidas e discutidas nas etapas anteriores

MARA CRISTINA OLIVEIRA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO - DEPARTAMENTO DE FÍSICA

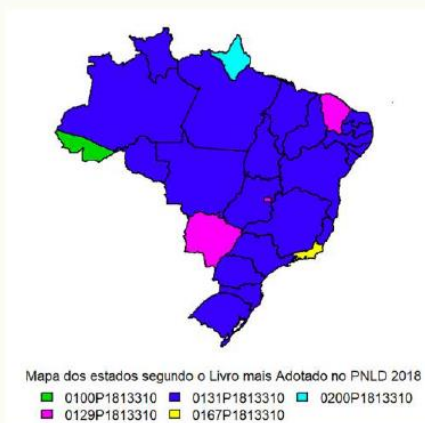
AÇÃO DE EXTENSÃO

O PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES
NOS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLD 2018:
APRECIÇÃO MULTICONTEXTUAL
(CONCEITUAL, HISTÓRICO-FILOSÓFICA E DIDÁTICO-PEDAGÓGICA)

Uma introdução para a aula

NATAL - 2020

Livros mais adotados



A coleção 0131 (Bonjorno, Casemiro, Clinton e Eduardo Prado) esteve com maior número de livros adotados em 21 (vinte e um) estados.

A coleção 0129, de Benigno Barreto e Claudio Xavier, predominante nos estados Ceará e Mato Grosso do Sul e no Distrito

Federal.

As coleções 0100 (Fuke e Kazuhito), no Acre

0167 (Maurício Pietrocola, Alexander Pogibin, Renata de Andrade.

e Talita Raquel Romero), no Rio de Janeiro

0200 (Blaidi Sant'anna, Glorinha Martini, Hugo Carneiro Reis e Walter Spinelli)

no Amapá.

REFERÊNCIAS

SCHIVANI, M; SOUZA, G. F.; LIRA, N. Programa Nacional do Livro Didático de Física: subsídios para pesquisas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 42, p. e20200011 1-10, 2020.

5. Empuxo

Você provavelmente deve ter notado que quando entramos na água – em um rio, lago, mar ou em uma piscina – experimentamos uma sensação de leveza. E, ao tentarmos permanecer abaixo do nível da água, sentimos uma força nos “empurrando” para cima.

É essa força que mantém os balões de ar quente estáveis durante o voo e permite que as bexigas de festa de aniversário subam verticalmente quando cheias de gás hélio. Qual a relação entre esses dois últimos exemplos e quando entramos em uma piscina? Em ambos os casos os corpos estão imersos em um fluido, o ar ou a água.

As duas situações representadas a seguir nos ajudarão a elaborar a ideia de **empuxo**.

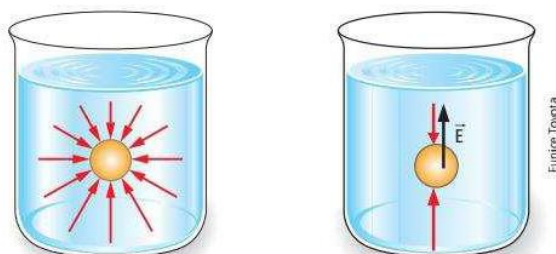


Se você mantiver um objeto suspenso fora e dentro da água, vai verificar que dentro da água ele parece mais leve.

Se mergulharmos uma bola em um líquido, perceberemos que ele oferece resistência de baixo para cima.

Sempre que um corpo está mergulhado em um fluido (líquido ou gás), ele sofre a ação de uma força na direção vertical, de baixo para cima, que passaremos a denominar de **empuxo \vec{E}** .

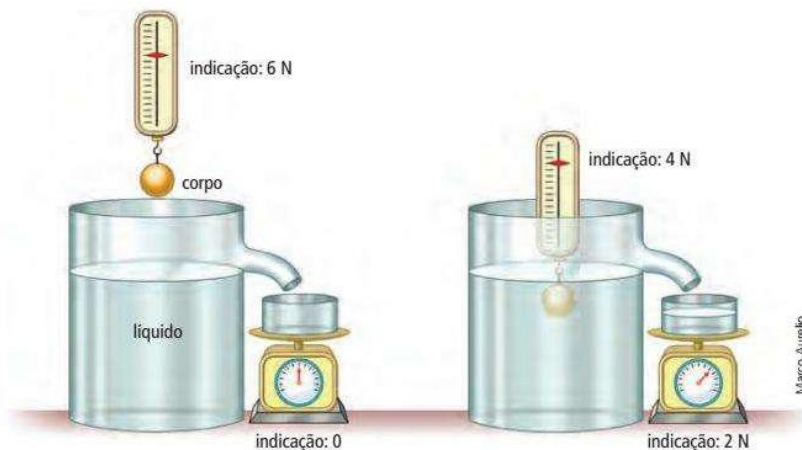
No esquema abaixo, temos a representação das forças exercidas pelo líquido que agem sobre a superfície do corpo. Note que essas forças atuam em todas as direções e que elas não se anulam, visto que possuem componentes verticais de intensidades diferentes. Esse fato pode ser mais bem compreendido se lembrarmos do teorema de Stevin. Como a pressão aumenta com a profundidade, a força aplicada pelo líquido na superfície do corpo também aumenta nesse sentido. Isso faz com que a soma de todas essas forças resulte em uma força vertical orientada de baixo para cima.



Assim, podemos dizer que a origem do empuxo está na diferença de pressão sobre um corpo imerso em um fluido. A intensidade do empuxo que atua em um corpo é tanto maior quanto maior for a parte do corpo que estiver submersa. Quando o corpo está totalmente submerso, a intensidade do empuxo independe da profundidade.

► Teorema de Arquimedes

Para determinar a intensidade do empuxo, acompanhe esta situação: em um experimento, mergulhamos um corpo, preso a um dinamômetro, em um recipiente com líquido. Ao lado dele, há uma balança calibrada em newtons com um recipiente que recolhe o líquido extravasado.



Observe que, antes de ser mergulhado, o registro no dinamômetro indica que o corpo pesa 6 N. Após ficar totalmente submerso, o dinamômetro passa a marcar 4 N para o peso do corpo, e a balança indica 2 N para o peso do líquido extravasado. Naturalmente, o corpo não perdeu massa nesse processo, e a alteração na marcação do dinamômetro ocorre pela força de empuxo que passou a atuar no corpo no momento em que este foi submerso. Essa diferença entre as indicações no dinamômetro ($6\text{ N} - 4\text{ N} = 2\text{ N}$) corresponde justamente ao valor do empuxo. Note que a balança indica o mesmo valor de 2 N para o peso do líquido extravasado. Coube ao filósofo grego Arquimedes (287 a. C.–212 a. C.), após vários experimentos, concluir que a intensidade do empuxo é igual à intensidade do peso do volume do líquido deslocado quando um corpo qualquer é colocado em um fluido. O chamado **teorema de Arquimedes** pode ser enunciado da seguinte forma:

► Em um corpo em contato com um fluido em equilíbrio, o empuxo é uma força vertical orientada de baixo para cima, cuja intensidade é igual à do peso do volume de fluido deslocado.

Considere que o líquido do nosso experimento possui densidade d_L e que o volume do líquido deslocado é V_D . Para o corpo imerso nesse líquido, de acordo com o teorema de Arquimedes, temos:

$$E = P_D$$

em que E representa o valor do empuxo e P_D , o valor do peso do líquido deslocado.

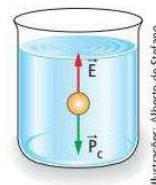
Como $d_L = \frac{m_D}{V_D}$ e $P_D = m_D g$, temos:

$$E = P_D \Rightarrow E = m_D g \Rightarrow \boxed{E = d_L V_D g}$$

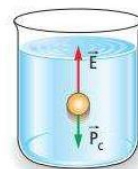
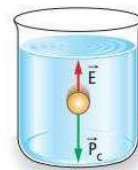
Pela equação do empuxo, vemos que seu valor será tanto maior quanto maior a densidade do líquido e quanto maior o volume do líquido deslocado, ou seja, quanto maior a parte do corpo que se encontrar submersa.

Vamos analisar o que acontece quando um corpo de densidade d_c é imerso totalmente em um líquido de densidade d_L e, em seguida, é abandonado.

- O empuxo é igual ao peso do corpo: $E = P_c$.
Nesse caso, o corpo permanece equilibrado em qualquer posição, pois a resultante dessas forças é nula.
Deduzimos que $d_L = d_c$.
- O empuxo é menor que o peso do corpo: $E < P_c$.
Nesse caso, o corpo irá para o fundo do recipiente, pois a resultante dessas forças tem sentido para baixo.
Deduzimos que $d_L < d_c$.
Ao chegar ao fundo do recipiente, a força de reação normal passará também a atuar sobre o corpo e ele ficará em equilíbrio.
- O empuxo é maior que o peso do corpo: $E > P_c$.
Nesse caso, o corpo se dirigirá para a superfície, pois a resultante dessas forças tem sentido para cima.
Deduzimos que $d_L > d_c$.
À medida que o corpo for emergindo na superfície, o volume de líquido deslocado torna-se menor, visto que se reduz o volume do corpo submerso. Isso faz com que o empuxo também diminua até igualar-se com a força peso. Nesse momento o corpo passa a flutuar em equilíbrio.



Ilustrações: Alberto de Stefano



Exercícios resolvidos

- 9 Uma esfera, de volume $3,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$, é totalmente imersa em um líquido de densidade $9,0 \cdot 10^2 \text{ kg/m}^3$. Sabendo que nesse local $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine:

- a) a intensidade do empuxo que age na esfera;
- b) a intensidade do peso da esfera para que ela se desloque para cima ou para baixo.

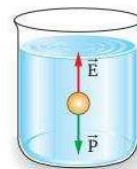
Resolução

- a) Como a esfera está totalmente imersa ($V_D = V_{\text{esfera}}$), temos:

$$E = d_L V_D g \Rightarrow E = 9,0 \cdot 10^2 \cdot 3,0 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \Rightarrow E = 2,7 \text{ N}$$

- b) Se $P_{\text{esfera}} > 2,7 \text{ N}$, ela se deslocará para baixo.

Se $P_{\text{esfera}} < 2,7 \text{ N}$, ela se deslocará para cima.



- 10 Durante um experimento, um cubo de madeira de aresta $1,0 \text{ m}$ é colocado em um recipiente contendo água. Notou-se que o cubo flutuou com 60% do seu volume submerso. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$ e a densidade da água $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. Determine:

- a) a intensidade do empuxo exercido pela água sobre o bloco de madeira;
- b) a intensidade da força vertical F , que deve agir sobre o bloco, para que ele permaneça totalmente imerso.

Resolução

- a) Pelos dados: $V_{\text{cubo}} = (1,0)^3 = 1,0 \text{ m}^3$; $V_{\text{líquido deslocado}} = V_D = 0,60 \cdot 1,0 = 0,60 \text{ m}^3$; $d_L = d_{\text{água}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

A intensidade do empuxo que age no bloco é:

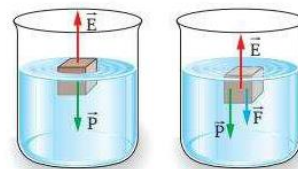
$$E = d_L V_D g \Rightarrow E = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 0,60 \cdot 10 \Rightarrow E = 6,0 \cdot 10^3 \text{ N}$$

- b) A intensidade da força F , a ser aplicada no bloco, deverá fazer imergir os 40% do cubo que estavam fora da água. Portanto:

$$F = E' \Rightarrow F = d_L V_D' g$$

$$V_D' = 0,40 \cdot 1,0 = 0,40 \text{ m}^3$$

$$F = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 0,40 \cdot 10 \Rightarrow F = 4,0 \cdot 10^3 \text{ N}$$



Arquimedes e a coroa do rei

Nesta atividade vamos trabalhar com uma história muito difundida no ensino da Física: a da descoberta da falsificação da coroa de um rei por causa da água derramada de um recipiente. O resgate dessa história se deu por meio de um texto de Marcus Vitruvius (c. 80 a.C.-c. 15 d.C.), arquiteto romano, que descreve um suposto procedimento utilizado por Arquimedes.

Quanto a Arquimedes, ele certamente fez descobertas admiráveis em muitos domínios, mas aquela que vou expor testemunha, entre muitas outras, um engenho extremo. Hieron de Siracusa, tendo chegado ao poder real, decidiu colocar em um templo, por causa de seus sucessos, uma coroa de ouro que havia prometido aos deuses imortais. Ofereceu assim um prêmio pela execução do trabalho e forneceu ao vencedor a quantidade de ouro necessária, devidamente pesada. Este, depois do tempo previsto, submeteu seu trabalho, finalmente manufaturado, à aprovação do rei e, com uma balança, fez uma prova do peso da coroa. Quando Hieron soube, através de uma denúncia, que certa quantidade de ouro havia sido retirada e substituída pelo equivalente em prata, incorporada ao objeto votivo, furioso por haver sido enganado, mas não encontrando nenhum modo de evidenciar a fraude, pediu a Arquimedes que refletisse sobre isso. E o acaso fez com que ele fosse se banhar com essa preocupação em mente e ao descer à banheira, notou que, à medida que lá entrava, escorria para fora uma quantidade de água igual ao volume de seu corpo. [...]. Assim encaminhado para sua descoberta, diz-se que ele fabricou dois blocos de mesmo peso, igual ao da coroa, sendo um de ouro e o outro de prata. Feito isso, encheu de água até a borda um grande vaso, no qual mergulhou o bloco de prata. Escorreu-se uma quantidade de água igual ao volume imerso no vaso. Assim, depois de retirado o corpo, ele colocou de volta a água que faltava, medindo-a com um *sextarius*, de tal modo que o nível voltou à borda, como inicialmente. Ele encontrou assim o peso de prata correspondente a uma quantidade determinada de água. Feita essa experiência, ele mergulhou, então, da mesma forma o corpo de ouro no vaso cheio, e depois de retirá-lo fez então sua medida seguindo um método semelhante: partindo da quantidade de água necessária, que não era igual e sim menor, encontrou em que proporção o corpo de ouro era menos volumoso do que o de prata, quando tinham pesos iguais. Em seguida, depois de ter enchido o vaso e mergulhado desta vez a coroa na mesma água, descobriu que havia escoado mais água para a coroa do que para o bloco de ouro de mesmo peso, e assim, partindo do fato de que fluía mais água no caso da coroa do que no do bloco, inferiu por seu raciocínio a mistura de prata ao ouro e tornou manifesto o furto do artesão [...].

Sextarius medida romana de volume (0,547 litro, em valores atuais).

MARTINS, R. A. Arquimedes e a coroa do rei. *Revista brasileira de ensino de Física*, Florianópolis: UFSC, v. 17, n. 2, 2000. Disponível em: <www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6769/6238>. Acesso em: 2 jan. 2016.

Para auxiliar nas respostas, especialmente da questão 3, você pode construir com os alunos sua própria balança utilizando uma vareta que se equilibre por um fio com um gancho em cada uma de suas extremidades. Para regular o equilíbrio utilize duas latinhas de refrigerante. Depois de equilibradas coloque somente as latinhas dentro da água e veja se ocorre alguma mudança.

Professor, as respostas e os comentários das questões encontram-se no Caderno de orientações no final deste volume.

Responda

Escreva no caderno

1. Quais são os dois metais com que a coroa foi confeccionada? Pesquise a densidade de cada um deles e determine a diferença de volume encontrada para duas coroas que tenham a mesma massa de 1 kg.
2. Em sua opinião, o método utilizado por Arquimedes descrito no texto é plausível? Tente estimar qual seria a diferença no volume de água deslocado pelas diferentes coroas.
3. Junte seu grupo e faça uma pesquisa sobre o que é uma balança hidrostática. Em seguida, determine de que modo esse mecanismo pode ter auxiliado na conclusão de Arquimedes sobre a veracidade da coroa.

Sugestões para pesquisa e leitura

O livro didático é uma das fontes de informações que você pode usar para aprimorar seus conhecimentos, mas não deve ser a única. Por isso, sugerimos algumas alternativas que podem ampliar seus conhecimentos. Procuramos relacionar livros com temas interessantes para que sua leitura seja agradável e lúdica, sem perder o rigor dos conhecimentos sobre Física. As revistas indicadas nem sempre são encontradas em bancas, mas todas possuem versões para a internet, com textos que podem ser acessados gratuitamente.

► Livros

BRANCO, Samuel Murgel. **Energia e meio ambiente**. São Paulo: Moderna, 1991.

BRECHT, Bertold. **Vida de Galileu**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1991.

CHALMERS, Alan F. **Que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1997.

EINSTEIN, Albert; INFELD, Leopold. **A evolução da Física**. Rio de Janeiro: Zahar, 2008.

FIOLHAIS, Carlos. **Física divertida**. Brasília: Editora da UnB, 2000.

FREIRE, Helena da Silva. **Usos de energia: sistemas, fontes e alternativas; do fogo aos gradientes de temperatura oceânicos**. São Paulo: Atual, 1991.

GONICK, Larry; HUFFMAN, Art. **Introdução ilustrada à Física**. Trad. Luis Carlos de Meneses. São Paulo: Harbra, 1994.

HAMBURGUER, Hernest W. **O que é Física?** São Paulo: Brasiliense, 1992.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

LEVY-LEBLOND, Jean-Marc. **A mecânica em perguntas**. Lisboa: Gradiva, 1991.

MONTANARI, Valdir. **Energia nossa de cada dia**. São Paulo: Moderna, 2003.

PARKER, Steve. **Galileu e o Universo**. São Paulo: Scipione, 1996.

PARKER, Steve. **Newton e a gravitação**. São Paulo: Scipione, 1996.

POSKITT, Kjartan. **Isaac Newton e sua maçã**. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.

ROCHA, Romeu F. **Grandezas e unidades de medidas**. São Paulo: Ática, 1988.

SPEYER, Edward. **Seis caminhos a partir de Newton: as grandes descobertas da Física**. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

STRATHERN, Paul. **Arquimedes e a alavanca**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1997.

TUNDISI, Helena da Silva F. **Usos de energia: sistemas, fontes e alternativas**. São Paulo: Atual, 1991. (Meio ambiente).

VALADARES, Eduardo de Campos. **Física mais que divertida**. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2002.

WAKER, Jearl. **O grande circo da Física**. Lisboa: Gradiva, 1990.

WESTFALL, Richard S. **A vida de Isaac Newton**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995.

► Revistas

CIÊNCIA HOJE. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC).

DESAFIOS DO DESENVOLVIMENTO. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (IPEA).

GALILEU. Rio de Janeiro: Globo.

PESQUISA FAPERJ. Rio de Janeiro: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro.

PESQUISA FAPESP. São Paulo: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL. São Paulo: Ediouro.

► Sites¹

CIÊNCIA HOJE. Rio de Janeiro.

Disponível em: <<http://www.ciencia.org.br>>.

CNEN: COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR.

Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br>>.

ELETROBRAS ELETRONUCLEAR.

Disponível em: <<http://www.eletronuclear.gov.br>>.

ESTAÇÃO CIÊNCIA. Universidade de São Paulo.

Disponível em: <<http://www.eciencia.usp.br>>.

GREENPEACE.

Disponível em: <www.greenpeace.org.br>.

MCTI: MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO.

Disponível em: <<http://www.mct.gov.br>>.

PETROBRAS.

Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br>>.

REVISTA PESQUISA FAPESP. São Paulo.

Disponível em: <<http://www.revistapesquisa.fapesp.br>>.

SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL. São Paulo.

Disponível em: <<http://www.sciam.com.br>>.

¹ Sites acessados em 17 de março de 2016.

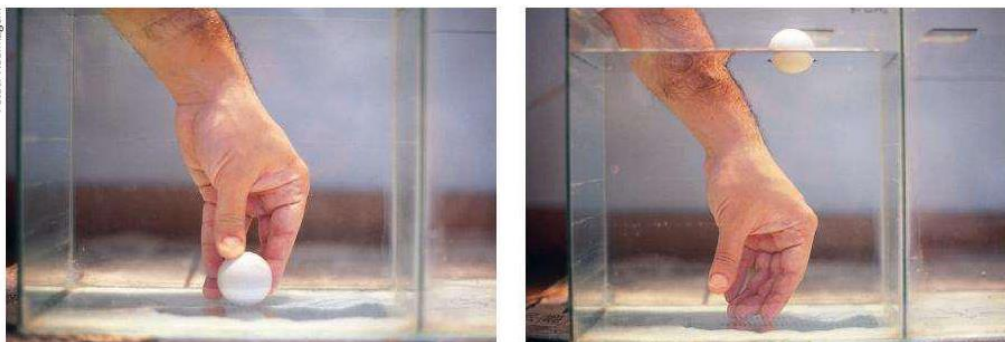
8. Empuxo

Notamos da experiência que, ao soltar um objeto qualquer em um líquido, este pode boiar ou afundar. No caso de uma bolinha de pingue-pongue imersa na água, ela retorna a superfície e boia! É possível verificar também que, quanto mais fundo a bolinha for imersa, mais difícil fica de afundá-la.

Tudo isso pode ser explicado pela existência de uma força a que um objeto é submetido quando está em um fluido. Essa força, denominada **empuxo** (\vec{E}), tem direção vertical e sentido de baixo para cima, contrário ao peso do objeto.

Em qualquer ponto do líquido, o empuxo se deve à pressão da água sobre o objeto. Já sabemos que a pressão aumenta com a profundidade. Por isso, o empuxo será tão maior quanto mais fundo estiver o corpo no líquido.

Fotos: Neorimagem



A bolinha de pingue-pongue não fica no fundo do recipiente com água por causa do empuxo.

Teorema de Arquimedes

Foi Arquimedes quem primeiro constatou as características do empuxo que um fluido exerce sobre um corpo que nele esteja total ou parcialmente imerso. Nos seus experimentos, verificou que, quando um corpo mais denso que o fluido é mergulhado neste, o seu peso aparentemente diminui em um valor igual ao peso do volume do fluido deslocado.



Bettmann/Corbis/Latinstock

Arquimedes (287 a.C.-212 a.C.), cientista, físico e matemático grego. Estudou em Alexandria, onde conviveu com grandes matemáticos e astrônomos como Eratóstenes de Cirene.

Para determinar as características do empuxo, consideremos um corpo cilíndrico de volume V_C e área de base S , imerso em um fluido de densidade d , em um local onde a aceleração da gravidade é igual a \vec{g} .

O valor do empuxo sobre o corpo é igual à diferença entre as intensidades F_B e F_A das forças que o fluido exerce nas bases do cilindro, pois no mesmo nível da superfície lateral as forças horizontais equilibram-se duas a duas.

Assim, temos:

$$E = F_B - F_A$$

Se a superfície livre do líquido estiver sujeita à pressão p_0 , as pressões nas bases A e B do cilindro são iguais a:

$$p_A = p_0 + dgh_A \quad \text{e} \quad p_B = p_0 + dgh_B$$

Como $F_A = p_A S$ e $F_B = p_B S$, temos:

$$E = F_B - F_A$$

$$E = p_B S - p_A S$$

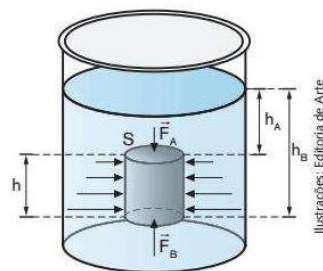
$$E = (p_B - p_A) S$$

$$E = [(p_0 + dg h_B) - (p_0 + dg h_A)] S$$

$$E = dg(h_B - h_A) S$$

$$E = dg \cdot h S$$

$$E = dg V_C$$



Mas o volume V_C do corpo cilíndrico é igual ao volume V de fluido por ele deslocado. Assim, obtemos:

$$E = dgV$$

em que:

- **d**: densidade do fluido.
- **V**: volume de fluido deslocado.

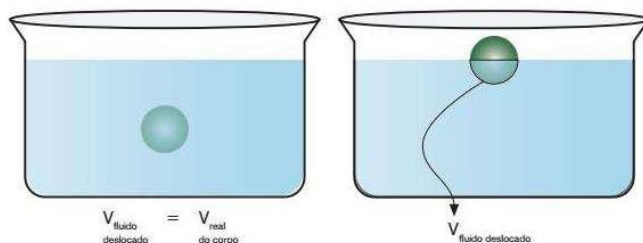
Como o produto da densidade do fluido pelo volume do fluido deslocado é a massa do fluido deslocado:

$$E = mg \Rightarrow E = P$$

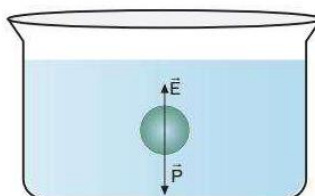
Ou seja:

Todo corpo imerso total ou parcialmente num fluido recebe deste uma força vertical de baixo para cima, igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo.

Quando o corpo estiver totalmente submerso, o volume do fluido deslocado é igual ao volume real do corpo. Porém, se o corpo estiver flutuando no fluido, só a porção do corpo que está mergulhada no fluido representará o volume de líquido deslocado.



Isso causa a impressão de que o peso de um corpo, quando está total ou parcialmente submerso num fluido, diminui. Na realidade o peso real do corpo não é alterado, o que ocorre é uma aparente perda de peso por causa do empuxo. A essa resultante denominamos **peso aparente** (P_{ap}) do corpo.



$$\vec{P}_{ap} = \vec{P} - \vec{E}$$

Em módulo.

$$P_{ap} = P - E$$

PENSE E RESPONDA

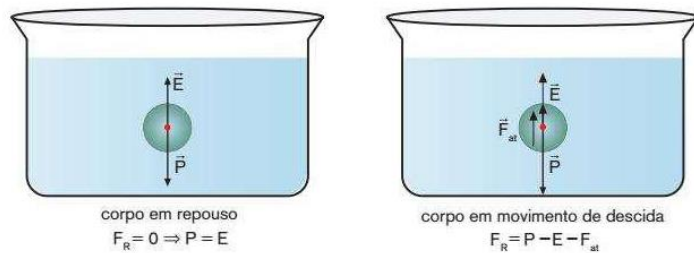
NÃO ESCREVA
NO LIVRO

- Por que uma pessoa com colete salva-vidas consegue flutuar com mais facilidade?

Usando o colete salva-vidas, a pessoa diminui a densidade total do conjunto pessoa-colete, pois o colete está cheio de ar, e aumenta pouco o peso do conjunto. Ao entrar na água, aumenta o volume de água deslocada por esse conjunto, fazendo aumentar o empuxo. Assim, a pessoa consegue flutuar com mais facilidade.

Corpos imersos e flutuantes

A força resultante que age sobre um corpo submerso é a soma das forças empuxo, peso do corpo e, se ele estiver em movimento, da força de atrito. Em geral, a força de atrito é desprezível.



Editoria de Arte

Vamos estudar três casos:

1) A intensidade do peso é igual ao empuxo ($P = E$)

Nesse caso, o corpo ficará em equilíbrio, qualquer que seja o ponto em que for colocado.

$P = m_c \cdot g$, em que m_c é a massa do corpo.

$E = d_L \cdot g \cdot V_C$, em que d_L é a densidade do líquido e V_C o volume do corpo.

Mas, para corpo imerso, o volume do líquido deslocado é igual ao volume do corpo.

Como $V_C = m_c/d_c$, temos que:

$$P = E \Rightarrow m_c \cdot g = d_L \cdot g \cdot (m_c/d_c) \Rightarrow d_c = d_L$$

Portanto, quando a densidade do corpo submerso é igual à do líquido, o empuxo tem a mesma intensidade do peso e o corpo se equilibra.

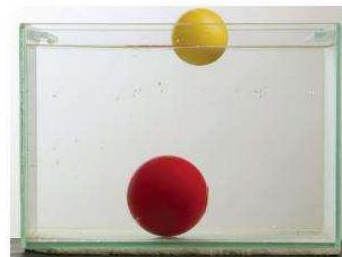
2) A intensidade do peso é maior do que o empuxo ($P > E$)

Nesse caso, o corpo terá aceleração na direção do peso e sentido para baixo. E, como vimos na comparação das expressões do peso e do empuxo, isso ocorre quando a densidade do corpo é maior que a do líquido: $d_c > d_L$.

3) A intensidade do peso é menor do que a do empuxo ($P < E$)

Nesse caso, o corpo terá aceleração na direção do empuxo e sentido para cima. Isso ocorre quando a densidade do corpo é menor que a do líquido: $d_c < d_L$.

Quando o corpo, na sua trajetória de subida, aflorar na superfície do líquido, o empuxo começará a diminuir, pois diminuirá a parte submersa e, portanto, o volume do líquido deslocado. O corpo subirá até que o empuxo fique igual ao peso do corpo, que é constante. Ao atingir essa condição ($P = E$), o corpo ficará em equilíbrio, flutuando no líquido.



Sérgio Dotta Jr

Uma bolinha de isopor flutua, pois sua densidade é menor do que a da água, e uma bolinha de alumínio maciça afunda, pois sua densidade é maior do que a da água.

PENSE E RESPONDA

NÃO ESCREVA
NO LIVRO

- Duas esferas de materiais diferentes, com o mesmo diâmetro, uma maciça e outra oca, estão totalmente imersas e em equilíbrio num mesmo recipiente com água. Os empuxos nessas esferas são iguais ou diferentes?

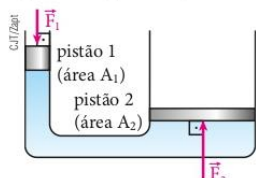
Os empuxos são iguais, pois dependem da densidade do fluido e do volume submersos. Como ambos são iguais nas duas situações, o valor do empuxo é o mesmo.

SUGESTÕES DE LEITURAS

- BEMDICK, Jeanne. **Arquimedes**: uma porta para a Ciência. São Paulo: Odysseus, 2003. (Coleção Imortais da Ciência).
- DUARTE, Marcos; OKUNO, Emico. **Física do futebol**: mecânica. São Paulo: Oficina de textos, 2012.
- FARIAS, Robson Fernandes de; BASSALO, José Maria Filardo. **Para gostar de ler a história da Física**. Campinas: Átomo, 2010.
- GONICK, Larry; HUFFMAN, Art. **Introdução ilustrada à Física**. Tradução e adaptação Luis Carlos de Menezes. São Paulo: Harbra, 1994.
- MARICONDA, Pablo R.; VASCONCELOS, Júlio. **Galileu**: primeiro cientista moderno. São Paulo: Odysseus, 2006. (Coleção Imortais da Ciência).
- MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. **Copérnico**: pioneiro da revolução astronômica. São Paulo: Odysseus, 2004. (Coleção Imortais da Ciência).
- MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. **Kepler**: a descoberta das Leis do Movimento Planetário. 2. ed. São Paulo: Odysseus, 2007. (Coleção Imortais da Ciência).
- PIRES, Antônio S. T. **Evolução das ideias da Física**. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011.
- VALADARES, Eduardo de C. **Newton**: a órbita da Terra em um copo d'água. 2. ed. São Paulo: Odysseus, 2009. (Coleção Imortais da Ciência).
- VERNE, Júlio. **Viagem ao redor da Lua**. Texto em português de Paulo Mendes Campos. Rio de Janeiro: Ediouro, 1971. (Coleção Elefante).

10. PRENSA HIDRÁULICA

É um dispositivo largamente utilizado, cuja finalidade principal é a multiplicação de forças. Em sua versão mais elementar, a prensa hidráulica é um tubo em U, cujos ramos têm áreas da seção transversal diferentes. Normalmente, esse tubo é preenchido com um líquido viscoso (em geral, óleo) aprisionado por dois pistões, conforme indica a figura abaixo.



Ao exercermos uma força \vec{F}_1 no pistão 1, provocamos um incremento de pressão Δp nos pontos do líquido vizinhos da base desse pistão.

Esse acréscimo de pressão é transmitido integralmente aos demais pontos do líquido, o que é justificado pelo **Teorema de Pascal**. Isso significa que os pontos vizinhos da base do pistão 2 também recebem o acréscimo de pressão Δp e, por isso, exercem uma força \vec{F}_2 na base desse pistão.

Temos, então:

$$\text{pistão 1: } \Delta p = \frac{F_1}{A_1} \text{ e pistão 2: } \Delta p = \frac{F_2}{A_2}$$

$$\text{Logo: } \frac{F_2}{A_2} = \frac{F_1}{A_1} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1}$$

Supondo que os pistões 1 e 2 sejam circulares, com raios respectivamente iguais a R_1 e R_2 , temos:

$$A_2 = \pi (R_2)^2 \text{ e } A_1 = \pi (R_1)^2$$

$$\text{Logo: } \frac{F_2}{F_1} = \frac{\pi (R_2)^2}{\pi (R_1)^2} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^2$$

As forças aplicadas nos pistões da prensa hidráulica têm intensidades diretamente proporcionais aos quadrados dos respectivos raios desses pistões. Se, por exemplo, $R_2 = 10 R_1$, teremos $F_2 = 100 F_1$.

NOTAS

- Embora a prensa hidráulica multiplique forças, não multiplica trabalho (**Princípio da Conservação de Energia**). Desprezando dissipações, os trabalhos realizados sobre os dois êmbolos têm valores absolutos iguais.
- O número $\frac{A_2}{A_1}$ ou $\left(\frac{R_2}{R_1} \right)^2$ define a **vantagem mecânica** da prensa hidráulica, que é o fator de multiplicação de força oferecido pela máquina.

11. O TEOREMA DE ARQUIMEDES

Qual é a força vertical e dirigida para cima que equilibra o peso de um navio permitindo que ele flutue? Que força arrebatadora vertical e dirigida para cima colabora para que uma bola de plástico, mergulhada totalmente na água de uma piscina, quando largada, aflore rapidamente à superfície? Reflita ainda sobre a força vertical e dirigida para cima responsável pela manutenção de um balão suspenso no ar...

Qual é a origem dessas forças? Teriam elas algo em comum? Sim, elas advêm do fluido que envolve total ou parcialmente os corpos citados. Essa força vertical e dirigida para cima que os corpos recebem quando imersos na água, no ar ou em outros líquidos ou gases tem fundamental importância na compreensão de fenômenos hidrostáticos. Seu nome é **empuxo**, tendo sido descrita por Arquimedes de Siracusa no século III a.C.

Arquimedes (287 a.C.-212 a.C.) nasceu em Siracusa, na ilha da Sicília, cidade que na época pertencia à Magna Grécia. Em viagem de estudos a Alexandria (Egito), conheceu Euclides e seus discípulos, tornando-se entusiasta de sua obra. Determinou a área da superfície esférica, obteve com precisão o centro de gravidade de várias figuras planas, construiu engenhos bélicos de notável eficiência e também um parafuso capaz de elevar a água de poços e estudou o mecanismo das alavancas. O que realmente o celebrou, no entanto, foi a formulação da **lei do empuxo**. Morreu em plena atividade, na Primeira Guerra Púnica, durante o massacre realizado pelos romanos por ocasião da tomada de Siracusa.



SuperStock/Grupo Kristiane

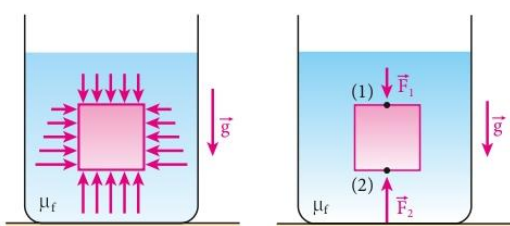
Arquimedes.
Gravura do
séc. XVII.
Biblioteca
Nacional de Paris.

Leia o enunciado do **Teorema de Arquimedes**:

Quando um corpo é imerso total ou parcialmente em um fluido em equilíbrio sob a ação da gravidade, ele recebe do fluido uma força denominada **empuxo** (ou impulsão de Arquimedes). Tal força tem sempre direção vertical, sentido de baixo para cima e intensidade igual à do peso do fluido deslocado pelo corpo.

Demonstração:

Vamos admitir um líquido homogêneo de massa específica μ_f , contido no recipiente da figura. O sistema acha-se em equilíbrio sob a ação da gravidade (\vec{g}). Seja também um cilindro, de altura h e bases de área A , totalmente imerso no líquido.



Por estar envolvido pelo líquido, o cilindro recebe forças deste, indicadas pelo esquema. As forças horizontais (laterais) equilibram-se devido à simetria. Na vertical, entretanto, temos duas forças a considerar: uma, \vec{F}_1 , aplicada no ponto **1**, resultante na base superior do cilindro, e outra, \vec{F}_2 , aplicada no ponto **2**, resultante na base inferior desse cilindro.

Devido à maior profundidade do ponto **2**, devemos ter $|\vec{F}_2| > |\vec{F}_1|$, o que significa que as forças \vec{F}_1 e \vec{F}_2 admitem uma resultante vertical e dirigida para cima. Essa resultante que o líquido exerce no cilindro, suposto em repouso, denomina-se **empuxo** (\vec{E}).

Temos, então, que: $\vec{F}_2 + \vec{F}_1 = \vec{E}$

Em módulo, temos: $F_2 - F_1 = E$ (I)

A intensidade de \vec{E} pode ser obtida aplicando-se aos pontos **1** e **2** o **Teorema de Stevin**:

$$p_2 - p_1 = \mu_f g h$$

Sendo $p_2 = \frac{F_2}{A}$ e $p_1 = \frac{F_1}{A}$, temos:

$$\frac{F_2}{A} - \frac{F_1}{A} = \mu_f g h \Rightarrow F_2 - F_1 = \mu_f g h A$$

O produto $h A$ traduz, no entanto, o volume do cilindro imerso no líquido (V). Assim:

$$F_2 - F_1 = \mu_f V g \quad (\text{II})$$

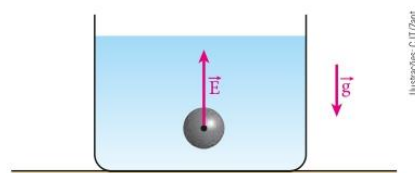
Comparando (I) e (II), segue que: $E = \mu_f V g$

Seja V_{fd} o volume de fluido deslocado em razão da imersão do cilindro. É fundamental notar que esse volume é exatamente igual ao volume do cilindro imerso no fluido: $V_{fd} = V$

Diante disso, podemos escrever: $E = \mu_f V_{fd} g$

Entretanto, $\mu_f V_{fd} = m_{fd}$ (massa do fluido deslocado). Assim, obtemos, finalmente:

$$E = \mu_f V_{fd} g \Rightarrow E = m_{fd} g \Rightarrow E = P_{fd}$$

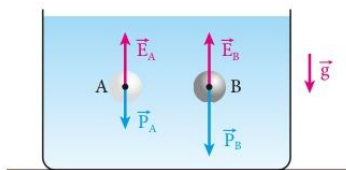


Na situação representada na figura acima, temos uma esfera em repouso totalmente imersa na água. A resultante das ações da água sobre a esfera é o empuxo \vec{E} , força vertical e dirigida para cima. A intensidade de \vec{E} é igual à do peso do fluido deslocado pela esfera.

Tenha em mente os seguintes pontos:

- O empuxo só pode ser considerado a resultante das ações do fluido sobre o corpo se este estiver em repouso;
- A linha de ação do empuxo passa sempre pelo centro de gravidade da porção fluida que ocupava o local em que está o corpo;
- O empuxo **não** tem nenhuma relação geral com o peso do corpo imerso, cuja intensidade pode ser maior que a do empuxo, menor que ela ou igual à do empuxo;
- Para μ_f e g constantes, E é diretamente proporcional a V : se uma bola for inflada debaixo da água, por exemplo, a intensidade do empuxo exercido sobre ela aumentará. Quanto maior for o volume da bola, maior será o volume de água deslocado e maior será a intensidade do empuxo;
- Para V e g constantes, E é diretamente proporcional a μ_f : um corpo totalmente imerso na água do mar receberá um empuxo mais intenso que o recebido quando totalmente imerso na água límpida de um lago. Isso ocorre porque a água salgada do mar tem densidade absoluta maior que a da água “doce” do lago.

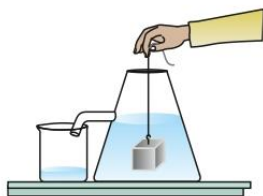
Exemplo 1: Na figura, temos uma bola de pingue-pongue (A) e uma esfera maciça de aço (B), de mesmo volume externo. Esses dois corpos estão totalmente imersos na água.



É claro que a esfera B é mais pesada que a bola A, porém, por terem o mesmo volume externo, A e B deslocam volumes iguais de água e, por isso, recebem **empuxos de mesma intensidade**:

$$|\vec{P}_A| < |\vec{P}_B|, \text{ mas } |\vec{E}_A| = |\vec{E}_B|$$

Exemplo 2: Considere a figura a seguir.



No experimento ilustrado acima, quando o bloco (sem porosidades) é introduzido na jarra preenchida com água até o nível do seu bico, certo volume do líquido extravasa, sendo recolhido no recipiente lateral. O volume de água extravasado é igual ao volume do bloco, e a intensidade do empuxo recebido por ele é igual à do peso do líquido deslocado (**Teorema de Arquimedes**).

Exemplo 3: Na fotografia abaixo, um balão inflado com um gás menos denso que o ar mantém suspensa, em repouso, uma pedra presa por um barbante.

Nesse caso, o sistema apresenta-se em equilíbrio e a intensidade do seu peso total é igual à intensidade do empuxo exercido pelo ar.

É interessante observar que, como a densidade do ar é bem menor que a da água ($\mu_{\text{ar}} \cong 1,3 \text{ kg/m}^3$ e $\mu_{\text{água}} \cong 1000 \text{ kg/m}^3$), para se obter no ar empuxos equivalentes aos obtidos na água é necessário utilizar, no meio gasoso, corpos de grandes volumes. É por isso que os balões atmosféricos são tão grandes.



Balão inflado mantendo uma pedra suspensa, em repouso.

Uma verificação da lei do empuxo

Consideremos a situação representada na figura 1, em que se tem uma balança de travessão de braços iguais em equilíbrio. Nessas condições, o peso pendente na extremidade esquerda do travessão tem intensidade igual à do peso pendente na extremidade direita.

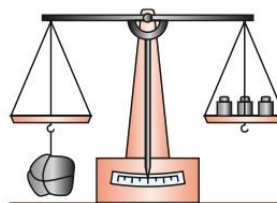


figura 1

Admitamos, agora, a situação representada na figura 2. Introduzindo o corpo de ferro não poroso (dependurado no prato esquerdo) em um recipiente contendo água, verificamos certo desequilíbrio da balança. Isso ocorre porque, ao ser imerso na água, o corpo de ferro recebe desta uma força vertical e dirigida para cima – o **empuxo** –, que provoca uma redução na intensidade da força que solicita a extremidade esquerda do travessão.

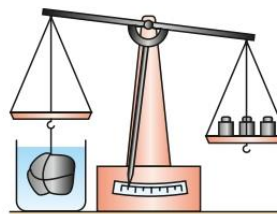


figura 2

Na situação mostrada na figura 3, o travessão encontra-se novamente em equilíbrio, tendo retornado à sua posição inicial. Para isso, foi necessário reduzir a intensidade do peso pendente à direita, retirando-se um dos massores do prato.

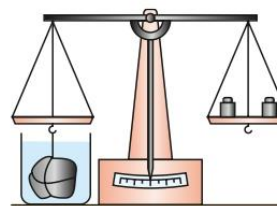


figura 3

Supondo que a retirada de um massor do prato à direita tenha sido suficiente para recolocar o travessão na horizontal, podemos afirmar que a intensidade do peso desse objeto é igual à do empuxo recebido pelo corpo de ferro imerso na água.

FAÇA VOCÊ MESMO

Verificando o Princípio de Arquimedes

A flutuação de um corpo na superfície de um líquido ocorre quando esse corpo é menos denso que o líquido. Nesse caso, seu peso é equilibrado pela força **empuxo**, descrita pelo **Princípio de Arquimedes**.

Propomos a seguir um experimento envolvendo a flutuação de uma pequena caixa de papelão dotada de uma carga de grãos de feijão.

Material necessário

- 1 vasilha de vidro com capacidade em torno de 500 mL cheia de água da torneira (pode ser a base de uma garrafa plástica do tipo *pet* de 1,5 L ou 2 L);
- 1 pequena caixa de papelão fino e pouco absorvente, capaz de flutuar na água do recipiente. É importante que a base da caixa não tenha aberturas ou frestas;
- 1 punhado de grãos de feijão para serem colocados dentro da caixa;
- cerca de 50 g de sal de cozinha, o que equivale aproximadamente a meia xícara de chá;
- 1 colher;
- 1 caneta hidrográfica.

Procedimento

I. Mantenha o recipiente com água em repouso e a superfície do líquido sem ondulações; coloque a caixa de papelão para flutuar no líquido e adicione no interior dela um punhado de grãos de feijão de modo a tornar o conjunto um pouco mais pesado que a caixa vazia. Estabelecido o equilíbrio, retire cuidadosamente a caixa da água e verifique a região molhada em sua lateral. Risque com a caneta hidrográfica a linha demarcatória do nível atingido pelo líquido na lateral da caixa.



II. Com a caixa fora do recipiente, adicione o sal de cozinha à água e dilua-o, mexendo vigorosamente com a colher. Você obterá uma solução saturada esbranquiçada, que deverá permanecer também em repouso até que a superfície líquida volte a ficar sem perturbações. Retorne em seguida a caixa de papelão com a mesma carga de feijão para dentro da vasilha. Você notará, então, que a caixa se apresentará menos imersa que no caso anterior; isto é, a linha de flutuação que você riscou se elevará em relação à superfície líquida.



Foto: Eduardo Sampaio

Você poderá ainda afundar um pouco mais a caixa, restabelecendo a linha de flutuação demarcada na situação inicial. Para isso, bastará acrescentar mais alguns grãos de feijão dentro dela, tornando o conjunto um pouco mais pesado.

Analizando o experimento

1. Em sua opinião, o que provocou essa subida da caixa em relação à superfície da água salgada? Que grandezas físicas foram alteradas do primeiro para o segundo momento do experimento? Elabore hipóteses capazes de explicar a menor imersão da caixa quando posta a flutuar na solução de água e sal.
2. Com base nas leis da Hidrostática, elabore uma explicação consistente para o que foi observado e compare suas conjecturas com aquelas apresentadas por seus colegas.
3. Quando um barco que estava navegando em um rio (água doce) entra no mar (água salgada), ocorre alguma alteração na linha de flutuação, isto é, o nível atingido pela superfície da água na lateral do casco do barco se modifica?
4. Quando um barco que estava navegando em um rio (água doce) entra no mar (água salgada), ele pode receber uma carga adicional de modo a flutuar com o mesmo percentual do volume do casco imerso comparativamente com a flutuação fluvial? Discuta sobre essas questões com os colegas e o professor.

5. a) Nos três casos, a pressão hidrostática verificada na parede do fundo dos recipientes é a mesma.

$$p_A = p_B = p_C = \mu g h$$

- b) Nos três casos, a força que o líquido exerce na parede do fundo dos três recipientes tem a mesma intensidade.

$$F_A = F_B = F_C = \mu g h A$$

A igualdade entre F_A , F_B e F_C denomina-se **Paradoxo Hidrostático**.

6. A pressão hidrostática no fundo do vaso é dada por:

$$p = p_1 + p_2 + p_3$$

$$p = \mu_1 g h_1 + \mu_2 g h_2 + \mu_3 g h_3$$

$$p = (1,5 \cdot 2,0 + 2,0 \cdot 4,0 + 4,0 \cdot 6,0) 10^2 \left(\frac{N}{m^2} \right)$$

$$p = 3,5 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$$

A intensidade de força aplicada pelos líquidos na parede do fundo do vaso fica dada por:

$$p = \frac{F}{A} \Rightarrow F = p A$$

$$F = 3,5 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-4} \text{ (N)} \Rightarrow F = 7,0 \text{ N}$$

A alternativa **d** é a correta.

7. a) Pressão hidrostática em $t_0 = 0$:

$$p_i = \mu_a g h_i = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10^{-2} \text{ (Pa)}$$

$$p_i = 1,0 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

Cálculo da altura final da coluna de água:

$$Z = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{A \Delta h}{\Delta t} \Rightarrow \Delta h = \frac{Z \Delta t}{A}$$

$$\text{Assim: } \Delta h = \frac{1,0 \cdot 10^{-2} \cdot 20}{1,0} \Rightarrow \Delta h = 20 \text{ cm}$$

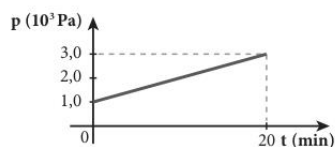
$$h_f = h_i + \Delta h \Rightarrow h_f = 10 + 20 \text{ (cm)} \Rightarrow h_f = 30 \text{ cm}$$

Pressão hidrostática em $t = 20 \text{ min}$:

$$p_f = \mu_a g h_f = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 30 \cdot 10^{-2} \text{ (Pa)}$$

$$p_f = 3,0 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

A função $p = f(t)$ é do 1º grau e o gráfico correspondente está dado a seguir:



- b) Na parede do fundo tem-se:

$$F_F = p_F A_F = 3,0 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \text{ (N)} \Rightarrow F_F = 3,0 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Nas paredes laterais, tem-se:

$$F_L = \frac{p_f}{2} A_L = \frac{3,0 \cdot 10^3}{2} \cdot 1,0 \cdot 0,30 \text{ (N)}$$

$$F_L = 4,5 \cdot 10^2 \text{ N}$$

8. A água invadirá a garrafa, preenchendo-a completamente. É importante lembrar que, se fosse possível, a água subiria a uma altura de 10 m empurrada pelas forças da pressão atmosférica. A alternativa **a** é a correta.

9. A pressão atmosférica local está medida no barômetro (figura da direita): $p_{\text{atm}} = 70 \text{ cmHg}$

$$\text{Gás M: } p_m = p_{\text{Hg}} + p_{\text{atm}}$$

$$p_m = (20 + 70) \text{ cmHg} \Rightarrow p_m = 90 \text{ cmHg}$$

$$\text{Gás N: } p_n = p_{\text{Hg}} \Rightarrow p_n = 20 \text{ cmHg}$$

10. $p_{\text{gás}} + p_{\text{Hg}} = p_0$

$$p_{\text{gás}} + \mu_{\text{Hg}} g h = p_0$$

$$p_{\text{gás}} + 13,6 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0,50 = 1,0 \cdot 10^5$$

$$p_{\text{gás}} = 0,32 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 0,32 \text{ atm}$$

11. Aplicando aos pontos 1 e 2 o Teorema de Stevin, temos:

$$p_2 - p_1 = \mu g h$$

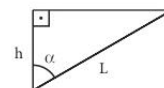
$$p_{\text{atm}} - 0 = \mu g h$$

$$1,01 \cdot 10^5 = 13,6 \cdot 10^3 \cdot 9,81 h$$

$$\text{Da qual: } h \cong 0,757 \text{ m} = 75,7 \text{ cm}$$

$$\cos \alpha = \frac{h}{L}$$

$$\cos \alpha = \frac{75,7}{151} \cong 0,50$$



$$\text{Logo: } \alpha \cong 60^\circ$$

SUBSÍDIOS AO FAÇA VOCÊ MESMO (p. 278)

1. O empuxo necessário para equilibrar o peso da caixa é o mesmo em ambos os casos. A água salgada é mais densa que a água doce e, por isso, a flutuação na água salgada exige um volume imerso menor que na água doce.

$$\text{De fato, } E = \mu_F V_i g$$

Com base na expressão acima, é possível perceber que, com **E** constante, aumentando-se μ_F , V_i diminui.

2. Aumentou a densidade da água e diminuiu a fração do volume da caixa imersa na solução. Veja a explicação na resposta dada à questão anterior.

Flutuação na água doce:

$$E_1 = P \Rightarrow \mu_1 V_1 g = P \quad \text{(I)}$$

Flutuação na água salgada:

$$E_2 = P \Rightarrow \mu_2 V_2 g = P \quad \text{(II)}$$

Comparando-se (I) e (II), segue que:

$$\mu_2 V_2 g = \mu_1 V_1 g \Rightarrow \mu_2 V_2 = \mu_1 V_1$$

Como a densidade da água salgada (μ_2) é maior que a da água doce (μ_1), despreende-se que o volume da caixa imerso na água salgada (V_2) é **menor** que o volume da caixa imerso na água doce (V_1).

3. Sim, o barco passa a flutuar com uma menor fração de seu volume imersa.
4. Sim, pois, para recobrar a linha de flutuação da água doce, o barco poderá receber mais carga. Observemos que um volume imerso maior disponibiliza um empuxo maior, o que permite aumentar o peso do barco flutuante na água salgada.

RESOLUÇÃO DAS QUESTÕES PROPOSTAS (p. 281)

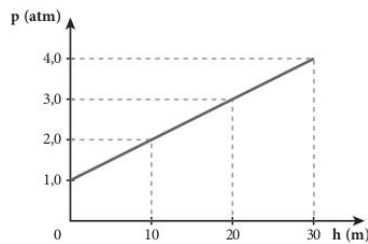
17. a) Teorema de Stevin:

$$P_1 - P_{1-1} = \mu g h \Rightarrow \Delta p = \mu g h$$

Assim: $\Delta p = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10$ (Pa)

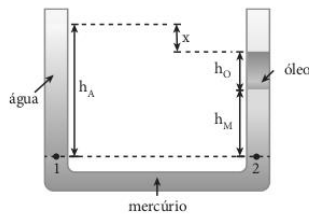
$$\Delta p = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1,0 \text{ atm}$$

b) A pressão total cresce uniformemente com a profundidade, como pode ser observado no gráfico a seguir.



Ilustrações: C7JZap1

18. 1)



Os pontos **1** e **2**, situados no mesmo nível horizontal, pertencem ao mesmo líquido em equilíbrio (o mercúrio) e, por isso, estão submetidos a pressões iguais.

$$P_1 = P_2 \Rightarrow \mu_A g h_A + p_{atm} = \mu_M g h_M + \mu_O g h_O + p_{atm}$$

Logo: $\mu_A h_A = \mu_M h_M + \mu_O h_O$

Assim: $1,0 \cdot 32,0 = 13,6 h_M + 0,80 \cdot 6,0$

$$h_M = 2,0 \text{ cm}$$

2) $x + h_0 + h_M = h_A \Rightarrow x + 6,0 + 2,0 = 32,0$

Logo: $x = 24,0 \text{ cm}$

19. 1) Analisando-se a alavanca interfixa:

$$F_1 d_1 = F d \Rightarrow F_1 \cdot 40 = 50 \cdot 200$$

Assim: $F_1 = 250 \text{ N}$

2) Conforme o Teorema de Pascal:

$$\Delta p_2 = \Delta p_1 \Rightarrow \frac{F_2}{A_2} = \frac{F_1}{A_1}$$

Logo: $\frac{F_2}{80} = \frac{250}{40} \Rightarrow F_2 = 500 \text{ N}$

A alternativa **e** é a correta.

20. a) $\frac{F_1}{A_1} = \frac{m g}{A_2} \Rightarrow \frac{F_1}{1,0} = \frac{1,0 \cdot 10^3 \cdot 10}{10}$

Logo: $F_1 = 1,0 \cdot 10^3 \text{ N}$

b) $\tau_2 = m g h_2 \Rightarrow \tau_2 = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 3,0$ (J)

Logo: $\tau_2 = 3,0 \cdot 10^4 \text{ J}$

$\tau_1 = \tau_2 = 3,0 \cdot 10^4 \text{ J}$

$\tau_1 = \tau_2 = 3,0 \cdot 10^4 \text{ J}$ (conservação do trabalho)

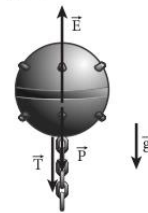
21. a) O empuxo \vec{E} tem intensidade dada por:

$$E = \mu V g$$

$$E = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot 10$$
 (N)

$$E = 1,0 \cdot 10^4 \text{ N}$$

A intensidade da força de tração na corrente (\vec{T}) é obtida analisando-se o equilíbrio da mina.



$$\vec{T} + \vec{P} + \vec{E} = \vec{0} \quad \xrightarrow{\text{em módulo}} \quad T + P = E$$

$$T' + mg = E$$

$$T + 200 \cdot 10 = 1,0 \cdot 10^4 \Rightarrow T = 8,0 \cdot 10^3 \text{ N}$$

b) $p_{expl} = \mu g h + p_{atm} + p_{emb}$

$$5,0 \cdot 10^5 = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 8,0 + 1,0 \cdot 10^5 + p_{emb}$$

$$5,0 \cdot 10^5 = 1,8 \cdot 10^5 + p_{emb}$$

Daí: $p_{emb} = 3,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

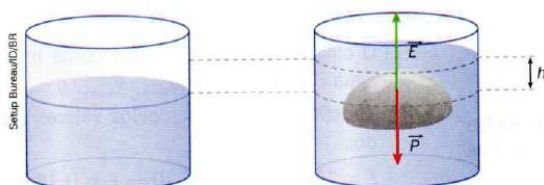
O princípio de Arquimedes

Por que os balões de ar quente sobem? Por que os navios flutuam? Nos dois casos, há uma força vertical que atua em sentido contrário ao da força peso, sustentando os corpos.

O pensador grego Arquimedes (c. 287 a.C.-212 a.C.) foi quem primeiro observou e apresentou essa força. Em linguagem atual, o **princípio de Arquimedes** diz:

Todo corpo imerso, total ou parcialmente, em um fluido em equilíbrio recebe a ação de uma força vertical, dirigida de baixo para cima e com intensidade igual ao peso do volume de fluido deslocado pelo corpo.

Essa força vertical para cima é chamada **empuxo**, e será aqui representada pela letra \vec{E} . O esquema abaixo ajuda a compreender esse conceito.



Sendo o valor empuxo igual ao valor peso do volume do fluido deslocado, a intensidade dessa força pode ser calculada pela equação:

$$P = E = m_d \cdot g$$

em que P é a intensidade da força peso, E é a intensidade do empuxo, m_d é a massa do fluido deslocado e g é a aceleração da gravidade.

Experimentos mostram que o volume de fluido deslocado (V_d) pela imersão de um corpo tem peso equivalente à força que será aplicada ao corpo.

Como a densidade de um corpo é dada por $d = \frac{m}{V}$, em que m é a massa do corpo e V é seu volume, podemos escrever: $m = d \cdot V$. Chamando a densidade do fluido de d_f e fazendo as devidas substituições na equação do empuxo, obtemos:

$$E = d_f \cdot V_d \cdot g$$

Observe que o empuxo é proporcional à densidade do fluido e ao volume de fluido deslocado. Assim, quanto maior a densidade do fluido, maior será o empuxo por ele causado. Portanto, um mesmo objeto pode receber empuxo de diferentes intensidades, dependendo da densidade do fluido em que estiver imerso.

Por exemplo, sabendo que a densidade do gelo é $0,91 \text{ g/cm}^3$, a da água doce é $1,0 \text{ g/cm}^3$ e a da água do mar é $1,03 \text{ g/cm}^3$, um cubo de gelo flutua mais facilmente na água doce ou na água do mar? Certamente é na água do mar, onde o empuxo é maior pelo fato de a densidade da água salgada ser maior que a densidade da água doce.

Como o empuxo é uma força, sua unidade de medida, no SI, é o newton (N).

Peso aparente

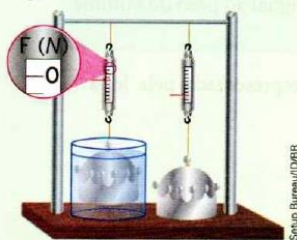
O empuxo sempre atua no sentido vertical para cima e, portanto, em sentido oposto ao da força da gravidade, que atua no sentido vertical para baixo. A diferença entre a força peso e o empuxo é chamada **peso aparente** (\vec{P}_A) e sua intensidade pode ser calculada a partir da relação:

$$P_A = P - E$$

EXERCÍCIO RESOLVIDO

25. Duas coroas idênticas são penduradas cada uma em um dinamômetro, como mostra a figura a seguir. Uma delas está imersa em água, e a outra, no ar. A massa de ambas as coroas é igual a 0,4 kg, e o material de que são feitas é a prata, cuja densidade é $10\,500\text{ kg/m}^3$.

Dados: $d_{\text{água}} = 10^3\text{ kg/m}^3$; $g = 10\text{ m/s}^2$



- Os valores marcados em cada dinamômetro (em vermelho) são diferentes. Explique por que ocorre essa diferença.
- Calcule o volume de cada uma das coroas.
- Calcule o empuxo que atua sobre a coroa imersa na água.
- Calcule o peso aparente.
- Interprete, do ponto de vista da Física, o significado da expressão "peso aparente".

Resolução

- Os valores indicados nos dinamômetros são diferentes porque a coroa imersa na água está

sujeita ao empuxo (força vertical para cima), e o dinamômetro que a sustenta mede seu peso aparente, isto é, o peso da coroa menos o empuxo aplicado pela água. Já o dinamômetro com a coroa pendurada no ar mede a força peso real, sem empuxo (desde que desprezados os efeitos do ar).

- Para calcular o volume das coroas, aplicamos a equação da densidade: $d = \frac{m}{V}$

Substituindo os dados pelos valores conhecidos: $10,5 \cdot 10^3 = \frac{0,4}{V} \Rightarrow V = \frac{0,4}{10,5 \cdot 10^3}$

$$V \cong 3,8 \cdot 10^{-5}\text{ m}^3$$

- O empuxo que atua sobre a coroa imersa na água é dado por: $E = d_{\text{água}} \cdot V_{\text{coroa}} \cdot g$

Substituindo os dados pelos valores conhecidos:

$$E = 10^3 \cdot 3,8 \cdot 10^{-5} \cdot 10 \Rightarrow E = 0,38\text{ N}$$

- O peso da coroa é dado por:

$$P = m \cdot g \Rightarrow P = 0,4 \cdot 10 \Rightarrow P = 4\text{ N}$$

O peso aparente é dado por:

$$P_A = P - E \Rightarrow P_A = 4 - 0,38 \Rightarrow P_A = 3,62\text{ N}$$

- Peso aparente é o valor medido pelo dinamômetro que sustenta o corpo dentro da água, situação em que o corpo aparenta ter peso menor por causa da ação do empuxo.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

26. Sustentada por um dinamômetro, uma esfera de chumbo com massa de 452 g é imersa em água.

Dados: $d_{\text{água}} = 1\text{ g/cm}^3$; $d_{\text{chumbo}} = 11,3\text{ g/cm}^3$;

$$g = 1000\text{ cm/s}^2$$

- Calcule o volume da esfera.
- Calcule o empuxo que atua sobre a esfera imersa no líquido.
- Calcule o peso aparente.

Dica: transforme todos os dados em unidades do SI.

27. Se o líquido usado para imergir a esfera de chumbo da questão anterior fosse o óleo mineral, cuja densidade é $0,85\text{ g/cm}^3$, o valor do peso aparente seria maior ou menor? Justifique.

28. Um cubo de massa igual a 32 kg é sustentado parcialmente por um fio ideal (massa desprezível) no interior de um recipiente com um líquido. A aresta

do cubo mede 20 cm. Determine a tensão no fio, em newton.

Dados: $d_{\text{líquido}} = 2000\text{ kg/m}^3$; $g = 10\text{ m/s}^2$

29. O peso aparente de um corpo pode ser maior que seu peso real? Justifique sua resposta.

30. O peso aparente de um cubo maciço medido por um dinamômetro é 20 N, e o peso real é 60 N. O cubo foi mergulhado em álcool etílico, com densidade igual a $0,8\text{ g/cm}^3$. Calcule o volume desse cubo.

31. Um balão de látex com volume de 300 cm^3 contém gás hidrogênio, cuja densidade é $9 \cdot 10^{-5}\text{ g/cm}^3$. O balão está preso ao chão por um fio.

a) Faça um desenho mostrando as forças que atuam no balão.

b) Calcule a tensão aplicada no fio, considerando a densidade do ar igual a $13 \cdot 10^{-4}\text{ g/cm}^3$.

Para explorar

A seguir são dadas sugestões para você ampliar seu conhecimento sobre os temas abordados neste capítulo.

Leia

Jorge Zahar/Arquimedes em editora



• **Arquimedes e a alavanca em 90 minutos**, de Paul Strathern. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1999.

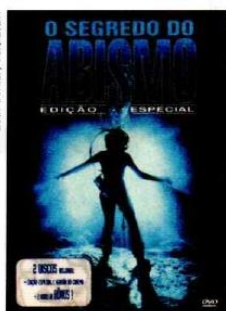
A história de Arquimedes saltando de sua banheira e gritando "Eureka!" é bastante conhecida (será verdadeira?). Pouca gente, porém, sabe que o grego alardeou que era capaz de mover o mundo. Pode-se saber dessa e de outras histórias lendo o livro *Arquimedes e a alavanca em 90 minutos*.

• **Convite à Física**, de Yoav Ben-Dov. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1996.

Uma das mais interessantes obras de introdução à Física, esse livro consegue ser rigoroso conceitualmente sem que o leitor tenha necessariamente conhecimentos matemáticos. A abordagem histórica da obra permite que as questões fundadoras da Física se mantenham como "pano de fundo".

Assista

20th Century Fox/IDBB



• **O segredo do abismo**. Direção de James Cameron, EUA, 1989, 124 min.

Um submarino nuclear, a 600 m de profundidade, é atacado por uma nave desconhecida, à beira de uma fossa oceânica de mais de 4 000 m de profundidade. Uma equipe de uma plataforma submarina de exploração de petróleo é convocada para tentar resgatar os tripulantes do submarino. Durante essas tentativas, muitas surpresas ocorrerão. O filme é interessante, também, porque mostra o ser humano explorando as leis físicas para desenvolver tecnologias que permitam suportar as altas pressões do fundo do mar.

Navegue

• **A alavanca de Arquimedes**, de Luis Barco. *Revista Superinteressante*, São Paulo, Abril, ano 3, n. 16, jan. 1989.

Nessa reportagem, o professor Luis Barco discute como seria possível concretizar a ideia de Arquimedes de mover a Terra, expressa em sua famosa frase: "Deem-me um ponto de apoio e eu levantarei o mundo". Disponível em: <<http://super.abril.com.br/cotidiano/alavanca-arquimedes-438862.shtml>>. Acesso em: 5 jun. 2013.

Referências bibliográficas

- Aczel, Amir D. *Bússola: a invenção que mudou o mundo*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.
- Alves, Rubem. *Entre a ciência e a sapiência: o dilema da educação*. São Paulo: Loyola, 1999.
- _____. *Filosofia da ciência: introdução ao jogo e suas regras*. São Paulo: Loyola, 2002.
- ASHCROFT, Frances. *A vida no limite*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.
- BACHELARD, Gastón. *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- _____. *A psicanálise do fogo*. São Paulo: Martins Fontes, 1994.
- BARIONI, Carlos Cesar et al. *Introdução a sistemas elétricos de potência*. São Paulo: Edgard Blücher, 1996.
- BARRETO, Márcio. *Física: Einstein para o Ensino Médio*. São Paulo: Papirus, 2009.
- BARTHEM, Ricardo. *A luz*. São Paulo: Livraria da Física e Sociedade Brasileira de Física, 2005.
- _____. *Temas atuais de Física: a luz*. São Paulo: Livraria da Física, 2005.
- BASSALO, José Maria F. *Crônicas da Física*. Belém: Gráfica e Editora Universitária (UFPA), 1990.
- BEER, Ferdinand; JOHNSON E., Russell. *Mecânica vetorial para engenheiros*. São Paulo: McGraw-Hill, 1980.
- BENDICK, Jeanne. *Arquimedes: uma porta para a ciência*. São Paulo: Odysseus, 2002.
- BEN-DOV, Yoav. *Convite à Física*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1995.
- BERMANN, Célio. *Energia para o Brasil: para quê? Para quem? Crise e alternativas para um país sustentável*. São Paulo: Livraria da Física, 2002.
- BERNAL, John Desmond. *The extension of man: a history of Physics before 1900*. London: Weidenfeld and Nicholson, 1972.
- BLOOMFIELD, Louis A. *How things work: the Physics of everyday life*. New York: John Wiley & Sons, 1997.
- BRAGA, Marco et al. *Das Luzes ao sonho do doutor Frankenstein* (séc. XVIII). Rio de Janeiro: JZE, 2005 (Coleção Breve História da Ciência Moderna, volume 3).
- BRANCO, Samuel Murgel. *O meio ambiente em debate*. São Paulo: Moderna, 2004.
- BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. *Balanco energético nacional*. Brasília: EPE, 2008.
- _____. Furnas Centrais Elétricas S. A. *Anuário estatístico*. 30. ed., 2008.
- _____. Ministério da Ciência e Tecnologia. Comissão Nacional de Energia Nuclear. *Apostila educativa: energia nuclear*. Rio de Janeiro: CNEN, s.d.
- _____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC, 1999.
- _____. Ministério das Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Atlas de energia elétrica no Brasil*. Brasília: Aneel, 2008.
- _____. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília: MEC, 1999.
- BRENNAN, Richard. *Gigantes da Física*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.
- BRONOWSKI, Jacob. *A escalada do homem*. São Paulo: Martins Fontes, 1983.
- CANÉDO, Leticia Bicalho. *A Revolução Industrial*. 23. ed. São Paulo: Atual, 2009 (Coleção Discutindo a História).
- CARVALHO, Regina Pinto de. *Micro-ondas*. São Paulo: Livraria da Física, 2005.
- _____. *Física do dia a dia*. Belo Horizonte: Autêntica, 2003.
- CHASSOT, Attico. *A ciência através dos tempos*. São Paulo: Moderna, 1994.
- CHAVES, Alaor; SCHELLARD, Ronald Cintra. *Pensando o futuro: o desenvolvimento da Física e sua inserção na vida social e econômica do país*. São Paulo: Livraria da Física e Sociedade Brasileira de Física, 2005.
- CHESMAN, Carlos; ANDRÉ, Carlos; MACÉDO, Augusto. *Física moderna: experimental e aplicada*. São Paulo: Livraria da Física, 2004.
- COSTA, Irapuã de Oliveira. *Energia elétrica: a luz do consumidor*. São Paulo: Segmento Farma, 2004.
- CRUZ, Roque; LEITE, Sérgio; CARVALHO, Cassiano. *Experimentos de Física em microescala*. São Paulo: Scipione, 1997.
- DAMINELLI, Augusto. *Hubble: a expansão do Universo*. São Paulo: Odysseus, 2003.
- DE GENNES, Pierre-Gilles; BADOZ, Jacques. *Os objetos frágeis*. Campinas: Editora da Unicamp, 1997.
- DELBEM, N. F. *Introdução matemática aos modelos cosmológicos*. 2010. 144 f. Dissertação (Mestrado em Matemática Universitária) – Unesp, Rio Claro.
- DEMO, Pedro. *Saber pensar*. São Paulo: Cortez, 2002.
- EISBERG, Robert; RESNICK, Robert. *Física quântica*. São Paulo: Campus, 1994.
- EUA, ONU. *Energy in the United Nations: an overview of UN-energy activities*. New York, 2006.
- _____. US Department of Energy. Energy Information Administration. *Annual Energy Outlook 2009: with projections to 2030*. Washington, DC: DOE, 2009.
- FERRIS, Timothy. *O despertar na Via Láctea: uma história da astronomia*. Rio de Janeiro: Campus, 1990.
- FEYNMAN, Richard P. *Deve ser brincadeira, sr. Feynman!*. Brasília: Editora da UnB, 2000.
- _____. *Física em seis lições*. Rio de Janeiro: Ediouro, 2001.
- FISCHER, Len. *A ciência no cotidiano: como aproveitar a ciência nas atividades do dia a dia*. São Paulo: JZE, 2004.
- FOWLES, Grant R. *Introduction to Modern Optics*. USA: Dover, 1989.
- FRANCE, Organisation Intergouvernementale de la Convention du Metre, *The International System of Units (SI)*, 8^{me} edition, Sevres: Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), 2006.
- FREIRE, Paulo. *Pedagogia da autonomia*. São Paulo: Paz e Terra, 2005.
- GAMOW, George. *O incrível mundo da Física moderna*. São Paulo: Ibrasa, 1980.
- _____. *Biography of Physics*. New York: Harper, 1962.
- GILMORE, Robert. *Alice no país do quantum*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.

Grandezas básicas no estudo dos fluidos

Dando continuidade ao levantamento das noções prévias dos alunos, proponha que expressem o que entendem por densidade e pressão, conceitos que, não raramente, são motivos de equívocos e dificuldades. No caso de *densidade*, por exemplo, é frequente a confusão desse conceito com o de *peso*. Ideias como a de que o chumbo é mais pesado que o algodão são comuns. E, por isso, é importante destacar que a densidade (ou massa específica) é uma característica do material, enquanto massa e volume são características do objeto. Também o conceito de *pressão* é muitas vezes entendido como *força*, em decorrência do uso dessa palavra no cotidiano. Assim, é importante fornecer e pedir que os alunos apresentem exemplos desses conceitos em contextos diversos.

Neste tópico são trabalhadas também unidades de medida, especialmente de volume e de pressão. No primeiro caso, os alunos têm familiaridade com o *litro* e alguns de seus submúltiplos, particularmente o mililitro, unidades mais utilizadas no dia a dia, presentes em receitas, rótulos, embalagens, recipientes graduados. No caso de pressão, as unidades são menos conhecidas, mas também se pode pedir um levantamento das que eles conhecem (por exemplo, da pressão de calibração de pneus ou de pressão atmosférica). As conversões não precisam ser memorizadas. O importante é que os alunos percebam que as unidades de medida de uma grandeza podem ser muitas, dependendo de fatores diversos, seja de sua adequação ao que se mede, seja por motivos históricos ou culturais.

Os exemplos da influência das variações de pressão sobre o corpo humano também são ricos e podem ser motivo de pesquisas e estudos envolvendo muitas aplicações, mas sugere-se que sejam explorados após o estudo dos princípios básicos (tópico 3), necessários para sua compreensão.

Finalmente, recomenda-se, no caso de volumes e densidades, que sejam feitos alguns experimentos simples ou atividades de estimativas. (Ver seção *Sugestão de atividades complementares*).

Princípios básicos no estudo dos fluidos

No estudo dos vasos comunicantes, apresenta-se o exemplo de distribuição de água em uma instalação hidráulica. Esse exemplo é muito importante e deve ser explorado para que sejam bem compreendidos os elementos que constituem essa instalação, suas funções e relações. Contudo, deve-se chamar atenção ao aspecto dinâmico envolvido nos sistemas de distribuição de água, para a cidade e residências. Ou seja, trata-se de água em movimento, envolvendo fluxos e vazões. Havendo tempo, é interessante trabalhar essa dinâmica por meio de pesquisas de como a água é levada dos reservatórios às casas.

Também desse ponto de vista, podem-se abordar outras situações envolvendo fluxos e vazões de água, como na vazão de um rio. No primeiro caso, é interessante trabalhar com avaliações do consumo de água residencial e, no segundo, pode-se estimar o potencial de vazão de um rio, uma represa ou queda-d'água, para obtenção de energia elétrica. Há muitos outros exemplos e aplicações de vasos comuni-

cantes que concretizam e dão contexto a esse princípio, como o nivelamento de paredes ou as medidas de pressão sanguínea.

O *empuxo* é outro conceito que motiva algumas confusões. É comum pensar que se trata de uma nova grandeza física não identificada como *força*. Ou seja, nesse caso o empuxo é inverso ao de densidade e pressão. Empuxo é força. O princípio de Arquimedes também é explicado pelas leis de Newton, nas situações de equilíbrio de objetos em fluidos, em que o empuxo é resultado da variação de pressão em função da altura ou profundidade do objeto no fluido.

Alguns fenômenos que envolvem fluidos líquidos

Esse tópico aborda a tensão superficial (força de coesão) e a capilaridade (força de adesão).

■ Sugestões de leituras complementares

Para o professor

- AXT, R. Professores de hoje, alunos de ontem... (dificuldades com alguns conceitos-chave sobre fluidos). In: *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 5, n. 1, abr. 1988.

O texto trata de dificuldades conceituais que alunos e professores de Ciências e de Física apresentam na área da mecânica dos fluidos e sugere uma estratégia de ensino baseada em experimentos de fácil realização como forma de ajudar os alunos a superar as dificuldades.

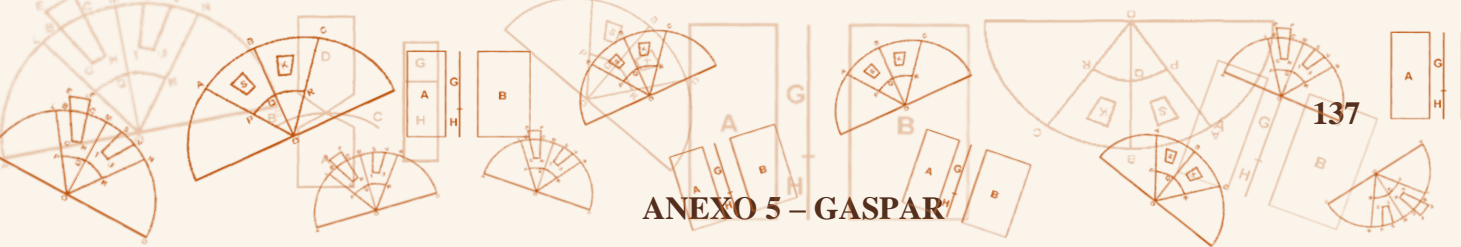
- OKUNO, E.; CALDAS, I.; CHOW, C. *Física para ciências biológicas e biomédicas*. Unidade IV – Fluidos em sistemas biológicos, p. 291. São Paulo: Harper e How do Brasil, 1982.
- SAITO, F. Alguns aspectos da ideia de experiência de Blaise Pascal (1623-1662). In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (Org). *O saber fazer e muitos saberes: experimentos, experiências e experimentações*. São Paulo: Editora Livraria da Física/Educ/Fapesp, 2006.

Para o aluno

- FIOLHAIS, C. Questões que metem muita água e também algum chumbo. In: *Física divertida*. 4. ed. Lisboa: Gradiva, 1994. p. 13-31 (Coleção Aprender Fazer Ciência).
- RIVAL, M. Arquimedes e a densidade (sec. III a.C.). In: *Os grandes experimentos científicos*. Rio de Janeiro: Zahar, 1997. p. 13-14 (Coleção Ciência e Cultura).
- _____. O ar é elástico? (1660). In: *Os grandes experimentos científicos*. Rio de Janeiro: Zahar, 1997. p. 21-24 (Coleção Ciência e Cultura).
- ROCHA, J. F. (Org.). Arquimedes e o princípio da hidrostática e da alavanca. In: *Origens e evolução das ideias da Física*. Salvador: EDUFBA, 2002. p. 66.

Referências para experimentos

- MONTANHEIRO, M. N. S. Determinação da densidade de sólidos e líquidos pelo princípio de Arquimedes. In: *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 7, n. 2, ago. 1990.
- VALADARES, E. C. Pisando em ovos, p. 18; Foguete de água, p. 30; Submarino, p. 32; Cama de pregos, p. 37; Cama de régua, p. 38; Elevador hidráulico, p. 40; Robôs de seringas, p. 41; Pontes levadiças, p. 43. Dando nó em pingo d'água, p. 54; Bomba-d'água manual, p. 54-55. In: *Física mais que divertida*. Belo Horizonte: UFMG, 2000.



2. Princípio de Arquimedes

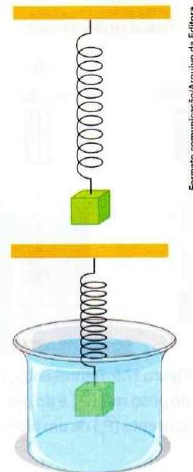
Na **figura 17.4**, quando o bloco suspenso é imerso na água, o comprimento da mola diminui. Isso acontece porque a água exerce sobre o bloco uma força dirigida verticalmente para cima, denominada empuxo. O empuxo é uma força com módulo, direção e sentido definidos pelo princípio de Arquimedes (filósofo e matemático grego que viveu de 287 a.C. a 212 a.C.):

Todo corpo imerso num fluido sofre a ação de uma força – chamada de empuxo – dirigida verticalmente para cima, cujo módulo é igual ao módulo do peso do volume do fluido deslocado.

O peso do líquido deslocado e o empuxo que esse líquido exerce sobre o corpo que o desloca são vetores de mesmo módulo e direção, porém de sentidos opostos.

O princípio de Arquimedes, a rigor, não é um princípio, pois pode ser deduzido a partir da lei de Stevin. Essa dedução nos permite obter a expressão matemática do módulo do empuxo (E) exercido por um **fluido** (ℓ) sobre o corpo nele imerso. Sendo ρ_ℓ a densidade desse fluido, V_ℓ o volume do fluido deslocado e g o módulo da aceleração da gravidade local, E é dado por:

$$E = \rho_\ell V_\ell g$$



♦ **Figura 17.4.** Representação (sem escala e em cores fantasia) do princípio de Arquimedes.

LÍQUIDO OU FLUIDO?

Preferimos nos referir a fluido em vez de líquido porque o princípio de Arquimedes é válido também para os gases.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

2. O volume de um corpo é 200 cm^3 . Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$ e determine o módulo do empuxo exercido sobre esse corpo quando inteiramente imerso:
- no ar, cuja densidade é $1,3 \text{ kg/m}^3$ (a 0°C e $1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$).
 - no álcool, cuja densidade é 800 kg/m^3 .
 - na água, cuja densidade é 1000 kg/m^3 .

Resolução:

- Sendo $\rho_\ell = 1,3 \text{ kg/m}^3$, $V_\ell = 200 \text{ cm}^3 = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ e $g = 10 \text{ m/s}^2$, aplicamos a expressão $E = \rho_\ell V_\ell g$, obtendo:
 $E = 1,3 \cdot 2,0 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \Rightarrow E = 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ N}$ ou $E = 0,0026 \text{ N}$
- Sendo $\rho_\ell = 800 \text{ kg/m}^3$, $V_\ell = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ e $g = 10 \text{ m/s}^2$, aplicamos a expressão $E = \rho_\ell V_\ell g$, obtendo:
 $E = 800 \cdot 2,0 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \Rightarrow E = 1,6 \text{ N}$
- Sendo $\rho_\ell = 1000 \text{ kg/m}^3$, $V_\ell = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ e $g = 10 \text{ m/s}^2$, aplicamos a expressão $E = \rho_\ell V_\ell g$, obtendo:
 $E = 1000 \cdot 2,0 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \Rightarrow E = 2,0 \text{ N}$

ATENÇÃO. NÃO ESCREVA NO LIVRO.

EXERCÍCIOS

- Um bloco de gelo flutua na água. O que acontece com o nível da água quando o bloco derrete? *Não se altera.*
- Você coloca um ovo em um copo com água e ele afunda. Em seguida, você vai acrescentando e dissolvendo sal na água gradativamente. A partir de um determi-

nado momento, o ovo começa a se mover e sobe. Explique por que isso ocorre. Se em vez de sal você acrescentasse álcool, isso também poderia ocorrer? Por quê?

Veja a resposta no Manual do Professor.



Wesley Cray/Alamy/Other Images

LEITURAS COMPLEMENTARES

Os artigos de revista a seguir podem ser lidos durante o estudo dos capítulos aos quais se referem, e os livros indicados apresentam conteúdos semelhantes aos estudados neste volume.

Recomendamos que, antes de iniciar a leitura, você consulte sempre seu professor — ele poderá orientá-lo sobre o modo mais adequado e eficiente de estudo.

SUGESTÕES DE ARTIGOS DE REVISTAS

Unidade 1

1. "Quando será o fim do mundo?". Adilson de Oliveira, *Ciência Hoje*, 15 dez. 2009. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/fisica-sem-misterio/quando-sera-o-fim-do-mundo/>>. Acesso em: 2 maio 2016.
2. "Tem mais alguém aí?". Jerry Borges, *Ciência Hoje*, 11 dez. 2009. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/por-dentro-das-celulas/tem-mais-alguem-ai/>>. Acesso em: 2 maio 2016.
3. "Nanoestruturas podem tornar a energia geotérmica mais segura". Brendan Borrell, *Scientific American Brasil*, 23 set. 2009. Disponível em: <www2.uol.com.br/sciam/noticias/nanoestruturas_podem_tornar_a_energia_geotermica_mais_segura.html>. Acesso em: 2 maio 2016.
4. "Nanomedicina no tratamento do câncer". James R. Heath e outros, *Scientific American Brasil*, mar. de 2009. Disponível em: <www2.uol.com.br/sciam/reportagens/nanomedicina_no_tratamento_do_cancer.html>. Acesso em: 2 maio 2016.
5. "Telas brilhantes". M. M. Waldrop, *Scientific American Brasil*, dez. 2007. Disponível em: <www2.uol.com.br/sciam/reportagens/telas-brilhantes_imprimir.html>. Acesso em: 2 maio 2016.
6. "As dimensões do metro". *Superinteressante*, 24, Abril, set. 1989. Disponível em: <http://super.abril.com.br/superarquivo/1989/conteudo_111776.shtml>. Acesso em: 2 maio 2016.

7. "Questão de peso". Ian Robinson, *Scientific American Brasil*, 56, nov. 2006.

Unidade 2

1. "Beija-flores superam desempenho de pilotos de aviões-caça". Katherine Harmon, *Scientific American Brasil*, ago. 2009. Disponível em: <www2.uol.com.br/sciam/noticias/beija-flores_superam_desempenho_de_pilotos_de_avioes-caca_imprimir.html>. Acesso em: 22 jan. 2013.
2. "O céu é o limite?". Jerry Borges, *Ciência Hoje*, 9 nov. 2009. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/por-dentro-das-celulas/o-ceu-e-o-limite/>>. Acesso em: 2 maio 2016.
3. "A ciência dos descobrimentos". Celso P. Melo, *Ciência Hoje*, 27, 58, mar. 2000.
4. "Mitos e estações no céu tupi-guarani". Germano Afonso, *Scientific American Brasil*, 45, fevereiro de 2006. Disponível em: <www2.uol.com.br/sciam/reportagens/mitos_e_estacoes_no_ceu_tupi-guarani.html>. Acesso em: 2 maio 2016.
5. "Futebol: arte e ciência em campo". *Revista Ciência Hoje das Crianças*, 169, jun. 2006.

Unidade 3

1. VALADARES, E. *Newton: a órbita da Terra em um copo d'água*. São Paulo: Odysseus, 2009.
2. "F = ma? O nascimento da lei dinâmica". Penha Maria C. Dias, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 28, n. 2, jun. 2006. Disponível em: <www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/050706.pdf>. Acesso em: 2 maio 2016.

3. "A Lua não deveria executar uma órbita descendente e colidir com a Terra?". Roberto V. Martins, *Ciência Hoje*, 169, dez. 2009. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/revista-ch-2001/169/o-leitor-pergunta-169/a-lua-nao-deveria-executar-uma-orbita-descendente/>>. Acesso em: 2 maio 2016.

Unidade 4

1. "Bons ventos para o Brasil". Andressa Spata, *Ciência Hoje On-Line*, 20 out. 2009. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/tecnologia/bons-ventos-para-o-brasil/>>. Acesso em: 2 maio 2016.
2. "O primeiro carro nacional movido a célula de combustível". Adriana Melo, *Ciência Hoje On-Line*, 21 out. 2009. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/tecnologia/o-primeiro-carro-nacional-movido-a-celula-de/>>. Acesso em: 2 maio 2016.
3. "Na estrada dos carros a hidrogênio". Steven Ashley, *Scientific American Brasil*, abr. 2005. Disponível em: <www2.uol.com.br/sciam/reportagens/na_estrada_dos_carros_a_hidrogenio_imprimir.html>. Acesso em: 2 maio 2016.
4. "A energia em nossas vidas". Adilson de Oliveira, *Ciência Hoje*, 15 dez. 2009. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/fisica-sem-misterio/a-energia-em-nossas-vidas/>>. Acesso em: 2 maio 2016.
5. "Sob os raios do Sol". Henrique Kugler, *Ciência Hoje On-Line*, 9 fev. 2010. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/revista-ch-2010/9-fev-2010/sob-os-raios-do-sol/>>. Acesso em: 2 maio 2016.

clahoje.uol.com.br/noticias/2010/02/sob-os-raios-do-sol/>. Acesso em: 2 maio 2016.

6. "Os bons ventos da sustentabilidade". Clarissa Vasconcelos, *Ciência Hoje On-Line*, 9 out. 2009. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/ecologia-e-melo-ambiente/os-bons-ventos-da-sustentabilidade/>>. Acesso em: 2 maio 2016.
7. "As hidrelétricas do rio Madeira e os impactos socioambientais da eletrificação no Brasil". A. S. Moret e Iremar A. Ferreira, *Ciência Hoje*, v. 45, nov. 2009.

Unidade 5

1. "Um aniversário espacial". Fernanda Alves, *Ciência Hoje das Crianças*, 2 out. 2007. Disponível em: <[aniversario-espacial/>. Acesso em: 2 maio 2016.](http://chc.cienciahoje.uol.com.br/um-

</div>
<div data-bbox=)

2. "O abandono do círculo". Anastasia G. Itokazu, *Ciência Hoje*, 25 set. 2009. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/revista-chrevisita-ch-2005/221/o-abandono-do-circulo>>. Acesso em: 2 maio 2016.
3. "O legado de Galileu". Augusto Damineli e Tasso Napoleão, *Scientific American Brasil*, jan. 2009. Disponível em: <www2.uol.com.br/sciam/reportagens/o_legado_de_galileu.html>. Acesso em: 2 maio 2016.
4. "Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos". Roberto A. Martins, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 17, n. 2, ago. 2000. Disponível em: <www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6769>. Acesso em: 2 maio 2016.

SUGESTÕES DE LIVROS

1. *A imagem do mundo: dos babilônios a Newton*. Arkan Simaan e Joëlle Fontaine. São Paulo: Companhia das Letras, 2003.
2. *Cosmos*. Carl Sagan. Lisboa: Gradiva, 2009.
3. *O Sol, o genoma e a internet: ferramentas das revoluções científicas*. Freeman Dyson. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.
4. *Os cientistas e seus experimentos de arromba*. Mike Goldsmith. São Paulo: Companhia das Letras, 2007. (Coleção Mortos de Fama).
5. *Sobre os ombros de gigantes: uma história da Física*. Alexandre Cherman. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2004.

SIGNIFICADO DAS SIGLAS

Enem: Exame Nacional do Ensino Médio

FGV-SP: Fundação Getúlio Vargas (São Paulo)

Fuvest-SP: Fundação Universitária para o Vestibular (São Paulo)

PUC-SP: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

PUC-RJ: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Udesc: Universidade do Estado de Santa Catarina

UEPG-PR: Universidade Estadual de Ponta Grossa (Paraná)

Uerj: Universidade Estadual do Rio de Janeiro

Ufam: Universidade Federal do Amazonas

UFBA: Universidade Federal da Bahia

UFG-GO: Universidade Federal de Goiás

UFPB: Universidade Federal da Paraíba

UFPR: Universidade Federal do Paraná

UFRN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte

UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina

Unama-PA: Universidade da Amazônia (Pará)

UnB-DF: Universidade de Brasília (Distrito Federal)

Unesp-SP: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (São Paulo)

Unicamp-SP: Universidade Estadual de Campinas (São Paulo)

Unifor-CE: Fundação Edson Queiroz Universidade de Fortaleza (Ceará)

Unir-RO: Universidade Federal de Rondônia

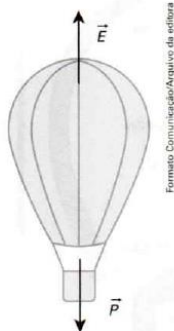
Vunesp-SP: Fundação para o Vestibular da Unesp (São Paulo)

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, R.; FALCÃO, D. *Brincando com a ciência: experimentos Interativos de baixo custo*. Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins, 1996.
- BALIBAR, F. *Einstein: uma leitura de Galileu e Newton*. Lisboa: Edições 70, 1988.
- BARRERO, J. I. B. *El Universo*. Madr: Grupo Santillana de Ediciones, 1998.
- BEISER, A. *Fundamentals of Physics with Applications*. Noida: McGraw-Hill Education, 2010.
- BENSON, H. *University Physics*. 5. ed. New York: John Wiley & Sons, 1991.
- BLOOMFIELD, L. A. *How Things Work: the Physics of Everyday Life*. New York: John Wiley & Sons, 1997.
- BRENNAN, R. P. *Gigantes da Física*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.
- BRYANT, D.; KERSHAW, M. A. *A New Physics*. Plymouth: Hodder & Stough Educational, 1978.
- CARUSO, F.; SANTORO, A. *Do átomo grego à Física das interações fundamentais*. 2. ed. Rio de Janeiro: Aiafex, 1994.
- CHANDRASEKHAR, B. S. *Why Things Are the Way They Are*. Cambridge: University Press, 1998.
- CLEVELAND, J. M.; GAMOW, G. *Física*. Madr: Aguillar, 1974.
- COOPER, C. *Matéria*. Rio de Janeiro: Globo, 1994.
- DAVIES, P. *God and the New Physics*. Harmondsworth: Penguin Books, 1990.
- EINSTEIN, A.; INFELD, L. *A evolução da Física*. Rio de Janeiro: Zahar, 2008.
- FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. *Física I*. Wilmington: Addison-Wesley Iberoamericana, 1987.
- _____. *The Character of Physical Law*. Cambridge: MIT Press, 2001.
- FIOLHAIS, C. *Física divertida*. Lisboa: Gradiva, 1999.
- FISHBANE, P. M.; GASIOROWICZ, S.; THORNTON, H. *Physics for Scientists and Engineers*. 3. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2005.
- FROTA, M. N.; OHAYON, P. *Padrões e unidades de medida: referências metroológicas da França e do Brasil*. Rio de Janeiro: Inmetro, 1998.
- FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN. *Harvard Physics Project – Projecto Física*, unidade 3. Lisboa: 1980.
- GASPAR, A. *Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental*. São Paulo: Ática, 2005.
- GRAF: Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. *Física 1: Mecânica*. São Paulo: Edusp, 1999.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentals of Physics*. 9. ed. New York: Wiley, 2010.
- HEATH, R. W.; MACNAUGHTON, R. R.; MARINDALE, D. G. *Fundamentals of Physics: a Senior Course*. Lexington: D. C. Heath & Co, 1986.
- HECHT, E. *Física em perspectiva*. Wilmington: Addison-Wesley Longman, 1998.
- _____. *Physics*. New York: Brooks/Cole Publishing Company, 2003.
- HEISENBERG, W. *A Imagem da natureza na Física moderna*. Lisboa: Livros do Brasil, 1996.
- _____. *Física e Filosofia*. 3. ed. Brasília: Ed. da UnB, 1995.
- HURWIC, A. *A Física*. São Paulo: Loyola, 1994.
- ISAACS, A. *A Dictionary of Physics*. Oxford: Oxford University Press, 1996.
- _____; PITT, V. *Física*. São Paulo: Melhoramentos, 1976.
- KITELL, C.; KNIGHT, W. D.; RUDERMAN, M. A. *Mecânica*. São Paulo: Edgar Blücher, 1970.
- LAFFERTY, P. *Força e movimento*. Rio de Janeiro: Globo, 1994.
- LIPPINCOTT, K. *Astronomia*. Rio de Janeiro: Globo, 1995.
- LOCQUENEUX, R. *História da Física*. Lisboa: Publicações Europa-América, 1990.
- McCLIMENT, E. R. *Physics*. Orlando: Haurcourt Brace Jovanovich, Publishers, Inc., 1984.
- MELLO, P. M.; ECTCHEBEHERE, A. *Sistema Internacional de Unidades*. Rio de Janeiro: Instituto Euvaldo Lodi, 1994.
- MENEZES, L. C. *A matéria: uma aventura do espírito*. São Paulo: Livraria da Física, 2005.
- MERKEN, M. *Physical Science with Modern Applications*. 5. ed. Orlando: Saunders College Publishing, 1993.
- MILLAR, D. et al. *The Cambridge Dictionary of Scientists*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- MILLER JR., F. *College Physics*. New York: Haurcourt Brace Jovanovich, Publishers, 1977.
- NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física básica – Mecânica*. 4. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 2002. v. 1.
- OHANIAN, H. C. *Physics for Engineers and Scientists*. 3. ed. New York: W. W. Norton & Company, 2007.
- OREAR, J. *Física*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1976.
- PHYSICAL SCIENCE STUDY COMMITTEE. *Física – Parte I*, edição preliminar. Brasília: Ed. da UnB, 1963-1964.
- _____. *Física – Parte III*, edição preliminar. Brasília: Ed. da UnB, 1963-1964.
- PRIGOGINE, E. M. *O fim das certezas*. 2. ed. São Paulo: Ed. da Unesp, 2011.
- READ, A. J. *Physics: a Descriptive Analysis*. Addison Wesley Publishing Company, 1971.
- RIDLEY, B. K. *Tiempo, espacio y cosas*. México: Fondo de Cultura Económica, 1989.
- RIVAL, M. *Os grandes experimentos científicos*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1997.
- RONAN, C. A. *História ilustrada da ciência*. 2. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002. v. 1.
- _____. *História ilustrada da ciência*. 2. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002. v. 2.
- _____. *História ilustrada da ciência*. 2. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002. v. 3.
- _____. *História ilustrada da ciência*. 2. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002. v. 4.
- ROSMORDUC, J. *Uma história da Física e da Química*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1988.
- SAGAN, C. *Cosmos*. Lisboa: Gradiva, 1994.
- SEARS, F.; YOUNG, H. D.; ZEMANSKY, M. W. *Física 1*. Rio de Janeiro: LTC, 1995.
- SERWAY, R. A. *Physics*. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1992.
- SPEYER, E. *Sels caminhos a partir de Newton*. Rio de Janeiro: Campus, 1995.
- THUAN, T. X. *The Changing Universe*. Londres: Thames and Hudson, 1993.
- THUILLIER, P. *De Arquimedes a Einstein*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1994.
- VERDET, J. P. *Uma história da Astronomia*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1991.
- WALKER, J. *O grande circo da Física*. Lisboa: Gradiva, 1990.
- WEBER, F. *A dança do cosmos*. São Paulo: Pensamento, 1985.
- WYATT, P. *Astronomy for the Southern Hemisphere*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- ZEILIK, M. *Astronomy: the Evolving Universe*. 8. ed. New York: John Wiley & Sons, 1997.

Logo, conclui-se que 99% do volume do guatambu está submerso.

7. Se o balão está flutuando em equilíbrio no ar, conclui-se que o empuxo equilibra o seu peso. Assim, o módulo do peso \vec{P} do balão é igual ao módulo do empuxo \vec{E} exercido pelo ar, ou seja, $P = E$.



Sendo M_B a massa total do balão, V_B o volume do balão, M_{aq} a massa do ar quente nele contido e ρ_{ar} a densidade do ar exterior, temos:

$$\bullet P = (M_B + M_{aq})g$$

$$\bullet E = \rho_{ar} V_B g$$

Logo:

$$P = E \Rightarrow (M_B + M_{aq})g = \rho_{ar} V_B g \Rightarrow M_B = \rho_{ar} V_B - M_{aq} \quad \textcircled{1}$$

Sendo $M_{aq} = \rho_{aq} V_B$ e ρ_{aq} a densidade do ar quente, de $\textcircled{1}$ temos:

$$M_B = \rho_{ar} V_B - \rho_{aq} V_B \Rightarrow \rho_{aq} = \frac{\rho_{ar} V_B - M_B}{V_B}$$

Sendo $M_B = 300$ kg, $\rho_{ar} = 1,3$ kg/m³ e $V_B = 650$ m³, vem:

$$\rho_{aq} = \frac{1,3 \cdot 650 - 300}{650} \Rightarrow \rho_{aq} = 0,84 \text{ kg/m}^3 \text{ (dois algarismos significativos)}$$

III. Atividades Práticas

1. Verificação do princípio de Arquimedes

Trata-se de uma atividade prática simples, fácil de realizar e que dá bons resultados. Mas é demorada e não convém realizá-la em sala de aula, por causa da água que deve ser utilizada. Por isso, se não houver laboratório na escola, o professor pode sugerir aos alunos que formem grupos para realizar a atividade em casa.

2. Determinação da densidade de um sólido

Vale o mesmo comentário da atividade prática anterior. Quanto aos corpos sólidos, além dos chumbinhos de pesca sugeridos no texto, o professor pode usar pregos ou parafusos de aço ou ainda retalhos de alumínio, que podem ser obtidos em oficinas que fazem esquadrias ou boxes desse material. É importante que eles não sejam muito pequenos, para que a medida do volume de água deslocado não seja muito difícil, nem muito grandes, de forma que não possam ser imersos no recipiente com água.

3. Ludião

Essa atividade prática é muito simples, interessante e ilustra com muita propriedade os dois conceitos principais apresentados no capítulo: os princípios de Pascal e de Arquimedes. Por isso, se for possível, procure fazê-la em aula. Uma discussão interessante que reforça a nossa argumentação sobre a inadequação do uso da densidade como justificativa da flutuação de corpos em um líquido pode ser desenhada pela pergunta: Se o ludião sobe (ou desce) podemos concluir que a sua densidade diminui (ou aumenta)? A primeira questão que deve surgir nessa discussão é: O que é o ludião, a ampola de vidro vazia ou com água? Se a resposta for "vazia", que é a mais provável, a sua densidade é a do vidro, que não varia; se for "com água", pode-se contrapor com outra pergunta "com quanta água?" É importante que o aluno (e o professor também, é claro) perceba que, nesse caso, o ludião seria um corpo de densidade variável, que aumenta quando nele entra água e diminui quando dele sai água, algo que não se prevê mesmo quando se define a inadequada "densidade de um corpo". Falar em densidade do ludião faz o mesmo sentido que falar em densidade de um copo com água: nenhum.

4. Ampulheta flutuante

Essa demonstração é muito interessante e desafiadora, o que sempre motiva os adolescentes. Apesar de a explicação estar, como de hábito, contida no texto, acreditamos que nesse caso vale a pena uma exposição mais detalhada pelo professor, porque as ideias nela envolvidas não são simples. Essa ampulheta é um produto artesanal difícil de ser encontrado (veja indicações de empresas neste Manual). No entanto, um bom vidreiro, que saiba construir uma ampulheta, talvez possa fazê-lo.

IV. Leituras complementares

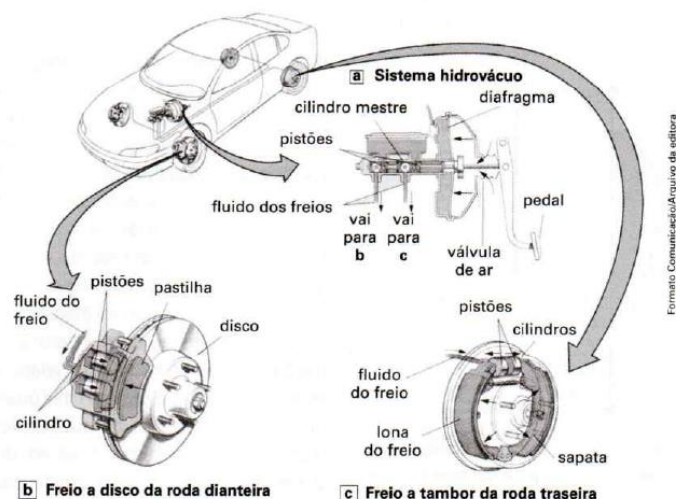
Ao contrário dos demais princípios ou leis da Hidrostática (que mantêm essa denominação por tradição, já que podem ser demonstrados teoricamente), o princípio de Pascal é, de fato, um princípio com inúmeras aplicações tecnológicas. O texto *Freios hidráulicos*, que pode ser trabalhado durante a introdução do princípio, aborda uma dessas aplicações.

A título de contextualização histórica, é interessante conhecer a biografia que consta do texto *Arquimedes*. Pode-se trabalhar este texto durante o estudo do princípio que leva seu nome.

No estudo da flutuação de corpos parcialmente imersos, pode-se abordar o texto *Areia movediça – o menos denso afunda!*, que, além de explicar um fenômeno interessante, chama a atenção para o fato de que o que vemos no cinema sobre areia movediça geralmente não é verdade.

A leitura do texto *A ponta do iceberg* complementa um fenômeno que foi mencionado no exercício resolvido 5 e poderia ser trabalhado nesse momento, ampliando o estudo da flutuação de corpos parcialmente imersos.

FREIOS HIDRÁULICOS



Formato Comunicação/Arquivo de editora

Fonte: Revista Scientific American, fev. 1998.

O princípio de Pascal, aplicado à prensa hidráulica, mostra que os líquidos podem ampliar (ou reduzir) a força disponível, mas essa não é sua única aplicação: os líquidos são também utilizados como transmissores de força.

O acréscimo ou a redução da pressão em um compartimento fechado pode ser transmitido a outro através de tubos que contêm líquido, em geral, algum tipo especial de óleo lubrificante, incompressível e não corrosivo.

No sistema hidrovácuo de freios de um automóvel (a), a força exercida no pedal é acrescida da força exercida pela pressão atmosférica sobre um diafragma, com a abertura de uma válvula que permite a entrada de ar em uma câmara onde o ar é rarefeito. Desse modo, são acionados os pistões do cilindro mestre, que pressionam o fluido dos freios para os pistões dos freios a disco ou a tambor.

Os freios a disco estão localizados nas rodas dianteiras (b); alguns carros mais modernos têm freios a disco nas quatro rodas. Os pistões acionam as pastilhas do freio, que pressionam um disco metálico, freando o disco e a roda a ele vinculada. Nos freios a tambor (c), em geral colocados nas rodas traseiras, um cilindro com dois pistões pressiona duas lonas que revestem duas sapatas que comprimem a parte interna de uma espécie de tambor metálico, freando a roda a ele vinculada.

ARQUIMEDES

Arquimedes (287 a.C.-212 a.C.), físico e matemático grego, nasceu em Siracusa, na Sicília, e foi educado em Alexandria. Embora tenha sido um dos mais importantes cientistas e matemáticos do mundo antigo, sabe-se muito pouco sobre sua vida. Talvez tenha sido o primeiro cientista a fazer demonstrações e verificações experimentais de suas teorias e um dos pioneiros no estudo da Estática e da Hidrostática, formulando o princípio que levou seu nome. Criou inúmeras armas para defender, com êxito, a sua terra das invasões dos romanos, embora, segundo se conta, tenha sido assassinado por eles em uma dessas invasões.

A morte de Arquimedes tem diferentes versões. De acordo com a versão retratada na imagem a seguir, Arquimedes teria se negado a obedecer à ordem de um soldado romano antes de chegar à solução de um problema. Irritado, o soldado teria desembainhado a espada e o matado.

Outra história bastante conhecida é provavelmente uma lenda. Segundo relato de Vitruvius, arquiteto romano do século I a.C., o rei Herão II, de Siracusa, desconfiou que a sua coroa não fosse de ouro puro. Pediu, então, a Arquimedes, seu parente, que verificasse se essa desconfiança tinha fundamento. Preocupado com o problema, Arquimedes foi às termas e lá, enquanto se banhava e refletia, percebeu que o volume de água deslocado quando imergia era igual ao volume do seu corpo. Arquimedes vislumbrou aí a solução do problema. Entusiasmado, correu para

→ casa completamente nu, gritando: Eureka! Eureka! (Achei! Achei!). O que Arquimedes achou foi a maneira de medir o volume da coroa – bastava imergi-la na água. Conhecendo o volume da coroa, ele poderia compará-lo, com uma balança de pratos, ao volume igual de ouro puro. Se a balança se mantivesse equilibrada, seria porque a massa de ouro era a mesma em ambos os volumes – nesse caso, a coroa seria de ouro puro. Se houvesse prata na composição da coroa, a massa dela seria menor, pois a densidade da prata é menor do que a do ouro.

☐ Ao que se conta, Arquimedes teria comprovado que a coroa, de fato, não era de ouro puro, mas de uma liga de prata e ouro, e o ourives teria sofrido um rigoroso castigo.



A morte de Arquimedes, cópia do século XVI de um antigo mosaico do museu Städelches Kunstinstitut, em Frankfurt, na Alemanha.

AREIA MOVEDIÇA – O MENOS DENSO AFUNDA!

Além das considerações feitas sobre o equivoco e a inutilidade de se estabelecerem relações entre densidades por meio da flutuação ou não, o afundamento de uma pessoa em areia movediça apresenta ainda uma intrigante questão: o corpo humano tem uma densidade média de 1 g/cm^3 (média aqui deve ser entendida em duplo sentido: o individual, por se tratar de um "material" não homogêneo, e o coletivo, porque as pessoas têm diferentes concentrações de massa) e a areia movediça tem

uma densidade média de 2 g/cm^3 (também entendida nos dois sentidos, individual e coletivo).

Então, em tese, seria impossível uma pessoa afundar em areia movediça, mas isso só é verdade em condições estáticas, ou seja, se essa pessoa não se mover. Nesse caso, se ela ficasse "em pé", afundaria aproximadamente até a metade do tronco, tal como acontece com o cilindro de madeira no exercício resolvido 5 desse capítulo. Mas não é o que ocorre. As pessoas entram em

prática de atividades físicas regulares e bem orientadas para ajudar a prevenir doenças desse tipo.

Ampliando o conhecimento

- Essa recomendação está relacionada à lei de Stevin e uma de suas consequências, os vasos comunicantes. As pressões em um líquido contido em vasos que se comunicam são iguais apenas em pontos desses vasos que estão no mesmo nível, em relação ao solo. Se a medida da pressão sanguínea no braço não for feita no mesmo nível do coração, não se obtém a medida da pressão de fato exercida por ele; se o braço estiver mais alto, obtém-se um valor menor do que o correto; se estiver mais baixo, o valor obtido será maior.
- Aqui, além da lei de Stevin, deve-se levar em conta o princípio de Pascal: a pressão externa exercida sobre um líquido se comunica integralmente a todos os pontos desse líquido. Assim, como em regiões mais altas a pressão atmosférica é menor, a pressão sanguínea das pessoas que lá chegam tende a subir, pois ela é equilibrada pela pressão atmosférica (com o tempo o organismo humano se adapta à nova pressão), o que, para os hipertensos pode ter consequências sérias.
- O objetivo dessa questão não é cobrar conhecimento específico do aluno, mas aproveitar a interdisciplinaridade com Biologia por meio de uma atividade de pesquisa que possa inclusive ter aplicações sociais (sobretudo os itens a e c). Pode-se sugerir que o professor de Biologia conduza essa pesquisa, forneça orientações metodológicas ou tire dúvidas dos alunos. Pode-se empregar apresentação oral, painéis ou cartazes, apresentações de slides em computador, etc.

Outras sugestões de atividades interdisciplinares e de contextualização

Capítulo 15 – Gravitação

Já destacamos nos comentários desse capítulo várias atividades interdisciplinares. Agrupamos esses comentários aqui novamente para facilitar seu trabalho. Como comentamos acima, esse é um capítulo que abre amplas possibilidades para o trabalho com outras disciplinas. A interdisciplinaridade pode ser feita com História, contextualizando a época em que viveram Nicolau Copérnico, Tycho Brahe e Kepler. Para isso, apresentamos três leituras complementares neste Manual que podem ser estendidas e aprofundadas: *Nicolau Copérnico*, *Johannes Kepler e A maçã de Newton*.

A Geometria pode ser utilizada para desenvolver uma atividade interdisciplinar interessante: o traçado da elipse. Essa atividade pode basear-se na Atividade Prática 1 (*Elipse: construção e excentricidade*), e ser realizada em Física e em Matemática. É importante que o aluno perceba que uma elipse pode ser aproximadamente uma circunferência e que esse é o caso das órbitas dos planetas em torno do Sol.

A Astronomia não existe como disciplina no Ensino Médio, mas, caso esse assunto seja estudado em Geografia, são sugestões interessantes para atividades interdisciplinares:

- uma descrição mais detalhada do Sistema Solar;
- uma discussão da impossibilidade de se construir um modelo adequado em escala do Sistema Solar, dada a disparidade muito grande dessas dimensões baseada na Atividade Prática 3 (*Modelo em escala do Sistema Solar*);
- uma discussão sobre a esfericidade da Terra, baseada na leitura complementar *A forma da Terra*, neste Manual.

Capítulos 16 e 17 – Hidrostática

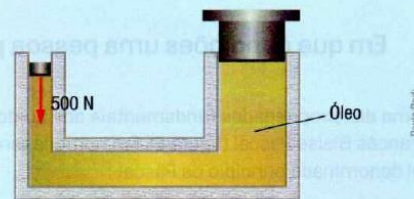
Estes capítulos tratam dos líquidos e, em particular, da água; por isso são muito ricos em atividades interdisciplinares, sobretudo com Biologia e Química.

A capilaridade e a tensão superficial, conteúdos apresentados no início do estudo da Hidrostática, são assuntos importantes também para a Química e a Biologia. Aliás, a leitura complementar *Forças de coesão e de adesão*, deste Manual (capítulo 16), e o quadro *A importância ecológica da tensão superficial* (página 250 do livro do aluno) são interdisciplinares com Química e Biologia, respectivamente. Além desses temas, a discussão de como a seiva sobe da raiz até o alto da copa das árvores e qual é a importância da capilaridade para a vida, apesar de não constar explicitamente do texto, são questões imediatas para atividades interdisciplinares de Física e Biologia.

- Os conceitos de densidade e pressão, comuns ao estudo de Física e Química, são, por natureza, interdisciplinares e, dessa forma, podem ser trabalhados.
- Uma atividade interdisciplinar com Biologia pode ser o aprofundamento da discussão do quadro *Por que a pressão atmosférica não nos esmaga?* (página 266), da ação da pressão atmosférica sobre os organismos vivos. Essa explicação costuma ser dada de forma errônea nos livros de Ciências do Ensino Fundamental; por isso uma atividade interdisciplinar a respeito seria muito útil.
- O mecanismo utilizado pelos peixes para mover-se na água também pode ser pesquisado e proporciona uma interessante atividade interdisciplinar de Física e Biologia.
- Uma atividade interessante com História pode ter como ponto de partida a leitura complementar *Arquimedes* (capítulo 17, neste Manual), para distinguir o que é fato, comprovado por documentos, do que é lenda. Muitos alunos, induzidos por vários livros de Ciências do Ensino Fundamental, têm a certeza de que Arquimedes saiu correndo nu pelas ruas de Siracusa gritando "Eureka! Eureka!". Mostrar a eles, com a colaboração do professor de História, que as coisas não são bem assim é uma atividade interdisciplinar muito importante.

EXERCÍCIOS

- 13 A prensa hidráulica é um dispositivo cujo princípio de funcionamento é explicado pelo:
- Princípio de Newton.
 - Princípio de Galileu.
 - Princípio de Pascal.
 - Princípio de Arquimedes.



- 14 Considerando o pistão menor de um elevador hidráulico de automóveis, responda: como ele é acionado?



- 16 Um elevador hidráulico deve erguer um automóvel de 1 000 kg. O pistão sobre o qual o carro está possui área de 600 cm^2 . Qual deve ser o módulo da força aplicada à outra extremidade do pistão, cuja área é de 25 cm^2 ? Adote: $g = 10 \text{ N/kg}$.

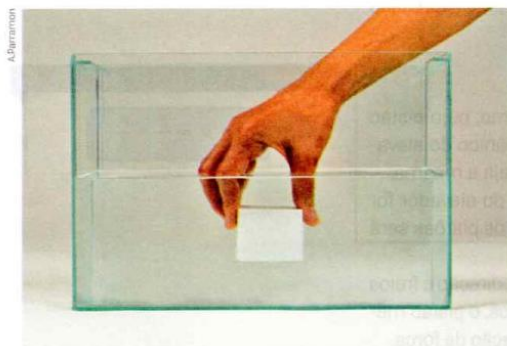
- 15 A figura mostra uma prensa hidráulica que contém um óleo incompressível e a área do maior êmbolo é 40 vezes a área do menor. Uma força de 500 N é aplicada no êmbolo menor. Determine o peso a ser aplicado no êmbolo maior para que o sistema permaneça em equilíbrio.

- 17 Em uma prensa hidráulica as áreas dos pistões têm uma relação de proporção de 80 : 2. Quando um objeto de massa desconhecida é colocado sobre o pistão maior, obtém-se o equilíbrio com uma força de 50 N no pistão menor. O peso desse objeto é:
- 40 N.
 - 100 N.
 - 200 N.
 - 2 000 N.

AP 3. Princípio de Arquimedes



Como saber se um objeto colocado num fluido irá afundar ou flutuar?



O que acontece com um bloco maciço de isopor solto na água (figura 10): ele afunda ou flutua? E se o bloco fosse de chumbo maciço (figura 11)?

Nessa situação o bloco de isopor irá flutuar, pois o fluido aplicou nele uma força de direção vertical e orientada para cima, maior do que a força da gravidade ou peso, de direção vertical e orientada para baixo, garantindo a sua flutuação. Essa força é denominada empuxo (\vec{E}).

Figura 10: Pessoa mantendo um bloco de isopor totalmente imerso em água. Ao ser solto, o bloco afundará ou flutuará?



Se o bloco maciço a ser colocado no recipiente fosse de chumbo e de mesmo volume que o de isopor, ele afundaria, pois, neste caso, a força da gravidade ou peso teria intensidade maior do que a força de empuxo.

Para se compreender o fato de o bloco de chumbo afundar dentro da água, é preciso levar em conta que a pressão sobre o corpo mergulhado varia com a profundidade. Isso significa que a pressão exercida pelo fluido não é a mesma em todo o corpo. Nas partes do corpo que estão a uma profundidade maior, a pressão exercida pelo fluido é maior que nas partes próximas da superfície (figura 12).

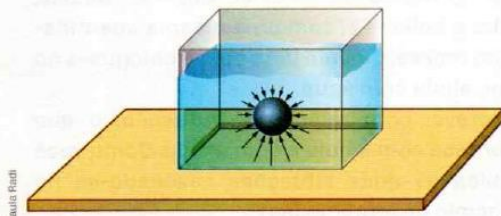


Figura 12: Representação da pressão em torno de um corpo imerso em um fluido.

A força de empuxo representa a soma vetorial de todas essas forças aplicadas pelo fluido sobre os pontos do corpo.

Um corpo total ou parcialmente mergulhado num fluido recebe deste um empuxo (\vec{E}) dirigido verticalmente de baixo para cima, cujo módulo é igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo.

$$E = P_{\text{fluido deslocado}} = m_{\text{fluido deslocado}} \cdot g$$

$$E = d_{\text{fluido}} \cdot V_{\text{fluido deslocado}} \cdot g$$

De acordo com o **princípio de Arquimedes**, ao mergulharmos um corpo num fluido, o módulo da força de empuxo vai aumentando à medida que o objeto imerge. A partir do instante em que o corpo fica completamente submerso, o valor do empuxo atinge seu máximo, mesmo que o corpo alcance regiões mais profundas. A explicação é a seguinte: quando totalmente submerso, o volume de fluido deslocado pelo objeto já será máximo, correspondendo ao volume do próprio objeto.

Voltemos agora à figura 10. No momento em que a pessoa solta o bloco de isopor, ele começa a emergir. Quando uma de suas faces atinge a superfície, ele passa a deslocar um volume de água cada vez menor e, por isso, o valor do empuxo também vai diminuindo. Na posição de equilíbrio, o valor do empuxo iguala-se ao da força de gravidade ou peso do bloco.

Se compararmos as expressões que permitem o cálculo do peso e do empuxo, perceberemos melhor a condição que determina a **flutuação** ou a submersão de um objeto em um fluido. A força peso ($\vec{P} = m \cdot \vec{g}$) e o empuxo podem ser expressos, em módulo, por:

$$P = (d_{\text{objeto}} \cdot V_{\text{objeto}}) \cdot g \quad \text{e} \quad E = d_{\text{fluido}} \cdot V_{\text{fluido deslocado}} \cdot g$$

NÃO ESCREVA NO LIVRO.

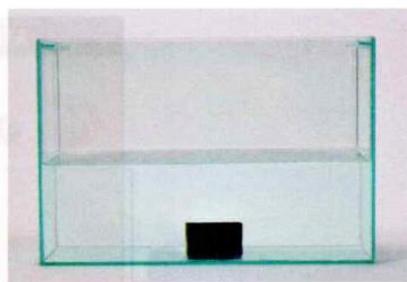


Figura 11: Bloco de chumbo no fundo de um recipiente com água. O bloco afunda porque a força da gravidade nele é maior que o empuxo.

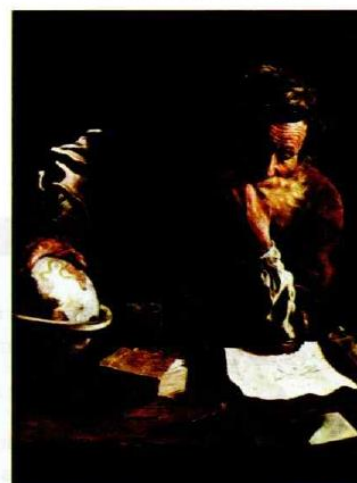


Figura 13: Retrato de Arquimedes (287 a.C.-212 a.C.).

Quando um objeto está completamente submerso num fluido, a diferença entre as expressões P e E depende apenas da diferença das densidades dele e do fluido. Se a densidade do objeto for maior que a do fluido, o módulo da força de empuxo será menor que o da força peso, e o objeto afundará.

$$d_{\text{objeto}} > d_{\text{fluido}} \rightarrow \text{objeto afunda}$$

Se a densidade do fluido for maior que a do objeto, o empuxo terá módulo maior que o peso, e o objeto flutuará.

$$d_{\text{fluido}} > d_{\text{objeto}} \rightarrow \text{objeto flutua}$$



Ao manusear o limão cortado, lave as mãos com detergente e água corrente, de modo que não fiquem resíduos, pois estes, em contato com a luz solar, podem produzir queimaduras graves.

ATIVIDADE EXPERIMENTAL

AP

1 Em um copo com água, coloque uma fatia de limão de 3 a 5 mm de espessura e anote o que acontece com ela. Em seguida, vá dissolvendo sal na água e veja se algo se altera. Explique as duas situações com base no princípio de Arquimedes.

2 Em um copo com água, coloque uma bola maciça de massa de modelar. Observe. Depois, retire a bolinha e, com uma mesma quantidade de massa, modele uma cuia e coloque-a no copo ainda com água.

Descreva, com relação à flutuação, o que acontece com a bola e com a cuia. Como você explica as duas situações baseando-se no princípio de Arquimedes?

EXERCÍCIOS

- 18 Por que um pedaço de ferro afunda na água, mas boia no mercúrio?
- 19 Considere os dados da tabela a seguir.

Tabela 4: Densidade de algumas substâncias

Substância	Densidade em g/cm ³
Água	1,0
Água do mar	1,03
Gasolina	0,7
Gelo	0,92

Dados compilados pelos autores.

Pode-se afirmar que:

- a) o gelo flutua na gasolina.
 b) o gelo flutua na água.
 c) a água fica sobre a gasolina.
 d) o gelo afunda na água do mar.
- 20 Em uma piscina estão três objetos em posições distintas: A está boiando, B está imerso na posição média da profundidade da piscina e C está no fundo. Nessa situação podemos afirmar que:

- a) a pressão da água em B e C é igual.
 b) a pressão do ar em A é nula.
 c) a pressão da água em C é nula.
 d) a pressão da água em B é menor que em C.
 e) a pressão da água em B é menor que em A.

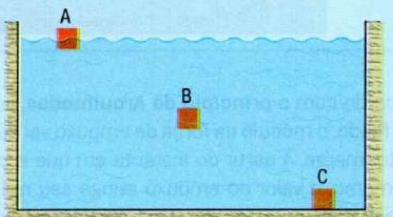


Figura do exercício 20

- 21 Em relação à situação do exercício anterior pode-se concluir que:
- a) o peso do objeto é maior que o empuxo em A.
 b) o peso é igual ao empuxo em B.
 c) o peso é menor que o empuxo em C.
 d) a força resultante é nula nas três situações.
 e) a força resultante só não é nula em A.



BIBLIOGRAFIA

- AMALDI, U. *Imagens da Física: as ideias e as experiências do pêndulo aos quarks*. São Paulo: Scipione, 1995.
- ASIMOV, I. *Enciclopedia biográfica de ciencia y tecnología*. 9. ed. Madrid: Alianza, 1982.
- BAEYER, H. C. von. *Arco-Íris, flocos de neve, quarks*. Rio de Janeiro: Campus, 1994.
- BEISER, A. *Conceitos de física moderna*. São Paulo: Edusp/Polígono, 1969.
- BERNAL, J. D. *Ciência na História*. Lisboa: Livros Horizonte, 1969.
- BIBLIOTECA Científica Life: *Luz e visão*. Rio de Janeiro: José Olympio, 1982.
- BLACKWOOD, O. H.; HERRON, W. B.; KELLY, W. C. *Física na escola secundária*. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961. 2 v.
- BRONOWSKI, J. *O mundo do homem: ciência*. Lisboa: Europa-América, 1960.
- COMO funciona: enciclopédia de ciência e técnica. 2. ed. São Paulo: Abril, 1979.
- COPÉRNICO, N. *Commentariolus*. São Paulo: Nova Stela, 1990.
- CROMER, A. H. *Física para las ciencias de la vida*. Barcelona: Reverté, 1975.
- CURSO de Física de Berkeley: Eletricidade e magnetismo. São Paulo: Edgard Blücher, 1973. 2 v.
- EINSTEIN, A.; INFELD, L. *A evolução da Física*. 3. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.
- FERREIRA, A. B. de H. *Novo dicionário de língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1988.
- FEYNMAN, R. P. *Física*. Bogotá: Fondo Educativo Interamericano, 1971. 3 v.
- _____. *The character of physical law*. New York: Penguin, 1992.
- FOTOGRAFIA: Manual completo de arte e técnica. 3. ed. São Paulo: Abril, 1981.
- FUCHS, W. R. *A Física moderna*. São Paulo: Polígono, 1972.
- GAMOV, G. *O incrível mundo da Física moderna*. 2. ed. São Paulo: Ibrasa, 1980.
- _____; CLEVELAND, J. M. *Física*. Madrid: Edição Espanhola, 1974.
- GRUPO de Reelaboração do Ensino de Física. *Física*. São Paulo: Edusp, 1990. 3 v.
- GUERRA, M. L. *Textos de filosofia*. Porto: Porto Editora, 1974.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R. *Fundamentos de Física*. Rio de Janeiro: LTC, 1991. 4 v.
- HECHT, E. *Physics in perspective*. Reading: Addison-Wesley, 1980.
- HEY, T.; WALTERS, P. *El universo cuántico*. Madrid: Alianza, 1989.
- HOLTON, G. *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. 2. ed. Barcelona: Reverté, 1976.
- JDÁNOV, L. S.; JDÁNOV, G. L. *Física para o ensino técnico especializado*. Moscou: Mir, 1985.
- KANE, J. W.; STERNHEIM, M. M. *Física*. Barcelona: Reverté, 1982.
- KOCHKIN, N. I.; CHIRKÉVITCH, M. G. *Prontuário de Física elementar*. Moscou: Mir, 1986.
- LOCQUENEUX, R. *História da Física*. Portugal: Europa-América, 1989.
- MACEDO, H. *Dicionário de Física*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1976.
- MAIZTEGUI, A. P.; SABATO, J. A. *Física*. Porto Alegre: Globo, 1972.
- MÁRQUEZ, G. G. *Cem anos de solidão*. 15. ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1973.
- McKELVEY, J.; GROUCH, H. *Física*. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1979. 4 v.
- NOVO Guinness Book 1995: *O livro dos recordes*. São Paulo: Três, 1994.
- NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física*. São Paulo: Edgard Blücher, 1981. 2 v.
- OLDENBERG, O.; HOLLADAY, S. *Introdução à Física atômica e nuclear*. São Paulo: Edusp/Edgard Blücher, 1971.

SIGNIFICADO DAS SIGLAS

- PERELMAN, Y. *Física recreativa*. 3. ed. Moscou: Mir, 1975. 3 v.
- _____. *Problemas e experimentos recreativos*. Moscou: Mir, 1983.
- PHYSICAL Science Study Committee (PSSC). São Paulo: Edart, 1971. 2 v.
- PROJECTO Física. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1985. (Unidades 3 e 4).
- PROJETO de Ensino de Física (PEF). Brasília: MEC-Fename-Premen, 1976. (Mecânica/Eletricidade/Eletromagnetismo).
- RIEPEN, M. R. de; CASTRO-ACUÑA, C. M.; WACHALOWSKY, R. *Calor e movimiento*. México: Fondo de Cultura Económica, 1989.
- RONAN, C. *História ilustrada da ciência*. Rio de Janeiro: Zahar, 1987. 4 v.
- ROSMORDUC, J. *Uma história da Física e da Química: de Tales a Einstein*. Rio de Janeiro: Zahar, 1988.
- SAGAN, C. *Cosmos*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1986.
- SEDGWICK, W. T.; TYLER, H. W. *História da ciência*. 2. ed. Porto Alegre: Globo, 1952.
- STOLLBERG, R.; HILL, F. F. *Física: fundamentos y fronteras*. 6. ed. México: Publicaciones Cultural, 1971.
- THUILLIER, Pierre. *De Arquimedes a Einstein: las caras ocultas de la invención científica*. Madrid: Alianza, 1990. 2 v.
- TIPLER, P. A. *Física*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978. 2 v.

CAPÍTULO 6 – ESTÁTICA DOS FLUIDOS

O tema principal deste capítulo é a flutuação dos corpos, quando o fluido está em repouso. Como o estudo é introdutório, são retomados os conceitos de pressão e densidade, essenciais para a compreensão dos princípios de Pascal e Arquimedes.

É interessante notar que neste capítulo se acrescenta pouco em termos conceituais, uma vez que o fundamental da mecânica já foi estudado. É uma abordagem enxuta, que permite até um estudo dirigido. As diferentes unidades de medida das pressões atmosférica e sanguínea, bem como seu uso, também são temas tratados. O capítulo contém ainda um texto que explica sucintamente as razões de um avião se manter suspenso no ar.

Conteúdo	Nº de aulas semanais		Observações e sugestões para o trabalho em classe
	2	3	
1. Fluidos, densidade e pressão	(2)	(2)	Neste primeiro tópico, procuramos situar o tema no universo de vivência dos alunos. Os conceitos de pressão e densidade são discutidos e aplicados em situações que envolvem fluidos. Discute-se o trabalho de Torricelli para medir a pressão atmosférica, além de avaliar o comportamento dos fluidos no interior de objetos e o funcionamento do medidor da pressão sanguínea.
2. Princípio de Pascal	(1)	(1)	A possibilidade de aumentar o módulo de uma força aplicada sobre um fluido e as condições para obter esse aumento constituem o foco de estudo deste tópico
3. Princípio de Arquimedes	(2)	(2)	Com o princípio de Arquimedes, retomam-se as condições de equilíbrio dos objetos, só que, agora, no interior dos fluidos. São discutidas a ação de uma nova força – o empuxo – e as condições para a flutuação.
Texto e interpretação: Nas asas de um avião	(1)	(1)	É interessante discutir esse tema em sala de aula. Entretanto, procure esclarecer os conceitos de fluido e sua representação em linhas e de escoamento estacionário e incompressível.
Exercícios de revisão	(1)	(4)	Sugerimos que a maioria dos exercícios seja feita em casa, restando para a classe apenas a discussão das dúvidas.
Total	(7)	(10)	

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Na 2ª aula do tópico 1 – “Fluidos, densidade e pressão” –, os alunos farão uma atividade em grupo (p. 133). Se a escola não possuir uma balança para determinar a massa dos alunos, oriente-os a medirem sua massa com uma balança de farmácia antes dessa aula ou, em último caso, informarem um valor estimado. Cada grupo deverá trazer um bloco de papel quadriculado, um lápis e um rolo de barbante fino.

Na 2ª aula do tópico 3 – “Princípio de Arquimedes” –, também há uma atividade para ser realizada em grupos (p. 142). Cada grupo deverá providenciar: dois copos com água, um limão, uma faca, $\frac{1}{4}$ de pacote de sal e um pacote pequeno de massa de modelar. Essa atividade é fundamental para se perceber a importância da densidade na condição de flutuação. Lembre aos alunos que a cuia tem ar no seu interior e sua densidade é diferente da bola maciça de massa de modelar.

Em construção

Veja comentários e respostas desta seção no Manual do Professor.

Arquimedes e a coroa do rei Hierão II

Arquimedes é considerado um dos maiores cientistas da Antiguidade. Seu pai, Fídiás, era astrônomo.

Arquimedes nasceu em Siracusa, na Sicília, mas estudou em Alexandria com sucessores de Euclides (360 a.C.-295 a.C.), razão pela qual se acredita que ele estivesse muito familiarizado com a mais avançada matemática da época. Antes de regressar à sua cidade natal, inventou um mecanismo que ficou conhecido como parafuso de Arquimedes, uma espécie de máquina para bombear água.

Muitas das informações sobre a vida de Arquimedes e suas obras chegaram até nós por outros autores, como Plutarco, por exemplo, visto que muitos de seus originais se perderam. Há muitas referências a Arquimedes nos escritos de sua época, nem tanto pela alta reputação que ele tinha entre os matemáticos, mas sim pelas suas máquinas de guerra.

Regressou à sua cidade natal, provavelmente por causa das boas relações com o rei de Siracusa, Hierão II (306 a.C.-215 a.C.).

Uma das mais famosas histórias sobre Arquimedes relata que Hierão pediu ao seu brilhante amigo para determinar se uma coroa, que havia acabado de receber do ourives, era realmente de ouro, como deveria ser, ou se se tratava de uma liga de prata. Arquimedes foi instruído a realizar a tarefa sem estragar a coroa.

Segundo essa história, ele não imaginava como proceder até que um belo dia, entrando em uma banheira cheia, notou que a água transbordava. Repentinamente ocorreu-lhe que a quantidade de água transbordada era igual, em volume, à parte do corpo nela mergulhada. Raciocinou então que, se mergulhasse a coroa na água, poderia determinar seu volume pela subida do líquido. Poderia mais ainda: comparar esse dado com o volume de um pedaço de ouro de igual peso. Se os volumes fossem iguais, a coroa seria de ouro puro. Se a coroa fosse feita de uma liga de prata (menos densa que o ouro), teria um volume maior.

Entusiasmado com a descoberta, diz a história que Arquimedes pulou para fora da banheira, e, completamente nu, correu pelas ruas de Siracusa até o palácio real aos gritos de "Achei! Achei!". Vale destacar que a nudez não perturbava os gregos daquela época tanto como perturba em nossa cultura atual. Como Arquimedes falava grego, o que disse foi "Eureka! Eureka!". Essa expressão é usada desde então como exclamação apropriada ao anúncio de uma descoberta. A conclusão dessa história é que a coroa incluía certa porcentagem de prata, tendo sido o ourives executado.

1. Qual a origem da habilidade de Arquimedes para formular problemas físicos usando conhecimentos de Geometria?
2. Leia o texto "Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos", de Roberto de Andrade Martins (disponível em: <www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6769/6238>; acesso em: set. 2015), e discuta com seus colegas a possível criação de mitos na ciência.



Retrato de Arquimedes (277 a.C.-212 a.C.).

Reprodução Biblioteca Nacional, Paris, França

Veja comentários e sugestões para este tópico no Manual do Professor.

5 Princípio de Arquimedes

Experimente mergulhar uma bola em um tanque com água. Você vai perceber que, enquanto a bola não estiver totalmente imersa (mergulhada), você precisa aumentar a força para afundá-la um pouco mais. Mas, a partir do momento em que ela estiver totalmente imersa, não há diferença na força que você precisa aplicar para mantê-la um pouco mais funda ou mais rasa.

A origem dessa força nos remete a Arquimedes de Siracusa (282-212 a.C.), inventor e matemático grego que constatou que um corpo imerso em água torna-se aparentemente mais leve. Isso ocorre em razão da ação de uma força, vertical para cima, que o líquido exerce sobre o corpo – o **empuxo**.

Em um corpo que se encontra imerso em um líquido, agem duas forças: a força peso \vec{P} , devida à interação do corpo com a Terra, e a força de empuxo \vec{E} , devida à interação do corpo com o líquido (figura 11.20).

Sendo assim, quando um corpo é colocado totalmente imerso em um líquido, temos as seguintes condições:

- se ele permanecer parado no ponto onde foi colocado, a intensidade da força de empuxo é igual à intensidade da força peso ($E = P$);
- se ele afundar, a intensidade da força de empuxo é menor do que a intensidade da força peso ($E < P$);
- se ele subir para a superfície, a intensidade da força de empuxo é maior do que a intensidade da força peso ($E > P$).

Para analisar situações como essas, vamos considerar o **princípio de Arquimedes**.

Todo corpo mergulhado num fluido (líquido ou gás) fica sujeito ao empuxo, uma força vertical para cima, exercida pelo fluido, sendo a intensidade dessa força igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo.

O raciocínio usado por Arquimedes para elaborar esse princípio foi altamente engenhoso: se o corpo imerso não estivesse ocupando uma região do fluido, teríamos ali um fluido em **equilíbrio**. Logo, o fluido ao redor dessa região deve, necessariamente, exercer sobre ela uma força de intensidade igual à da força exercida pelo fluido deslocado pelo corpo. Desse modo, o empuxo não depende da densidade do corpo, mas sim do peso do fluido que ele desloca.

Sendo V_f o volume do fluido deslocado pelo corpo, a massa desse fluido é dada por:

$$m_f = \mu_f \cdot V_f$$

A intensidade do empuxo é igual à intensidade do peso dessa massa deslocada:

$$E = m_f \cdot g \Rightarrow E = \mu_f \cdot V_f \cdot g$$

Para corpos totalmente imersos, o volume de fluido deslocado é igual ao próprio volume do corpo. Nesse caso, a intensidade do peso do corpo e a do empuxo são dadas por:

$$P = \mu_c \cdot g \cdot V_c \text{ e } E = \mu_f \cdot g \cdot V_c$$

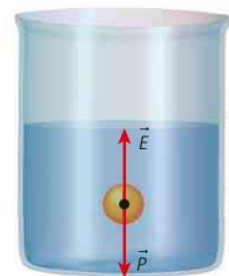


Figura 11.20 Um corpo de peso \vec{P} imerso em um fluido fica sob a ação de uma força denominada empuxo (\vec{E}). Representação sem escala e em cores fantasia.

Comparando as duas expressões, observamos que:

- se $\mu_c > \mu_f$, temos $P > E$; o corpo desce em movimento acelerado;
- se $\mu_c < \mu_f$, temos $P < E$; o corpo sobe em movimento acelerado;
- se $\mu_c = \mu_f$, temos $P = E$; o corpo encontra-se em equilíbrio.

Quando um corpo mais denso que um líquido é totalmente imerso nesse líquido, observamos que o valor de seu peso, dentro desse líquido, é aparentemente menor do que no ar. A diferença entre o valor do peso do corpo no ar e no líquido (peso aparente) corresponde ao empuxo exercido pelo líquido:

$$P_{ap.} = P_{ar} - E$$

Flutuação

Suponha um corpo flutuando em um líquido (**figura 11.21**). Nessas condições, observamos que:

- o corpo encontra-se em equilíbrio: $E = P$;
- o volume de líquido deslocado pelo corpo é menor do que seu próprio volume: $V_{desloc.} < V_{corpo}$;
- sua densidade é menor do que a do líquido: $\mu_{corpo} < \mu_{líquido}$;
- o valor do peso aparente do corpo é nulo: $P_{ap.} = 0$.

A relação entre o volume imerso V_i e o volume total do corpo V_{corpo} é dada por:

$$E = P \Rightarrow \mu_{liq.} \cdot V_i \cdot g = \mu_{corpo} \cdot V_{corpo} \cdot g \Rightarrow \frac{V_i}{V_{corpo}} = \frac{\mu_{corpo}}{\mu_{líquido}}$$

A relação $\frac{V_i}{V_{corpo}}$ representa a fração do volume total do corpo que está

submersa. Por exemplo, se $\frac{V_i}{V_{corpo}} = 0,9$, significa que 90% do corpo está submerso e a densidade do corpo é 90% da densidade do líquido em que flutua. É a relação que observamos entre o gelo e a água, conforme a **figura 11.22**: fora da água, vemos apenas 10% do total do *iceberg*.

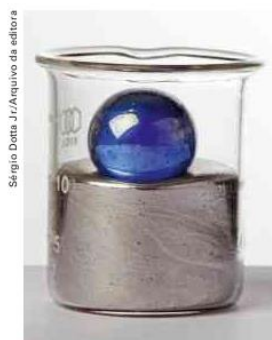


Figura 11.21 Bola de bilhar flutuando, em equilíbrio, em um recipiente contendo mercúrio.

As imagens desta página estão representadas sem escala e em cores fantasia.



Figura 11.22 Icebergs podem ter mais de 300 milhões de toneladas, porém apenas uma parcela fica exposta.

Experimento



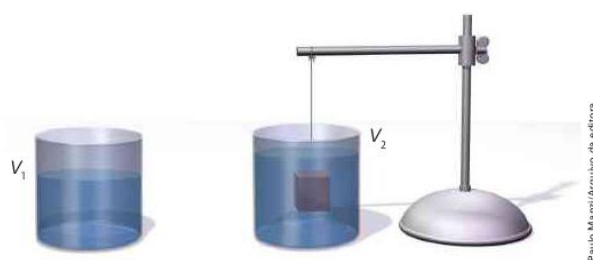
Veja comentários e respostas da atividade desta seção no Manual do Professor.

Princípio de Arquimedes

Nesta atividade experimental propomos um método para a verificação do princípio de Arquimedes. Para isso, vamos determinar o módulo do empuxo por dois processos diferentes e comparar os resultados utilizando um bloco, de qualquer formato, com densidade maior do que a densidade da água, um dinamômetro e um béquer graduado com água.

1º método: A ideia é efetuar duas medidas do peso do bloco: a primeira, com o bloco no ar, e a segunda, com o bloco totalmente imerso na água. Como você realiza essas medidas? Qual delas indica o peso real do bloco? E qual indica o peso aparente? Nessas condições é possível determinar o empuxo que a água exerce sobre o bloco?

2º método: Utilizando o béquer graduado em unidades de volume, como você determina o volume da água deslocada pelo objeto, com base nas figuras abaixo?



Representação (sem escala e em cores fantasia) do experimento.

Calcule o valor do empuxo por meio da equação:

$$E = \mu_a \cdot g \cdot V_{\text{desloc.}}$$

Utilize $g = 10 \text{ m/s}^2$ e $\mu_{\text{água}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Após a realização das medidas necessárias nos dois métodos, faça as atividades, justificando quando necessário.

- Os valores obtidos para o empuxo pelos métodos 1 e 2 são iguais? Se não forem iguais, explique a diferença.
- Por que o peso aparente do bloco é menor do que o peso real?
- O que aconteceria se a densidade do bloco fosse menor do que a da água? Nesse caso, quais seriam os valores do peso real e do peso aparente do bloco?
- Suponha que, em vez de água, o experimento seja realizado com óleo. Sendo a densidade do óleo menor do que a da água, copie a tabela abaixo em seu caderno e complete-a, indicando se os valores obtidos seriam maiores, menores ou iguais àqueles obtidos com a água.

Valores obtidos no experimento

Peso real	
Peso aparente	
Empuxo	
Volume do bloco	
Volume do óleo deslocado	

Sugestões de leitura e sites

A lista apresentada a seguir é sugerida para tentar ampliar seus conhecimentos e incentivá-lo a fazer outras leituras além do livro didático.

Boa leitura!

- ♦ A CIÊNCIA na Antiguidade. *Scientific American Brasil*: História da ciência. São Paulo, n. 3, Duetto. Mesopotâmios, egípcios e gregos começaram a observar o mundo com olhos críticos, e sua curiosidade levou aos primeiros progressos científicos da humanidade.
- ♦ A CIÊNCIA na Era dos Inventores. *Scientific American Brasil*: História da ciência. São Paulo, n. 4, Duetto. No entusiasmo da Revolução Industrial, uma geração de cientistas criou engenhocas que mudaram o mundo. Conheça esses homens extraordinários e suas máquinas maravilhosas.
- ♦ A CIÊNCIA na Idade Média. *Scientific American Brasil*: História da ciência. São Paulo, n. 1, Duetto. Com uma série de artigos, é apresentado um surpreendente panorama da extraordinária riqueza da produção científica medieval.
- ♦ A CIÊNCIA no Renascimento. *Scientific American Brasil*: História da ciência. São Paulo, n. 1, Duetto. Esta edição apresenta a redescoberta de valores da Antiguidade aliada à explosão de pesquisas em várias áreas, que ficam as raízes do conhecimento moderno.
- ♦ ACZEL, A. D. *Bússola: a invenção que mudou o mundo*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002. O autor conta a história da bússola, considerada por muitos a invenção mais importante depois da roda.
- ♦ ARISTÓTELES: O pai de todas as Ciências. *Scientific American Brasil*: Gênios da Ciência. São Paulo, n. 6, 2. ed., Duetto. A edição apresenta artigos sobre a vida e a obra de Aristóteles.
- ♦ ARQUIMEDES: Pioneiro da Matemática. *Scientific American Brasil*: Gênios da Ciência. São Paulo, n. 5, 2. ed., Duetto. Esta edição apresenta a vida e a obra de Arquimedes.
- ♦ BAEYER, H. C. V. *Arco-íris, flocos de neve, quarks: a Física e o mundo que nos rodeia*. Rio de Janeiro: Campus, 1994. Um físico expõe com elegância a forma pela qual fenômenos corriqueiros revelam a complexa e profunda beleza do mundo natural.
- ♦ BARRETO, P. S. *Laboratório do mundo: ideias e saberes do século XVIII*. São Paulo: Pinacoteca – Imprensa Oficial do Estado, 2004. Trata-se de um catálogo ilustrado e explicado de uma exposição realizada na Pinacoteca do Estado de São Paulo, em 2004, contendo peças do acervo dos principais polos de ciência de Portugal, no século XVIII. As grandes realizações científicas da época, sementes do desenvolvimento tecnológico e científico atual, estão explicadas e contextualizadas historicamente.
- ♦ BRENNAN, R. *Gigantes da Física: uma história da Física moderna através de oito biografias*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998. O livro apresenta as biografias de: 1. Isaac Newton; 2. Albert Einstein; 3. Max Planck; 4. Ernest Rutherford; 5. Niels Bohr; 6. Werner Heisenberg; 7. Richard Feynman; 8. Murray Gell-Mann.
- ♦ CHERMAN, A.; VIEIRA, F. *O tempo que o tempo tem*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008. O livro mostra como a Astronomia está na origem de todas as medidas de tempo e conta a história dos diversos calendários usados em diferentes sociedades.
- ♦ EINSTEIN: O homem além do mito. *Scientific American Brasil*: Gênios da Ciência. São Paulo, n. 1, 2. ed., Duetto. Esta edição apresenta a vida e a obra de Albert Einstein.
- ♦ GALILEU: O ombro gigante da Física. *Scientific American Brasil*: Gênios da Ciência. São Paulo, n. 3, 2. ed., Duetto. Esta edição apresenta a vida e a obra de Galileu Galilei.
- ♦ GLEISER, M. *A dança do Universo: dos mitos de Criação ao big-bang*. São Paulo: Companhia das Letras, 1997. O livro analisa as teorias propostas para explicar as origens do Universo, desde os gregos antigos, passando por Copérnico, Galileu, Kepler e Newton, até os tempos modernos com a teoria da relatividade.
- ♦ ———. *Retalhos cósmicos*. São Paulo: Companhia das Letras, 1999. O livro apresenta cinquenta textos, publicados originalmente no jornal *Folha de S.Paulo* e reelaborados para edição em livro, que refletem uma convicção forte do autor: a livre circulação das informações é condição para o exercício da cidadania.
- ♦ GRIBBIN, J. *A morte do Sol*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1983. O livro analisa o nascimento, a vida e a morte de uma estrela – o Sol – e suas consequências para a vida na Terra.
- ♦ HART-DAVIS, A. *160 séculos de ciência*. São Paulo: Duetto, 2010. Vol. 1 – Aurora da ciência: Pré-História a 1500. Vol. 2 – Renascimento e Iluminismo: 1500-1700. Vol. 3 – Revolução Industrial: 1700-1890. Vol. 4 – O conhecimento das nossas origens: o impacto de Darwin.
- ♦ MARTINS, Jader B. *A vitória de Galileu: a luta contra o obscurantismo*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008. O autor conta sobre Galileu, o período histórico em que viveu e os homens que foram seus companheiros científicos, que viveram em épocas diferentes, mas que tinham seus pensamentos colimados pelo heliocentrismo.
- ♦ NEWTON: O pai da Física moderna. *Scientific American Brasil*: Gênios da Ciência. São Paulo, n. 7, 2. ed., Duetto. Esta edição apresenta a vida e a obra de Newton.
- ♦ NOVAS luzes sobre o Sistema Solar. *Scientific American Brasil*. Edição especial. São Paulo, n. 9, Duetto. Vênus, Marte, Terra e Júpiter são alguns dos assuntos destacados nesta edição.
- ♦ RIVAL, M. *Os grandes experimentos científicos*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1997. O autor apresenta 41 experimentos científicos; dentre eles, a medição do raio da Terra por Eratóstenes, no século III a.C., a medida da velocidade da luz, em 1676, e a caça às ondas gravitacionais, em 1958.
- ♦ ROONEY, Anne. *A história da Física*. São Paulo: M. Books do Brasil, 2013. O livro traça a trajetória das tentativas da humanidade em ler o livro do Universo, aprendendo e usando a linguagem da Matemática. Revela, também, como nosso conhecimento é ínfimo – a Física trata de apenas 4% do Universo; os outros 96% são um mistério a ser revelado.
- ♦ SIMAAN, A.; FONTAINE J. *A imagem do mundo: dos babilônios a Newton*. São Paulo: Companhia das Letras, 2003. O livro apresenta a história da ciência tendo como eixo a Astronomia, desde os primeiros observadores do céu até os fundadores da ciência moderna.
- ♦ STEPHEN Hawking: O triunfo da mente. *Scientific American Brasil*: Gênios da Ciência. São Paulo, n. 2, 2. ed., Duetto. Esta edição apresenta as obras e as ideias de Stephen Hawking.

Para mais detalhes sobre as alavancas no corpo humano sugerimos o *site* do professor de fisioterapia Alexandre Souza. Disponível em: <<http://professoralexandrefisio.blogspot.com.br/2011/03/as-alavancas-e-o-corpo-humano.html>>. Acesso em: set. 2015.

Para refletir

Ao efetuar um chute em uma bola, são envolvidos os músculos do quadril, da coxa, da perna e do pé; os mais importantes são os quadríceps, isquiotibiais, adutores, ilíopsoas, bíceps, gastrocnêmios e tibiais. Existem ainda músculos menores, além dos músculos do abdômen, que também são envolvidos.

Física explica

1. A ponte Rio-Niterói é apoiada.
2. Uma das fortes razões é que a metalurgia da época não conseguiu produzir os cabos resistentes, como os de aço, de que dispomos hoje.

Em construção

O fato de Arquimedes ter estudado em Alexandria com sucessores de Euclides foi bastante importante para sua formação e para sua habilidade em usar conceitos de Geometria para resolver problemas físicos. Aconselhamos aqui que você também dê destaque a outras características, como a curiosidade e a persistência, importantes para Arquimedes, mas que podem ser trabalhadas por qualquer pessoa.

Experimento

1. O centro de massa se comporta como se toda a massa estivesse nele concentrada. Então, é nesse ponto que deveremos colocar o dedo.
2. Exceto pequenos erros gráficos no traçado das medianas e dos segmentos experimentais, os pontos devem coincidir.
3. Como o centro de massa se comporta como se toda a massa do corpo estivesse nele concentrada, se aplicarmos a força exatamente no centro de massa só conseguiremos movimento de translação. Fica fácil de visualizar isso se pegarmos uma roda qualquer, de um carrinho de brinquedo, e espetando o clipe aberto em seu centro, não conseguimos, chacoalhando a mão, fazê-la girar. Por outro lado, se espetarmos o clipe em qualquer ponto fora do centro, chacoalhando, a força aplicada terá determinado momento em relação ao centro de massa e podemos conseguir uma rotação acelerada, coordenando bem os movimentos.
No caso da chapa irregular, os pontos serão *A*, *B*, *C* ou *D*, mas não o centro de massa.

Atividades complementares

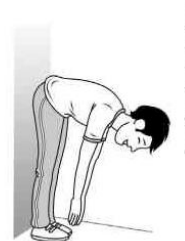
Atividade prática

Esta atividade prática é bem simples e pode ser realizada em sala de aula com o professor orientando e alguns alunos voluntários seguindo sua orientação.

O objetivo é analisar o centro de massa do corpo humano. Trata-se de uma demonstração simples, na qual podem participar quantos alunos quiserem, mas aconselhamos que seja um aluno de cada vez. Sugerimos que você faça um desafio:

Pergunte quem consegue encostar (em pé) as mãos nos pés sem dobrar as pernas. Peça a um aluno que mostre como consegue fazer isso.

A seguir, peça ao aluno para encostar em uma parede. Ele deve ficar com o corpo todo encostado nela (principalmente os calcanhares e as costas). Pergunte se consegue encostar novamente as mãos nos pés sem dobrar as pernas, conforme a figura. O aluno terá dificuldades e provavelmente não conseguirá. Pergunte se mais alguém quer tentar.



Dem e Souza/Arquivo de editora

Após alguns alunos tentarem, faça as seguintes perguntas para a sala refletir:

1. Onde fica aproximadamente o centro de massa do corpo humano quando estamos em pé?
O centro de massa do corpo humano fica próximo ao umbigo nessa situação.
2. Quando nos inclinamos, o centro de massa do corpo humano muda de lugar?
Sim. O centro de massa de uma pessoa não depende apenas da massa da pessoa, mas também de como a pessoa está posicionada. Quando estamos em pé, o centro de massa fica numa linha que passa no centro da cabeça e próximo ao umbigo. Se, por exemplo, esticamos uma perna e encolhemos outra, o centro de massa é alterado levemente.
3. Por que não se consegue encostar as mãos nos pés com as pernas esticadas quando estamos encostados em uma parede? Porque quando não há parede, ao tentarmos encostar as mãos nos pés com as pernas esticadas, para nos equilibrarmos, naturalmente inclinamos o corpo deixando o quadril um pouco para trás. Assim não perdemos o equilíbrio. Quando encostamos na parede, ela impossibilita a inclinação para trás. Assim, o centro de massa do corpo é deslocado um pouco para a frente e não conseguimos manter o equilíbrio.

Funcionamento de guindastes

Esta atividade complementar tem como objetivo fornecer aos alunos conhecimentos adequados dos processos físicos e tecnológicos que envolvem os guindastes – um dos principais mecanismos usados em grandes construções.

Guindastes utilizam os diversos princípios relacionados ao centro de massa, torque e equilíbrio. Sugerimos ao professor que proponha aos alunos um trabalho, no qual serão avaliados os seguintes tópicos:

- A história do guindaste e sua evolução.
- Os principais guindastes utilizados atualmente.
- Lugares onde os guindastes são mais utilizados.
- O peso máximo que esses guindastes podem carregar.
- As dimensões desses guindastes.
- Os princípios físicos envolvidos.

lentamente. Também por essa razão, competições esportivas em cidades muito altas favorecem os competidores locais, já habituados ao ar rarefeito.

A pressão exercida pela água em nossas orelhas, por exemplo, depende da quantidade de água? Esse é o ponto de partida para o entendimento de como a pressão varia dentro de um fluido: a lei de Stevin.

É interessante, sob o aspecto histórico, cultural e arquitetônico citar a influência do cientista e engenheiro holandês Simon Stevin no Brasil, nas invasões holandesas (1624-1625 e 1630-1654). Seus manuais nortearam a construção de canais, drenagem para portos, construção de fortes e planejamento urbano, principalmente em Olinda e no Recife.

Por que seria um engenheiro holandês o mentor de uma lei (na verdade um teorema) tão importante na Hidrostática? A resposta está na necessidade holandesa de construir diques de contenção, pelo fato de o país ser tão baixo. O texto seguinte pode nos dar uma ideia.

Se existe um lugar onde o homem e a natureza medem forças há séculos, esse lugar é a Holanda. Castigado por inundações provocadas pelo mar e por rios, o país, batizado oficialmente de Países Baixos, faz jus ao nome que tem: o ponto culminante espicha-se a apenas 321 metros de altitude e um quarto do território está abaixo do nível do mar. Tão abaixo que, ao aterrissar no aeroporto de Schiphol, em Amsterdã, o passageiro desembarca a 4,5 metros abaixo do nível do mar.

Disponível em: <<http://klickeducacao.com.br/materia/print/0,5920,POR-16-53-1317-,00.html>>. Acesso em: set. 2015.

Para refletir

Pontos na mesma horizontal em um líquido em repouso apresentam a mesma pressão, pois esta varia com a profundidade. Assim, os pontos 2 e M apresentam a mesma pressão. Nessas condições, a lei de Stevin é válida para os pontos 1 e 2 que não estão na mesma vertical.

3. Medidores de pressão

Qual é a diferença entre um manômetro e um barômetro? Na calibração dos pneus de um carro, em um posto de combustível, usamos um manômetro ou um barômetro? E quando medimos a pressão arterial?

Além desses pontos, o tópico visa esclarecer a questão proposta no início do capítulo sobre a cidade de Veneza.

Física tem História

Nesta seção, com o texto “Horror ao vácuo”, procuramos desenvolver no aluno a habilidade de compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de determinada época.

Para que os alunos respondam às duas questões propostas no texto, sugerimos que você comente sobre a utilização de água no lugar de mercúrio para a determinação da pressão atmosférica.

4. Vasos comunicantes e prensas hidráulicas

Como ponto de partida, sugerimos que você comente sobre a rede de distribuição de água nas cidades, com tubulação sub-

terrânea: só é possível por causa dos vasos comunicantes. Outro ponto de interesse é a mangueira transparente utilizada na construção civil para garantir o nivelamento de pisos. Como elas funcionam?

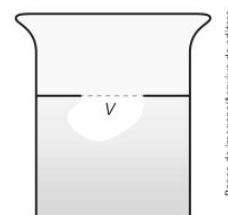
Com a prensa hidráulica – uma máquina simples – procuramos mostrar como o desenvolvimento tecnológico auxilia as pessoas na realização de tarefas. Com ela, explicamos o funcionamento interno de um elevador de automóveis e os freios de um automóvel?

Para refletir

Observe que, quando a água começa a escoar pelo bico, o nível da água no regador é o mesmo que no bico. Portanto, para se transportar mais água no regador é preciso elevar o bico. Se o bico ficar acima da altura do regador, este pode ficar totalmente cheio de água.

5. Princípio de Arquimedes

Sugerimos que você reproduza com os alunos o raciocínio de Arquimedes. Comece desenhando um recipiente com líquido em equilíbrio. Agora, imagine uma porção de líquido que vai ser mentalmente retirada, conforme mostra figura seguinte.



Porção de um líquido em equilíbrio, de volume V , que foi mentalmente retirada do líquido.

Como seriam as forças que o líquido ao redor da porção mentalmente retirada aplicaria nela? Como a porção V estava em equilíbrio, logo, o somatório das forças que o fluido em volta aplicava nela deve ter a mesma intensidade que seu peso, mas é aplicada em sentido contrário, impondo o equilíbrio. Se na região de volume V , em vez de líquido tivermos outro corpo qualquer, da mesma forma, ela ficará sujeita à mesma força. Se a porção de volume V estiver totalmente submersa, o raciocínio permanece o mesmo.

O raciocínio permite também descobrir em que ponto está aplicada a resultante das forças que o líquido ao redor aplica no corpo submerso: no centro de massa do volume de líquido deslocado, pois ele estaria em equilíbrio. A beleza dessa conclusão de Arquimedes é que ele não utiliza uma conta sequer para chegar até ela. É uma mostra de quão longe pode ir o raciocínio puro.

Um ponto que deve ser destacado é que a intensidade do empuxo não depende da densidade do corpo, mas sim do líquido em que ele é mergulhado. Ao discutir o peso aparente, sugerimos comentar que, ao pesar o corpo no ar, o empuxo que o ar exerce sobre ele é desprezível somente se o corpo for muito mais denso que o ar. Ou seja, na verdade, o peso aparente deveria comparar o peso do corpo no vácuo com o peso do corpo submerso. Mais tarde, depois de discutir flutuação e empuxo em balões, o tema pode ser retomado.

Física explica

Nesta seção, procuramos articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro das várias Ciências da Natureza. Assim,

o texto “A bexiga natatória e o submarino” deve ser compartilhado com o professor de Biologia.

É preciso ressaltar a importância da Física na Biologia e a importância da interdisciplinaridade. Não é possível estudar corretamente a flutuação de um peixe sem os conceitos de Hidrostática.

As duas questões propostas exigem habilidades de leitura e interpretação do texto. As possíveis respostas são:

1. Devido à súbita redução da pressão externa.
2. Retirar gás.

6. Hidrodinâmica

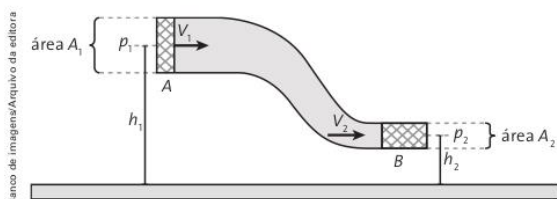
O estudo da Hidrodinâmica, que apresentamos neste capítulo, está alicerçado em duas equações básicas: a equação da continuidade e a equação de Bernoulli. Optamos por não apresentar, no livro, a dedução da equação de Bernoulli por envolver desenvolvimentos matemáticos que julgamos desnecessários para atingir os objetivos propostos:

- Identificar a conservação de energia no transporte de fluidos.
- Aplicar a conservação de energia em fluidos ideais para explicar os fenômenos de transporte em encanamentos com diferentes seções transversais e na determinação de velocidades de aeronaves.
- Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos, ou sistemas tecnológicos de uso comum.

Inicialmente, sugerimos que você comente a importância da hidrodinâmica no cotidiano, como no dimensionamento dos encanamentos domésticos, na explicação do sistema circulatório do sangue nas veias e artérias do corpo dos animais e nas medidas de velocidades de aeronaves.

Se você julgar necessário e dispuser de tempo, apresentamos a dedução da equação de Bernoulli. Escolhemos encaminhar o assunto em termos de energia mecânica.

Considere um fluido ideal (não viscoso) e incompressível (densidade constante) escoando por uma tubulação, conforme a figura abaixo.



Na região A, de entrada do fluido, ele tem velocidade v_1 , pressão p_1 e altura h_1 ; e, na região B, de saída do fluido, velocidade v_2 , pressão p_2 e altura h_2 .

Vamos considerar um pequeno elemento de volume ΔV do fluido com massa Δm , sendo transferido desde a entrada (A) até a saída (B). Para a aplicação do teorema da energia cinética – o trabalho resultante é igual à variação de energia cinética –, devemos considerar que duas forças realizam trabalho sobre o nosso elemento.

Devido à pressão p do fluido, o elemento de volume é empurrado por uma força \vec{F} num deslocamento d .

Se $A = pA_{\text{tubo}}$ e θ o ângulo entre a força e o deslocamento, o trabalho é dado por:

$$\tau = F \cdot d \cdot \cos \theta \Rightarrow \tau = \pm p \cdot A_{\text{tubo}} \cdot d \Rightarrow \tau = \pm p \cdot \Delta V$$

Em A o trabalho é positivo, mas em B é negativo. Assim temos:

$$\tau = (p_1 - p_2) \cdot \Delta V \text{ (I)}$$

Durante a transferência do elemento de massa A para B, a força gravitacional realiza trabalho, dado por:

$$\tau = (\Delta m) \cdot g \cdot (\Delta h) = (\Delta m) \cdot g \cdot (h_1 - h_2)$$

Lembrando que $\Delta m = \mu \cdot \Delta V$ e substituindo esta na expressão anterior, temos:

$$\tau = \mu \cdot (\Delta V) \cdot g \cdot (h_1 - h_2) \text{ (II)}$$

Por sua vez, a variação de energia cinética é dada por:

$$\Delta E_c = \frac{(\Delta m) \cdot v_2^2}{2} - \frac{(\Delta m) \cdot v_1^2}{2} \Rightarrow \Delta E_c = \frac{\mu \cdot \Delta V}{2} \cdot (v_2^2 - v_1^2) \text{ (III)}$$

Substituindo as expressões (I), (II) e (III) no teorema da energia cinética, obtemos:

$$(p_1 - p_2) \cdot \Delta V + \mu \cdot (\Delta V) \cdot g \cdot (h_1 - h_2) = \frac{\mu \cdot \Delta V}{2} \cdot (v_2^2 - v_1^2)$$

Simplificando essa expressão e colocando os termos com índice 1 do lado esquerdo e os termos com índice 2 do lado direito da igualdade, temos:

$$p_1 + \mu g h_1 + \frac{\mu v_1^2}{2} = p_2 + \mu g h_2 + \frac{\mu v_2^2}{2}$$

Física explica

Nesta seção, nosso objetivo é apresentar um possível caminho para os alunos desenvolverem a habilidade, diante de uma situação-problema, de reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos e identificar as grandezas relevantes para a solução.

Assim, sugerimos que os alunos demonstrem a equação para o cálculo da velocidade de uma aeronave, com base no texto sobre o tubo de Pitot, a partir das equações da continuidade e de Bernoulli.

Experimento

Nesta atividade experimental, sugerimos que cada equipe apresente um relatório escrito e que uma das equipes faça uma apresentação oral. Desse modo, as equipes podem discutir as respostas às questões propostas.

Alguns comentários sobre as questões propostas:

1. Dentro das margens de erros aceitáveis, os resultados obtidos devem ser iguais.
2. Devido ao empuxo. O peso aparente é dado por: $P_{\text{ap}} = P_{\text{real}} - E$. Portanto: $P_{\text{ap}} < P_{\text{real}}$.
3. O bloco iria flutuar. O peso aparente seria nulo e o peso real continuaria o mesmo.
4. Peso real: igual. Peso aparente: maior. Empuxo: menor. Volume do bloco: igual. Volume do óleo deslocado: igual.

Em construção

Nesta seção, como citado no Livro do Aluno, inicialmente demos destaque à família Bernoulli por ser mundialmente conhecida, devido ao fato de ter dado ao mundo notáveis cientistas.

Particularmente em relação à Hidrodinâmica, o nome de destaque é o matemático suíço Daniel Bernoulli. Sugerimos que o(a) professor(a) explique a importância do trabalho de Bernoulli na discussão de bombas e outras máquinas para elevação de água e ainda a aplicação na Medicina, uma vez que o coração é uma máquina de bombear fluido.

Aproveite para mais uma vez apontar que, a despeito da originalidade dos trabalhos desse cientista, eles não foram trabalhos isolados na comunidade científica e do processo histórico, pois Bernoulli obteve sua equação considerando um fluido ideal aplicando as leis de Newton, elaboradas cerca de setenta anos antes.

FÍSICA NO
CONTEXTOO PROBLEMA
DE ARQUIMEDES

O cientista e inventor Arquimedes (**figura 9.8**) viveu no século III a.C., na cidade de Siracusa, colônia grega situada na Sicília, no sul da Itália.

As engenhosas invenções de Arquimedes tornaram-se muito populares na época. Uma das histórias mais conhecidas sobre os trabalhos de Arquimedes refere-se à solução dada por ele ao **problema da coroa do rei Hieron de Siracusa**.

O rei havia prometido aos deuses, que o protegeram em suas conquistas, uma coroa de ouro. Entregou, então, certo peso de ouro a um ourives para que este confeccionasse a coroa. Quando o ourives entregou a encomenda, cujo peso era igual ao do ouro que Hieron havia fornecido, foi levantada a acusação de que ele teria substituído certa porção do ouro por prata. Arquimedes foi encarregado pelo rei de investigar se essa acusação era, de fato, verdadeira. Conta-se que, ao tomar banho em um banheiro público, observando a elevação da água à medida que mergulhava seu corpo, Arquimedes percebeu que poderia resolver o problema. Entusiasmado, saiu correndo para casa, atravessando as ruas completamente despido e gritando a palavra grega que se tornou famosa: **Heureka! Heureka!** (isto é: "Achei! Achei!").



Figura 9.8. Gravura que representa Arquimedes pensando no problema da coroa do rei Hieron de Siracusa.

E realmente Arquimedes conseguiu resolver o problema da seguinte maneira:

- 1^ª) Mergulhou em um recipiente completamente cheio de água uma massa de ouro puro, igual à massa da coroa, e recolheu a água que transbordou (**figura 9.9.a**).
- 2^ª) Retomando o recipiente cheio de água, mergulhou nele uma massa de prata pura, também igual à massa da coroa, recolhendo a água que transbordou. Como a densidade da prata é menor que a do ouro, o volume de água recolhido, nessa segunda operação, era maior do que na primeira (**figura 9.9.b**).
- 3^ª) Finalmente, mergulhando no recipiente cheio de água a coroa em questão, constatou que o volume de água recolhido tinha um valor intermediário entre aqueles recolhidos na primeira e na segunda operações (**figura 9.9.c**). Ficou, assim, evidenciado que a coroa não era realmente de ouro puro. Comparando os três volumes de água recolhidos, Arquimedes conseguiu calcular até mesmo a quantidade de ouro que o ourives substituiu por prata.

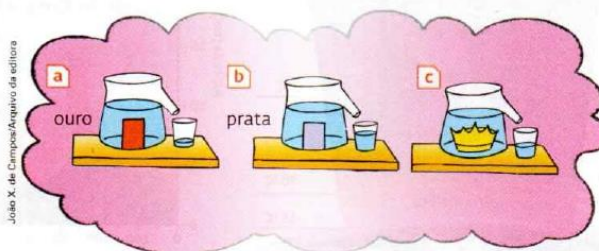


Figura 9.9. Procure acompanhar, na figura, o raciocínio feito por Arquimedes para resolver o problema da coroa do rei de Siracusa. Representação sem escala e em cores fantasia.



Figura 9.34. Por causa do empuxo, uma pedra parece mais leve quando mergulhada.

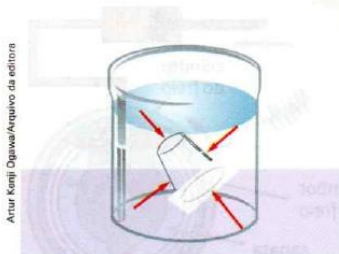


Figura 9.35. Um líquido exerce pressão sobre um objeto nele mergulhado em todas as direções, inclusive de baixo para cima.



Figura 9.36. A bolsa estanque da foto permite tirar fotos subaquáticas até a profundidade de 20 m.

As imagens desta página estão representadas fora de proporção.



Figura 9.37. As forças que atuam para cima em um objeto mergulhado em um fluido são maiores do que as que atuam para baixo. O mergulhador utiliza um cinto de lastro com chumbo para se manter a 25 m de profundidade. Recife (PE).

9.5 Princípio de Arquimedes

O que é empuxo

Quando mergulhamos um objeto qualquer em um líquido, verificamos que o líquido exerce, sobre o objeto, uma força de sustentação, isto é, uma força dirigida para cima, que tende a impedir que o objeto afunde no líquido. Você já deve ter percebido a existência dessa força ao tentar mergulhar, na água, um pedaço de madeira, por exemplo. É também essa força que faz com que uma pedra pareça mais leve quando imersa na água ou em outro líquido qualquer (figura 9.34).

Essa força é **vertical**, dirigida **para cima**, e se denomina **empuxo** do líquido sobre o objeto mergulhado.

Um líquido exerce pressão em todas as direções

As ilustrações desta página estão representadas sem escala e em cores fantasia.

Em um recipiente contendo um líquido, mergulhou-se um copo vazio cuja boca foi tampada com um cartão, apenas encostado nela (figura 9.35). Observa-se que o cartão não se separa do copo, permanecendo aderido à sua boca, pressionado pelo líquido. Portanto, o líquido do recipiente exerce uma pressão para cima sobre o cartão. Girando-se cuidadosamente o copo, no interior do líquido, verifica-se que em qualquer posição o cartão permanece pressionado contra a boca do copo. Isto é:

Um líquido exerce pressão, em todas as direções, sobre um objeto nele mergulhado (figuras 9.35 e 9.36).

Por que ocorre o empuxo

Um objeto mergulhado em um líquido qualquer sofrerá força da pressão exercida pelo líquido em toda sua superfície em contato com o líquido. Como a pressão aumenta com a profundidade, as forças exercidas pelo líquido na parte inferior do objeto são maiores do que as forças exercidas na parte superior. A resultante dessas forças, portanto, deverá ser dirigida para cima. É essa resultante que representa o empuxo que atua no objeto, tendendo a impedir que ele afunde no líquido. Se um corpo imerso em um fluido sofre a ação de uma força vertical que tende a forçar o corpo para cima, como o mergulhador consegue permanecer a 25 m de profundidade na água do mar? Quando o peso do mergulhador é maior que o empuxo, ele afunda; quando o empuxo é maior que o peso, o mergulhador flutua. Dessa forma, o mergulhador utiliza um cinto com lastros feitos de chumbo (figura 9.37) para contrabalançar a força de empuxo e facilitar que ele se mantenha no fundo do mar.

Observe que a causa do empuxo é o fato de a pressão aumentar com a profundidade. Se as pressões nas partes superior e inferior do objeto fossem iguais, a resultante das forças de pressão seria nula e não existiria empuxo sobre o objeto

O princípio de Arquimedes

As ilustrações desta página estão representadas sem escala e em cores fantasia.

No século III a.C., o filósofo, matemático e físico Arquimedes, realizando experiências cuidadosas, descobriu uma maneira de calcular o empuxo que atua em objetos mergulhados em líquidos. Suas conclusões foram expressas por intermédio de um princípio, denominado **princípio de Arquimedes**, cujo enunciado é o seguinte: "Todo objeto mergulhado em um líquido recebe um empuxo vertical, para cima, igual ao peso do líquido deslocado pelo objeto". Esse princípio permite calcular o valor do empuxo, isto é:

O valor do empuxo que atua em um objeto mergulhado em um líquido é igual ao peso do líquido deslocado pelo objeto.

Usando as leis de Newton, poderíamos chegar a esse mesmo resultado para o cálculo do empuxo. Perceba, entretanto, que Arquimedes descobriu esses fatos por meio de experiências, muitos anos antes de Newton estabelecer as leis básicas da Mecânica.

COMENTÁRIOS

Para que você compreenda melhor o princípio de Arquimedes, vamos analisar as situações apresentadas na **figura 9.38**.

- 1) Suponha que um bloco de madeira seja introduzido parcialmente na água, como mostra a **figura 9.38.a**. Como está deslocando certo volume de água, ele receberá um empuxo, \vec{E} , de valor igual ao peso da água deslocada. Por exemplo, se o bloco estiver deslocando $2,0 \text{ L}^1$ de água, o empuxo que ele receberá será igual ao peso desses $2,0 \text{ L}$ de água, isto é, $E = 2,0 \text{ kgf}$.
- 2) Se aprofundarmos mais o objeto na água (**figura 9.38.b**), o volume por ele deslocado será maior e o valor do empuxo \vec{E} também aumentará. Por exemplo, se o volume deslocado, agora, for de $5,0 \text{ L}$, o empuxo será $E = 5,0 \text{ kgf}$, pois $5,0 \text{ L}$ de água pesam $5,0 \text{ kgf}$. Você poderá perceber esse aumento do empuxo porque terá que fazer mais força para conseguir mergulhar mais o bloco de madeira na água.
- 3) Quanto maior for o volume de água deslocado pelo bloco, maior será o empuxo que ele receberá. Na **figura 9.38.c**, o bloco já está totalmente mergulhado e, portanto, está deslocando a máxima quantidade de água possível. Nesse caso, o volume deslocado é igual ao volume do próprio objeto. Se o volume do bloco for de $6,0 \text{ L}$, ele estará deslocando $6,0 \text{ L}$ de água e recebendo um empuxo $E = 6,0 \text{ kgf}$ (peso da água deslocada). Depois que o objeto estiver totalmente mergulhado, mesmo que o afundemos um pouco mais, o valor do empuxo não aumenta, pois o volume do líquido deslocado permanece constante, igual ao volume do próprio objeto.

O princípio de Arquimedes pode ser verificado em experiências simples, como a ilustrada na **figura 9.39**.

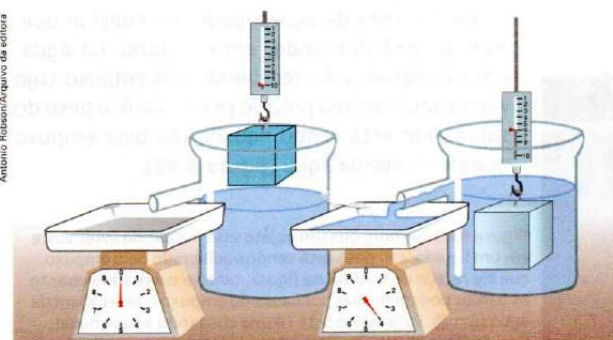


Figura 9.39. O bloco de peso $P = 10 \text{ N}$ (indicado pelo dinamômetro) recebeu um empuxo $E = 10 \text{ N} - 6 \text{ N} = 4 \text{ N}$ ao ser mergulhado no líquido do recipiente. Na escala da balança, vemos que o peso do líquido deslocado pelo bloco também é igual a 4 N . Portanto, essa experiência nos mostra que o valor do empuxo é igual ao peso do líquido deslocado.

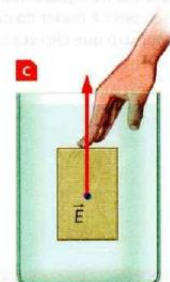
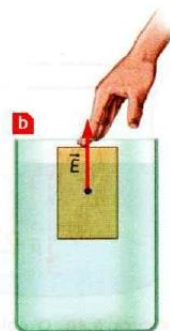
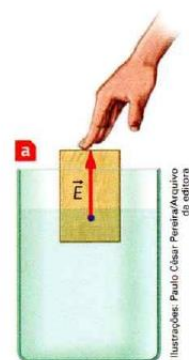


Figura 9.38. O empuxo que atua em um objeto é tanto maior quanto maior a quantidade de líquido que ele desloca.

¹ No Sistema Internacional de Unidades, o litro pode ser representado tanto pela letra "ele" minúscula (l) quanto pela maiúscula (L). Neste livro, utilizaremos a letra maiúscula para evitar confusão entre a letra minúscula (l) e o número um (1).

Condições para um objeto flutuar em um líquido

Suponha um objeto totalmente mergulhado em um líquido.

Se, em seguida, o objeto for abandonado, as forças que estarão atuando sobre ele serão o seu próprio peso, \vec{P} , e o empuxo, \vec{E} , exercido pelo líquido. Nessas condições, será observada uma das três situações seguintes:

- 1) O valor do empuxo será menor do que o peso do objeto ($E < P$). Nesse caso, a resultante dessas forças estará dirigida para baixo e o objeto afundará, até atingir o fundo do recipiente. É isso o que acontece quando, por exemplo, abandonamos uma pedra dentro da água (figura 9.40).
- 2) O valor do empuxo será igual ao peso do objeto ($E = P$). Nesse caso, será nula a resultante dessas forças e o objeto ficará em repouso na posição em que foi abandonado. É isso o que acontece com um submarino submerso, em repouso, a certa profundidade (figura 9.41).
- 3) O valor do empuxo será maior do que o peso do objeto ($E > P$). Nesse caso, a resultante dessas forças estará dirigida para cima e o objeto subirá no interior do líquido (figura 9.42).

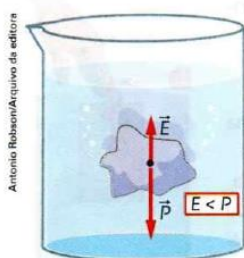


Figura 9.40. O objeto afunda no líquido quando seu peso é maior do que o empuxo que ele recebe.

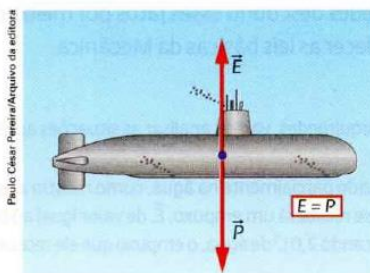


Figura 9.41. Se um objeto está flutuando totalmente mergulhado em um líquido, seu peso é igual ao empuxo que ele está recebendo.

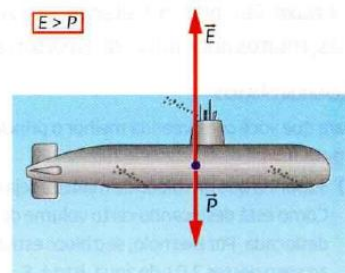


Figura 9.42. Quando o peso de um objeto é menor do que o empuxo que recebe, ele tende a subir no interior do líquido.

Enquanto o objeto estiver totalmente mergulhado, teremos $E > P$. Quando ele atingir a superfície do líquido e começar a aflorar, a quantidade de líquido por ele deslocada começará a diminuir e, conseqüentemente, o valor de \vec{E} também diminuirá. Em uma certa posição o objeto estará deslocando uma quantidade de líquido cujo peso será igual ao seu próprio peso, isto é, $E = P$ (figura 9.43). Nessa posição o objeto flutuará, em equilíbrio, pois aí é nula a resultante das forças que atuam sobre ele.

Observe que, nesse caso, apenas uma porção do objeto está submersa e o valor do empuxo é igual ao peso do líquido deslocado por essa parte submersa. Esses fatos ocorrem quando, por exemplo, abandonamos um pedaço de madeira que foi mergulhado em água.

Dessas considerações, podemos concluir que, quando está flutuando, em equilíbrio, na água, um submarino está recebendo um empuxo cujo valor é igual ao seu próprio peso, isto é, o peso do submarino está sendo equilibrado pelo empuxo que ele recebe da água (figura 9.43).

Figura 9.43. Sempre que um objeto está flutuando livremente em um líquido, seu peso está sendo equilibrado pelo empuxo que ele recebe do líquido. Na figura, tanto o submarino quanto os barcos podem flutuar por causa do empuxo que recebem da água ($E = P$). Submarino S-34 Tikuna chegando à base naval Comando do 3º Distrito Naval, Natal (RN) 2012.

As ilustrações desta página estão representadas sem escala e em cores fantasia.



Empuxo e densidade do líquido

Pelo princípio de Arquimedes, sabemos que empuxo é igual ao peso do líquido deslocado ou:

$$E = m_d g$$

em que m_d é a massa do líquido deslocado.

Sendo ρ_L a densidade do líquido e V_d o volume do líquido deslocado:

$$m_d = \rho_L V_d \quad \therefore \quad E = \rho_L V_d g$$

Notamos que o valor do empuxo será tanto maior quanto maior for o volume de líquido deslocado e quanto maior for a **densidade desse líquido**.

O peso, P , do corpo mergulhado no líquido pode ser expresso em função de sua densidade, ρ_c , e do seu volume, V_c , da seguinte maneira:

$$P = mg$$

Como $m = \rho_c V_c$, temos: $P = \rho_c V_c g$

Quando **estiver totalmente mergulhado no líquido**, o corpo estará deslocando um volume de líquido V_d igual ao seu próprio volume V_c , isto é, $V_d = V_c$. Portanto, para um corpo **totalmente** imerso no líquido:

$$E = \rho_L V_c g \quad \text{e} \quad P = \rho_c V_c g$$

Comparando essas duas expressões, notamos que elas diferem apenas quanto aos valores de ρ_L (densidade do líquido) e ρ_c (densidade do corpo). Portanto:

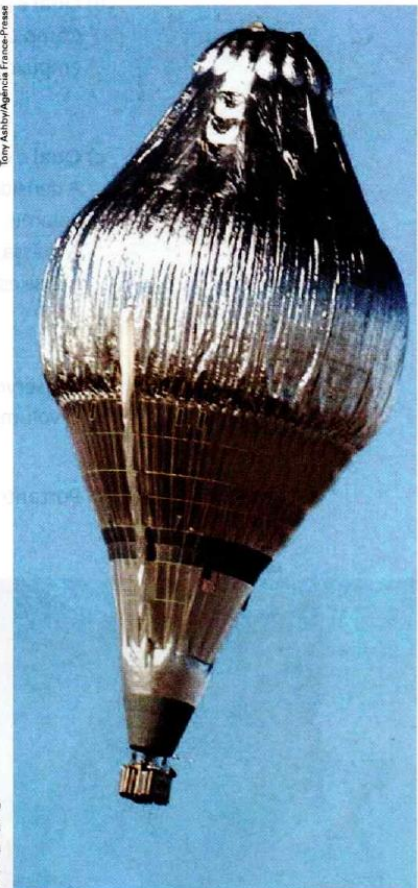
- 1) se $\rho_L < \rho_c$, $E < P$. Nesse caso, o corpo afundará no líquido.
- 2) se $\rho_L = \rho_c$, $E = P$. Nessas condições, o corpo ficará em equilíbrio quando estiver totalmente mergulhado no líquido.
- 3) se $\rho_L > \rho_c$, $E > P$. Esse é o caso em que o corpo subirá no líquido, até atingir em sua superfície uma posição de equilíbrio, parcialmente mergulhado, na qual $E = P$.

Com essa análise, podemos prever quando um sólido flutuará ou afundará em um líquido, simplesmente conhecendo suas densidades. Consultando a **tabela 9.2**, podemos concluir, por exemplo, que a cortiça flutua em gasolina, mas um pedaço de gelo afundará nela e flutuará na água. O ferro afundará na água, mas flutuará no mercúrio, enquanto o ouro e a platina afundarão nesse líquido.

Essa mesma análise nos permite concluir que, se um submarino está submerso, em equilíbrio (**figura 9.43**), sua densidade média é igual à da água do mar. Podemos concluir, também, que um balão sobe na atmosfera porque sua densidade média é menor do que a do ar (**figura 9.44**).

Como a densidade do ar diminui com a altitude, o valor do empuxo sobre o balão também diminuirá enquanto ele sobe. Em certa altura, ele atingirá uma posição de equilíbrio, na qual $E = P$.

Figura 9.44. Um balão sobe na atmosfera por causa do empuxo que recebe do ar. Steve Fossett, em 2002, deu a volta ao mundo a bordo do balão mostrado na fotografia em uma viagem solitária que durou 13 dias, 12 horas, 16 minutos e 13 segundos.



Sugestões de leitura

A lista apresentada a seguir é sugerida para tentar ampliar seus conhecimentos e incentivá-lo a fazer outras leituras além do livro didático. Seu professor poderá orientá-lo por onde começar, como ir adquirindo cada obra, como incorporá-las à biblioteca de sua escola, como desenvolver o hábito de ler. Boa leitura!

ARRIBAS, S. D. *Experiências de Física ao alcance da escola*. Passo Fundo: UPF, 1987.

BERNAL, J. D. *Ciência na História*. Lisboa: Livros Horizonte, 1969. v. 1 a 7.

CAMPOS, C. A. S. *Brasil 3D: estereogramas tupiniquins*. São Paulo: Imagica, 1995.

CARVALHO, R. P. *Física do dia a dia*. Belo Horizonte: Autêntica, 2011.

DAOU, L.; CARUSO, F. *Tirinhas de Física*. Rio de Janeiro: Centro Brasileiro de Ensino de Física, 2001. v. 1 a 4.

FEYNMAN, R. P. *Está a brincar, Sr. Feynman?* Rio de Janeiro: Campus, 2006.

FIOLHAIS, C. *Física divertida*. Lisboa: Gradiva, 2007.

GILMORE, R. *Alice no país do quantum*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.

_____. *O mágico dos quarks*. Rio de Janeiro: Zahar, 2002.

GONICK, L.; HUFFMAN, A. *Introdução ilustrada à Física*. São Paulo: Harbra, 1994.

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

PANZERA, A. C. *Planetas e estrelas: um guia prático de carta celeste*. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2008.

PAULINO, J. O. S. *Raios e trovões*. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 1997.

PERELMAN, I. *Física recreativa*. Moscou: Mir, 1980.

PRICE, D. S. *O homem e a ciência: a ciência desde a Babilônia*. Belo Horizonte: Itatiaia, 1976.

QUINN, S. *Marie Curie: uma vida*. São Paulo: Scipione, 1997.

SAGAN, C. *O mundo assombrado pelos demônios*. São Paulo: Companhia das Letras, 1997.

STRATHERN, P. *Aristóteles em 90 minutos*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1997.

_____. *Arquimedes e a alavanca em 90 minutos*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.

_____. *Böhr e a teoria quântica em 90 minutos*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1999.

_____. *Galileu e o Sistema Solar em 90 minutos*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1999.

_____. *Hawking e os buracos negros em 90 minutos*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.

VALADARES, E. C. *Física mais que divertida*. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2012.

WALKER, J. *O grande circo da Física*. Lisboa: Gradiva, 1990.

ZIMAN, J. *A força do conhecimento*. São Paulo: Edusp, 1981.

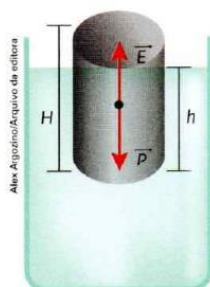


Figura 9.45. Para o exemplo da seção 9.5. Representação sem escala e em cores fantasia.

EXEMPLO

Um cilindro metálico, cuja área da base é $A = 10 \text{ cm}^2$ e cuja altura mede $H = 8,0 \text{ cm}$, está flutuando em mercúrio, como mostra a **figura 9.45**. A parte do cilindro mergulhada no líquido tem uma altura $h = 6,0 \text{ cm}$.

a) Qual é o valor do empuxo sobre o cilindro? (Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$.)

Sabemos que o empuxo é dado por:

$$E = \rho_L V_d g$$

Em nosso caso, ρ_L é a densidade do mercúrio. Pela **tabela 9.2**, obtemos:

$$\rho_L = 13,6 \text{ g/cm}^3 = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

V_d representa o volume de mercúrio deslocado pelo cilindro e será igual ao volume da parte do cilindro submersa no mercúrio. Portanto:

$$V_d = Ah = 10 \cdot 6,0 \quad \therefore \quad V_d = 60 \text{ cm}^3 = 60 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \quad (\text{figura 9.45})$$

Substituindo os valores de ρ_L , V_d e g , expressos no SI, em $E = \rho_L V_d g$, obteremos o valor do empuxo, expresso em newtons:

$$E = (13,6 \cdot 10^3) \cdot (60 \cdot 10^{-6}) \cdot 10 \quad \therefore \quad E = 8,16 \text{ N}$$

b) Qual é o valor do peso do cilindro metálico?

Como o cilindro está flutuando, em repouso, seu peso está sendo equilibrado pelo empuxo recebido do mercúrio. Portanto:

$$P = E \quad \therefore \quad P = 8,16 \text{ N}$$

c) Qual é o valor da densidade do cilindro?

A densidade ρ_c do cilindro será dada por $\rho_c = m_c/V_c$, em que m_c é sua massa e V_c é seu volume.

A massa do cilindro será obtida dividindo-se seu peso P pela aceleração da gravidade g (que estamos considerando igual a 10 m/s^2):

$$m_c = \frac{P}{g} = \frac{8,16}{10} \quad \therefore \quad m_c = 0,816 \text{ kg}$$

(Observe que, tendo P em N e g em m/s^2 , obtemos m_c em kg, unidades do SI.)

O volume do cilindro será:

$$V_c = AH = 10 \cdot 8,0 \quad \therefore \quad V_c = 80 \text{ cm}^3 = 80 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

Portanto:

$$\rho_c = \frac{m_c}{V_c} = \frac{0,816}{80 \cdot 10^{-6}} \quad \therefore \quad \rho_c = 10,2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 = 10,2 \text{ g/cm}^3$$

Alan Puzey/Stone/Getty Images

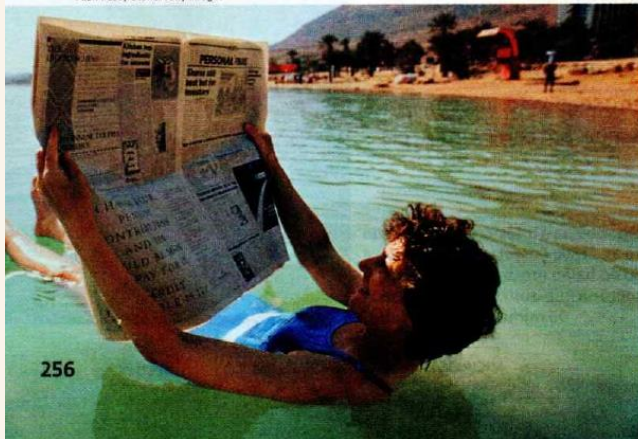


Figura 9.46. Você já deve ter ouvido falar que, no mar Morto, na Palestina, uma pessoa pode flutuar facilmente com parte considerável de seu corpo fora da água. Que propriedade específica dessa água torna isso possível?

ANEXO 9 – MARTINI E COLABORADORES

De maneira geral, podemos enunciar:

Todo corpo imerso (total ou parcialmente) em um fluido fica sob a ação de uma força de direção vertical e dirigida para cima, denominada **empuxo**.

O módulo da força de empuxo pode ser observado em um experimento simples, envolvendo uma mola de constante elástica conhecida e um corpo de densidade maior do que a da água.

A proposta do experimento (fig. 3) consiste em pendurar o corpo na mola e medir a distensão observada (A). Em seguida, imergir o corpo na água contida em uma vasilha e medir novamente a distensão da mola (B).

Fora da água (fig. 3A), as forças que atuam sobre o corpo são seu peso (\vec{P}) e a força elástica da mola ($\vec{F}_{el.}$). No equilíbrio, $P = F_{el.}$

Imerso na água (fig. 3B), o peso do corpo não se altera, mas a força elástica diminui, uma vez que a distensão da mola diminui. A força, de direção vertical e sentido para cima, responsável pela diminuição na distensão da mola é o empuxo. Na situação de equilíbrio, teremos:

$$P = F_{el.} + E$$

O empuxo é causado pelo fato de as diferentes forças exercidas pelo líquido sobre o corpo, quando ele está imerso parcial ou totalmente, não se anularem. A figura 4 mostra um corpo imerso em um líquido, mas a análise que faremos se aplica a qualquer tipo de fluido, e não apenas aos líquidos. Observe os pontos A, B, C e D assinalados na superfície do corpo.

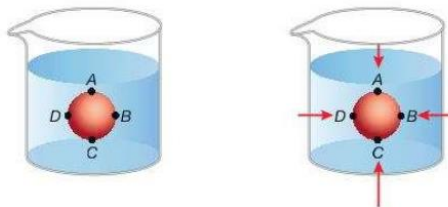


Figura 4 • O empuxo sobre o corpo é causado pelo fato de as diferentes forças exercidas pelo líquido, quando ele está imerso parcial ou totalmente, não se anularem.

Os pontos D e B estão à mesma profundidade e, portanto, à mesma pressão. As forças que atuam sobre esses pontos têm seu módulo e direção iguais, e sentidos opostos; portanto, se anulam. Isso, no entanto, não ocorre com as forças que atuam sobre os pontos A e C.

No ponto C, a pressão do líquido é maior do que no ponto A, ou seja, a força exercida sobre A é de menor intensidade do que a exercida sobre C. Como essas forças têm a mesma direção e sentidos opostos, a resultante entre elas será vertical para cima. Ou seja, será o empuxo.



Figura 5 • A água impõe uma força de sustentação à prancha. Isso ocorre porque o empuxo sobre a prancha é suficiente para impedir que o conjunto criança + prancha afunde.



Figura 6 • Para que o corpo totalmente imerso fique em equilíbrio, é necessário que o empuxo sobre o corpo tenha a mesma intensidade da força peso que atua sobre ele.



Figura 7 • Um balão de ar quente flutua nos céus, pois o empuxo é uma força exercida também pelos gases.

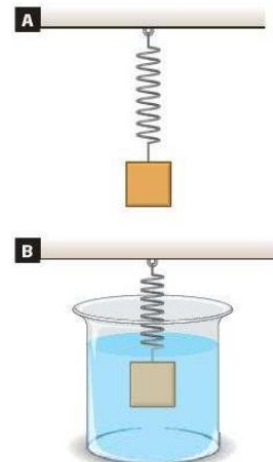


Figura 3 • A distensão da mola em (A) é maior do que em (B), quando o objeto está mergulhado no líquido.

ILUSTRAÇÕES: LUIZ FLAUBIO

CAPÍTULO
16

Hidrostática: princípio de Arquimedes

ou: É mais fácil boiar no mar ou em uma piscina?

S12

O Suplemento apresenta orientações para o trabalho com a questão introdutória.

1 Introdução

Considerando um mar de águas tranquilas, boiar nele é mais fácil, pois a água salgada, por ter maior quantidade de sal, é mais densa que a água doce. No Mar Morto, a densidade da água salgada é tão grande que uma pessoa consegue flutuar, sem muito esforço, com parte significativa do corpo fora da água.

Nos oceanos, flutuam e deslizam grandes embarcações transportando toneladas de produtos entre os diversos países. Ao entrar na piscina ou no mar e "soltar" o corpo, você tem uma "sensação de leveza". As embarcações e você, nesse caso, estão sofrendo a ação de um mesmo tipo de força, denominada **empuxo**. Se uma bola de futebol ou de vôlei estiver boiando na água da piscina e você empurrá-la para que afunde, ela tenderá a voltar à superfície. Quando você afundou a bola na água, aumentou a força de empuxo sobre ela, fazendo com que ela voltasse à tona.

OLIVER HOFMANN/SHUTTERSTOCK



Figura 1 • Apesar da enorme massa, os grandes navios flutuam por causa da força de sustentação imposta pela água: o empuxo.

2 Empuxo

Todo corpo **imerso** em um líquido fica sujeito ao empuxo, uma força que tende a impedi-lo de afundar. Isso acontece às embarcações, às atletas do nado sincronizado e a você em contato com a água. Essa força, que é vertical e dirigida para cima, representa a força de sustentação da água nos corpos imersos (fig. 2). O empuxo ocorre em qualquer fluido (líquido ou gás), ou seja, não se trata de uma propriedade especial da água.

Imerso. O mesmo que mergulhado, afundado, submerso.



ILUSTRAÇÕES: LUIZ FERREIRO

Figura 2 • Ao afundar uma bola numa piscina, ela tende a voltar à superfície.

- Calcular e interpretar o módulo da força de empuxo que age sobre corpos flutuando na superfície de um líquido.

2 Sobre a questão introdutória



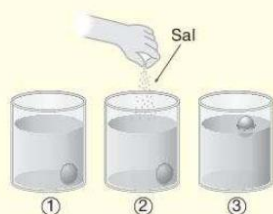
Neste capítulo, abordamos um tema que costuma provocar grande interesse nos alunos, pois explora um assunto detectado em diversas aplicações bastante próximas de seu cotidiano. A questão proposta na abertura do capítulo pode ou não ser respondida com facilidade, dependendo da vivência que os alunos tiverem com a situação. Para alguns, inclusive, deve parecer difícil boiar em qualquer tipo de líquido, e, para esses, podemos salientar que é comum observar a flutuação de corpos que, à primeira vista, são mais densos do que a água, como navios e balsas, por exemplo.

Especificamente sobre o boiar ou afundar nesse ou naquele tipo de líquido, apresentamos a clássica experiência do ovo na água, que descrevemos a seguir.

Coloque água em uma panela, ou béquer, e acrescente um ovo (1). O ovo vai ao fundo, mostrando que sua densidade é maior do que a da água.

Adicione sal, pouco a pouco, na água, mexendo sempre para que dissolva completamente (2). Em certo momento, o ovo subirá à tona, ficando com uma parte de seu volume acima da linha da água. A água com sal tem densidade maior do que a água "doce" e, também, densidade maior que a do ovo, que, portanto, tende a flutuar (3).

LUIZ RUIBO



3 Orientações para o trabalho dos conteúdos



Sugerimos a leitura do artigo "Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos", de Roberto de Andrade Martins, publicado no *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 17, n. 2, p. 115-121, ago. 2000. Instituto de Física, Unicamp. Disponível em: <moodle.stoa.usp.br/mod/resource/view.php?id=38493>; acesso em: 15 dez. 2015.



A análise da condição de um corpo em um líquido, se totalmente imerso ou não, pode ser feita pela compara-

ção entre as densidades do corpo e do líquido. Essa conduta valoriza a aplicação do raciocínio proporcional, tão importante para a estruturação do conhecimento físico. No caso, por exemplo, de um corpo de densidade $0,9 \text{ g/cm}^3$ lançado na água de densidade $1,0 \text{ g/cm}^3$, podemos afirmar que 90% de seu volume ficará imerso, visto que sua densidade é 90% do valor da densidade da água.

Quando um corpo de $0,5 \text{ m}^3$ e densidade $0,7 \text{ g/cm}^3$ é colocado em um líquido de densidade $1,2 \text{ g/cm}^3$, e queremos calcular o empuxo que age sobre ele, podemos orientar os alunos a aplicar a fórmula de cálculo do empuxo (dVg), mas podemos também estimulá-los a aplicar o raciocínio proporcional, da seguinte forma:

- A densidade do corpo é cerca de 58,33% da densidade do líquido, pois $0,7 \div 1,2 = 0,58333\dots$. Isso significa que 58,33% do volume do corpo fica imerso, ou seja:

$$58,33\% \text{ de } 0,5 \text{ m}^3 \approx 0,29 \text{ m}^3$$

Desse modo, $0,29 \text{ m}^3$ de volume de líquido também é deslocado. Como a densidade do líquido é $1,2 \text{ g/cm}^3$, a massa de líquido deslocado é:

$$0,29 \text{ m}^3 \cdot 1.200 \text{ kg/m}^3 = 348 \text{ kg}$$

O peso do líquido deslocado é igual ao empuxo; portanto, o empuxo é de 3.480 N.

Naturalmente, poderíamos afirmar que o corpo em equilíbrio, flutuando na superfície do líquido, sofre um empuxo igual ao seu peso, e fazer:

- A densidade é de $0,7 \text{ g/cm}^3$ ou 700 kg/m^3 , e o volume é $0,5 \text{ m}^3$.

Logo, a massa do corpo é $700 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,5 \text{ m}^3 = 350 \text{ kg}$, e o peso é 3.500 N.

A diferença entre os dois valores, 3.480 N e 3.500 N se deve às aproximações realizadas no primeiro procedimento.

Como se vê, há várias maneiras de abordar o cálculo do empuxo, e caberá a você orientar seus alunos na escolha da maneira que eles julgarem mais adequada a cada situação-problema.



A atividade auxilia os alunos na compreensão do conceito de empuxo.

É também uma ótima oportunidade para reforçar o conceito de peso de um corpo. Os alunos muitas vezes inferem que o peso de um objeto submerso se altera. Chame a atenção para o fato de que o peso é uma força sobre o corpo que corresponde à atração que a Terra exerce sobre ele. Uma vez que as massas dos dois corpos (Terra e objeto mergulhado) não se alteram e a distância entre eles também não se altera (não consideravelmente), a força peso permanece igual.

O site a seguir pode ser utilizado como fonte de pesquisa: <<http://goo.gl/eB5ciN>>; acesso em: 8 mar. 2016.



Nesses casos, a força de empuxo é menor do que o peso do corpo. Caso o corpo atinja o fundo do recipiente e chegue ao equilíbrio estático, a força normal, reação do apoio, soma-se ao empuxo, tornando nula a resultante de forças sobre o corpo (fig. 12).

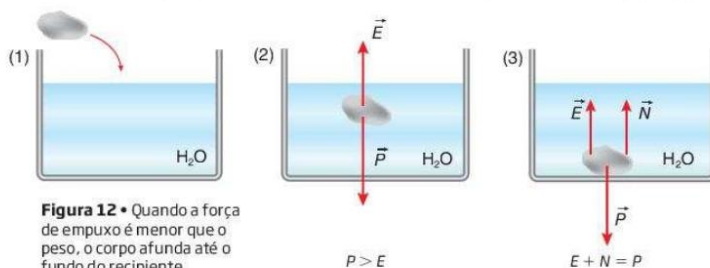


Figura 12 • Quando a força de empuxo é menor que o peso, o corpo afunda até o fundo do recipiente.

Se o corpo não submergir completamente e boiar com uma parte de seu volume acima da linha da água, podemos concluir que sua densidade é menor do que a densidade da água (fig. 13). A relação entre as densidades determina, nesse caso, a parte do volume do corpo que ficará imersa.

Apesar de os navios serem constituídos de materiais mais densos do que a água, têm volumes elevados. Assim, a densidade dessas embarcações é menor do que a densidade da água. O empuxo que atua sobre um navio é capaz, então, de equilibrar seu peso (fig. 14).

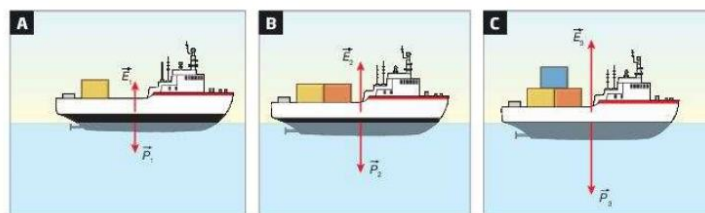


Figura 14 • Um barco afundará mais na água se contiver mais carga. Em (A), o barco está com menos carga do que em (C). Em (B), o barco está carregado com carga intermediária em relação às cargas representadas nas figuras (A) e (C). Como o empuxo é diretamente proporcional ao volume de líquido deslocado, temos $E_3 > E_2 > E_1$, pois o maior volume de líquido deslocado ocorre na situação mostrada em (C), e o menor, na situação mostrada em (A).

Há ainda um caso a considerar: aquele em que o corpo e o líquido têm densidades iguais. Nesse caso, o corpo fica totalmente abaixo da linha da água, em equilíbrio estático, na posição em que for colocado. Nessa situação, também, o empuxo e o peso são forças de mesmo módulo (fig. 15).

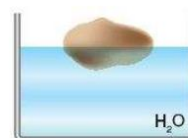


Figura 13 • Corpo flutuando: sua densidade é menor do que a da água.

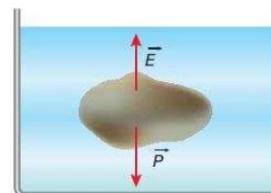


Figura 15 • Corpo totalmente imerso e em equilíbrio: densidade igual à do líquido: $E = P$

Já sabe responder?

É mais fácil boiar no mar ou em uma piscina?



O Mar Morto, localizado na fronteira de Israel com a Jordânia, tem esse nome porque, devido à grande quantidade de sal, nenhum ser vivo, exceto alguns microrganismos adaptados, consegue sobreviver em suas águas.

3 Princípio de Arquimedes

S13

No *Suplemento*, você encontra a sugestão de um texto que aborda fatos históricos sobre Arquimedes e o suposto problema da coroa de um rei.

Atribui-se ao grego Arquimedes (287-212 a.C.) a primeira definição de empuxo: "Todo corpo mergulhado em um líquido sofre uma força denominada empuxo equivalente ao peso do líquido deslocado". O peso do líquido deslocado pode ser calculado a partir do volume do líquido deslocado (igual ao volume do corpo imerso, fig. 8) e da densidade do líquido.

Assim, temos:

$$E = \text{peso do volume de líquido deslocado}$$

Considerando que $P = m \cdot g$, escrevemos:

$$E = m_{\text{deslocada}} \cdot g$$

Nessa expressão, $m_{\text{deslocada}}$ é a massa de líquido que se deslocou quando o corpo foi imerso. Lembrando que $d_{\text{liq.}} = \frac{m_{\text{deslocada}}}{V_{\text{deslocado}}}$, consideramos $m_{\text{deslocada}} = d_{\text{liq.}} \cdot V_{\text{deslocado}}$ e concluímos:

$$E = d_{\text{liq.}} \cdot V_{\text{deslocado}} \cdot g$$

Essa é a expressão que podemos utilizar para calcular o valor do empuxo que age sobre um corpo imerso em um líquido de densidade d e que desloca, ao ser imerso, um volume V de fluido.

O empuxo é uma força vertical de sentido para cima que, eventualmente, equilibra o peso de um corpo imerso em um líquido. Podemos entender essa constatação se pensarmos sobre as forças que atuam em um corpo boiando na água, ou em um mergulhador que se move horizontalmente, a determinada distância da superfície.

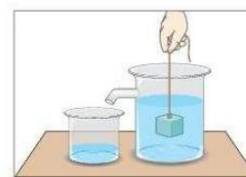


Figura 8 • O volume deslocado de líquido é igual ao volume do corpo imerso no líquido.

S14

No *Suplemento*, há sugestões de abordagem do conteúdo deste item, priorizando a comparação entre as densidades do corpo e do líquido onde ele é lançado.



EDUARDO SANTALUCCIA



JONMILNE SISHUTTERSTOCK

Figura 9 • Sobre um corpo em equilíbrio vertical atuam duas forças de mesmo módulo e direção, mas de sentidos opostos: peso e empuxo. Esse equilíbrio pode ocorrer com o corpo parcialmente imerso (A), ou totalmente imerso, como o mergulhador (B).

Assim:

Nos corpos em equilíbrio vertical e flutuando em um líquido, a força de empuxo e a força peso têm módulos iguais.

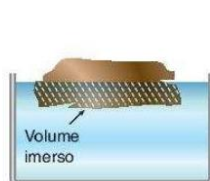


Figura 10

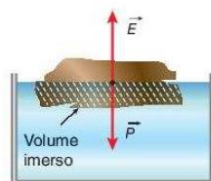


Figura 11

4 Empuxo, peso e densidade

Sabemos que alguns corpos afundam quando lançados na água, enquanto outros flutuam mantendo apenas uma parte de seu volume abaixo da linha da água. Corpos que afundam completamente quando colocados na água, e tendem a afundar cada vez mais, têm densidade média maior do que a da água.

ILUSTRAÇÕES: LUIZ FERRO

ANEXO 10 – PIETROCOLA E COLABORADORES

PESQUISA, PROPOSTA E DEBATA

As orientações e respostas encontram-se no Manual do Professor.

Flutua ou afunda?

Nesta atividade, você vai descobrir em que condições um corpo afunda ou flutua quando posto na água. Discuta as hipóteses com os colegas, dando atenção às características intrínsecas desses corpos.

MATERIAIS

- ▶ 1 recipiente grande com água
- ▶ Objetos de diferentes massas, formatos, tamanhos e materiais
- ▶ 1 lata com refrigerante tradicional
- ▶ 1 lata com refrigerante *diet*

DISCUSSÃO

- ▶ Construa a tabela abaixo no caderno. O número de linhas dependerá do número de objetos de que dispuser.

Objeto	Hipótese inicial (flutua ou afunda)	Justificativa da hipótese	Se a hipótese não foi confirmada, explique o motivo

- ▶ Escolha um objeto e escreva se ele flutua ou afunda, justificando o motivo de sua hipótese.
- ▶ Em seguida verifique o que acontece quando o objeto é colocado na água. Você deve mergulhá-lo totalmente no recipiente e esperar que ele alcance o equilíbrio, seja no fundo do recipiente ou flutuando na superfície.
- ▶ Se sua hipótese estiver incorreta, discuta com os colegas quais fatores podem ter influenciado em uma observação contrária à prevista.
- ▶ Realize a mesma investigação com as latas de refrigerante normal e *diet*. Achou surpreendente? Elabore uma explicação para essa situação.

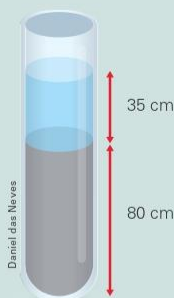


Filipe Rocha

Exercícios propostos

Resolva os exercícios no caderno.

- Qual é a pressão exercida por uma coluna de 8,0 m de um líquido cuja densidade absoluta é $0,8 \text{ g/cm}^3$? Use $g = 10 \text{ m/s}^2$.
 $6,4 \cdot 10^4 \text{ Pa}$
- Sobre uma coluna de 80 cm de mercúrio, substância com densidade $13,6 \text{ g/cm}^3$, são vertidos mais 35 cm de um líquido de densidade $8,0 \text{ g/cm}^3$, como mostra a figura. Determine a pressão hidrostática no fundo do tubo. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$.
 $1,36 \cdot 10^5 \text{ Pa}$



- Um carro de massa 800 kg está sobre um elevador hidráulico, cujo pistão tem área de 120 cm^2 . No mesmo nível, o pistão do ar comprimido tem área de $1,0 \text{ cm}^2$. Que força se deve exercer nesse pistão para manter o carro equilibrado? (Dado: $g = 10 \text{ m/s}^2$).
 $66,7 \text{ N}$
- Um tubo em forma de U contém dois líquidos imiscíveis, mercúrio e outro menos denso, cuja densidade se quer determinar. As alturas atingidas pelos dois líquidos nos ramos do tubo são de $21,3 \text{ cm}$ do mercúrio e $1,42 \text{ m}$ do líquido desconhecido, medidas a partir da superfície de separação. Determine a densidade do líquido em questão. (Dado: densidade do mercúrio = $13,6 \text{ g/cm}^3$).
 $2,04 \text{ g/cm}^3$



Figura 7.28: O balão é sustentado pela força do empuxo.

4.3. Empuxo

Ver orientação 2 no Manual do Professor.

Quando estamos em uma piscina ou no mar, temos a sensação de que nosso corpo está mais leve. Isso acontece porque a água exerce uma força de sustentação denominada empuxo, que age no sentido contrário ao da força peso. Essa força aparece sempre que um corpo está imerso em um fluido líquido como a água ou gasoso como o ar (Figura 7.28).

O cálculo dessa grandeza foi definido por Arquimedes (o mesmo das alavancas). Segundo o matemático grego, quando um corpo é total ou parcialmente imerso em um fluido, sofre um empuxo igual ao peso do volume do fluido deslocado. Essa constatação ficou conhecida como princípio de Arquimedes.

O fluido deslocado depende da porção do corpo que se encontra submersa.

Por isso, muitas vezes o volume (V) é indicado como o volume submerso do corpo (V_{sub}). Matematicamente, temos:

$$E = P_{\text{fluido}}$$

Sabendo que:

$$P_{\text{fluido}} = m_{\text{fluido}} \cdot g \text{ e } \rho_{\text{fluido}} = \frac{m_{\text{fluido}}}{V} \Rightarrow m_{\text{fluido}} = \rho_{\text{fluido}} \cdot V$$

podemos determinar o empuxo como:

$$E = \rho \cdot V \cdot g$$

em que E representa a força de empuxo, ρ a densidade do fluido, V o volume submerso do corpo e g a aceleração da gravidade.

Assim como as outras forças que estudamos, a unidade de medida é o newton (N).

Respostas das questões

1. Com as massas iguais sendo colocadas a distâncias iguais, o centro de massa coincide com o ponto de apoio. Então, a balança fica equilibrada.
2. O centro de massa desloca-se para o lado com maior massa, mesmo lado para o qual a balança pende.
3. Nessa situação, também teremos o desequilíbrio, pois como as massas são iguais o centro de massa estará entre os pesos.
4. A balança penderá para o lado da massa mais distante do ponto de apoio.
5. Para analisar as situações que envolvem três cestinhas, podemos usar o princípio da alavanca, que requer que a relação $F_1 \cdot b_1 = F_2 \cdot b_2 + F_3 \cdot b_3$ seja estabelecida. Nesse caso, temos a seguinte relação:

$$\begin{aligned}
 P_1 \cdot b_1 &= P_2 \cdot b_2 + P_3 \cdot b_3 \Rightarrow \\
 \Rightarrow m_1 \cdot g \cdot b_1 &= m_2 \cdot g \cdot b_2 + m_3 \cdot g \cdot b_3 \Rightarrow \\
 \Rightarrow m_1 \cdot b_1 &= m_2 \cdot b_2 + m_3 \cdot b_3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sendo } m_1 = 3m; m_2 = 2m; m_3 = m; d_1 = 10 \text{ cm} = \\
 = 0,1 \text{ m}; d_2 = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m e } d_3 = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Página 202**Pesquisa, proponha e debata – Flutua ou afunda?**

O objetivo desta atividade é induzir os alunos a refletir sobre as características (intrínsecas de um corpo) que o levam a flutuar ou afundar quando colocados na água. É um experimento de rápida realização e que motiva a participação dos alunos. Sugerimos desenvolvê-lo como um experimento de demonstração investigativa no início da aula de Hidrostática para introduzir o conceito de densidade e sua relação com massa, forma e volume dos corpos. Caso disponha de tempo e espaço, esse experimento pode ser desenvolvido como atividade em grupo.

MATERIAIS

Entre as várias possibilidades de objetos diferentes, sugerimos: papel-alumínio (que pode inicialmente ser colocado sobre a água como um barquinho e depois amassado em formato de bolinha), um pires de plástico e outro pires de vidro, frasco de óleo ou de maionese (lacrados), objetos de madeira (como prendedor de roupas, lápis e palito de sorvete), gelo, vela, bandeja, bolinha de isopor, rolha, prego, anel ou aliança, entre outros.

DISCUSSÃO

É provável que no início da atividade os alunos indiquem que os objetos mais leves vão flutuar e os objetos mais pesados vão afundar, mas no decorrer do

experimento eles comecem a perceber que o formato do corpo e o material de que são constituídos são fatores fundamentais para o levantamento das hipóteses.

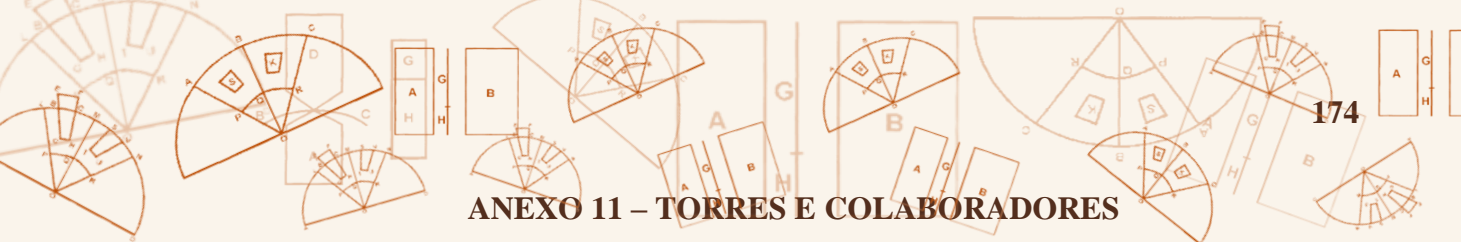
A diferença entre o refrigerante tradicional e o refrigerante *diet* é que um contém grande quantidade de açúcar em sua composição e outro utiliza apenas adoçante, por isso, a primeira bebida afunda, enquanto a outra flutua. Pode ser interessante cobrir o rótulo das embalagens e solicitar aos alunos que descubram qual é o tipo de refrigerante, a partir de sua flutuabilidade. Alerta aos alunos que o consumo em excesso de refrigerante não é saudável.

Capítulo 8 – Newton e suas leis**Conteúdos**

Evolução histórica do conceito de inércia; princípio fundamental da dinâmica; princípio da ação e reação; aplicações das leis de Newton: sistemas de corpos, elevadores, forças no movimento circular.

Competências e habilidades

- Reconhecer e saber utilizar corretamente símbolos, códigos e nomenclaturas de grandezas da Física.
- Construir sentenças ou esquemas para a resolução de problemas.
- Compreender que tabelas, gráficos e expressões matemáticas podem ser diferentes formas de representação de uma mesma relação, com potencialidades e limitações próprias, para ser capaz de escolher e fazer uso da linguagem mais apropriada em cada situação, além de poder traduzir entre si os significados dessas várias linguagens.
- Elaborar relatórios analíticos, apresentando e discutindo dados e resultados, seja de experimentos ou de avaliações críticas de situações, fazendo uso, sempre que necessário, da linguagem física apropriada.
- Diante de uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os no conjunto de fenômenos da Física e identificar as grandezas relevantes em cada caso.
- Reconhecer a relação entre diferentes grandezas, ou relações de causa-efeito, para ser capaz de estabelecer previsões.
- Identificar regularidades, associando fenômenos que ocorrem em situações semelhantes para utilizar as leis que expressam essas regularidades na análise e previsões de situações do dia a dia.
- Estimar ordens de grandeza para poder fazer previsões.



ANEXO 11 – TORRES E COLABORADORES

1 Conceito de fluido

Gases e líquidos têm a propriedade natural de escoar, de se deslocar com certa facilidade, e, por isso, são denominados **fluidos**. Fluidos são substâncias fundamentais em nossa vida. O ar que respiramos, a água que bebemos e o sangue que circula por nosso corpo são fluidos imprescindíveis para a manutenção da vida e da nossa saúde.

Em contrapartida, os fluidos também são parte importante da tecnologia que nos proporciona conforto. Veículos, máquinas em geral, usinas hidroelétricas, refrigeradores e condicionadores de ar funcionam com diversos fluidos.

Fluidos são substâncias sem forma própria, isto é, adaptam-se à forma do recipiente que os contém. Ao ser confinado, o fluido reage aos esforços que as paredes do recipiente exercem sobre ele, obrigando-o a assumir a mesma forma delas; essa reação sobre as paredes do recipiente se traduz pela **pressão** exercida pelo fluido, grandeza que será estudada neste capítulo.

Durante milhões de anos, a ação dos ventos e da água, a abrasão e a erosão modificaram e moldaram a paisagem da superfície terrestre. Os fluidos modificam o ambiente em que atuam.

Neste capítulo vamos estudar dois conceitos fundamentais da Hidrostática — densidade e pressão —, que estão diretamente ligados ao uso prático e eficiente dos fluidos.

Apesar de o termo “Hidrostática” referir-se especificamente ao estudo das situações de equilíbrio da água, vamos abordar também situações nas quais os gases, como os que compõem o ar, têm papel fundamental.

No final do capítulo incluímos alguns tópicos de Hidrodinâmica, área da Física em que se estudam as propriedades dos líquidos em movimento.

2 O que diz a história — Arquimedes

Muitos são os relatos de episódios que chegaram até nossos dias sobre a biografia de **Arquimedes**, que viveu no século III a.C. A vida dele está diretamente ligada à história de Siracusa, sua cidade natal. Por sua genialidade, tanto prática quanto teórica, é considerado uma das mentes mais brilhantes da humanidade, em todos os tempos. Embora muitos desses relatos careçam de uma análise mais cuidadosa sobre o desenrolar dos fatos envolvidos, não se questiona sua veracidade, mas sim o modo como realmente ocorreram.

Arquimedes



Retrato de Arquimedes, obra de Giuseppe Nogari, datada do século XVIII.

GIUSEPPE NOGARI - MUSEU PUSHKIN, MOSCÚ

Arquimedes de Siracusa (c. 287 a.C.-c. 212 a.C.) foi filósofo, matemático, físico, engenheiro, inventor e astrônomo. Nasceu na cidade portuária de Siracusa, na Sicília, então colônia da Magna Grécia. Quando jovem, estudou em Alexandria, onde teria conhecido e mergulhado fundo na Geometria de Euclides. Foi contemporâneo de Eratóstenes. Entre suas inúmeras contribuições à Física estão os fundamentos da Estática e da Hidrostática e o princípio da alavanca, que, como conta a lenda, teria dado origem à frase: “Dê-me uma alavanca e um ponto de apoio e levantarei o mundo”. Projetou máquinas inovadoras para a época, como o parafuso d’água ou “bomba” hidráulica de Arquimedes, conjuntos de espelhos e outras máquinas bélicas que teriam ajudado Siracusa a resistir por dois anos ao cerco romano.

Considerado o principal matemático da Antiguidade, calculou áreas sob parábolas e volumes de figuras de revolução utilizando seu método de cálculo denominado **método da exaustão**, somando séries infinitas de termos. Obteve o valor de π (pi) com precisão notável para a época e criou um engenhoso sistema para representar números muito extensos. Talvez seu trabalho mais célebre seja o estudo da flutuação dos corpos, hoje conhecido como **princípio de Arquimedes**, introduzindo o conceito de **empuxo**.

Um desses relatos, talvez o mais conhecido, atribuído ao arquiteto romano Vitruvius (século I a.C.), é o da coroa de ouro que o rei de Siracusa, Hierão, oferecera aos deuses em troca de proteção à sua cidade. Hierão suspeitava que o ourives, responsável pela confecção da coroa, teria substituído por prata uma parte do ouro recebido para confeccionar a coroa, apropriando-se da porção de ouro não utilizada.

O fato foi comunicado a Arquimedes, que começou a pensar num modo de esclarecer a questão, sem ter de desfazer a coroa para analisar sua verdadeira composição. Conta-se que, durante um banho, observando o transbordamento da água ao entrar na banheira, ele teve a inspiração de como isso poderia ser feito. Entusiasmado com a descoberta, teria saído pelas ruas de Siracusa gritando *Eureka! Eureka!*, palavra que em grego significa “achei” ou “descobri”.

Segundo Vitruvius, Arquimedes mergulhou completamente em água, em etapas sucessivas, um bloco de prata e um de ouro, ambos com massas iguais à da coroa, e a própria coroa. Depois de medir e comparar os volumes de água derramados pelos três corpos, ele constatou que o volume derramado pela coroa tinha um valor diferente do volume de água derramado pelo bloco de ouro.

Ficava assim provada a fraude, pois, tendo massas iguais, a coroa supostamente feita de ouro puro e o bloco de ouro deveriam deslocar volumes iguais de água. Como isso não ocorreu, comprovou-se que a coroa não era de ouro puro.

Em 1586, aos 22 anos, o físico italiano Galileu Galilei (1564-1642) escreveu um pequeno tratado, intitulado *La Bilancetta* (A Balancinha), no qual descreveu detalhadamente um instrumento de medição muito prático, a **balança hidrostática**, para determinar com grande precisão a densidade dos corpos ou sua composição, no caso de uma mistura. Nesse trabalho, Galileu questionou a versão de Vitruvius sobre o método usado por Arquimedes para descobrir a verdadeira composição da coroa real. De acordo com Galileu, o método do transbordamento exigiria um altíssimo grau de precisão nas medidas dos volumes de água deslocados, algo bastante improvável na época de Arquimedes. A balancinha de Galileu (fig. 5.1) utiliza os princípios da alavanca e da flutuação, de autoria do próprio Arquimedes.

Com esse instrumento, e aplicando o conceito de empuxo, Arquimedes poderia medir o “peso aparente” da coroa e dos blocos de ouro e prata, quando mergulhados em água, e compará-los. Em seu tratado, Galileu afirma que esse teria sido o método mais apropriado para as condições experimentais da época de Arquimedes.

Considerando que o método adotado por Arquimedes para solucionar o problema da coroa do rei Hierão tenha sido semelhante ao proposto por Galileu em *La Bilancetta*, poderíamos perguntar: como Arquimedes chegou à conclusão de que a coroa do rei não era feita de ouro puro?

Seu raciocínio teria sido o seguinte:

Para uma mesma substância pura, massas iguais ocupam volumes iguais e, portanto, deslocam volumes iguais de água quando mergulhados. Assim, tomando-se uma porção de ouro puro e a coroa, de massas iguais, e pendurando-as cada uma em uma das extremidades de uma barra reta, esta ficaria equilibrada na horizontal (fig. 5.2-A). Se a coroa fosse de ouro puro, seu volume seria igual ao volume do bloco de ouro, preso na outra extremidade e, quando o sistema fosse mergulhado em água, ambos os corpos deslocariam volumes iguais do líquido, não alterando assim a posição de equilíbrio da barra. No entanto, não foi isso o relatado. Dentro da água, a coroa teria “pesado” menos que o bloco de ouro, tirando a barra

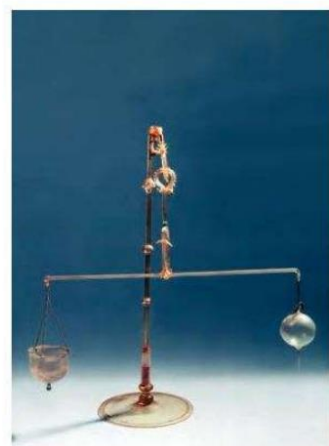


Figura 5.1 Balança hidrostática, datada do século XVII.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

PHOTO SCALAGLOW IMAGES - MUSEJ GALILEO, FLORENÇA

da sua posição inicial de equilíbrio (**fig. 5.2-B**) e revelando, assim, que não era feita de ouro puro. Repetindo o mesmo processo com um bloco de prata (**fig. 5.2-C**), Arquimedes notou que, dentro da água, o bloco de prata, de mesma massa que a coroa, “pesava” menos que a coroa (**fig. 5.2-D**). Comparando as duas medições, ele concluiu que a coroa não era feita de ouro puro, e sim de uma mistura de ouro e prata, já que seu “peso” dentro da água (peso aparente) era menor que o peso aparente do ouro e maior que o peso aparente da prata.



Figura 5.2 (A) Coroa e bloco de ouro de massas iguais, em equilíbrio no ar; (B) dentro da água, a coroa tem peso aparente menor que o bloco de ouro; (C) coroa e bloco de prata de massas iguais, em equilíbrio no ar; (D) dentro da água, a coroa tem peso aparente maior que o bloco de prata.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ILUSTRAÇÕES: SELMA CAPARRIZ

3 Conceito de densidade

Ainda sobre o episódio da coroa do rei Hierão, perguntamos: o que havia então de diferente entre os dois blocos metálicos e a coroa? Certamente, o volume, pois as três massas eram iguais.

Arquimedes já sabia e é fácil verificar que, para massas iguais, o volume do bloco de prata é maior que o do bloco de ouro. Existe, portanto, uma característica que depende da massa e do volume e que distingue o ouro da prata e os materiais entre si, de um modo geral. A essa característica dos materiais damos o nome de **densidade** (d), expressa pela razão entre a massa m do objeto e o seu volume V . Em notação simbólica, temos:

$$d = \frac{m}{V}$$

Assim, se tomarmos massas iguais de substâncias distintas, ao maior volume corresponderá a menor densidade. Daí se conclui que a prata tem densidade menor que o ouro, pois apresenta maior volume para uma mesma massa. Se o bloco utilizado na experiência fosse de alumínio, o volume seria ainda maior, pois a densidade do alumínio é menor que a da prata. No Sistema Internacional, a unidade de densidade é o quilograma por metro cúbico (kg/m^3). São também usuais as unidades grama por centímetro cúbico (g/cm^3) e quilograma por litro (kg/L).

A tabela ao lado traz os valores aproximados da densidade de algumas substâncias.

Para entender melhor as unidades de densidade e suas relações, vejamos o exemplo seguinte.

Tomemos na tabela ao lado a densidade do alumínio ($2,7 \text{ g/cm}^3$). Vamos expressar o valor dessa densidade nas outras unidades citadas (kg/m^3 e kg/L).

Resolução:

Considerando que $1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}$ e $1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$, obtemos:

$$d = 2,7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 2,7 \frac{10^{-3} \text{ kg}}{10^{-6} \text{ m}^3} = 2,7 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \Rightarrow \\ \Rightarrow d = 2.700 \text{ kg/m}^3$$

Observamos, assim, que a unidade g/cm^3 é mil vezes maior que a unidade kg/m^3 . Por isso, o valor da densidade em kg/m^3 é expresso por um número mil vezes maior que o valor da densidade em g/cm^3 .

Entretanto, como $1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ mL} = 10^{-3} \text{ L}$, temos:

$$d = 2,7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 2,7 \frac{10^{-3} \text{ kg}}{10^{-6} \text{ m}^3} = 2,7 \text{ kg/L}$$

Concluimos, portanto, que as unidades g/cm^3 e kg/L são equivalentes. Então, a densidade é expressa pelo mesmo valor numérico em uma ou outra dessas unidades.

Para a água líquida, sua densidade média é considerada:

$$d = 1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ kg/L} = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

Densidade de algumas substâncias	
Substância	$d \text{ (g/cm}^3\text{)}$
Alumínio	2,70
Ferro (aço)	7,87
Prata	10,50
Chumbo	11,34
Ouro	19,28
Platina	21,46
Vidro	2,18
Ar (1 atm)	$1,21 \cdot 10^{-3}$
Água (20 °C, 1 atm)	1,00
Gelo	0,92
Água do mar (20 °C, 1 atm)	1,024
Mercúrio	13,58

Dados obtidos em: CUMMINGS, K.; LAWS, P.; REDISH, E.; CODNEY, P. *Understanding Physics*. New York: John Wiley & Sons, 2004.

Quando a densidade se refere a um corpo homogêneo, líquido, gasoso ou sólido, usa-se também o termo **massa específica**, em vez de densidade. Geralmente a massa específica é representada pela letra grega μ . Assim, por exemplo, a densidade de uma esfera maciça de chumbo é $11,3 \text{ g/cm}^3$ e coincide com sua massa específica. Já a densidade de uma esfera oca de chumbo, de mesmo raio, é menor que $11,3 \text{ g/cm}^3$, pois tem o mesmo volume, porém menor massa.

No decorrer deste livro, vamos dar preferência ao termo “densidade”, que pode ser usado tanto para um material homogêneo como para um não homogêneo, facilitando assim as comparações.

Exercícios

Resolva em seu caderno.

■ Exercício fundamental

■ Exercício de fixação

- Uma joia feita com platina pura ($d = 21,5 \text{ g/cm}^3$) tem 50 g de massa.
 - Determine o volume dessa joia.
 - Se uma joia idêntica fosse feita de prata ($d = 10,5 \text{ g/cm}^3$), qual seria sua massa?
- Dois cilindros são aparentemente iguais, com 10 cm^2 de área na base e 5,0 cm de altura.

- Entretanto, enquanto um deles é de ouro maciço ($d = 19,3 \text{ g/cm}^3$), o outro tem o interior vazio, tendo apenas as paredes de ouro, correspondendo a 10% de seu volume total.
- Compare porcentualmente as massas dos dois cilindros.
 - Calcule a densidade do segundo cilindro.

- 3 Suponhamos que o ourives da corte, na história de Arquimedes, tivesse apresentado ao rei uma vistosa coroa de volume $62,5 \text{ cm}^3$ e massa $1,0 \text{ kg}$. Considerando ser igual a $20,0 \text{ g/cm}^3$ a densidade do ouro e $10,0 \text{ g/cm}^3$ a densidade da prata, responda:
- Nessa versão da história, teria havido ou não fraude do ourives?
 - Qual seria a massa de ouro presente na coroa?

- 4 Misturam-se 400 mL de um líquido A , de massa específica $d_A = 1,50 \text{ g/cm}^3$, com 300 mL de outro líquido B , de massa específica $d_B = 0,80 \text{ g/cm}^3$.
- Determine a densidade (média) da mistura assim obtida.
 - Qual deve ser o volume de líquido B a ser misturado com 400 mL do líquido A , para que a mistura tenha densidade igual a $1,00 \text{ g/cm}^3$?

4 Princípio de Arquimedes

No Livro I de seu trabalho *Sobre os corpos flutuantes*, Arquimedes demonstra que qualquer sólido menos denso que o fluido no qual está inserido ficará mergulhado de modo que o seu peso será equilibrado por uma força de intensidade igual à do peso do fluido deslocado pela parte submersa do corpo. Um sólido mais denso que o fluido, por sua vez, descerá até o fundo e, enquanto estiver mergulhado nesse fluido, pesará menos que seu peso real, sendo a diferença dessas intensidades igual ao peso do fluido deslocado.

Essas duas proposições de Arquimedes levam-nos a concluir que, independentemente de o corpo estar total ou parcialmente mergulhado em um fluido em equilíbrio, o fluido aplica nesse corpo uma força vertical, de baixo para cima, provocando uma "redução aparente" no seu peso.

Essa força que o fluido exerce sobre o corpo é denominada **empuxo** e sua intensidade é representada por E .

Embora na linguagem de Arquimedes o termo "fluido" indique "líquido", os gases também exercem empuxo. A subida de um balão, por exemplo, deve-se à ação do empuxo que o ar externo exerce sobre ele. Esse fenômeno é descrito pelo **princípio de Arquimedes**.

Todo corpo sólido mergulhado num fluido em equilíbrio sofre a ação de uma força vertical de baixo para cima, cuja intensidade é igual à do peso do fluido deslocado pela parte submersa do corpo.



Um iceberg flutua com aproximadamente 10% do seu volume acima da superfície da água. A força que sustenta seu enorme peso é o empuxo exercido pela água sobre ele.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Proposta experimental

Ver comentário no Suplemento para o professor.

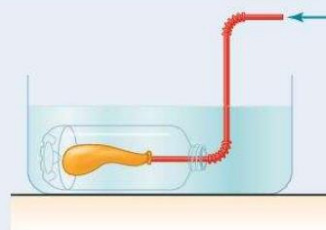
Uma experiência simples permite verificar o fato de o empuxo do líquido agir de baixo para cima sobre um corpo nele mergulhado.

Com dois ou três canudos de refresco, faça um tubo longo, introduza-o no bico de um balão de borracha e amarre-o com linha de costura.

A seguir, coloque o balão de borracha vazio numa garrafa PET vazia e complete o interior da garrafa com água.

Mergulhe a garrafa num recipiente com água, mantendo para fora a extremidade do tubo, conforme mostrado no esquema ao lado.

Assopre na extremidade do tubo, injetando ar no interior do balão. Observe o que acontece à medida que o ar entra no balão e explique por que isso ocorre.



Relação entre o empuxo e a densidade do líquido

Sendo a intensidade E do empuxo igual ao peso P_L do líquido contido em um volume V_L igual ao volume da parte imersa do corpo, podemos relacioná-la com a densidade d_L do líquido, como segue:

$$E = P_L = m_L \cdot g$$

Sendo $m_L = d_L \cdot V_L$, temos:

$$E = d_L \cdot V_L \cdot g$$

Se o corpo estiver totalmente imerso no líquido (fig. 5.3), o volume V_L será igual ao volume do corpo.

A situação que discutiremos a seguir mostra como calcular a intensidade do empuxo sobre um corpo totalmente imerso num líquido em equilíbrio.

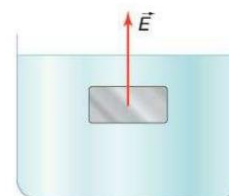
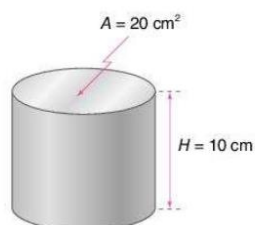


Figura 5.3 Representação do empuxo sobre um corpo totalmente imerso em um líquido.

Considere um cilindro de ferro com 10 cm de altura e base com área de 20 cm^2 totalmente imerso em álcool de densidade $0,8 \text{ g/cm}^3$, num local onde $g = 10 \text{ m/s}^2$. Determine a intensidade do empuxo sobre o cilindro.



Resolução:

O volume de álcool (V_L) deslocado pelo cilindro é igual ao volume do cilindro (V_c):

$$V_L = V_c = A \cdot H$$

O volume de álcool deslocado pelo cilindro, em m^3 , é dado por:

$$V_L = 20 \text{ cm}^2 \cdot 10 \text{ cm} = 200 \text{ cm}^3 = 200 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

A densidade do líquido, em kg/m^3 , é dada por:

$$d_L = 0,8 \text{ g/cm}^3 = 0,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 = 8 \cdot 10^2 \text{ kg/m}^3$$

Então, o empuxo do álcool sobre esse cilindro tem intensidade:

$$E = d_L \cdot V_L \cdot g \Rightarrow E = 8 \cdot 10^2 \text{ kg/m}^3 \cdot 200 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow E = 16.000 \cdot 10^{-4} \text{ N} \Rightarrow E = 1,6 \text{ N}$$

Se o cilindro fosse oco, tendo apenas as paredes de ferro, a intensidade do empuxo E se alteraria? A resposta é não, pois o volume de álcool deslocado por ele seria o mesmo.

Observação: corpos de volumes iguais, igualmente mergulhados num líquido, sofrem empuxos de mesma intensidade, pois deslocam a mesma quantidade de líquido.

Exercícios

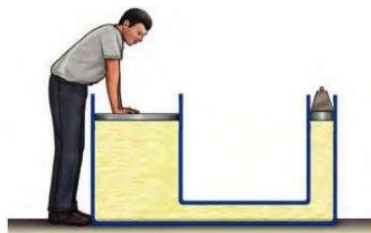
Resolva em seu caderno.

■ Exercício fundamental

■ Exercício de fixação

- 38** Abaixo estão formuladas afirmações sobre fatos relacionados com pressão hidrostática. Determine aquela que não é correta.
- A pressão que sentimos nas orelhas, ao bater com força a porta de um automóvel que está com todos os vidros fechados, é uma situação que se explica pelo princípio de Pascal.
 - Uma bomba de sucção em uma tubulação, por mais potente que seja, pode elevar uma coluna de água de até 10,34 m, aproximadamente.
 - A intensidade do empuxo não depende da densidade do corpo sobre o qual atua.
 - A intensidade do empuxo sobre um corpo totalmente mergulhado em água é igual ao peso da água que ocupava o local onde agora está o corpo.
 - O funcionamento de um elevador hidráulico é uma aplicação prática do princípio de Stevin.
- 39** No sistema hidráulico representado na figura, o mecânico, de massa 100 kg e muito forte, tenta equilibrar um bloco de 10 kg, que está sobre o êmbolo

da direita, de área A , exercendo uma força normal à superfície do êmbolo da esquerda, de área $20 \cdot A$.



SELMA CAPAREZZ

- Na sua opinião, o mecânico conseguirá realizar essa tarefa? Justifique.
- Se o mecânico ficasse em pé sobre o êmbolo maior, colocando todo o seu peso sobre ele, seria mais fácil o equilíbrio? Por quê?
- Nas condições do item **b**, qual deveria ser o valor máximo da massa do bloco para que houvesse equilíbrio?

Navegue na web

- **Fluido não newtoniano**
<www2.bioqmed.ufrj.br/ciencia/oozebr.html>. (Acesso em: 13 nov. 2015.)
No site do Instituto de Bioquímica Médica da UFRJ, aprenda a fazer uma "massa maluca" e veja, na prática, o comportamento de um fluido não newtoniano.
- **Flutuabilidade**
<https://phet.colorado.edu/sims/density-and-buoyancy/buoyancy_pt_BR.html>. (Acesso em: 16 nov. 2015.)

Simulação da fluabilidade de dois blocos que podem ter massas, volumes ou densidades iguais. Podemos também selecionar as forças que atuam nos blocos.

- **Os projetos de Santos Dumont: balões, dirigíveis, helicópteros e aeroplanos**
<<http://www2.anac.gov.br/certificacao/Diversos/Portug/SantosDumont-02.pdf>>. (Acesso em: 16 nov. 2015.)
O artigo contém muitas fotos e informações sobre as primeiras máquinas voadoras.

Sugestões de leitura

- *A aurora da Ciência. Scientific American Brasil*. São Paulo: Duetto Editorial, 2012. (Coleção 160 séculos de Ciência.)
Composta de sete volumes, essa coleção descreve o desenvolvimento das ciências ao longo dos tempos, desde a pré-história até os dias atuais. Nesse volume, há dois capítulos dedicados a Arquimedes: um sobre máquinas simples e outro sobre a flutuação dos corpos.
- *Arquimedes: o maior dos sábios da Antiguidade*, de Adonias Aguiar Filho. Rio de Janeiro: Ediouro, 1988.
Versão romancada da vida do sábio grego, mas razoavelmente fiel aos fatos históricos e personagens envolvidos. Com uma linguagem clara, o autor expõe os principais feitos científicos de Arquimedes e suas implicações para a sociedade da época.
- *Arquimedes: o pioneiro da Matemática. Scientific American Brasil*. São Paulo: Duetto Editorial, 2005. (Coleção Gênios da Ciência.)
Número dedicado à biografia e à obra do pensador grego.
- *Arquimedes: uma porta para a Ciência*, de Jeanne Bendick. 2. ed. São Paulo: Odysseus, 2006.
Nessa obra, a autora Jeanne Bendick examina a personalidade e a mente de Arquimedes, descrevendo seus trabalhos sobre volumes, parábolas, elipses, hipérbolas, círculo e o número pi. Bendick procura descrever episódios da vida de Arquimedes com um estilo leve e fluido, mas com precisão. Suas ideias, a fama que teve entre seus contemporâneos e a herança conceitual que deixou são abordadas com simplicidade e clareza.

- **Revista Brasileira de Ensino de Física**
<<http://www.sbfisica.org.br/rbef>>. (Acesso em: 4 dez. 2015.)
O *site* traz todos os números da revista, desde 1979, e muitos dos artigos publicados desde então podem ser baixados na íntegra, em formato pdf. A revista é uma publicação da Sociedade Brasileira de Física voltada à melhoria do ensino de Física.
- **Seara da Ciência**
<<http://www.seara.ufc.br/>>. (Acesso em: 4 dez. 2015.)
O *Seara da Ciência* é um órgão de divulgação científica e tecnológica da Universidade Federal do Ceará. Em seu *site* estão disponíveis textos sobre Ciência e tecnologia, resumos históricos, curiosidades, vídeos e sugestões de experiências que podem ser realizadas com materiais simples.
- **SEC – Secretaria de Educação do Estado da Bahia**
5ª Avenida, 550
CEP 41745-004
Salvador – BA
Tel.: (71) 3115-1401/3115-9094
<<http://www.educacao.ba.gov.br/>>. (Acesso em: 4 dez. 2015.)
- **SED – Secretaria de Estado de Educação de Mato Grosso do Sul**
Parque dos Poderes – Bloco 5
CEP 79031-902
Campo Grande – MS
Tel.: (67) 3318-2200
<<http://www.sed.ms.gov.br/>>. (Acesso em: 4 dez. 2015.)
- **SEDUC-AM – Secretaria de Estado de Educação do Amazonas**
Rua Waldomiro Lustoza, 350
CEP 69076-830 – Manaus – AM
Tel.: (92) 3614-2200
<<http://www.educacao.am.gov.br/>>. (Acesso em: 4 dez. 2015.)
- **SEDUC-MT – Secretaria de Estado de Educação de Mato Grosso**
Rua Engenheiro Edgar Prado Arze, 215
CEP 78049-909
Cuiabá – MT
Tel.: (65) 3613-6300
<<http://www.seduc.mt.gov.br/>>. (Acesso em: 4 dez. 2015.)
- **SEDUC-PE – Secretaria de Educação de Pernambuco**
Avenida Afonso Olindense, 1.513
CEP 50810-000
Recife – PE
Tel.: (81) 3183-8200
<<http://www.educacao.pe.gov.br/>>. (Acesso em: 4 dez. 2015.)
- **SEDUC-PI – Secretaria da Educação e Cultura do Piauí**
Avenida Pedro Freitas, s. n. – Bloco D/F
CEP 64018-900
Teresina – PI
Tel.: (86) 3216-3200
<<http://www.seduc.pi.gov.br/>>. (Acesso em: 4 dez. 2015.)
- **X-Tudo**
<<http://tvcultura.cmais.com.br/x-tudo/>>. (Acesso em: 4 dez. 2015.)
O *site* do programa *X-Tudo*, da TV Cultura, traz uma série de experimentos que surpreendem pela simplicidade. Tais experimentos, muito ilustrativos, podem ser usados para reforçar conceitos fundamentais dados em sala de aula.

◆ VII. Bibliografia

- AMARAL, M. N. C. P. *Dewey: filosofia e experiência democrática*. São Paulo: Perspectiva, 2007.
- AZANHA, J. M. P. Uma reflexão sobre a Didática. In: *Educação: alguns escritos*. São Paulo: Nacional, 1987.
- BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2002.
- BASSALO, J. M. F. *Nascimentos da Física: 3500 a.C.-1900 d.C.* Belém: EDUFPA, 1997.
- _____. *Nascimentos da Física: 1901-1950*. Belém: EDUFPA, 2000.
- _____. *Crônicas da Física*. Belém: EDUFPA, 2002. Tomos I-IV.
- BENDICK, J. *Arquimedes: uma porta para a Ciência*. São Paulo: Odysseus, 2006.
- BERNAL, J. D. *Ciência na História*. Lisboa: Horizonte, 1978. v. 1-7.
- BOHOSLAVSKY, R. A psicopatologia do vínculo professor-aluno: o professor como o agente socializador. In: PATTO, M. H. S. *Introdução à psicologia escolar*. São Paulo: T. A. Queiroz, 1991.
- BRENNAN, R. *Gigantes da Física: uma história da Física Moderna através de oito biografias*. Rio de Janeiro: Zahar, 2000.
- BRONOWSKI, J. *Ciência e valores humanos*. Belo Horizonte: Itatiaia, 1979.
- BUENO, B. O. et al. *A vida e o ofício dos professores*. São Paulo: Escrituras, 1998.
- CASTRO, A. D. et al. *Didática para a escola de 1º e 2º graus*. São Paulo: Pioneira, 1976.
- CÉLINE, L. F.; WESTFALL, R. S. *A vida de Isaac Newton*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995.
- CHALMERS, A. F. *A fabricação da Ciência*. São Paulo: Editora UNESP, 1994.
- _____. *O que é Ciência afinal?* São Paulo: Brasiliense, 1993.
- CHASSOT, A. *A Ciência através dos tempos*. São Paulo: Moderna, 1997.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. *Física*. São Paulo: Cortez, 1991.

Nesse aplicativo em Java, em inglês, um corpo descreve um movimento circular sobre um plano horizontal e a força resultante centrípeta é desempenhada pela força de tração em um fio que passa pelo centro da trajetória e que sustenta um segundo corpo. Levantando ou baixando o corpo suspenso, pode-se mudar o raio da trajetória do corpo em movimento e verificar como isso se reflete no movimento do corpo.

◆ Sugestões de leitura para o professor

Newton: pai da Física Moderna, Coleção Gênios da Ciência, v. 1, *Scientific American Brasil*.

Newton e suas grandes obras: o *Principia* e o *Optica*, de André Koch Torres Assis. Artigo publicado em *Linguagens, Leituras e Ensino da Ciência*, de M. J. P. M. de Almeida e H. C. da Silva (editores). Campinas: Mercado de Letras/Associação de Leitura do Brasil, 1998, pp. 37-52.

Dos *Principia* da Mecânica aos *Principia* de Newton, de João Zanetic. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, 5 (número especial), pp. 23-35, jun. 1988.

Capítulo 5 Hidrostática

◆ Objetivos

Este capítulo traz os conceitos fundamentais da Hidrostática — densidade e pressão — e, a partir deles, apresenta o princípio de Arquimedes, o teorema de Stevin e o princípio de Pascal. O aluno deverá, ao final do capítulo, compreender a relação entre uma força e a pressão exercida por ela. Deverá, também, ser capaz de analisar as diferentes forças atuantes em um corpo imerso em um fluido, suas origens e intensidades, bem como estabelecer a relação entre essas forças.

◆ Conceitos principais

Área, volume, massa, densidade, força, pressão, aceleração gravitacional, empuxo.

◆ Abordagem inicial

O quadro que está na página de abertura do capítulo chama-se *O sedutor*. O autor, René Magritte (1898-1967), afirmava que sua pintura tinha como objetivo tornar visíveis seus pensamentos. Ele foi um artista de vanguarda e podemos dizer que pertenceu à escola surrealista, tendo grande influência das teorias de Sigmund Freud (1856-1939), o criador da Psicanálise.

Essa obra de Magritte merece atenção especial. Peça aos alunos que observem a representação da caravela constituída por água. É possível estabelecer relações entre quanto o mar influencia a constituição do barco e o objetivo de navegação, que é intrínseco à "natureza" do barco. Na abertura também existe uma foto do planeta Terra que, assim como o quadro de René Magritte, deixa exposta a água como base para a sobrevivência de todo ser vivo. Você pode incentivar os alunos a fazerem uma reflexão mais profunda sobre o assunto buscando relações entre eles.

Trabalhe o texto da página de abertura do capítulo a fim de mobilizar as expectativas para uma aprendizagem significativa.

◆ 326

◆ Estratégias didáticas

1. Conceito de fluido

Proponha o seguinte desafio: observe a imagem de uma pessoa lendo enquanto boia no Mar Morto (segunda foto do exercício 15, p. 143). Por que ela não afunda?

A densidade da água do Mar Morto é muito maior que a de outros mares, em razão da quantidade de sal que apresenta: cerca de 300 a 350 gramas de sal por litro de água. Por ser constituído por água tão densa, torna-se bastante difícil afundar no Mar Morto.

Inicie o trabalho com o conceito de fluido partindo dessa relação entre a presença do sal na água e a dificuldade de afundar por conta da densidade.

Ao final da apresentação do conceito moderno de fluido, apenas comente que, nos estudos iniciais, a eletricidade e o calor também foram considerados "fluidos", contidos nos corpos e que, eventualmente, se transferiam de uns para os outros. Dessa forma, pode-se mostrar a evolução na elaboração dos conceitos físicos, trazendo a discussão sobre o conceito de fluido para os dias atuais. Isso torna possível perceber as várias vias de construção do conhecimento científico (o que está de acordo com os propósitos dos PCNEM).

2. O que diz a história – Arquimedes

Atualmente os historiadores da Física questionam veementemente a versão de Vitruvius sobre o episódio da coroa do rei Hierão, a famosa história, em que Arquimedes, entusiasmado, teria saído pelas ruas de Siracusa gritando *Eureka! Eureka!* Segundo o historiador da ciência Roberto Martins, em seu artigo "Arquimedes e a coroa do rei: questões históricas", muitos livros descrevem erroneamente o modo como Arquimedes fez o experimento, e isso se tornou uma lenda.

A seguir, reproduzimos um trecho desse artigo.

Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos

Muitos livros e enciclopédias repetem histórias que não possuem nenhum fundamento, como a lenda sobre Arquimedes e a coroa do rei Hieron II de Siracusa. Costuma-se dizer que o famoso matemático estava tentando determinar se o ourives que a fabricou havia substituído uma parte do ouro por prata e que a solução surgiu durante um banho. A lenda afirma que Arquimedes teria notado que transbordava uma quantidade de água da banheira, correspondente ao seu próprio volume, quando entrava nela, e que, utilizando um método semelhante, poderia comparar o volume da coroa com os volumes de iguais pesos de prata e de ouro: bastava colocá-los em um recipiente cheio de água, e medir a quantidade do líquido derramado. Feliz com essa fantástica descoberta, Arquimedes teria saído correndo, nu, pelas ruas, gritando "eureka!" (em grego, "Evidentemente!").
[...]

Basta um pouco de bom senso para perceber que esse método de medida do volume não pode funcionar. Suponhamos que a coroa do rei tivesse um diâmetro da ordem de 20 cm. Então, seria preciso utilizar um recipiente com raio superior a 10 cm, cheio de água, e medir a mudança de nível ou a quantidade de líquido derramado quando a coroa fosse colocada lá dentro. Suponhamos que a massa da coroa fosse da ordem de 1 kg e que a sua densidade (por conta da falsificação) fosse de 15 g/cm^3 (um valor intermediário entre a densidade do ouro e a densidade da prata). Seu volume seria, então, de 67 cm^3 . Colocando essa coroa no recipiente cheio de água, cuja abertura teria uma área superior a 300 cm^2 , o nível do líquido subiria uns 2 milímetros. É pouco plausível que fosse possível medir essa variação de nível ou medir a quantidade de líquido derramado com uma precisão suficiente para chegar a qualquer conclusão, por causa da tensão superficial da água. Se o recipiente estivesse totalmente cheio, ao mergulhar a coroa dentro dele, poderia cair uma quantidade de líquido muito maior ou muito menor do que o volume da coroa (ou mesmo não cair nada). Portanto, é fisicamente pouco plausível que Arquimedes pudesse utilizar esse tipo de método.

MARTINS, R. A. *Caderno catarinense de ensino de Física*, v. 17, n. 2, p. 115-121, ago. 2000. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6769/6238>>. (Acesso em: 4 nov. 2015.)

3. Conceito de densidade

Antes de iniciar este tópico, é interessante rever as conversões de unidades de massa e volume: grama, quilograma, litro ou dm^3 , cm^3 ou mL e m^3 . Mostre como se chega à relação $1 \text{ g/cm}^3 = 10^3 \text{ kg/m}^3$. Este assunto, Hidrostática, é um “prato cheio” para se exercitarem as habilidades de operar com os valores numéricos das grandezas físicas em diversas unidades e compará-los para que o aluno entenda a noção de proporção entre esses valores, dando significado às relações entre elas.

É importante deixar bem clara a distinção entre densidade de um corpo e massa específica de uma substância, embora, em alguns casos, esses conceitos coincidam. Se tomarmos uma esfera maciça de vidro, por exemplo, sua densidade será numericamente igual à massa específica do vidro, pois esse material ocupa todo o volume da esfera. Se, no entanto, a esfera for oca, sua densidade terá valor menor que o valor da massa específica da substância, pois o material ocupa um volume maior do que aquele que ocuparia se não houvesse a cavidade. Por fim, se tomarmos uma esfera “um tanto diferente”, digamos, metade de vidro e metade de plástico, não poderemos falar em massa específica, mas, sim, em densidade média da esfera.

4. Princípio de Arquimedes

O conceito de empuxo pode ser explicado aos alunos considerando-se suas experiências vivenciais: Como um navio, que é feito de aço, pode flutuar na água? Por que nos sentimos mais leves ao entrarmos em uma piscina? O que impede o navio ou a pessoa de afundarem? O que sustenta o peso desses corpos?

Seria interessante iniciar este tema com um experimento simples para que os alunos percebam a existência do empuxo. Mergulhe uma pequena pedra, presa por um elástico, na água de um copo totalmente cheio e apoiado sobre um pires. Comente que o volume de líquido derramado é igual ao volume da pedra. Mostre que o elástico “relaxa” um pouco ao se introduzir a pedra na água. Pergunte: O que aconteceu? Por que o elástico ficou menos tenso?

Enfatize que o empuxo é uma força exercida pelos fluidos na tentativa de expulsar o corpo do seu interior e reocupar o espaço agora ocupado por ele.

► A **Proposta experimental** da p. 135 pode ser realizada em sala pelo(a) professor(a).

Para injetar o ar no balão, em vez de canudinhos de fresco, pode-se usar um tubo flexível contínuo.

Realize a demonstração em duas etapas:

Na primeira parte injete o ar no balão e mantenha o tubo vedado por um tempo. A seguir, proponha a cada grupo (de três ou quatro alunos) que escreva em uma folha de papel a sua explicação para o resultado observado, de dois pontos de vista:

- usando o conceito de densidade;
- usando o conceito de empuxo.

Na segunda parte libere o ar do balão, mais ou menos lentamente, para que os alunos vejam o que ocorre. Peça que escrevam uma explicação simples para o processo que está ocorrendo, usando o conceito de empuxo.

Para finalizar, proponha a cada grupo que avalie se o que se observou tem ou não alguma relação com os mecanismos de submersão e de emersão de um submarino e com mecanismo de ascensão e submersão dos peixes.

Saliente que, durante a experiência, a boca da garrafa deve ficar sempre aberta, sem tampa!

► A **Proposta experimental** da p. 139 pode ser realizada em sala por você. Embora seja simples, é bastante ilustrativa e esclarecedora. Talvez ocupe quase todo o tempo de uma aula de 50 minutos.

Antes de mergulhar o corpo na água, solicite a dois ou três alunos que façam a leitura da indicação do dinamômetro e anotem o valor. A seguir, mergulhe o corpo e peça a eles que leiam e anotem a indicação final do dinamômetro. Aproveite para mostrar que essa indicação não muda com a profundidade do corpo se não houver contato deste com o fundo do recipiente.

Registre no quadro os valores anotados pelos alunos e sugira que montem uma tabela conforme o modelo a seguir.

Leitura inicial (L_1)	Massa (grama)	Leitura final (L_2)	$L_1 - L_2$	Volume calculado (cm^3)	Densidade (g/cm^3)

Proponha as seguintes questões:

- O que significa a indicação inicial do medidor? Que medida é essa?

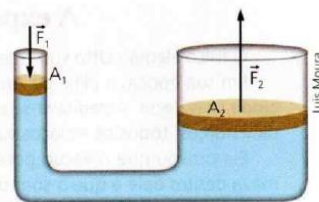
Graças a esse princípio físico, podemos montar um *dispositivo multiplicador de intensidade de força*, mesmo mantendo a pressão constante. Tal dispositivo é chamado de **prensa hidráulica**.

Ela consiste basicamente de dois vasos comunicantes, com êmbolos de diâmetros distintos (consequentemente, de áreas de seção transversal diferentes, A_1 e A_2) sobre as superfícies livres do líquido contido em seu interior. Se aplicarmos uma força (vertical com sentido para baixo) de intensidade F_1 sobre o êmbolo de área A_1 , a pressão exercida será propagada pelo líquido até o êmbolo de área A_2 , transmitindo abaixo dele uma força vertical com sentido para cima de intensidade F_2 .

Portanto, sendo as pressões iguais em ambos os lados da prensa, temos a seguinte proporção:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

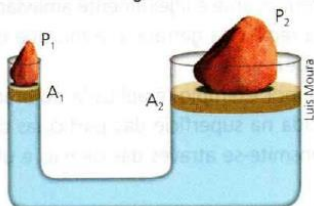
Um detalhe muito importante com relação à multiplicação da intensidade de forças é que, apesar desse aumento, não existe qualquer tipo de ampliação da quantidade de energia envolvida. Esse fenômeno, portanto, também segue o Princípio da Conservação de Energia. Tanto isso é verdade que, no vaso em que a área é maior (com uma força maior), o deslocamento é proporcionalmente menor.



Elevador hidráulico.

Exercício resolvido

ER10. Quantas vezes a intensidade do peso P_2 será maior do que a de P_1 se o raio do êmbolo de área A_2 for o triplo do de área A_1 , como se vê na situação de equilíbrio mostrada na figura?



Resolução:

Consideremos que a área A_1 seja:

$$A_1 = \pi \cdot r_1^2$$

Então, a área A_2 será:

$$A_2 = \pi \cdot (3r_1)^2 = 9 \cdot \pi \cdot r_1^2 = 9A_1$$

Pela proporção $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$, temos:

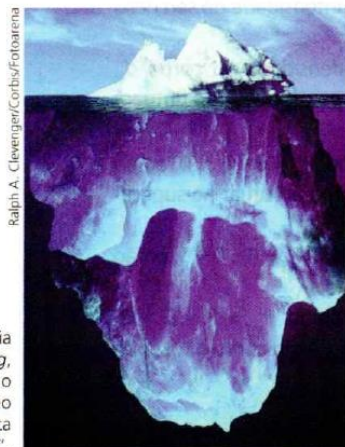
$$\frac{P_1}{A_1} = \frac{P_2}{A_2} \Rightarrow \frac{P_1}{A_1} = \frac{P_2}{9A_1} \Rightarrow P_2 = 9P_1$$

Portanto, P_2 será 9 vezes maior que P_1 .

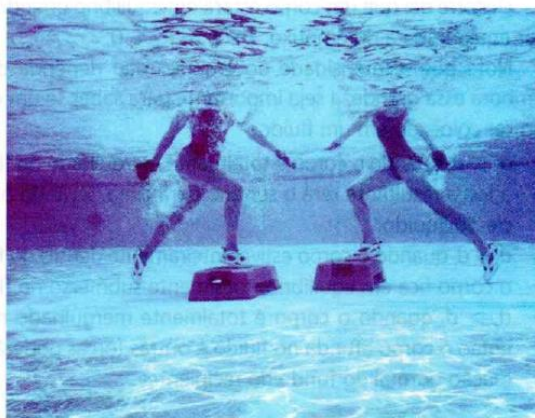
Empuxo

Hidroginástica é a ginástica praticada dentro da água. Sua vantagem principal é a diminuição aparente do peso do corpo e a conseqüente redução na intensidade do impacto dos pés contra o fundo da piscina. Isso minimiza os efeitos danosos (lesões a coluna, tendões, meniscos etc.) da ginástica e de outros esportes realizados sobre o solo.

Mas o que provoca a redução aparente do peso de uma pessoa ou de qualquer outro corpo imerso na água? Ou, ainda, por que um iceberg flutua nos mares gelados, com cerca de 90% de seu volume submerso?



Com esta fotografia de um iceberg, compreendemos o significado da expressão "isto é apenas a ponta do iceberg".



O empuxo ameniza o impacto dos exercícios na hidroginástica.

O Caderno Brasileiro de Ensino de Física, vol. 26, n. 2, 2009, traz uma atualização do Princípio de Arquimedes, sugerindo uma nova formulação para que se escape do paradoxo hidrostático de Galileu. O texto se encontra disponível em: <www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/11324/10888>. Acesso em: 5 out. 2015.

As respostas a essas indagações são baseadas em um princípio físico estudado desde os tempos da Grécia antiga, hoje denominado **Princípio de Arquimedes**.

Naquela época, Arquimedes chegou à conclusão de que todo corpo imerso total ou parcialmente em um fluido em equilíbrio acaba sofrendo uma força, aplicada por este, com direção vertical, sentido voltado para cima e módulo igual ao peso da parte fluida deslocada. A essa força deu-se o nome de **empuxo**.

A intensidade do empuxo

O módulo do empuxo \vec{E} é igual ao módulo do peso do fluido deslocado pelo corpo, P_{fd} :

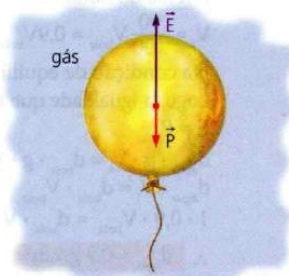
$$E = P_{fd} = m_{fd} \cdot g = d_f \cdot V_i \cdot g$$

$$\text{ou } E = d_f \cdot g \cdot V_i$$

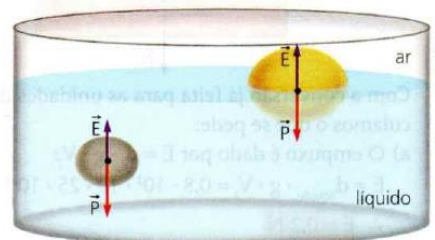
em que d_f é a densidade do fluido e V_i é o volume da parte do corpo imersa no fluido, que é igual ao volume do líquido deslocado. Então:

$$E = d_f \cdot g \cdot V_i$$

A unidade de medida do empuxo no SI é o newton (N).



Luis Moura



Luis Moura

Qual é a força resultante sobre o corpo imerso no fluido, nas situações representadas acima? A expressão vetorial é:

$$\vec{F}_r = \vec{P} + \vec{E}$$

Se do peso real P subtrairmos o valor (em módulo) do empuxo E , obteremos o peso aparente $P_{ap} = P - E$. Vetorialmente, temos:

$$\vec{F}_r = \vec{P} + \vec{E} = \vec{P}_{ap}$$

Decorre daí que um corpo estará em equilíbrio quando a intensidade do seu peso for equiparada à do empuxo: $E = P \Rightarrow P_{ap} = 0$.

Note que a intensidade do empuxo não depende da densidade do corpo d_c , embora essa grandeza seja importante para saber se um corpo afundará ou flutuará ao ser colocado em um fluido:

- $d_c < d_f$ quando o corpo é totalmente mergulhado no fluido: $P_{ap} = P - E < 0$, então a força resultante terá o sentido para cima, levando o corpo a flutuar na superfície do líquido.
- $d_c = d_f$ quando o corpo estiver inteiramente dentro do fluido: $P_{ap} = P - E = 0$, então o corpo fica em equilíbrio, totalmente submerso no fluido.
- $d_c > d_f$ quando o corpo é totalmente mergulhado no fluido: $P_{ap} = P - E > 0$, então o corpo afunda no fluido e outras forças poderão intervir, como a força de reação normal do fundo do recipiente.

Exercícios resolvidos

ER11. Um objeto com massa de 400 g e volume de 25 mL está totalmente imerso em um líquido de densidade igual a 0,8 g/mL. Sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$, calcule:

- o empuxo ao qual fica submetido o objeto;
- o seu peso aparente dentro do líquido;
- a aceleração com que desce enquanto não atinge o fundo do recipiente, desprezando-se quaisquer outras forças de resistência ao movimento.

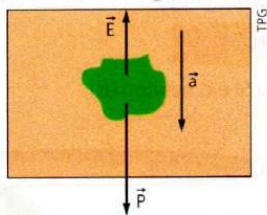
Resolução:

São dados:

$$m = 400 \text{ g} = 0,4 \text{ kg}$$

$$V_i = 25 \text{ mL} = 25 \text{ cm}^3 = 25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$d_{\text{líquido}} = 0,8 \text{ g/mL} = 0,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$



Com a conversão já feita para as unidades do SI, calculamos o que se pede:

a) O empuxo é dado por $E = d_f \cdot g \cdot V_i$:

$$E = d_{\text{líquido}} \cdot g \cdot V_i = 0,8 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 25 \cdot 10^{-6}$$

$$\therefore E = 0,2 \text{ N}$$

b) O peso real é: $P = m \cdot g = 0,4 \cdot 10 \Rightarrow P = 4 \text{ N}$;

e o peso aparente é dado por: $P_{ap} = P - E \Rightarrow$

$$\Rightarrow P_{ap} = 4 - 0,2 \therefore P_{ap} = 3,8 \text{ N}$$

c) A aceleração é calculada por meio da relação $F_r = m \cdot a$, em que a força resultante é igual ao peso aparente:

$$F_r = m \cdot a$$

$$3,8 = 0,4 \cdot a \therefore a = 9,5 \text{ m/s}^2$$

Observação: neste caso, estamos desconsiderando outras forças que podem surgir com a movimentação do objeto no interior do fluido.

ER12. Uma bola maciça de material homogêneo flutua na água, cuja densidade volumétrica é igual a 1 g/cm^3 . Se 10% do volume da bola estiver acima da superfície do líquido, qual será a densidade da bola?

Resolução:

Como 10% é a parcela emersa (fora da água), a parte submersa tem 90% do volume total da bola (V_{bola}). Isto é, o volume de água deslocada (ou o volume imerso da bola) é:

$$V_i = \frac{90}{100} V_{\text{bola}} = 0,9 V_{\text{bola}}$$

Na condição de equilíbrio, temos: $E = P_{\text{bola}}$.

Logo, a igualdade que nos dará a densidade da bola é:

$$E = P_{\text{bola}}$$

$$d_{\text{água}} \cdot g \cdot V_i = d_{\text{bola}} \cdot g \cdot V_{\text{bola}}$$

$$d_{\text{água}} \cdot V_i = d_{\text{bola}} \cdot V_{\text{bola}}$$

$$1 \cdot 0,9 \cdot V_{\text{bola}} = d_{\text{bola}} \cdot V_{\text{bola}}$$

$$\therefore d_{\text{bola}} = 0,9 \text{ g/cm}^3$$

Observação: constatamos que a densidade da bola é menor do que a da água, por isso ela flutua na superfície do líquido.

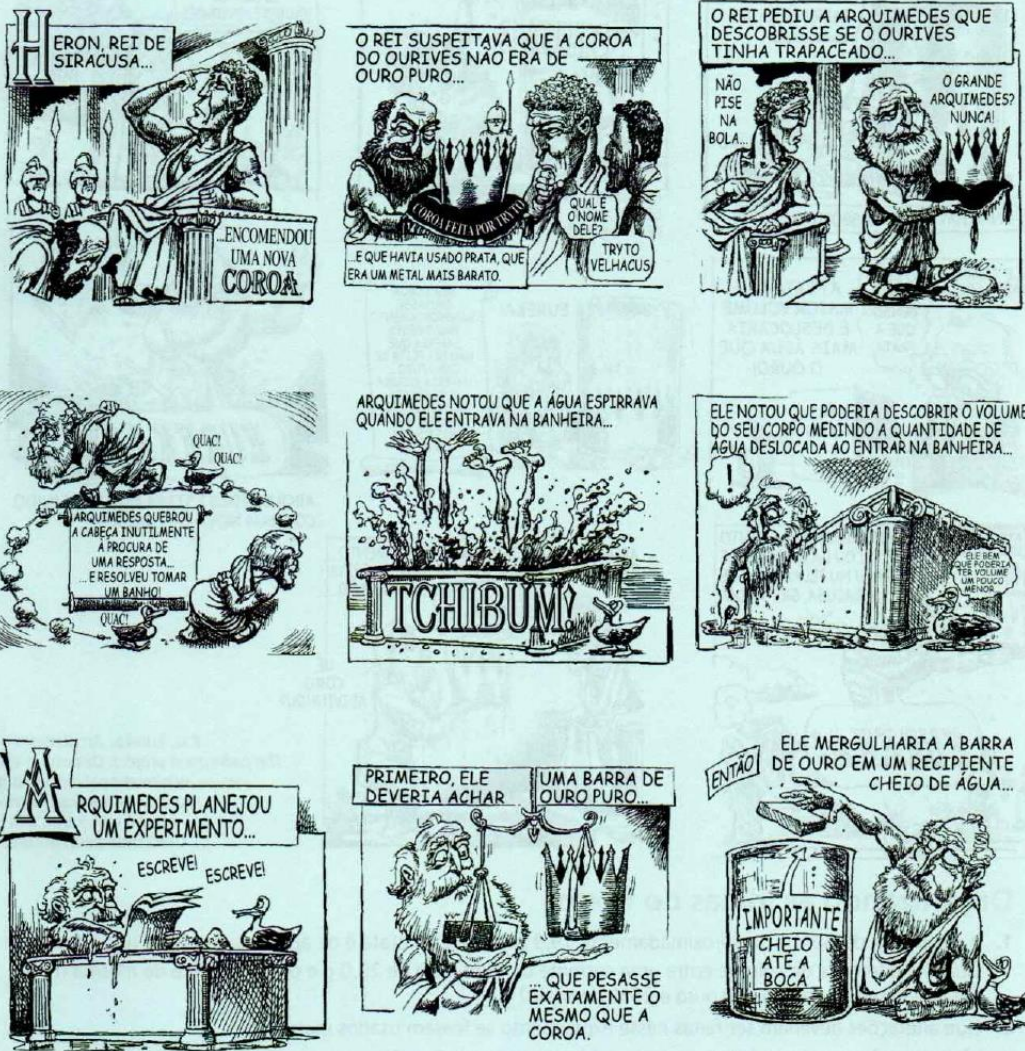
OUTRAS PALAVRAS

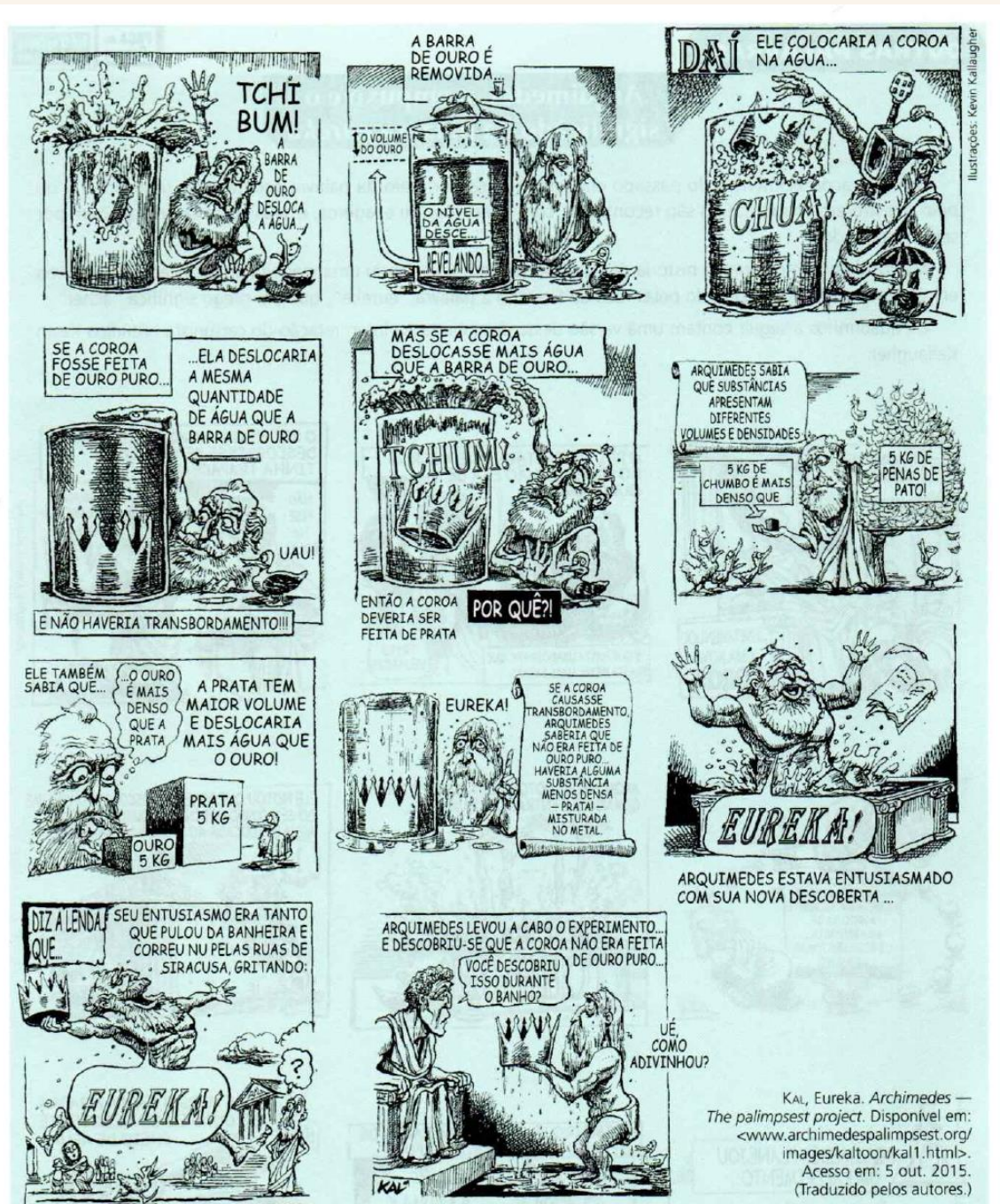
FAÇA NO
CADERNO NÃO ESCREVA
NO LIVROArquimedes, o empuxo e o
significado da palavra *eureka*

Grandes acontecimentos do passado chegam até nós por meio da palavra escrita, pela tradição oral ou pelo registro em imagens. Eles são recontados, com alterações ou exageros, e seus personagens acabam por ser imortalizados.

Muitos de nós já ouviram a história de como Arquimedes descobriu uma maneira de verificar se uma coroa era de ouro puro e saiu gritando pelas ruas de Siracusa a palavra "eureka", que em grego significa "achei".

Os quadrinhos a seguir contam uma versão dessa descoberta na interpretação do cartunista britânico Kevin Kallaugher.





Organizando as ideias do texto

1. A densidade do ouro é de aproximadamente $19,3 \text{ g/cm}^3$ e a da prata é de aproximadamente $10,5 \text{ g/cm}^3$. Qual é a diferença de volume entre uma corrente de ouro puro de 20,0 g e outra corrente de mesma massa feita de uma liga de 75% de ouro e 25% de prata?
 2. Que alterações deveriam ser feitas nesse experimento se fossem usados materiais:
 - a) menos densos que a água?
 - b) reativos em água?
- Professor, veja Orientações Didáticas.

EP18. Dados: $P = 400 \text{ N}$; $A_p = 8A_f$

$$\frac{F}{A_f} = \frac{P}{A_p} \Rightarrow \frac{F}{A_f} = \frac{400}{8A_f} \Rightarrow F = 50 \text{ N}$$

EP19. A diferença entre as pressões sistólica e diastólica é: $120 \text{ mmHg} - 80 \text{ mmHg} = 40 \text{ mmHg}$.

Para a conversão da unidade, utilizamos regra de três simples:

$$\frac{760 \text{ mmHg}}{40 \text{ mmHg}} = \frac{1 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{x} \Rightarrow x = 5,3 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

Alternativa correta: d

Outras palavras (p. 279)

Arquimedes, o empuxo e o significado da palavra *eureka*

1. Situação 1: 20 g de Au puro.

$$\text{O volume ocupado será de: } \frac{20 \text{ g}}{19,3 \text{ g/cm}^3} \cong 1,04 \text{ cm}^3$$

Situação 2: 75% de 20 g = 15 g e 25% de 20 g = 5 g

Os volumes ocupados são:

$$\frac{15 \text{ g}}{19,3 \text{ g/cm}^3} \cong 0,77 \text{ cm}^3 \text{ de Au}$$

$$\frac{5 \text{ g}}{10,3 \text{ g/cm}^3} \cong 0,48 \text{ cm}^3 \text{ de Ag}$$

Adicionando os volumes ocupados na situação 2, temos: $0,77 \text{ cm}^3 + 0,48 \text{ cm}^3 = 1,25 \text{ cm}^3$

Portanto, a diferença entre o volume das duas situações será igual a:

$$1,25 \text{ cm}^3 - 1,04 \text{ cm}^3 = 0,21 \text{ cm}^3$$

2. a) Submersão forçada (amarrado ao fundo);
b) Trocar o líquido por outro inerte.

Atividade sugerida

O problema de Torricelli

A atividade faz uso de experimentos para auxiliar na compreensão do problema enfrentado por Torricelli, que originou o barômetro. Para isso, os experimentos visam auxiliar na relação entre a diferença de pressão e a altura da coluna de um líquido e mostrar de que modo a densidade também influencia essa altura.

Após a leitura do "A Física na História", discutir com os estudantes sobre o que eles entenderam da leitura e estabelecer o paralelo entre a altura da coluna de água e mercúrio e as respectivas densidades.

O experimento consiste numa lata de refrigerante sobre a qual é feito mais um orifício, de modo a permitir a entrada de um canudinho. A intenção é, colocando água no interior da lata e soprando a superfície do canudo, que a água suba pelo canudo devido à região de baixa pressão criada.

Ele pode ser feito à frente pelo professor ou em grupos. Para a primeira questão deve-se ter a lata com água e canudos cortados em dois comprimentos, como com 1/4 e 1/3 do tamanho original, que devem ser posicionados com a mesma profundidade na lata. Já para a segunda, 1/4 do canudo é colocado em outra lata, preenchida com álcool, que possui menor densidade.

A terceira questão pode ser discutida associando canudinhos de modo a aumentar o comprimento, lembrando que puxar o líquido para cima pelo canudo é diferente de puxar com o mesmo canudo para o lado, uma vez que a pressão depende da altura da coluna de líquido e não da sua largura. Para tal, pode-se utilizar canudos flexíveis.

A última questão associa os experimentos com o texto histórico, discutindo-se que, mesmo que se anule a pressão no topo da coluna, há um limite de altura que o líquido não supera, o qual depende de sua densidade.

Seguem as questões:

- Em qual situação foi mais difícil assoprar o canudo? Justifique.
Resposta possível: Com o canudo maior, porque a água precisa percorrer um caminho maior.
- Foi mais difícil assoprar com a água ou com o álcool? Justifique.
Resposta possível: Com a água, porque ela possui densidade maior.
- É mais fácil tomar um suco com um canudinho curto ou comprido? Justifique.
Resposta possível: Com o canudo menor, porque a água precisa percorrer um caminho menor.
- O que há em comum entre o spray com água, com álcool e o comprimento dos canudinhos?
Resposta possível: É mais fácil fazer subir pelo canudinho líquidos menos densos.
- Se eu tiver um bom condicionamento físico, consigo tomar suco com o canudinho no comprimento que eu quiser ou há um limite? Justifique.
Resposta possível: Há um limite; quando sugar pelo canudinho, retirar todo o ar que tem antes

APÊNDICE B - TCLE**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE
E ESCLARECIDO (TCLE)**

Prezados professores e licenciandos,

Por ocasião da ação de extensão "O Princípio de Arquimedes nos livros didáticos do PNLD 2018: apreciação multicontextual (conceitual, histórico-filosófica e didático-pedagógica)" [CR596–2020], convidamos os senhores a participarem de uma pesquisa homônima e simultânea no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Nessa pesquisa, com vistas ao escrutínio da ação de extensão, tencionamos investigar processos de identificação de um caso de pseudo-história da ciência nos livros didáticos e, de modo amplo, percepções de narrativas históricas imersas em pressupostos historiográficos desatualizados e visões simplistas sobre a ciência. Pretendemos proporcionar aos senhores também a identificação de iniciativas de inserção didática de episódios históricos alinhadas à legislação educacional atual e adequadas do ponto de vista histórico-filosófico. Lançaremos mão do conteúdo físico "Princípio de Arquimedes" e, na qualidade de recorte histórico, o episódio envolvendo Arquimedes e a coroa do Rei Hieron de Siracusa. Objetivamos envolvê-los em discussões multicontextuais sobre o recorte supracitado, contemplando aspectos científicos, metacientíficos e pedagógicos.

Os responsáveis pela extensão e pesquisa são: a coordenadora e orientadora Profa. Dra. Juliana Mesquita Hidalgo (Departamento de Física, UFRN); a ministrante e mestrandia Profa. Mara Cristina Júlio de Oliveira (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, UFRN); e o colaborador Prof. Me. Daniel de Medeiros Queiroz (Atheneu Norte-Riograndense).

Caso decidam participar da referida pesquisa, na seção 1 os senhores deverão autorizar a fixação, o armazenamento e a exibição de suas imagens e vozes, assim como de suas comunicações escritas (digitadas) ao longo da ação de extensão. Suas imagens, vozes e comunicações escritas serão fixadas e armazenadas por meio eletrônico – a saber, Google (Forms, Drive e Meet) e WhatsApp –, e serão exibidas apenas em congressos e/ou periódicos científicos, desde que garantamos anonimatos aos participantes.

Posto isso, detalhamos o processo de coleta de dados: I. Na seção 2 deste Google Forms, os participantes registrarão dados acerca de suas identidades, sobre suas formações acadêmicas prévias e/ou em andamento, e dados que servirão à organização assíncrona da extensão e pesquisa; II. Durante reuniões formativas síncronas nos dias 26/11/2020 (quinta-feira), 30/11/2020 (segunda-feira), 02/12/2020 (quarta-feira), 04/12/2020 (sexta-feira), 09/12/2020 (quarta-

feira), 10/12/2020 (quinta-feira) e 11/12/2020 (sexta-feira), das 18 h e 30 min às 20 h e 30 min, os senhores terão suas imagens, vozes e comunicações escritas fixadas por Google Meet – e, ocasionalmente, WhatsApp –, e armazenadas em Google Drive; III. Os participantes responderão a questionamentos orientadores de leituras obrigatórias e discutirão/analisarão trechos de livros didáticos do PNLD 2018 em grupos de WhatsApp, aplicativo para fixação de comunicações escritas a serem armazenadas posteriormente também em Google Drive.

Para substituição de assinaturas e rubricas em Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), cumprindo-se o distanciamento social que exige a suspensão de atividades presenciais no domínio da UFRN e em consequência da pandemia de COVID-19, os senhores deverão confirmar suas autorizações por Google Meet no dia 26/11/2020 (quinta-feira) às 18 h e 30 min. Em tal ocorrência, a fixação e o armazenamento de suas imagens e vozes consolidarão o processo ético de autorização, e serão considerados concomitantes a este.

Os professores e licenciandos têm o direito de recusarem-se a participar ou de retirarem seus consentimentos, em qualquer fase da pesquisa, sem prejuízos pessoais. Os dados a serem coletados têm caráter confidencial e, reafirmamos, serão exibidos/publicados anonimamente e apenas em congressos e/ou periódicos científicos.

Todos os dados coletados na presente pesquisa serão armazenados em Google Drive e os pesquisadores responsáveis por ela deverão excluí-los permanentemente após transcorridos 5 (cinco) anos a partir desta data.

Em Natal, 23/11/2020,

Profa. Dra. Juliana
Mesquita Hidalgo; Profa.
Mara Cristina Júlio de
Oliveira; Prof. Me. Daniel
de Medeiros Queiroz.

SEÇÃO 1. CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

1. *Marque todas que se aplicam.*

- Após ter sido esclarecido(a) sobre os propósitos da presente pesquisa e o modo como os dados serão coletados, além de ter ciência de meus direitos, concordo em participar dela e autorizo – com a seleção da caixa desta seção – a divulgação das informações por mim fornecidas apenas em congressos e/ou periódicos científicos, desde que nenhum dado possa me identificar.

SEÇÃO 2. QUESTIONÁRIO

2. Nome completo do(a) professor(a) ou do(a) licenciando(a) — sem abreviações:

3. Instituição (de Ensino Superior, Secretaria de Educação ou Escola) à qual o(a) senhor(a) é vinculado(a):

4. Matrícula nessa instituição:

5. Setor da instituição indicada acima:

Marque todas que se aplicam.

Público.

Privado.

6. Formações acadêmicas — com apontamentos de Instituições de Ensino Superior, anos de início e de término etc.:

7. Caso seja professor(a), há quanto tempo o(a) senhor(a) atua na Educação Básica?

Tem lecionado em âmbito público, privado ou ambos os setores? Em que etapa(s) e/ou regime(s) de ensino (Ensino Fundamental, Ensino Médio/EJA, em Tempo Integral etc.)? Se licenciando(a), em que período/semestre da graduação em Física o(a) senhor(a) se encontra?

8. Em relação à História e Filosofia da Ciência no Ensino, quais suas experiências? Cursou ou está cursando disciplina(s) de graduação ou pós-graduação nesse campo acadêmico?

9. O que motiva o(a) senhor(a) a participar da presente extensão e pesquisa?

10. E-mail para contato:

11. Número de telefone — WhatsApp (com código DDD):

SEÇÃO 3. DECLARAÇÃO INDIVIDUALIZADA DOS PESQUISADORES

Como pesquisador(a) responsável pela extensão e pesquisa "O Princípio de Arquimedes nos livros didáticos do PNL D 2018: apreciação multicontextual (conceitual, histórico-filosófica e didático-pedagógica)", declaro que assumo a inteira responsabilidade de cumprir fielmente os procedimentos ético-metodológicos e de assegurar os direitos que foram esclarecidos aos participantes, assim como manter sigilo e confidencialidade sobre suas identidades. Declaro ainda que, na inobservância do compromisso ora assumido, estarei infringindo as normas e diretrizes propostas pela Resolução 466/12 do CNS, que regulamenta as pesquisas envolvendo o ser humano.

Em Natal, 23/11/2020,

Profa. Dra. Juliana Mesquita Hidalgo — matrícula nº 1645641 (Departamento de Física/UFRN);
Profa. Mara Cristina Júlio de Oliveira — matrícula nº 20191027356 (PPGECNM/CCET/UFRN);
Prof. Me. Daniel de Medeiros Queiroz — matrícula nº 135068-4 (Atheneu Norte-Riograndense/SEEC RN).

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo
Google.

Formulário 

APÊNDICE C – TRANSCRIÇÕES

TRANSCRIÇÃO DO DIA 26/11/2020

MINISTRANTE 2 - Tá eu vou pedir para MINISTRANTE 1 colocar apresentação e a gente vai começar.

MINISTRANTE 2 – Enquanto MINISTRANTE 1 coloca eh ... o curso, né? Ele vai ter momentos de discussão. Então, se possível eu peço que vocês deixem a câmera ligada e quem se incomodar muito com isso pode permanecer com ela desligada, mas se possível deixem a câmera ligada para gente ver vocês.

MINISTRANTE 1 - Boa noite gente, como a MINISTRANTE 2 acabou de colocar é importante que vocês consigam participar porque serão discussões, não serão monólogos né? Então assim, é bom que vocês tragam as experiências de vocês vão ter momentos para isso, as concepções que vocês têm alguma ideia que vocês queiram colocar, é muito importante a participação de vocês durante todo o curso de extensão. Então hoje nesse nosso primeiro encontro nós vamos falar sobre os pressupostos historiográficos atuais e visões de ciência. Então eh... como já foi dito, né? Esse curso é uma ação de extensão que vamos aguardar o princípio de Arquimedes nos livros didáticos do PNLD 2018 através de uma apreciação multicontextual pelo conceito... pelo conceitual e histórico filosófico didático-pedagógica. Aqui somos os membros da equipe, que já fomos todos apresentados. E, hoje então quais são os tópicos que nós vamos falar? Vamos falar sobre a história da ciência, historiografia atual, as Visões de ciência, a natureza da ciência, a transposição didática e a pseudo-história. Vocês vão perceber no decorrer da fala que essas ... esses pontos eles, são pontos que estão interligados. Eles não são, não estão fragmentadas então a história da ciência ela, a historiografia faz parte dela, as Visões de ciências fazem parte e tudo para convergir na natureza da ciência. E vamos falar sobre o processo da transposição didática

MINISTRANTE 2 – MINISTRANTE 1 a sua imagem saiu.

MINISTRANTE 1 – saiu?

MINISTRANTE 2 – saiu, a sua imagem. Sua câmera

MINISTRANTE 1 – voltou?

MINISTRANTE 2 – voltou.

MINISTRANTE 1 – Ok. Eh ... Então vamos começar falando sobre a história da ciência como uma área de pesquisa, então a história da ciência é uma área já consolidada tanto aqui no Brasil como fora eh ... ela tem assim como uma área de pesquisa ela tem a sua própria história, né? Ela tem contribuições e mudanças e ela não é apenas ... ela não se restringe apenas a um relato biográfico, eh ... um conto, né? de heróis e vilões, mas ela vai se preocupar com, por exemplo, pequenas contribuições de cientistas que são pouco reconhecidos, né? Tem pouco destaque e, vai também mostrar a ciência como uma construção humana. Eu quero deixar aqui pautado agora é que a história da ciência ela vai ter diferentes abordagens historiográficas, né? Elas vão revelar diversos aspectos parciais de um todo concreto, mas que nenhuma abordagem ela pode, ela é completa porque a gente não pode contemplar todo... toda realidade então assim O interessante é que você consegue o máximo possível, mas a gente tem ciência que você não consegue contemplar todos os aspectos, né? Então a gente vai fazer alguns comentários sobre como era a historiografia da ciência no início do século 20, né? Nessa época, no início do século 20 vai ocorrer o processo de institucionalização da história da ciência eh... então eu vou apresentar como a historiografia daquela época. Não quer dizer que cada uma dessas características vai estar atrelada apenas a cada um escritor e historiador daquela época, pelo contrário vocês vão ver que elas vão se conversar é uma consequência da outra e que um Historiador ele pode escrever de uma forma linear e ainda assim trazer aspectos anacrônicos. Ele pode ter aquela visão eurocêntrica, então vocês vão ver que isso tudo vai se conversando e, eu tô falando historiografia, historiografia mas, o que vem a ser a historiografia? A historiografia, ela é o produto dos historiadores então conjunto de fatos e de eventos relacionados à determinada época determinada cultura que vai ser o processo de estudo do historiador. Então começando assim com uma característica, eu vou começar com a característica linear da história da ciência onde acreditava-se que não havia rupturas que todo o crescimento ele era feito de maneira progressiva, ou seja, era como se tivesse uma construção, né? Você vai lá para uma construção, você vai colocar tijolos então, é uma sequência. Só que os tijolos, né? fazendo assim esse link, eram os conhecimentos dos ... dos pensadores da época cada um vinha e, trazia e a sua contribuição e o próximo vinha e trazia uma contribuição sempre de uma forma progressiva linear. Essa realidade ela não dava abertura para que houvesse rupturas ou eh quebras ... era sempre ... sempre progressiva. Então esse tipo de linearidade ela vai contribuir para uma visão neutra e imparcial da ciência porque se não tem ruptura, não tem quebra, então eu tenho uma neutralidade, né? As coisas vão acontecer conforme elas têm que ser

então, diferentes pesquisadores envolvidos, né? sendo contrário a linearidade, diferentes pesquisadores envolvidos numa mesma temática eles podem não concordar com as suas teorias. Então isso mostraria que não tem linearidade.

Uma forma que o professor teria para combater esse tipo de característica, eh ... quando se deparasse com ela em algum momento seria, realmente, trazer teorias, duas teorias de dois pesquisadores distintos de uma mesma época tratando sobre o mesmo fenômeno. Isso mostraria que não tem uma linearidade, O conhecimento ele não é contínuo, progressivo pode ter quebra e pode ter ruptura. Então nesse tipo de narrativa linear a gente pode encontrar aspectos de anacronismo e, antes de falar anacronismo assim... Esse aspecto linear ele vai fazer com que as ideias de outras épocas, né? Ele traz as ideias de outras épocas. Elas vão parecer que, elas fluem diretamente em direção as teorias que estão atualmente aceitas, ou seja, existe essa linearidade, existe essa progressão nas ideias então tudo que um pensador pensou numa época anterior vai servir como base para o pensador futuro construir uma teoria, então dentro dessa linearidade aí sim pode aparecer colocações anacrônicas, né? E o quê que vem a ser esse anacronismo? Anacronismo é quando você vai analisar um fato do passado sobre a lógica, né? Sobre a luz do que acontece atualmente, mas como assim? Alguns exemplos bem assim, simples, vou dizer assim do anacronismo que não são tão simples porque muitas vezes não são identificados, mas que eles acontecem com muita frequência. Você pode utilizar, por exemplo, uma palavra que foi cunhada do século 20 para determinar, para nomear um conceito, uma teoria ou uma pessoa lá do século 17. Então no século 17 aquela palavra não existia, não era o conceito que se tem a partir do século 20, então esse é um tipo de anacronismo. Eh ... um outro tipo de anacronismo quando você apresenta um conceito como ele já pronto, né? Por exemplo, você no livro de física você vai ver o conceito de empuxo, né? já definido daquela forma, mas será que Arquimedes, né? pensou dessa forma quando ele escreveu o conceito de empuxo? Será que ele já tinha essa concepção de fluido igual nós temos atualmente, né? Será que é possível que ele tenha sofrido algum tipo de influência de algum, alguma outra pessoa na época, né? Também quando você ... uma outra forma de anacronismo e quando você vai analisar uma teoria do passado em vista da teoria que aceita atualmente, por exemplo, eu seria anacrônica se eu tivesse analisando o conceito de empuxo baseado na teoria de Newton, então esses são tipos de anacronismo. E, como estava dizendo

MINISTRANTE 2 – deixa eu dar uma contribuição aqui. O P1 colocou no chat exatamente que o você ia explicar, o empuxo de Arquimedes com as leis de Newton seria um tipo de anacronismo, né? Então gente essa... o que MINISTRANTE 1 tá colocando aí, a questão do anacronismo, ela é muito ... é uma questão complexa e diz respeito, justamente, a gente pegar um conceito, algum padrão da nossa época e projetar em outra época ou ah ... Fica uma mistura de tempos que dá um resultado muito estranho, por exemplo, se a gente disser... eu tava dando aula hoje à tarde aliás, no mestrado e apareceu a seguinte pergunta lá: - Será que Aristóteles era biólogo? Se a gente definir que o Aristóteles era biólogo é uma forma de anacronismo o que a Biologia não existia no século 4 antes de Cristo então ele produziu conhecimentos né? Que atualmente seriam enquadrados dentro de uma área chamada biologia, mas não significa que ele fosse biólogo. Biólogo é todo uma identidade profissional que não existia naquela época, e aí justamente essa historiografia do início do século 20, ela... os primeiros historiadores quando a área de história da ciência se torna profissional eles escreviam dessa maneira. Eles escreviam uma história da ciência linear, então onde cada cientista, cada pensador colocava um tijolinho e rupturas eram desconsideradas. E, eles escreviam de forma anacrônica, então eles pegavam o que eles aceitaram como ciência lá no início do século 20 e a partir disso eles olhavam para o passado e avaliavam aquele passado, né? E aí diziam: - Olha isso aqui tá certo, isso aqui tá errado. É o que a gente chama também de História Whig que tá aparecendo aí nesse slide, né? Então se nessa época, início do século 20, eles aceitavam conhecimentos sobre a evolução, então eles vão dizer: - O que o Darwin produziu está certo e o que o Lamarck (que aquele da... da herança dos caracteres adquiridos) produziu estava errado.

Foi algo que prejudicou o andamento da história da ciência. Era a forma como os primeiros historiadores da ciência escreviam: uma história linear, anacrônica e uma História do tipo Whig que é essa história de certo e errado. Por que que eles faziam isso? Porque eles avaliavam segundo o que era padrão para eles aceito como ciência. A gente vai ver um pouquinho mais para frente que a história da Ciência hoje em dia não trabalha dessa maneira. Outras... outras questões, né? Ela não trabalha também endeusando os pesquisadores, os cientistas que seria a história hagiográfica que está aparecendo para vocês, né? Ela não trabalha endeusando os pesquisadores e cientistas, mas era assim que os primeiros historiadores escreviam. Então a história da ciência servia, dentro de uma vertente ideológica, para destacar como os pesquisadores eram extraordinários, como eles eram maravilhosos, né? E faziam essa descrição colocando historiador ... o cientista fora da sociedade. Então o cientista era maravilhoso, era um ser de outro... outro mundo e fazia sua pesquisa fora da sociedade: modo neutro e imparcial. Então ele tinha uma visão de ciência neutra, não é? Não uma visão de ciência contextualizada e uma visão de ciência que a gente chama de individualista também, né? porque ela buscava elevar o nome de alguns personagens da história da ciência e esquecia da maior parte dos outros. Então, a gente tem os grandes vultos da ciência Newton, Galileu, Pascal, Einstein ...

todos eles sendo enfatizadas, né? e colocados como seres acima do bem e do mal. Ela também tem uma característica, esse tipo de história da ciência do início do século 20, quando ela se institucionaliza em que os pesquisadores, eles vão buscar os pais da área de conhecimento. Então a gente tem o pai da física, o pai da química, o pai do método científico é o que a gente chama de história Pedigree. Justamente porque vai buscar a origem das coisas, né? o pai disso, o pai daquilo e é uma história que ela desconhece, ela não leva em conta o conhecimento que não seja conhecimento europeu. Então o que eles aceitam como conhecimento científico válido é o conhecimento europeu. Eles tiram, né? da história da ciência todo o conhecimento árabe, todo conhecimento da América, da América pré-colombiana, Astecas e Incas. Tudo isso é tirado da história da ciência por esses primeiros historiadores. A ciência chinesa, japonesa tudo que não se parece com a ciência europeia, não faz parte do objeto de estudo da história da ciência. Então vejam, é uma história centrada em cronologia dos grandes personagens da história da ciência, cronologias lineares que vão apontar que cada invenção ocorre numa data específica eh... A gente vê ainda muito por aí, né? esse tipo de história da ciência ocorrendo. Então, eu cito uma grande descoberta do Pascal, coloco a data e enalteço a pessoa do Pascal e faço uma cronologia. Então é um tipo de história... tudo isso compõe uma forma como os historiadores da ciência escreviam aí no início do século 20 quando começa aparecer como uma área mesmo institucionalizada a história da ciência.

Isso tudo vai mudar, né? Uma outra característica desse tipo de história da ciência é que ela é centrada na evolução conceitual e, ela não olha o entorno, não olha para a sociedade, não olha economia, política, religião. O que interessa é o desenvolvimento interno da ciência. O desenvolvimento conceitual como se nada daquilo que *tivesse* acontecendo em volta importasse. E, por que não importa? Porque a visão que esses primeiros historiadores da ciência tinham é que o cientista produzia ciência de uma forma neutra. Então, daí eles são que a gente chama de internalista fazem a descrição conceitual da ... da ciência. Então, são algumas características aí da historiografia. MINISTRANTE 1 agora tem uma questão para vocês, né?

MINISTRANTE 1 – Sim. Então, baseado nisso que a MINISTRANTE 2 complementou eh ...vocês encontram alguma semelhança com o conteúdo histórico exibido nos livros didáticos atuais? Assim, vocês conseguem identificar a partir desses ... dessas características da historiografia do início do século 20, algum texto, algum material de apoio que vocês já tenham lido?

P1 – Eu acho que ... falar é melhor, né? Do que escrever. Sim, eu vejo que sempre tem esse aspecto muito mito, né? Como se ... eu lembro, falam bastante de Eistein, né? Na física contemporânea. Que diz que Eistein estava trabalhando na loja ... no seu ofício e, pensou e veio à mente. Então, parece que eles não contextualizam com nada do que estava vivendo. Parece que não tem uma contextualização social, não tem uma contextualização econômica, cultural. Parece que foi simplesmente porque deu vontade dele estudar. Eu tava estudando coisas que não tem, completamente, nenhuma relação com a realidade, com nada do momento e descobriu isso, né? Quando na verdade quando a gente entra pra essa área de pesquisa, a gente acaba vendo que existe até prêmios Nobels que são divididos porque um pesquisador estava lá na China e outro nos Estados Unidos, né? Ou seja, as ciências acontecem de forma simultânea porque tem uma busca por aquilo. Você deseja algo por aquilo, né? Eu gosto muito de tratar esse tema quando eu falo de termodinâmica, né? Por que surgiram as máquinas a vapor? Por que que surgiu Carnot? Foi um nome muito conhecido. Foi por que ele tinha vontade de pesquisar? E poucos livros trazem que ele é filho de militares. E, ele queria fazer aquilo para desenvolver, né? o exército porque ele queria ... tinha uma função social, tinha uma função cultural e econômica ali e militar envolvida, né? Então, os livros só tem ele como éh... um grande cientista, né? Brilhante que tinha ideias geniais. É sempre aquele estereótipo de cientista mesmo louco, recluso, isolado do mundo, né?

MINISTRANTE 2 - Pois é P1, dá para ver várias semelhanças, né? Entre esse tipo de história da ciência que a gente comentou da historiografia e esses aspectos que você traz do livro didático. Então, é o livro didático joga lá o Carnot numa cronologia, mas fica sem sentido, fica sem contextualização, a gente não entende em que ambiente ele ... ele ... ele trabalhou. O quê que ele trabalhou? Por que aqueles interesses especificamente, né? E isso é muito comum a gente notar nos livros didáticos, essa história da ciência que aparece como pequenas contribuições cronológicas espalhadas: tem a invenção do sujeito, o nome, o nascimento e... data de nascimento e, morte. E ela é reduzida a isso praticamente, né? Então, a gente não entende o contexto das máquinas térmicas na Revolução Industrial, a gente num ... isso tudo desaparece. É P6, queria comentar?

P6 – É professora, é uma dúvida que eu tenho. Será que ... que as formas físicas, né? A gente vê nos livros originais muita diferença do que a gente vê nos livros didáticos. Será que são as formas de anacronismo também?

MINISTRANTE 2 – Depende, né? Porque se a gente disser, por exemplo, que o Faraday estabeleceu, né? A lei dele segundo aquela formulação matemática que existe, tá errado. Porque não foi ele que fez isso, né? Se a gente disser que Newton escreveu as leis de Newton numa formulação matemática que a gente conhece, também não tá... não tá adequado. Então, são formas de anacronismo sim, né? Se a gente disser e, a gente vai ver aqui no curso que o Arquimedes enunciou o princípio de Arquimedes com uma ideia de fluido, com uma ideia de empuxo e que ele matematizou o empuxo também não tá adequado. Então, o que ganha o nome de princípio de Arquimedes na verdade é uma... é algo que foi feito coletivamente. A gente vai ver a forma como o próprio Arquimedes enunciou o princípio dele e, a gente vai notar que não é, exatamente, né? Eh... isso o que o livro didático traz. Da mesma forma o Pascal. Se a gente for olhar o exemplo do Pascal, né? Ele também não vai escrever O Princípio de Pascal da forma como o livro didático traz. O Pascal não tinha o conceito de pressão que a gente tem, né? A pressão para Pascal era algo semelhante a força. Então tem um anacronismo aí sim, né? Na forma como a maior parte dos livros acabam trazendo a história da ciência. Tem tudo a ver, né? Com esse tipo de história da ciência que a gente acabou de relatar então, assim se isso tá no livro didático, se esse modelo da história da ciência tá no livro didático não é à toa. Não veio de Marte, veio daqui, né? Uma forma como se usou escrever a história da ciência a algum tempo atrás. Só que essa forma mudou, né? Essa forma de escrever história da ciência na área de pesquisa ela mudou e, mudou em algumas direções que MINISTRANTE 1 vai trazer aqui para nós.

MINISTRANTE 1 - Então assim, atualmente a história da ciência ela vai desdizer aquela historiografia do...do século, do início do século 20. Então assim, a primeira coisa que se tem hoje é uma... uma característica diacrônica que ao contrário do anacronismo vai olhar para o passado com base nas teorias e... na ciência que era aceita à época de determinado episódio. Então vai olhar o passado sob a luz do passado, né? Então o historiador da ciência nesse ponto ele vai procurar se familiarizar com atmosfera daquela época em questão, né? Que estava ocorrendo, ele tava estudando aquele relato e vai fazer uma análise histórica vai considerar todo o contexto sócio-histórico e cultural em que aquilo ocorreu. E se for necessário ele fazer algum tipo de comparação, essas comparações serão feitas entre teorias aceitas dentro do mesmo período, né? Com as mesmas ideias aceitas, válidas com a ciência válida para aquela época. Então... e para aquele tipo de cultura. Então hoje, o anacronismo ele é bem combatido, né? Através de narrativas diacrônicas, né? Que é uma característica da escrita dos historiadores atualmente. E, falando em contexto, também vale salientar que atualmente se valoriza o resgate daqueles personagens que antes eram desconhecidos. Eh ... igual alguém colocou aqui que fala sobre Newton ser o pai, né? O pai da ... da ... Quem descobriu ... é o pai da gravidade. Quem foi que descobriu ... Então, e as pessoas que participaram desse processo, né? Então hoje em dia busca-se resgatar aqueles antes esquecidos. Por exemplo, a gente trazendo pro lado da Física a gente sabe que as mulheres, elas não eram assim reconhecidas, né? Com exceção de Marie Currie que é um expoente as outras mulheres não eram citadas. É vocês assistiram aquele filme Estrelas além do tempo? Se alguém assistiu ele trata daquelas afro descendentes, né? Aquelas mulheres afrodescendentes que trabalhavam na NASA na época da Guerra Fria pra ... no período da corrida espacial. Então, assim elas não foram reconhecidas. Elas foram invisibilizadas, né? Toda contribuição delas foram ... invisibilizadas e só foram ser reconhecidas agora pos... bem, bem depois, né? Recentemente, então num relato diacrônico você busca combater esse tipo de coisa. Você também resgata os personagens e, você acaba indo contra tudo aquilo que o anacronismo prega. Ou seja, uma história Pedigree, uma história Whig, né? Hagiográfica e, também ela vai contribuir para você desconstruir uma visão elitista e individualista da ciência, na qual prega que a ciência é feita para poucos. Então uma abordagem, numa abordagem diacrônica o historiador ele não vai fazer uso de, por exemplo, igual ao que MINISTRANTE 2 falou: - Você não vai usar a palavra biólogo para definir alguém lá do século IV. E, caso você faça isso, atualmente, eles... os historiadores colocam uma ressalva, eles pontuam que estão sendo anacrônicos naquele ponto até para uma facilidade de entendimento do leitor mesmo. Então, é eles... existe isso, existe também o combate a...a visão eurocêntrica, né? Eles não pregam mais o eurocentrismo porque ... Por exemplo, nós aqui no Brasil a gente tem na parte da astronomia a contribuição dos povos indígenas brasileiros na evolução dos conceitos científicos. Então hoje em dia, busca-se as contribuições de todos os povos e civilizações. Então, tirou o foco, né? Tirou o holofote da Europa.

Também busca-se que não seja mais uma historiografia restrita a cronologia, ela busca eu você faça... não produza mais aquelas linhas do tempo. Porque essas linhas do tempo, como a MINISTRANTE 2 colocou aqui, tem a data marcada que o experimento foi criado, quem foi o criador e isso também vai ressaltar uma visão ingênua de ciência que é o empirismo indutivismo. Porque aquilo tá ali, saltou aos olhos. Então isso também não não é aceito. E, buscar esse equilíbrio entre o externalismo e o internalismo, né? Como ela já colocou ... já definiu como era o internalismo, o externalismo vai na contra mão. Então o externalismo ele insere a ciência, ele insere o cientista dentro da sociedade. Então ele vai buscar quais foram as motivações que levaram ao início daquela pesquisa, o que que aquele cientista buscava? Por que que iniciou aquela pesquisa? Igual P1 citou aí o... é ... Carnot, né? Porque ele ... ele teve todo um contexto por trás. Então o externalismo vai trazer isso. Esse equilíbrio é muito importante porque muito se peca quando você

tem um reducionismo nas coisas. Então assim, a gente não pode olhar o internalismo achando que é uma visão ingênua e que está totalmente equivocado. Porque você hoje atualmente nas narrativas dos historiadores, eles vão permear entre internalismo e externalismo dependendo do que eles querem dar foco naquele momento do texto. Então, na verdade, internalismo e externalismo não são excludentes. Eles se complementam então, é muito importante que tenha esse equilíbrio. Quando você tem esse equilíbrio de internalismo e externalismo todas as teorias são vistas da mesma forma, tanto as que foram aceitas como as que não foram aceitas, né? E esse equilíbrio ele vai combater também a história Pedigree, hagiográfica, Whig e vai combater também essa ideia de linearidade e progresso, né?

MINISTRANTE 2 - Então a questão é, por exemplo, né? Se a gente pensar nessa historiografia da ciência atualmente, é... que problema eu tenho na cronologia? É errado fazer uma cronologia? Não é errado colocar nomes e datas nas coisas, não é errado. A gente pode e deve situar as coisas no tempo e no espaço, né? O problema é restringir a história da ciência a cronologias lineares. Aí se tornam um problema dizendo que cada invenção, cada descoberta foi feita por uma pessoa, exclusivamente num momento. Então, atualmente, né? Que é MINISTRANTE 1 tá contando da historiografia da ciência, atualmente os historiadores da ciência eles tendem a trabalhar de um modo diacrônico, evitando o anacronismo, mas é claro que as perguntas que esses historiadores da ciência vão se fazer são perguntas do nosso tempo, mas com todo o olhar, né? Cuidadoso para o contexto da época. Então assim, eu sou uma historiadora da ciência eu quero estudar um texto medieval. É claro que eu vou estudar um texto medieval como eu MINISTRANTE 2 do século 21. Eu não sou um ser da época medieval. Então, as perguntas que vão me interessar são as perguntas da minha época, mas eu olho isso né? Ao olhar para o contexto para aquela obra eu tento me aproximar da situação daqueles personagens. Então se me chama a atenção que a ideia de digestão é tão diferente, me chama a atenção porque eu tô aqui no século XXI, mas eu olho o conceito de digestão que eles tinham dentro daquele contexto. Então historiador fica o tempo todo, né? Entre esse anacronismo de estar no tempo diferente e o diacronismo que tentar perceber o contexto daquela época.

MINISTRANTE 1 – tenta mergulhar naquela atmosfera, né?

MINISTRANTE 2 – como a teoria científica se desenvolveu naquela época. E para isso atualmente ele leva em consideração tanto os aspectos conceituais quanto os aspectos políticos, econômicos, religiosos, sociais fazendo de uma forma equilibrada. Mas é claro que o historiador da ciência ele vai fazer um recorte, né? Porque não é possível ele trabalhar tudo isso ao mesmo tempo. Só que nesse recorte ele tem que tomar o cuidado para não transmitir a mensagem que o cientista é um ser imparcial. Então, se ele cuidou naquele trabalho de trazer os aspectos internos, ele precisa deixar claro que isso se desenvolveu dentro de uma certa sociedade. Então, além disso, né? Esse tipo de história da ciência que a gente faz hoje ela engloba não somente a história da nossa ciência oficial, mas ela também traz outras contribuições. Então interessa, por exemplo, o que povos indígenas pensam a respeito do de ... do céu, né? Então, isso faz parte da história da ciência atualmente e, é objeto de estudo da história da ciência. Não é o conhecimento científico atual padrão, né? Aceito pela academia, mas é um conhecimento muito importante é o objeto de estudo da história da ciência: etnomatemática, etnoastronomia, tudo isso faz parte da história da ciência. Então os historiadores da ciência, hoje eles escrevem de outra maneira não mais daquela maneira como se escrevia anteriormente e, também dão atenção a assuntos, a personagens que eram deixados de lado na história da ciência. Então, essa historiografia da ciência que a gente tem hoje, com essas características não mais busca os pais e precursores das ideias, não tá mais em busca de quem é o pai da física o pai da química. É ... analisa episódios da história da ciência com bastante cuidado. Então a chave para a gente entender o que faz a história da ciência hoje em dia é isso, é discutir episódios de história da ciência. Não mais a evolução, né? Desde os dias de Adão e Eva até os dias atuais, mas recortar a história da ciência e estudar episódios de uma maneira diacrônica, contextualizada e não com pensamento de endeusar quais são os gênios da ciência. Então é todo esse contexto. MINISTRANTE 1 você pode passar pro próximo?

Então essa citação que aparece aí. Ela é de um trabalho meu com outros autores em 2018. Ela vai relacionar as formas de se escrever história da ciência. Vou pedir que vocês leiam, né? o que está aí e, eu vou comentando. Não existe uma história da ciência única e verdadeira. Por que que não existe, né? Porque o historiador da ciência, ele vai fazer recortes e, ele vai interpretar os documentos históricos e ele vai criar uma narrativa. Então, se eu sou um historiador da ciência eu crio uma narrativa. MINISTRANTE 3 pode fazer outro recorte, ter outro olhar e criar outra narrativa. A gente vai ter em comum pressupostos historiográficos, a forma de escrever história da ciência que vai ser compartilhada, mas o olhar é de cada historiador. O recorte é de cada historiador. As perguntas que eu vou fazer podem ser perguntas que não interessam ao MINISTRANTE 3 e vice-versa, né? Então vão ser criadas diferentes histórias da ciência. Agora desmontando que existem várias, né? Alguém citou, acho que foi P1 que citou, né? Foi o P1 que citou sobre o Eistein. É... existem diferentes histórias sobre o Eistein, qual é a certa? Existe a certa, né? Existem várias interessante que elas compartilhem de pressupostos historiográficos atuais por quê? Porque a história

da ciência como ela já foi praticada, ela carregava visões de ciência que a gente, hoje em dia, considera ingênuas. Por exemplo, a ideia de que a ciência é produzida por uma pessoa isolada que a visão elitista individualista, né? Hoje a gente considera que é produzida por cooperação. Então não foi só Eistein. Foi Lorentz, foi Pancarret, foram vários autores aí trabalhando, né? De modo que a gente não pode dizer que Eistein é o pai da relatividade, isto não é correto. É ... outra característica, né? A história da ciência não pode ser puramente internalista porque se a gente levar essa história para sala de aula, ela vai carregar junto a visão de que a ciência é neutra. Se a gente não trazer nada do contexto, a gente carrega junto a ideia de que a ciência é neutra, que ela se desenvolve fora de uma sociedade. Então, a gente vai ter o Carnot, que foi citado aí, fazendo um trabalho, mas sem relação nenhuma com contexto algum. Então, parece que ele é neutro em relação a sociedade em que ele viveu. Não isso não é legal, né? E por outro lado se a gente tiver uma ... simplesmente no livro didático uma cronologia linear de fatos, isso dá impressão de que cada descoberta ocorreu numa data pontual e, normalmente isso ocorre por meio de um experimento ou de uma observação. Como colocaram aí no chat, né? Que Newton descobriu a gravidade, que a pessoa sempre viu, né? Que o Newton descobriu a gravidade. Descobriu a gravidade pela queda da maçã, né? Então, é essa informação de que a descoberta ocorre numa data pontual e, uma pessoa é responsável por isso e vem de uma observação pontual. Então, isso não é um tipo de história da ciência interessante para o contexto educacional. Porque ela transmite uma visão que a gente chama de empirismo indutivismo, que diz que o conhecimento sai naturalmente da observação e do experimento e, que, portanto, ele é feito de uma hora para outra, repentinamente. Parece que o Torricelli acordou, né? um dia e resolveu fazer o experimento de Torricelli. Ele pegou lá na casa dele ... ele tinha Mercúrio e ele resolveu: - vou virar esse tubo aqui nesse recipiente. Pronto, medi a pressão. Isso é uma visão empirista indutivista, né? Que pode ser transmitida por um tipo de narrativa de história da ciência. É P1 colocou aí, a Eureka Arquimedes, né? Como é que essa Eureka P1? Conta para nós o que você sabe disso?

P1 – não foi essa que ele tava tomando banho, né? Na piscina que ... peitou, né? Mas que eu escutei a história é o seguinte, né? Tinha sido um problema com o rei. Que queria saber se a coroa foi feita realmente de ouro, né? E ficou-se com aquele problema e Arquimedes como era filósofo e representava o rei, disse: - bem me diga a resposta! E o seu pescoço está na forca, né? Então Arquimedes tava lá. Foi tomar um banho e quando ele se deitou na banheira que o líquido subiu, ele: -Eureka. E saiu correndo pelado pela cidade. Os professores adoram contar essa história, né?

MINISTRANTE 2 – adoram.

P1 – Os alunos também adoram ouvir.

MINISTRANTE 2 – O que será que tem de errado com esta história? Por que ela é empirista indutivista? O que será que tem de empirismo indutivismo aí, hein? Alguém sabe?

P1 – olhe pra mim essas coisas só me lembram a Gestalt, sabe? Aquele insight que dá do nada. Se bem que se você ainda olhar ainda a Gestalt, ele diz que tem todo aquele trabalho que você vai, né? Induzindo diversas contribuições. Acho que é uma visão simplista desse insight. No meu ponto de vista.

MINISTRANTE 2 – achar que o Arquimedes entrou na banheira, né? Ele entrou na banheira e pronto, descobriu o empuxo. Aí ele sai nu. Aí tem um estereótipo também, né? O cientista maluco que sai fazendo coisas fora do normal, descobre as coisas repentinamente e sai fazendo absurdos. Acho que Flávia colocou aí no chat. Parece que o cientista tem resposta para tudo e resposta rápida, né?

P1 – e boa né?

MINISTRANTE 2 -e boa. E parece que a gente tá muito longe disso, né? Nós meros ... pobres mortais, né? Nada acontece com a gente, cai a maçã e não descobre a gravidade, né? Nada ... nada é tão fácil para a gente, né? Mas essa narrativa de história da ciência parece colocar os pesquisadores como seres completamente extraordinários. Não tô dizendo com isso que gênios não existam. Existem, né? Só que eles também dependem da cooperação, eles também estudaram e estudam e, precisam de muita coisa que aconteceu antes pra poder é... produzir alguma coisa. Hoje eu tava dando aula, hoje a tarde e era sobre o modelo atômico do Thompson e tinha... e o Thompson fez tanta coisa, se apoiou em tantos pesquisadores para chegar aos resultados que ele chegou e, aí a gente vê modelo atômico do Thompson. Enfim, mais uma ideia, né? de que as coisas dependem de uma pessoa pontualmente que chegou lá em 1900 e pouquinhos e lançou um modelo atômico sozinho, né?

P6 – é professora ...

MINISTRANTE 2 – OI.

P6 – esse prêmio, o Nobel. Será que também ele não serve para endeusar um único ... uma única pessoa? Nessas pesquisas aí que a gente sabe que ... como a senhora falou, tem mãos de várias pessoas aí. Dar o prêmio só para uma pessoa. Não é uma forma de endeusar aquele cientista?

MINISTRANTE 2 - O P1 está concordando aqui com você, viu? No chat, ta concordando. P6, eu acho. Concordo com você que assim é o prêmio ... a lá o P1 tá dizendo que, ultimamente, tem sido cada vez mais dado a grupos. De fato, né? Tem sido dado a mais de uma pessoa ao mesmo tempo, mas ainda assim é interessante notar o que a mídia divulga. Lembra? Não só do prêmio, mas de outras descobertas. Não sei se vocês se lembram quando apareceu aí na mídia a ideia ... a notícia, né? de que um pesquisador ... uma pesquisadora tinha conseguido tirar uma foto de um buraco negro. Apareceu dessa maneira, né? E aí todas as manchetes eram assim: botavam o nome da pesquisadora e diziam que ela tirou a foto do buraco negro. E, aparecia a figura lá da mulher e tudo. Só que quando a gente ia ler a notícia a gente percebia que não. Eram grupos, né? Que trabalhavam em vários locais do mundo e que aí em conjunto eles produziram uma pesquisa que resultou naquilo. Então, não era uma pessoa. Tem um perigo sim nessa... nesse tipo de premiação, né? Do prêmio Nobel é ... dá um caráter individualista embora, como foi citado aí, eles têm tendido a dar a premiação para grupos ou para mais uma pessoa ao mesmo tempo. Acho que P1 queria falar.

P1 – essa história do sensacionalismo no jornalismo tem uma história engraçada que Faimann retrata, né? Que um jornalista chegou pra ele e: - por favor descreva o prêmio Nobel em uma frase. Aí Faimann olha pra ele e diz: - se eu pudesse descrever em uma frase, eu não tenha ganhado o prêmio Nobel.

MINISTRANTE 2 – acho que ele não ia dizer boa coisa, né? Não é?

P1 – é verdade.

MINISTRANTE 2 – acho que ele ia falar algo que não poderia ser publicado. MINISTRANTE 1 pula aí pro nosso próximo. Então gente, essa história da ciência, ela dá um caráter empirista-indutivista. Outras visões ingênuas de ciência podem também aparecer, né? relacionadas a narrativas históricas. E, algumas dessas visões de ciência ingênuas, né? Sem a gente querer dizer que existe uma definição única e correta para o que seja ciência. Mas, existem algumas visões que a gente considera ingênuas, muito simplificadas do que a ciência seria, né? E alguns autores então definem algumas visões nesse sentido de pouco sofisticadas do que seria a ciência. A gente tem algumas aí e, elas se relacionam a narrativa de história da ciência pautadas em pressupostos historiográficos que não são mais os que a gente aceita na área de história da ciência. Então, por exemplo, empirismo-indutivismo que a gente acabou de falar que aparece nessas histórias de descobertas e insights, né? tipo Arquimedes e a banheira do Newton ... a banheira do Arquimedes, a maçã do Newton, né? Aparece a narrativa tipo insight. Essa visão rígida, né? que diz respeito a ideia de que a ciência usa um método científico único, universal, padrão, passo a passo, que ele seria invariável entre as áreas de conhecimento, invariável entre uma pesquisa para outra, né? Essa é uma visão simplificada, muito simplista da ciência que a gente sabe que a ciência utiliza várias metodologias. Dependendo da narrativa de história da ciência que a gente encontra, ela vai apontar para essa visão rígida. Essa visão de que existe o método científico, no singular. A gente vai ver lá nos livros didáticos algumas narrativas do que o Arquimedes fez que apontam para uma visão rígida de ciência, seria uma visão simplista.

A visão aproblemática e ahistórica, eu diria aí que o exemplo citado do Carnot pode se encaixar nesse tipo de visão, né? Em que você tem um resultado colocado para um determinado pesquisador, mas você não tem que questão levou ele àquele resultado? O que que ele tava interessado? Quais... quais foram as motivações da pesquisa dele? Então quando a gente tem uma narrativa de história da ciência que é uma mera informação jogada sem contexto isso pode, né? Estar relacionado a uma visão aproblemática da ciência. Uma visão que a ciência não lida com questões, com questionamentos, com assuntos, mas ela traz um resultado de uma hora para outra.

A visão individualista a gente já comentou aqui. É muito comum no contexto didático e a gente costuma ter os nomes relacionados a pessoas né? Eu acabei de citar que o modelo de Thomson, o princípio de Arquimedes, Princípio de Pascal, são as leis de Newton, né? Enfim, a gente costuma fazer isso, né? Só que se a gente isolar dessa forma, só colocar o enunciado de uma lei e dizer: - isso é o princípio de Arquimedes. Quando a gente não traz nenhuma história associada a gente tá transmitindo uma visão de que a ciência é feita por uma pessoa, isoladamente, né? Então, a gente não traz história da ciência, que a gente

não traz nada do contexto transparece uma visão de que a ciência é neutra. Então, são algumas visões ingênua de ciência que podem ser transmitidas por narrativas de história da ciência pouco adequadas ou ainda pela ausência da história da ciência. Quando a gente olha o livro didático e falta a história da ciência lá pode-se transmitir uma visão aproblemática da ciência, a visão de que a ciência não trata de questões, né? Então são algumas visões. MINISTRANTE 1 pode

MINISTRANTE 1 – essa visão individualista, também só quero pontuar que ela acaba afastando o aluno. E quando ele lê que a ciência feita para poucos, para grandes gênios, para poucas pessoas ele é muitas vezes ele não consegue se inserir dentro desse contexto. Então assim, isso acaba afastando ele, né? Fazendo com que ele perca o interesse.

MINISTRANTE 2 - acho que, né? Geralmente nos livros didáticos a gente não tem a história da ciência brasileira, né? Então é como se no Brasil não houvesse ciência, a gente é... pouco tem mulheres né? sendo colocadas ali. Então enfim, isso como Emily colocou aí: pouca representação feminina. Na ciência brasileira existem várias pesquisas acadêmicas sobre isso, a ciência brasileira está fora do nosso livro didático então é uma série de repercussões aí da ausência da história da ciência. Tá, bom reconhecer essas visões ingênuas de ciências pode ser importante então para o professor, né? tanto para que ele ... ele... ele... ele consiga identificar essas visões de ciência nos livros didáticos, que aparecem na narrativa de história da ciência e, para que ele próprio examine então as suas visões e eventualmente reformule, né? Mas isso depende do processo de reflexão.

MINISTRANTE 1 – de autoconhecimento.

MINISTRANTE 2 – a gente tá imerso nesse tipo de visão, né? Ingênua de ciência. A gente é bombardeado por isso dia a dia. Então, é bastante complicado esse processo, né? Pode passar aí MINISTRANTE 1? A gente tá falando aqui sobre visões de ciência, né? E aí vale a pena a gente destacar o que seria natureza da ciência. Por que? É... quando a gente fala em história da ciência na sala de aula, um dos objetivos atuais de se levar episódios históricos para sala de aula é discutir sobre o que é a ciência como ela funciona, né? Então a gente pode levar um episódio histórico e tentar entender como é que funciona a ciência por meio do episódio histórico. Qual a relação da ciência com a sociedade? É um dos objetivos é ... que a nossa legislação cita para se inserir a história da ciência no contexto didático e, isso é o que a gente chama de natureza da ciência. Pode-se então usar a história da ciência para tratar de natureza da ciência, ou seja, para entender o que é a ciência e como ela funciona. Então aí a gente tem uma citação que vai, simplesmente, né? explicar para gente porque a natureza da ciência. É ... essa expressão vai aparecer, né? outras vezes aqui no nosso curso. Sempre que a gente dá uma aula, a gente acaba trazendo alguma visão de natureza da ciência. Se eu sou professor de física, vou dar uma aula sobre ah ... sei lá, Lei de Ohm, né? Se eu vou dar uma aula sobre lei de Ohm, então na minha fala aparece um conceito de lei. Quando eu vou dar uma aula sobre lei de Ohm aparece um conceito de lei, uma definição de lei, mesmo que eu não queira fazer essa definição. Mas, aparece, né? Aparece ali se eu considero que a lei é provada, se não é provada. Se o conhecimento é mutável, se não é. Então, é legal a gente como professor parar para pensar um pouco no que é a ciência. Como ela funciona? Qual o conceito de lei? O que é teoria? Se o conhecimento muda ou não muda, né? A história da ciência é uma das maneiras de se levar isso para sala de aula. Discussões desse... desse tipo, tá? Então a gente pode usar análise de episódios históricos permite a discussão sobre a natureza da ciência isso favorece a compreensão do caráter dinâmico da construção da ciência, ou seja, o conhecimento científico é mutável, né? Ele não é fixo. Não é porque a gente considera que uma lei esteja provada, né? que aquilo lá é definitivo evidenciando que cada época, cada cultura adotou critérios próprios para validar a construção do conhecimento. Isso tem muita ver então com a história da Ciência. Hoje em dia eu posso analisar episódios históricos, em sala de aula, para perceber essas características da ciência. É... a nossa legislação pede que o livro traga, né? discussões sobre o que a ciência é. Mas em geral isso é muito frágil no livro didático e, o livro didático, pelo contrário, acaba trazendo visões ingênuas da ciência como: a visão do método científico, a visão do empirismo indutivismo. Pois é, então resumindo, né? o que a gente tá trazendo: quando a gente usa uma história da ciência, uma historiografia, formas de escrever história da ciência mais parecidas com aquela forma de se inscrever no início do século XX: cronológica, pedigree, anacrônica, linear ... a gente tende a transmitir visões ingênua de ciências. Em contrapartida se a gente traz uma historiografia da ciência mais atual, se a gente consulta trabalho de historiadores da ciência mais atuais, né? pra gente trazer alguma coisa para sala de aula. Ou se os autores de livros didáticos consultassem esses historiadores da ciência a gente teria visões mais complexas, mais sofisticadas sobre a ciência. O que as narrativas sobre os episódios históricos se encarregariam de trazer essas visões, tá? Então é isso que a gente tá colocando e, quando a gente for analisar o livro didático buscando o princípio de Arquimedes a gente vai notar, no livro didático, que existem formas diferentes de aparecer a história da ciência ali umas mais adequadas outros menos, né? Então a gente vai olhar esses trechinhos nos livros para

ver o que aparece. Então a gente antes de tudo isso a gente já percebeu que existe uma área de pesquisa chamada história da ciência, né? que os pesquisadores de história da Ciência, hoje em dia, trabalham escrevendo materiais segundo algumas características. Só que em princípio, não necessariamente, eles estão interessados em sala de aula. Então tem que haver uma transposição daquele conhecimento de história da ciência para sala de aula. Quem vai fazer isso, né? Quem vai fazer isso vai ser o autor do livro didático, vai ser o professor, vão ser pessoas na academia que trabalham com história da ciência e ensino. E esse processo é chamado de então, de transposição didática da história da ciência. Esse nome transposição didática apareceu mais relacionada à área de matemática, da educação matemática mas, né? a partir de uma pesquisadora chamada Thaís Foratto (aí tem uma citação de um trabalho dela), ele foi também aplicado a história da ciência e, significa passar do saber que o historiador da ciência produz, que não é voltado para o contexto didático. É voltado para outros historiadores da ciência é um trabalho da academia, é um trabalho complexo produzido a partir de documentos originais de história da ciência, a partir de documentos secundários também, né? textos de outros historiadores, por exemplo, mas é algo complexo o que o Historiador da ciência produz. Hoje, por exemplo, na aula da tarde é ... algumas alunas minhas do mestrado apresentaram um seminário sobre a ideia da escada da natureza do Aristóteles e, era o trabalho de duas historiadoras da ciência. De historiadoras da área de ciências da vida e as alunas do mestrado, embora sejam professores de biologia, elas relataram que tiveram dificuldade para entender o texto das duas historiadoras. Justamente porque era bastante complexo, falando sobre a escada da natureza do Aristóteles. Então, não é um trabalho para sala de aula aquilo que Historiador da ciência faz originalmente, alguém precisa fazer uma transformação, fazer algum processo que aquilo lá fique adequado para sala de aula. Esse é um processo que exige muita reflexão, esse processo de transposição didática, que é o que a gente vai comentar.

MINISTRANTE 1 - esse processo, esse processo da transposição não é um trabalho trivial, né? Ele não é fácil. É... serão assim encontrados muitos desafios nesse processo da transposição. Um dos primeiros é a localização dos trabalhos históricos adequados, onde o professor buscaria esses trabalhos, né? De quais Fontes ele beberia? Ele vai fazer uma busca no Google? Pode fazer. Virão inúmeros resultados, dentre esses resultados qual vai ser o mais adequado para ele utilizar? Vai ser um trabalho de um Historiador da ciência? Vai ser o trabalho de alguém voltado para educação? Ele tem conhecimento sobre os historiadores, né? E qual o recorte que ele vai utilizar? que vai abordar as características que ele precisa para ministrar algum conhecimento dentro da sala de aula? Então tem que ter essa ... essa localização de onde buscar os trabalhos é bem difícil. Quando ele escolheu o trabalho, ele vai ter que fazer o que? A seleção do conteúdo histórico. Como que ele vai fazer essa seleção do conteúdo histórico? Ele vai ter que definir os tópicos, né? que vão estar envolvidos dentro de discussões que ele previamente já definiu. Então ele vai ter que usar ... ele pode usar textos originais? Por exemplo, o texto de Arquimedes sobre os corpos flutuantes ou o trabalho do Galileu, né? La Bilancetta. E caso ele opte por utilizar estas fontes primárias, ele vai ter que fazer algum tipo de simplificação e omissão? Esse ... esse ponto de simplificar e omitir tem que ter muito cuidado, por quê? Às vezes uma simplificação exagerada você vai deixar de fora elementos que são importantes para a construção do conhecimento. Então, você vai fazer o reducionismo e vai... pode acabar transformando aquele... aquele Episódio histórico numa pseudo-história, né? Então em vez de você tá fazendo uma adaptação você vai acabar fazendo um desserviço e vai levar o contrário daquilo que se deseja, né? Se você for utilizar, ou não, textos históricos originais. Será que o nível de maturidade dos alunos são ... é suficiente para que eles interpretem, consigam analisar aquele evento de uma forma que não seja anacrônica? Ou será que o linguajar utilizado à época, um pouco mais rebuscado e diferente do que se usa hoje em dia, vai facilitar ou vai ser um empecilho para o entendimento do que está sendo colocado ali, né? Qual que é o nível de aprofundamento que o professor pretende dar quando ele utiliza esse tipo de material? E isso tudo vai esbarrar na falta de informações específicas do professor, né? Então, vários trabalhos, né? São colocados ... a gente pode encontrar, vão faltar sobre exatamente a falta de formação específica do professor. Veja bem, a gente não quer que o professor, na sala de aula, que ele seja um Historiador da ciência, que ele seja um Expert. Mas ele precisa ser sensibilizado para que quando ele se deparar com algum tipo de pseudo-história ou com algum tipo de uma visão ingênua ele consiga contorná-la e muitas vezes trazer essa coisa negativa aproveitando... mostrando de um lado contrário, né? Ele pode mostrar que antes se falava daquela forma mas, atualmente, não se fala mais. Ele tem que conseguir contornar aquilo então, assim a formação do professor é muito importante. Você quer colocar alguma coisa MINISTRANTE 2?

MINISTRANTE 2 - essa questão de transposição didática, né? MINISTRANTE 1 aí falou do professor mas não é só o professor que vai trabalhar nisso, né? o autor do livro didático também e aí o que a gente vai observar, vocês vão observar lá no caso do Arquimedes, tá? quando for analisar ... quando forem analisar os livros didáticos. É... às vezes alguns autores de livros didáticos eles até buscam material do Historiador da ciência, ele cita o material no livro didático. Às vezes eles até usam, né? Porém, ao fazerem isso os autores do livro didático, às vezes não pensam em quais são os objetivos didáticos daquele uso e uma coisa que deve pautar, né? todo o processo de transposição didática é, qual é o objetivo didático do uso da história

da ciência? Qual é o meu objetivo? Por que eu quero inserir aquele Episódio histórico? Então alguns autores dos livros didáticos, especificamente a respeito do princípio de Arquimedes que a gente vai ver, né? Eles consultaram trabalho de pesquisadores da história da ciência, mas meio que se perderam na questão do objetivo didático. Ou meio que se perderam no: O que fazer com aquele trabalho do historiador? Onde ir? Pra onde ir? Eles sabiam que aquele trabalho do Historiador era importante, mas eles não souberam que fazer, né? Então gente isso é... todo esse processo de transposição não fica só a cargo do professor. O autor do livro didático também deve fazer, né? É... cabe a esse autor na hora de inserir a história da ciência buscar estudo de historiadores da ciência. Estudo de bons historiadores da ciência e pensar em qual o objetivo didático de trazer aquela história da ciência. É... observar o nível de aprofundamento se está adequado aquele contexto didático? Aquela série, né? Perceber daquele Episódio qual o recorte fazer? e fazer isso com muito cuidado para não criar uma pseudo-história. Perceber que a partir do trabalho do Historiador da ciência existem lá citados alguns trechos originais, fontes da história da ciência que podem aparecer lá no livro didático, que são compreensíveis para o aluno. Mas aí vem o livro do professor, né? Eles também precisariam ajudar o professor a trabalhar com aquele Episódio histórico, a trabalhar com aquele trecho original da história da ciência que está sendo colocado no livro didático. Então, nesse processo de transposição didática atua o professor, né? E atua também o autor do livro didático. Que uso os autores dos livros didáticos tem feito dos trabalhos de história da ciência? Eles têm consultado? não tem consultado? Quando eles consultam, o que eles fazem, tá? Como MINISTRANTE 1 mencionou isso eu quero história da ciência para usar na minha sala de aula não é legal eu buscar a história da ciência na Wikipédia, tá? Não é confiável. Se eu quero saber sobre uma ... Se eu quero seriamente, ter um diagnóstico sobre uma doença, não adianta colocar no Google, né? não vai poder ... eu não vou poder confiar e tomar uma medicação a partir do Google. Aí eu posso, até por curiosidade, olhar ali e pensar: não eu tô com esses sintomas pode significar isso, né? Mas eu não posso simplesmente medicar a partir do Google. Então, uma analogia aí com a história da ciência, né? Se eu quero história da ciência para colocar na minha sala de aula, para colocar no livro didático não vale só Wikipedia. Então o professor, o autor têm que buscar histórias da ciência no plural, né? Comparar e encontrar coisas adequadas que ele pode... possa servir aos objetivos didáticos previstos na legislação.

MINISTRANTE 1 – a gente pode pontuar aqui também é que essa história da ciência depois que sofrer a transposição ela vai ter que ser colocada de uma forma integrada com o conteúdo, né? Porque muitas vezes o livro didático diz que tá trazendo a história da ciência, mas traz, por exemplo, inbox, à parte. Não tá integrado ali dentro do estudo, né? São boxes a parte, então o professor ... tanto no livro didático quanto o professor têm que ter cuidado para na hora de escolher, de selecionar o conteúdo ele possa estar integrado todo ensino e não está destacado.

MINISTRANTE 2 - normalmente os boxes, eles trazem mais curiosidade sobre a história da ciência. Aquilo não costuma ser história da ciência, né? traz algumas informações...

MINISTRANTE 1 - alguns relatos biográficos, né?

MINISTRANTE 2 - bem agora tem a seguinte questão: o problema também não é ser um relato biográfico. Uma biografia pode ser muito interessante, ela pode trazer contribuições muito favoráveis do ponto de vista de inserir a história da ciência no ensino. O problema não é ser cronologia, não é ser biografia, mas depende da forma como é colocado. Então uma biografia, mesmo que colocada no box, ela pode trazer aspectos interessantes como a humanização do pesquisador. Ela pode trazer a inserção do pesquisador na sociedade, né? ela pode contextualizar aquele conhecimento. Então não é pelo fato de ser biografia e que é negativo. Mas, por outro lado se for uma biografia que vai servir ao propósito de, simplesmente, enaltecer a figura do cientista ...

MINISTRANTE 1 – como a característica hagiográfica, né?

MINISTRANTE 2 - a gente costuma ver ah ... o Fulano Gauss. Gauss começou a estudar matemática com 4 anos, com 18 ele já fazia tudo aquilo e pronto. Isso não é o tipo de biografia que seja tão interessante para estar no livro didático, né? Que objetivos ela tá atendendo? Muito pouco, né? Ou nenhum, ou até prejudicial. Então ah ... cada caso é... precisa ser refletido. E aí vem a questão do professor, né? O professor não deve recorrer acriticamente a qualquer história da ciência, então exemplo, né? Eu tenho lá no meu livro didático esse tipo de biografia que a gente chama de hagiográfica, né? Ela transforma o cientista num santo. É ... eu como professor devo dar atenção àquela história da ciência? ou não? ou só se for para problematizar? Porque esse tipo de história da ciência não merece ser levado para sala de aula, ela não atende a objetivos que a gente tenha na educação hoje em dia. Então eu tenho que ter uma visão crítica, né? Para perceber

pseudo-história, perceber a história da ciência numa visão individualista e, escolher tipo de história da ciência que realmente é... combinem com aquilo que a nossa legislação pede.

O que a gente vai ver no próximo encontro, né? Esse processo então de transposição de...de... da história da ciência, né? ele exige é... do professor uma postura crítica para perceber essas diferentes histórias da ciência que podem aparecer. E por que que é importante isso? Por que que é importante não usar certos tipos de história da ciência? Principalmente pelas visões de ciência simplista ah... simplistas, né? Que certas narrativas de história da ciência carregam, tá? Então pede-se aí do professor uma leitura crítica das versões da história da ciência, tá? então este é um tópico importante.

MINISTRANTE 1 - E aí nós já começamos a falar um pouco, né? sobre a pseudo-história e a gente vai se basear no que ALLCHIN coloca no trabalho de 2004 que fala sobre a pseudo-história e a pseudo-ciência. Então ele vai elencar algumas características da pseudo-história com o intuito de que pessoas que não tem tanto aprofundamento consigam já identificar esses ... esse tipo de pseudo-história quando se depararem com ela, né? Através da ... de algumas características. Aqui a gente não trouxe todas as características que ele elenca. Trouxemos só algumas que já estão diretamente ... mais diretamente relacionadas com o episódio histórico do Arquimedes. Então uma das principais características são justamente os relatos romantizados. Esses relatos romantizados ele vai, justamente é... endeusar o cientista, né? Por exemplo, no caso de Arquimedes, isso não acontece. Pelo contrário ele... pelo relato ele é visto como uma pessoa excêntrica. Mas tem outros, por exemplo, o caso da queda da maçã de Newton existe um relato que ele tava sentado no jardim embaixo de uma macieira, os pássaros gorjeavam... então, é tudo assim lindo e maravilhoso. Você até consegue se transportar para aquilo ali. Então é o tipo de relato romantizado. Isso vai estar diretamente interligado com que a gente falou lá atrás que vai ser uma característica hagiográfica, né? Que é tornando os cientistas Santos e, vai também contribuir para uma visão etilista ... elitista e indutivista... individualista, desculpa. Ele também vai falar que descobertas monumentais individuais. Não vai considerar a coletividade as descobertas vão ser voltados para indivíduos realmente, né? Então não vai considerar o trabalho coletivo e isso vai estabelecer uma ligação também Direta com a visão elitista indutivista, né? Já que é individual, então poucos indivíduos fazem ciência. E vai trazer também as características da historiografia de uma história Pedigree e Internalista já que vai ser individual e voltada para o lado interno da ciência. Esse insight tipo Eureka, eu não sei se ele se baseou no fato do Eureka do Arquimedes realmente, mas na ... na narrativa de Vitruvius, Arquimedes após entrar na banheira e perceber que o nível de água transborda, ele tem esse insight e sai correndo fica tão entusiasmado que ele sai correndo nu pela... pelas ruas da cidade gritando Eureka! Eureka! Então isso vai mostrar que assim não teve muito esforço da parte da pessoa. Não tiveram hipóteses elencadas anteriormente, não tiveram tentativas e erros. Ele simplesmente aquilo ali saltou para ele, né? Uma outra característica de alguns ... de pseudo-história são Os experimentos cruciais. Então Os experimentos cruciais são aqueles que vão por um ponto final a Contendas ou, vão servir para escolher entre uma teoria e outra. Um experimento crucial muito falado é o experimento de Newton sobre luz e cores. Então que foi fundamental para que fosse cunhada a teoria dele. Então esses experimentos cruciais são outra característica. A interpretação aporoblemática de evidências a gente ...

MINISTRANTE 3 – MINISTRANTE 1 ...

MINISTRANTE 1 – oi

MINISTRANTE 3 – vou só fazer uma contribuição antes que você passe para o próximo ponto.

MINISTRANTE 1 - Claro

MINISTRANTE 3 - nesse caso, a MINISTRANTE 1 está fazendo referência a história que nós consideramos pseudo-história da ciência escrita pelo arquiteto Romano Vitruvius do século I antes de Cristo, dois séculos depois da existência de Arquimedes. Quando nós vamos olhar para esse episódio na escrita de Vitruvius, a gente tem que falar não de experimento crucial, mas de uma observação crucial. Porque ele não estava fazendo um experimento, ele simplesmente, entra numa banheira e, observa o nível de água se elevar... transbordamento, né? Então foi uma observação crucial. Essa é uma característica que nos leva a considerar esse relato vitruviano uma pseudo-história da ciência, além claro de todas essas outras características que a MINISTRANTE 1 já fez referência.

MINISTRANTE 2 – só complementando também ... a gente tem nesse caso, uma ideia de que não podem existir várias interpretações para esse fenômeno da subida do líquido, do modo como é trazido no relato vitruviano e como os livros trazem, né? Parece que é óbvio, parece que salta aos olhos, né? A questão do empuxo aí. Só que acontece o seguinte, e isso dentro de uma visão empirista indutivista, né? é o que está

havendo é uma confusão entre o fenômeno que é uma coisa e o conceito que é outra coisa. O indutivismo... empirismo indutivismo típico desses relatos de pseudo-história ele... ele confunde fenômeno e conceito como se fossem a mesma coisa. Então um fenômeno é o fenômeno da subida do líquido, né? O empuxo é o conceito e o conceito não emerge imediatamente, naturalmente, espontaneamente quando uma pessoa entra numa banheira. O conceito é uma abstração. A pseudo-história traz isso como algo muito evidente como se a partir de uma observação crucial: aí o pesquisador tem um insight lá e empuxo! Sai o conceito de uma hora para outra sozinho, isolado, né? Então esse repertório todo de características foi elencado como uma... indícios para os professores, para que eles pudessem identificar com alguma facilidade uma pseudo-história. Mas não é tão simples identificar, mas esses elementos que aparecem aí podem ajudar o professor na identificação dessa pseudo-história. MINISTRANTE 1 cê põe lá no outro slide por favor?

A gente tem alguns exemplos, né? aí que foram colocados, por exemplo, um exemplo, por exemplo, Arquimedes, né? que a gente está citando aqui amplamente. A maçã de Newton. A maçã de Newton também tem essa característica de observação crucial. O Newton tá lá debaixo da macieira cai a maçã e, ele descobre a gravidade, né? É uma típica pseudo-história onde também a gente tem o fenômeno sendo confundido com o conceito. Parece que não há outras possíveis interpretações para uma maçã cair, mas existem outras interpretações inclusive na época do Newton, né? Então são alguns exemplos de pseudo-história, de má transposição aí da história da ciência e que podem aparecer nos livros didáticos. Aí tá citado um episódio da história da biologia ou da história das ciências da vida, melhor falando, né? Na verdade, a gente tem pseudo-história em tudo enquanto é área. O caso do Robert Hooke que é citado aí que diz respeito a descoberta da célula. O Hooke, se a gente for olhar lá no episódio histórico com mais detalhe. O interesse do Hooke era estudar as propriedades da cortiça, densidade da cortiça então ele não estava buscando entender ou identificar uma célula e, aquilo que ele registrou, o desenho que ele registrou foi relacionado ah... justamente o que ele tava pesquisando, né? A densidade da cortiça aí o que acontece, né? dentro de um relato pseudo-histórico isso é romantizado para dizer que ele descobriu a célula, a nossa célula como se aquilo que ele registrasse, né? aquilo que ele registrou que era um fenômeno fosse idêntico ao nosso conceito de célula e, não foi isso que ele fez, né? Então são exemplos de pseudo-história que podem aparecer no contexto escolar, nas diferentes disciplinas, diferentes áreas, como a gente queria chamar, né? E que podem ser identificados por meio desses critérios. Quando a gente for olhar os livros didáticos, a gente pode usar, né? Esse tipo de critério para identificar se o livro está ou não trazendo uma pseudo-história para o caso do Arquimedes, tá? Então é isso que a gente ... que a gente colocou, né? Isso como um tópico importante.

MINISTRANTE 3 – MINISTRANTE 2, posso dar outra contribuição?

MINISTRANTE 2 – Pode, claro MINISTRANTE 3.

MINISTRANTE 3 – A MINISTRANTE 1 comentou sobre o relato romantizado da queda da maçã, que inclusive está no trabalho do Roberto Martins. Pássaros gorjeavam, as abelhas zuniam ... fazendo relação com aquilo que já foi dito aí pela MINISTRANTE 2 e pela MINISTRANTE 1, anteriormente. Esse ... esse é um relato que foi trazido para um capítulo de livro publicado pela Livraria da física. Ah... Em que o professor Roberto Martins cita o trecho de um documento, de um texto Educacional norte-americano, traduz. Não sei quantos de vocês viram a prova de ciências humanas do Enem do ano passado. Na prova de ciências humanas, no Enem do ano passado, esse trecho, apenas um trecho de pseudo-história apareceu lá com problemas de referência. Porque quem elaborou referenciou o texto como se, esse trecho fosse da Cibelle Celestino que a outra historiadora da ciência, que é a organizadora do livro. E do professor Roberto Martins como se eles fossem os autores. O que acontece? Roberto Martins está escrevendo o capítulo dele, insere esse e outros documentos e, apresenta a crítica. Esse já não é um livro publicado na livraria da física que tem um caráter de um trabalho em história da ciência pura, por assim dizer. Ele já está pensado para o ensino. Está no livro que é esse aqui ó... que eu estou mostrando a vocês. O subtítulo é: subsídios para aplicação no ensino. São textos de historiadores da ciência, mas que já estão refletindo, né? potencialidades para o ensino. Então por que que eu falo isso? Porque veja, como foi dito anteriormente, não é só - Só entre aspas - ter material adequado. É preciso ter formação adequada para saber fazer o uso, lançar mão do material adequado. Nós não vamos conhecer toda história da física, todas as biografias. Então nós temos momentos formativos como esse que nos proporcionam um olhar aprofundado sobre um episódio histórico, que nos permite, a nós professores - também sou professor da Educação Básica - que nos permite ter uma visão mais sofisticada sobre história da ciência, sobre a própria ciência. Então autores de livros didáticos, professores, elaboradores de questões em exames, né? oficiais precisam ter formação adequada, profunda. Bem, e olha que absurdo na questão do Enem, se apresenta uma pseudo-história, por mais que se diga que é uma lenda e, a pergunta é uma característica da ciência. Mas como que você faz uma análise uma característica da ciência a partir de uma pseudo-história da ciência? Você precisa ter um olhar para a história da ciência para analisar características, né? um conhecimento, um meta conhecimento.

Conhecimento sobre a ciência, percebem? Foi uma questão problemática que nós tivemos um recente Exame Nacional. O que demonstra que mesmo professores que deveriam estar muito preparados fazem mau uso da história da ciência na educação. Não é trivial.

MINISTRANTE 2 – MINISTRANTE 3, o P1 acabou de colocar aqui no chat ó: - teve uma questão dessa que gerou bastante discussão, mas não lembro exatamente qual foi. Foi exatamente isso P1, o autor da questão lá no Enem puxou do trabalho do Roberto Martins esse trecho de pseudo-história. Mas era um trecho, justamente, que o Roberto Martins estava criticando. Que ele tinha transcrito de um livro de formação de professores, estrangeiro e, ele transcreveu para criticar. Então lá na questão do Enem aparecia esse trecho como se fosse um trecho do Roberto Martins Historiador, não como se fosse um trecho que ele estava criticando e, perguntou que característica da ciência podia ser anotado ali? Aí a questão deu muita confusão realmente no Enem do ano passado. Porque a gente ficou... a gente fica até meio assim perplexo de ver, né? Bom, tentaram usar a história da ciência no Enem, mas quando usaram não conseguiram fazer essa transposição. Não devem ter entendido o texto do historiador enfim, virou uma confusão e realmente deu muita polêmica. Deu uma manifestação do próprio Roberto Martins para o MEC, de outros historiadores, né? Foi uma confusão grande. A questão do Enem não tinha como ser respondida, não fazia o menor sentido, não tinha resposta válida para aquilo ali. O que questionavam era absurdo

MINISTRANTE 1 – foi na prova de Filosofia, senão me engano, essa questão.

MINISTRANTE 3 - ciências humanas

MINISTRANTE 1 – ciências humanas

MINISTRANTE 2 - eu percebi também outras questões de história da ciência na prova do ENADE de física do ano ... do último ano que a física licenciatura fez o Enade. Apareceram lá três ou quatro questões relativas a história da ciência e até que eram questões bem razoáveis. Falavam sobre controvérsias científicas bem... bem razoáveis. A gente vê aos poucos a história da ciência chegando, né? Às vezes problemáticas, às vezes não. É o que a gente vai notar quando a gente olhar para os livros didáticos. A gente vai perceber que começa a chegar a contribuição acadêmica dos historiadores da ciência, começa a entrar nos livros didáticos como ela está entrando, né? Se é de uma maneira adequada, ou não? a gente vai perceber diferentes situações e algumas que a gente identificou, aqui no nosso grupo podem ser até bem promissoras. Porque a gente notou tentativa de transposição didática da história da ciência para o livro didático que são tentativas bem interessantes, bem interessante mesmo, né? E é um processo difícil de se fazer, mas o autor do livro didático foi bem feliz. Bem, conseguiu fazer isso com bastante, bastante adequação, tá? Então legal, porque a gente começa ver aspectos também positivos, né? Então a gente vai compartilhar com vocês.

MINISTRANTE 1 – importante também que não é que a gente queira que todo conteúdo de física seja abordado em cima da história da ciência que a gente sabe que isso seria muito ou difícil praticamente impossível. Mas, que se selecione alguns Episódios históricos para se trabalhar ao longo do ano. Porque o importante não vai ser só a quantidade de episódios históricos, mas a qualidade com que eles vão ser inseridos em sala de aula. Então não é uma coisa assim tão utópica, tão distante de se conseguir fazer.

MINISTRANTE 3 – pode passar MINISTRANTE 1. Pode passar.

MINISTRANTE 2 - pronto gente, essas são as referências, né? que usamos hoje então foram trabalhos aí do Allchin pesquisador que fala sobre pseudo-história; Baldinato e Porto são da área de história da química, são pesquisadores bem interessantes; Forato, Pietrocola e Martins da história da física. É... a gente usou também o trecho do Gil Perez e outros autores que é um trecho bem já tradicional que fala sobre natureza da ciência; um texto meu com outros autores para uma citação que foi usada aí; e também de Vasquez e Alonso também para tratar de natureza da ciência. Então foram algumas referências que a gente usou hoje para discutir. Então a partir disso que a gente viu, resumidamente a gente tem, né? A questão da historiografia da ciência mudando ao longo do século XX e ao mesmo tempo a gente notando que a forma de escrever história da ciência dos historiadores do início do século XX: cronológica, linear, pedigree, agiogeográfica - que aquela que endeusa os pesquisadores, né? Essa forma de escrever história da ciência colocando cronologias com datas em que as invenções, as teorias aparecem repentinamente; esse tipo de historiografia é ainda muito comum em livros didáticos, em divulgação Científica. Mas não é mais essa forma como os historiadores da ciência escrevem hoje em dia. Então deixou-se de lado aquela... aquele forte anacronismo buscando um rumo para o diacronismo. O internalismo puro deu lugar a um certo equilíbrio entre internalismo e externalismo. Deixou-se de escrever a história dos pais e precursores ou de

fazer apologia aos grandes pesquisadores. Então é uma história contextualizada e, infelizmente, ela ainda não é a história mais presente na... no contexto educacional.

A outra, aquela que já existiu, ela carrega visão simplista de ciência e por isso que a gente gostaria que ela deixasse lugar né? para essa nova história da ciência. Essa nova história da ciência precisa ser transposta pro contexto escolar e, nessa transposição muito cuidado tem que ser tomado para que a gente, por exemplo, não crie uma pseudo-história e a gente vai notar, né? no caso do Arquimedes tanto a pseudo-história sendo levada repetida, reproduzida, trazendo visões simplistas de ciência quanto uma nova história da ciência chegando também no livro didático.

Na nossa próxima reunião aqui, no nosso próximo encontro a gente vai olhar para legislação Educacional e ver o que ela pede em termos de história da ciência. O que será que a nossa legislação Educacional diz? Que história da ciência deve ir para o livro didático? Deve ir para o contexto educacional? Então é isso que a gente vai ver e também, né? os editais do Programa Nacional do Livro Didático, o que ele pede em termos de história da ciência? Então esses dois primeiros encontros formam uma base para a gente entender um pouquinho melhor o que é história da ciência, visões de ciência, transposição e legislação. Passado isso a gente vai então ir para o próprio caso do princípio de Arquimedes. Entendendo a história do princípio de Arquimedes, né? tanto por meio de trabalhos de historiadores da ciência quando por meio de trabalhos originais do Arquimedes e do Galileu. Tudo isso, né? toda essa massa crítica que a gente tá fazendo é que a gente vai olhar para o livro didático, então a gente já vai com o olhar da legislação, da história da ciência e do conteúdo histórico específico que é o princípio de Arquimedes. Então essa é a nossa proposta para o curso de extensão. A gente tem que fazer ... eu queria saber se vocês gostariam de perguntar alguma coisa? Comentar? O pessoal participou aí, né? Durante a discussão colocou coisas no chat e, nesse finalzinho alguém quer comentar? Muito bom, que bom que está sendo produtivo. E tá tranquilo? Vocês estão entendendo o que a gente tá falando? Tá fluindo aí a nossa comunicação? Tá legal? Eu não sei se isso é novidade, né? tudo isso que a gente falou hoje, mas eu acredito que a parte sobre o princípio de Arquimedes vai ser, tá? Então pode ser que alguém já tenha formação aí na pesquisa em história da ciência e aí se a gente tiver se repetindo, algumas coisas que as pessoas já sabem, né? Talvez, mas em relação ao Princípio de Arquimedes então vai ter ... vão aparecer algumas coisas bem interessantes dentro da história, né? e enfim a gente vai chegar lá no princípio de Arquimedes logo, logo tá bom? Falta a gente fazer uma lista de presença que talvez seja pelo chat, né?

TRANSCRIÇÃO DO DIA 30/11/2020

MINISTRANTE 1 - eles vão precisar também falar presença, né? Para a gente poder registrar?

MINISTRANTE 2 – a gente pode ah... MINISTRANTE 3 você pode acompanhar quem tá presente?

MINISTRANTE 3 - já estou acompanhando.

MINISTRANTE 2 – Já está acompanhando. MINISTRANTE 3 já está acompanhando. Bom, então mais pro final da... da reunião também... É MINISTRANTE 3 tá sempre atento! Mais para o final dessa reunião também, a gente vai de novo vê quem está presente, tá? Então vamos ter duas vezes: agora no início - MINISTRANTE 3 já tá fazendo isso - e mais pro final, tá? Então são duas... duas vezes. Bom então podemos começar a MINISTRANTE 1 vai utilizar uma apresentação a gente também vai colaborar nessa discussão e vocês sintam sintam-se à vontade convidados a participar dessa discussão tá? Não é um monólogo a gente gostaria de ter a participação de vocês. Então vamos lá!

MINISTRANTE 1 – como já foi dito; hoje nós vamos falar... abordar os documentos oficiais da legislação. Então o que é que a gente vai abordar hoje? A Base Nacional Curricular Comum referente ao ensino médio, o PCN do ensino médio, as diretrizes curriculares nacionais e o PNLD, principalmente de 2018. Para começar vamos começar com a base Nacional Curricular Comum.

MINISTRANTE 3 – MINISTRANTE 1, desculpa já interromper. Você poderia expandir a tela? Tem aí no canto direito inferior. Tem duas setinhas...

MINISTRANTE 1 – Ok, obrigado!

Vamos começar então, o que que é a Base Nacional Comum Curricular, né? É um documento oficial que vai determinar as competências gerais e específicas, as habilidades, as aprendizagens essenciais a todos os alunos. Ela tem esse nome de ser comum, porque a intenção é que sejam os mesmos... as mesmas habilidades e conteúdos sejam aplicados para todos os alunos independentemente da região onde eles se encontram. Então logo aqui, inicialmente, a base já fala sobre a contextualização histórica; não se ocupa

apenas da menção de nomes de cientistas não. A gente já... já começa daqui fazendo um link com a nossa aula anterior. Ela fala que não se ocupa apenas da menção de nomes de cientistas e datas históricas. Então, tá fazendo uma referência direta a história da ciência quando ela é colocada apenas como uma sequência cronológica; então já vai contra esse pensamento. O outro pensamento é que a construção é socialmente produzida ... vai privilegiar o conhecimento como uma construção coletiva e não individual. Fala também dos seus impactos e contradições; influenciando e sendo influenciado, ou seja, a ciência não é neutra. Ela não está além da sociedade. Ela tanto influencia como é influenciada pelos acontecimentos sociais, políticos, econômicos que acontecem na sociedade e, seus impactos e contradições. Ele também relaciona as quebras, né? que não é uma coisa linear, não é uma progressão linear. Então logo nesse primeiro tópico a gente já visualiza que tem uma interação assim, bem estreita entre o que a academia fala nos textos que são publicados e o material oficial, né? os documentos oficiais.

A Base Nacional Comum Curricular ela vai trazer as habilidades e competências...

MINISTRANTE 2 – MINISTRANTE 1 você pode voltar... só para eu explicar ...

MINISTRANTE 1 – claro.

MINISTRANTE 2 - lembrando também da discussão passada a gente observa aí que não.... esse documento né? essa legislação prega que não seja uma história da ciência do tipo meramente internalista. Lembrando que a gente falou sobre o internalismo que era aquela história da ciência só conceitual. Então usando um termo aí de historiografia, né? Como se diz que a história a construção do conhecimento, construções socialmente produzidas, né? Tem que apresentar o conhecimento científico como construção socialmente produzida. Não basta também, então ensinar, usar no contexto educacional uma história da ciência puramente internalista, ela tem que ser também externalista. Ela tem que ter esse equilíbrio, né? Entre internalismo e externalismo; é o que tá dizendo aí. E, além disso, como Mara destacou, não basta que ela história da ciência puramente cronológica, tá? É muito claro isso nesse... nesse documento, né? que não está se pedindo que seja mencionado somente o nome dos cientistas e datas, então a gente costuma observar nos livros didáticos o contrário disso né? muitas vezes a gente vê só o nome do personagem da história da ciência e, lá o registro da data de nascimento e morte, ou a data de uma descoberta que essa pessoa fez ou ainda uma cronologia no livro didático; uma cronologia de fatos da ciência. Esse tipo de material não dá conta do que a BNCC tá pedindo, é bem claro isso. Ela é bem explícita quando ao tipo de história da ciência que é pedido.

MINISTRANTE 1 – então, ela vai tratar das competências, né? Ela mostra em relação, à Ciência da Natureza e suas Tecnologias 3 competências. A competência específica nº 2 ela vai falar sobre vida na Terra, Cosmos, então para abordar essa competência, né? Para que os alunos desenvolvam essa competência você pode, por exemplo, na Física você vai abordar modelos newtonianos, você vai acordar modelos atômicos, a história e filosofia da ciência, né? Então você vai mostrar através dessa competência que existem rupturas e descontinuidades, que vai contra aquela imagem que a gente viu na aula passada da ciência linear e neutra. Então essa competência ela vai tratar desse ponto.

As habilidades: bem, de acordo com cada competência espera-se, né? Que o educando atinja... consiga desenvolver determinadas habilidades. No tocante à física, espera-se que ele consiga analisar e utilizar modelos científicos. Nesse ponto que fala propostas em diferentes épocas e culturas para avaliar distintas explicações. Ele tá dizendo, não diretamente, mas a gente consegue entender que é uma análise diacrônica. Porque ele vai avaliar o que era aceito como ciência em cada época distinta com o olhar daquela época. Então, a partir disso ele vai conseguir fazer explicações, né? Sobre o surgimento e evolução da vida na Terra e do universo. Bem, em relação a Base Nacional Curricular Comum foram estes os principais, os mais enfáticos que nós destacamos.

Agora nós vamos falar sobre o PCN. O PCN que... ele vai... ele não é excluyente, né? da Base, né? Eles também se complementam. Ele também vai determinar habilidades, né? Vai exigir determinadas habilidades e competências. Na competência e habilidade em relação a contextualização sociocultural então, reconhecer o sentido histórico da ciência e da tecnologia. A gente vai perceber que, embora os documentos vão se alterando, as competências e habilidades dos documentos vão se alterando; mantem uma mesma linha. Sempre vai estar pedindo reconhecer o sentimento... o sentido histórico da ciência. Ver a ciência como uma construção coletiva, analisar a influência da ciência, a ciência externalista, não só internalista. A gente vai ver que vai ficar se repetindo isso em vários documentos. Então, não é uma coisa que tá distante; os documentos originais não estão distantes do que se faz hoje, mas será que isso tá tão presente realmente dentro da sala de aula? Será que nos livros eles seguem? Porque a gente vai ver mais na frente, né? Programa Nacional do Livro Didático de 2018, ele vai ter essas diretrizes que vão ser baseadas nesses documentos. Então será que... qual é a qualidade desses livros que estão passando? Quando vocês forem analisar os livros vocês verão que muitas coisas ficam à margem do que está sendo solicitado. Então

a gente para e se pergunta: se esses que foram aprovados estão à margem, né? Já que eles foram aprovados subentende-se que esses sejam um dos melhores, né? Na concepção dos professores que foram eles a escolher. Por que que eles estão deixando tanto a desejar, né? Então, em relação ao PCN do ensino médio as competências habilidades, ele fala para compreender a ciência como construção humana. Entendendo como ela se desenvolve. Aqui ele fala: - por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas. Como a gente sempre vem colocando que o conhecimento científico, ele não tem um crescimento progressivo e linear, né? Podem acontecer as rupturas dos paradigmas e, nem sempre um novo paradigma vai responder a todas as perguntas. Ele nem sempre vai tá completo, mas vai ser, naquele momento, o que será aceito. Então vai sobrepujar uma outra teoria, uma outra ideia.

Especificamente na física, em relação aos conhecimentos de física o PCN para ensino médio diz que: é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humana. Ou seja, a física também não vai se desenvolver isoladamente. Dentro da ciência existe uma caixinha para Física, uma caixinha para Química, uma caixinha para Biologia. Essas três ciências formam as Ciências da Natureza, né? Elas têm em conjunto o seu desenvolvimento. Muitas vezes interferem um no outro, com base no conhecimento da química você faz alguma coisa da física e vice-versa. Então, é... ele traz também que o conhecimento físico seja explicitado como processo histórico. Você não vai pegar um conceito pronto e mostrar para o aluno, aquilo sem ter todo o arcabouço, todo o embasamento de como foi desenvolvido aquele processo histórico. Como foi? Quais os passos foram tomados para se chegar aquele conceito como ele é visto hoje? Não é simplesmente, igual a gente falou lá é... de uma das características da pseudo-história, citando o Arquimedes, que ele mergulhou na banheira e pronto! Descobriu, saiu com conceito pronto, saiu com as formulações matemáticas prontas; simplesmente por mergulhar. Então, não é isso! Busca-se que tenha um processo histórico, que tenha uma trajetória, uma narrativa, né? Que mostre quais são as transformações que... que esse conhecimento científico vai sofrendo ao longo do tempo.

MINISTRANTE 2 – MINISTRANTE 1 deixa só eu para um pouquinho... Outras questões a gente pode observar quando a gente tem esse texto no PCN para o ensino médio. Por exemplo, a gente pode observar esse trecho vai dizer que: o conhecimento científico é objeto de contínua transformação. Então é um... uma recomendação para que mesmo o conhecimento físico atual não seja apresentado como imutável, tá? O conhecimento físico ele não é permanente. Ele é mutável. Ele é provisório. Isso né? remete a esse trecho: o conhecimento físico é objeto de contínua transformação. Mesmo o que a gente tá ensinando agora não quer dizer que seja definitivo. Então, a gente tem aí não apenas a referência, a necessidade de haver a história da ciência como também a alusão a visões de ciência, por exemplo, a... a visão de que o conhecimento científico, é mutável. A gente vai notar, né? Ao .. ao perceber como o Arquimedes explicitou o conhecimento dele; a gente vai notar que o aquilo que o Arquimedes enunciou não corresponde a redação atual do princípio de Arquimedes. Algumas mudanças ocorreram ao longo do trajeto no, entanto a gente vai perceber que boa parte dos livros didáticos enuncia o princípio de Arquimedes e, diz que o Arquimedes escreveu aquilo, exatamente, daquela forma atual. Ou seja, esses livros didáticos estão deixando de lado, né? O fato de que o conhecimento... o conhecimento físico é um processo histórico. Aquilo que Arquimedes vai propor, aquilo que Arquimedes vai dizer né? nos documentos originais dele não é, exatamente, a redação atual do princípio de Arquimedes e o livro didático deveria ter alguma ressalva a esse respeito. Mas vocês vão notar, o que a gente encontra é: Arquimedes anunciou o princípio da seguinte forma e, o enunciado atua, tá? Então, aqui nesse trecho a gente tem a necessidade de colocar a história da ciência e a observação de que esse enunciado do conhecimento físico, no livro didático, deve ter não somente o produto da ciência, mas também o processo e, não deve o enunciado anacrônico. Deve ser um enunciado que mostra realmente que o conhecimento físico, ele vem se desenvolvendo. Como a gente viu antes por meio de processos de continuidade e, ao mesmo tempo de rupturas, tá? Então, a redação da Legislação Educacional é bastante complexa e vai abarcar tudo aquilo que a gente discutiu no encontro passado: as visões de ciência, a historiografia, vai trazer o que deve e o que não deve aparecer no livro didático, no contexto Educacional. Então, é bem... bem evidente, bem explícita quanto ao tipo de história da ciência a ser inserida.

MINISTRANTE 3 – MINISTRANTE 2.

MINISTRANTE 2 - Oi MINISTRANTE 3.

MINISTRANTE 3 - eu queria resgatar só um exemplo do que o P1 citou no nosso primeiro encontro, quinta-feira. Ele citou Carnot, lembra?

MINISTRANTE 2 – lembro.

MINISTRANTE 3 - E associou a atividade militar. Esse exemplo que O P1 deu é um exemplo de associação do conhecimento físico a outras formas de expressão e produção humanas, bem interessante. Quer dizer, as pesquisas, em física, do Carnot estavam associadas ao militarismo daí existe o contraponto aquela historiografia do início do século XX. A minha imagem....Desculpe. Daí é um contraponto àquela historiografia do início do século XX que tinha por preocupação apenas o desenvolvimento conceitual; conceitual interna a própria ciência negando então, essas influências que nós admitimos hoje em uma perspectiva que busca equilibrar internalismo e externalismo.

MINISTRANTE 2 – e que a gente vê que não está só na fala dos historiadores da ciência, né? A própria Legislação Educacional vai pontuando isso, né?

MINISTRANTE 1 – exatamente. O próprio PCN conhece, sabe, né? Vamos dizer assim, que os próprios documentos oficiais sabem do que vem ocorrendo nos livros e, dentro do próprio PCN, ele traz um texto que a gente pode verificar como uma crítica ao que vem acontecendo. Então, em relação ao ensino de Física ele vai dizer que o ensino de física geralmente é realizado mediante apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, né? Distanciado do mundo vivido tanto pelo professor quanto pelo aluno; utilizando modelos que, para os alunos, são vazios de significado. Que vai privilegiar desde o início a abstração. Desde o primeiro momento em detrimento do desenvolvimento gradual da construção do conceito de desenvolvimento, né? Vai enfatizar fórmulas e em situações artificiais, né? Os modelos artificiais onde tudo é perfeito. Vai desconsiderar a linguagem matemática com seus significados e vai, na verdade, vai primar por um estudo de repetição, né? e memorização. Não da construção do conhecimento. Então dentro do próprio PCN, ele traz essas... essas... essas... que a gente pode chamar de crítica ao que vem acontecendo, né? E uma delas falando que: - apresenta o conhecimento como um produto acabado, fruto da genialidade de mentes como a de Galileu e Newton. Então se a gente for levar isso para aquelas visões de ciência, a gente vai ver uma visão individualista e elitista, né? Uma... uma história Pedigree. Onde o aluno não vai conseguir enxergar o espaço para que ele se insira nisso. Vai ser muito distante do mundo dele. Então dentro do próprio PCN ele já verifica isso.

E... um outro ponto que MINISTRANTE 2 colocou, em relação à mutabilidade, né? Que a gente não pode dizer que a ciência é; a gente sempre vai falar que o conhecimento científico está. porque ele está mudando constantemente. Dentro do próprio PCN ele já traz isso também: - que a Física percebida enquanto construção histórica, como atividade social humana leva a compreensão de que modelos explicativos não são únicos e nem finais, tendo se sucedidos ao longo dos tempos. Então assim, ele mesmo já mostra que a ciência é mutável. Então que os conceitos que são apresentados não podem ser assim, vamos dizer acabados, né? Não... não são finais. Não podem ser percebidos como uma... uma... uma regra. Ele tem que estar sempre aberto para entender e acolher as modificações que vão ocorrendo ao longo do tempo.

MINISTRANTE 2 – MINISTRANTE 1, volta só um pouquinho no slide anterior para eu complementar uma questão.

MINISTRANTE 1 – uhum.

MINISTRANTE 2 – gente, também, se a gente se lembrar, né? Do encontro passado e a gente vai se lembrar então, lá daquela forma como os primeiros historiadores da ciência, profissionais escreviam a história da ciência; lá no início do século XX, 1920 por aí. A gente se lembra que a gente comentou aqui que eles faziam uma história do tipo agiográfica. O que é história agiográfica? Uma história da ciência agiográfica é aquela que vai enaltecer os pesquisadores como os grandes gênios, mas como pessoas assim que não são pessoas... não são quase seres humanos...

MINISTRANTE 1 – são seres de outro planeta.

MINISTRANTE 2- então, os historiadores da ciência escreviam esse tipo de história da ciência hagiográfica. Hagiográfica quer dizer história dos Santos, né? então eles endeusavam tanto os pesquisadores que pareciam ser Santos. É ... o PCN do Ensino Médio aí, vem criticando a presença desse tipo de história hagiográfica no contexto Educacional quando ele disse que: o conhecimento parece fruto da genialidade de mentes como Galileu, Newton ou Eistein, né? Então o livro didático, muitas vezes quando insere história da ciência, insere nomeando essas pessoas, enaltecendo o caráter genial dessas pessoas que parecem fazer descobertas do nada do dia para noite. O próprio caso do Arquimedes também é um exemplo, né? E então além desse caráter pedigree, de pais do conhecimento, também tem esse caráter hagiográfico. A legislação aí tá contando que existe esse tipo de história da ciência no contexto didático. A gente pode pensar, né? que esse tipo de história da ciência mais a afasta o aluno da ciência do que aproxima. Porque o aluno não vai encontrar identificação com esses grandes gênios. Muitas vezes a gente vê no livro didático,

também inserido com o argumento de que se trata de história da ciência, algumas biografias de natureza hagiográfica. Biografias nesse sentido de apologia, né? De endeusar personagens da história da ciência. O problema aí não reside no fato de ser uma biografia. Uma biografia pode contemplar a questão da transformação do conhecimento, pode mostrar o conhecimento como a... de se desenvolvendo num certo contexto. O problema não é ser biografia, mas o fato de ser uma biografia com esse caráter que a legislação ta aí a apontando, né? Mostrando que o conhecimento é fruto dessas mentes geniais e, que não tem mais nada a fazer, né? Então aluno se sente excluído dessa ciência quando ele presencia algumas dessas biografias trazidas pelo livro didático e são muito comuns, né? a gente sabe desses boxes de história da ciência trazendo esse tipo de referência que a gente tá notando aí como criticada pelos próprios PCN.

MINISTRANTE 1 - Em relação as competências e habilidades a serem desenvolvidas, especificamente em física, na contextualização sociocultural: “- reconhecer a física enquanto construção humana”. Novamente a gente vê essa competência e habilidade destacada. “-Reconhecer o papel da Física no sistema produtivo, compreendendo a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico”. Então, relacionar Ciência, Sociedade e Tecnologia isso é uma das competências que espera-se do aluno ao final do ensino médio. Mas a gente muito fala de ensino médio e pouco fala-se dos anos iniciais porque, geralmente, física vai abordar só o médio, mas lá no início? A base da pirâmide, como é que funciona? Será que na concepção de vocês...vocês acreditam que tem espaço para a história da ciência ser inserida nos anos iniciais no fundamental I e II? O quê que vocês acham? Peraí gente um de cada vez, vocês estão falando muito!

P1 – olha, eu mesmo, né? Tava na frente, eu mesmo... eu acho que talvez sejam os anos mais interessantes de se trabalhar, sabe? Porque você consegue fazer toda uma narrativa lúdica, uma narrativa histórica. Você consegue realmente contar histórias. Eu tava me vendo estudando, né? para falar sobre Terra e Universo que tá lá na BNCC, fundamental 2 que a gente fala de constelações e, muitas vezes, se eu perguntar qual o signo de alguém talvez alguém saiba, né? Leão, Câncer, Touro e tudo bem, e vai... Só que normalmente a gente não dá a ideia do porquê tem isso e, quando dá a gente esquece também de falar do zodíaco chinês, né? Que é o galo, né? Que é o coelho, que são outros animais com outras representações e os signos, né? Não signos necessariamente, mas que a própria cultura daqui brasileira tenha, né? Que os índios tinham, né? Eu mesmo, eu fiquei assim ... caramba eu não sei de nada disso. Eu tava realmente tendo que aprender para poder ensinar. Então eu acho que toda essa questão poderia ser muito bem trabalhada, sabe? Os índios tinham o processo de se localizar semelhante ao nosso com 4 localizações: norte, sul, leste e oeste. Só que parece que não, né? Parece que essa cultura é uma hegemonia do povo europeu. Que é de lá que veio e que se difundiu, né? Quando cada povo teve essa coisa em paralelo porque era preciso, por necessidade, né? Eu acho que isso é muito interessante.

MINISTRANTE 2 - a gente lembra um pouco daquela visão da história da ciência que a gente falou na reunião passada, né? Que a História da Ciência hoje ela vai pegar tudo isso, né? Ela não diz respeito somente a história da nossa ciência, oficial, padrão, né? A Física atual, ela diz respeito também aos conhecimentos etnos, da etno-astronomia, da etno-matemática. Então tudo isso né? Realmente o que você citou é muito rico e poderia entrar nessa perspectiva de abordagem histórico filosófica, tá? Então é realmente fundamental e, parece realmente que as séries iniciais, elas são um momento interessante para se começar a falar sobre história da ciência entendida dessa forma, né? Mais... mais ampla e menos restrita do que a gente tem na cabeça quando fala o nome história da ciência. Então essa... essa contextualização, essas narrativas como você colocou até no sentido mais lúdico. Elas cabem muito bem nessas séries iniciais, a gente tomando, claro cuidado, né? Para não levar uma pseudo-história que às vezes pode pensar, né? Vamos trazer uma coisa mais simplificada porque são crianças, né? Pré-adolescente, criança e a gente às vezes incorre lá naquele tipo de erro, né? da banheira do Arquimedes, mas se a gente não fizer isso a gente pode trazer narrativas também sobre os mesmos episódios históricos, num nível que seja compreensível por essas... por esse público e, que traga visões de ciência bem interessantes.

MINISTRANTE 1 vai comentar esse trecho.

MINISTRANTE 1 - só reforçar mesmo que P1 falou que pode-se buscar histórias, né? Realmente de uma forma mais lúdica para os anos iniciais. Eu tava vendo e, existem trabalhos a respeito disso, do ensino de Física nos anos iniciais. Então, vão mostrar que determinados... a evolução do pensamento dos alunos acompanha alguns... não é que eles pensem da mesma forma que aquelas pessoas do século passado. Vamos dizer assim, uma ideia equivalente, mas assim as etapas do conhecimento vai... vai... vai... vai tendo, né? para construir, para construir o conceito no final são semelhantes as de outras pessoas. Então ajuda o aluno também já desde cedo a se identificar. – Olha, eu penso como alguém pensou antes, né?! Um cientista, alguém que era importante. Usando cientista aqui não de forma anacrônica, ta gente? Mas assim como alguém antes, um pesquisador, pensou antes de mim. Então aproxima, também estimula o aluno, né? A

participar, interagir, a querer pensar e a expor. Porque muitas vezes o aluno fica... envergonhado. Não quer expor porque acha que o que ele vai falar não tá de acordo, fica apreensivo se os coleguinhas vão rir, vão debochar. Então, nesse sentido, quando ele vê que alguém pensou da mesma forma que ele; ele já se sente mais importante, mais confiante para participar.

Mas o PCN, ele fala não só do ensino das ciências nos anos iniciais como fala também do EJA. Gente o EJA, ele muitas vezes também é invisibilizado em trabalhos acadêmicos, em... em outras obras e, não tem muitos trabalhos voltados para o EJA. Sendo que esse é um setor tão importante, né? Porque para o nosso país é uma vergonha a gente tá entre os piores colocados no índice de analfabetismo da América Latina. Então em 2018 cerca de 40% da população brasileira entre 25 é ... com 25 anos ou mais não tinha instrução ou se quer concluído o Ensino Fundamental. Então o EJA a gente tinha que ter um olhar mais assim, cuidadoso com o EJA, né? E eu acredito, baseado também nos documentos que a gente que te traz aqui, o uso da natureza da ciência em particular usando a história da ciência pode favorecer. Acaba sendo até equivalente aos pequenos, porque as pessoas quando saem, deixam... tem que trabalhar depois de um dia inteiro de trabalho vão para escola. Aí não querem falar já estão cansadas, envergonhadas... Porque criança ou bem ou mal ainda não tem muito aquilo de tanta timidez, mas um adulto já fica imaginando: se eu falar isso vão debochar de mim. Então trazer a história da ciência para sala de aula no EJA também é muito importante para eles conhecerem as bases lógicas e culturais após explicações científicas, né? para ver que conhecimento não é pronto. Partiu de várias etapas para ser construída até chegar o modelo como está hoje. Esse modelo não é final, pode ter outras alterações.

MINISTRANTE 2 - eu não sei se vocês ... algum de vocês tem experiência com Educação de Jovens e Adultos?

P1 – olha, experiência mediana, né? Eu dei... quando era mais novo eu dei reforço, né? para essas pessoas que faziam EJA. E eu vi acho que uns dois artigos sobre alguns temas, né? Como você envolver e fazer essa contextualização com as pessoas do EJA, né? Que foi muito interessante essa questão e lá, também de novo, sobre o tema universo... Terra e Universo para apresentar isso eles fizeram algo muito interessante que foi trazer como...supondo, né? Tem toda uma problemática, né? Porque é uma aprendizagem baseada em problemas, né? Tá em alta as metodologias ativas, que é... se você, né? Suponha que você ganhou na loteria e aí ficou rico, da noite pro dia, né? E você tem agora que viajar, certo? Qual planeta você escolheria? Então isso traz alguma coisa muito mais perto da vivência deles, né? Porque talvez a maioria já tenha viajado, talvez tenha passado férias em algum lugar. Eles têm pelos menos essa ideia. E traz eles junto com essa discussão, né? E a aprovação foi muito boa, né? E você ensinar esses conteúdos através dessa forma, né? trazendo a participação e a experiência deles de vida.

MINISTRANTE 2 – mais alguém tem?

P7 - Boa noite! Já lecionei na EJA. Tive duas experiências. Experiência em uma turma de adultos mesmo que iam depois do trabalho e, eu sempre lembro que foi a melhor turma que eu já tive. Porque tudo eles embarcavam. Eles não tinham vergonha e, aí eu aproveitava o conhecimento deles; tinha mecânico, tinha pedreiro. Eu trabalhei um pouco da história da ciência com eles para compreender, o que é o calor? Na concepção de calor e, também na concepção de visão né? De como que a gente consegue enxergar. Da luz a natureza da luz e foi muito legal.

E a outra passagem que eu tive foi uma turma que nem era EJA, era... porque na Secretaria de Educação estava cadastrado como EJA e não tinha mais vaga na turma normal, né? E os alunos quando passam de uma certa idade eles... eles colocam, né? para EJA de um nível de reprovação alto e o aluno vai pra turma de EJA. Essa turma, que eram mais jovens não conseguia trabalhar tão bem é... o EJA. Mas, o que eu percebi que funciona é você trabalhar por temas. Você trabalhar com questões que envolvam a curiosidade deles, tipo: - como é que a gente consegue enxergar, né? E o calor? E fazer... a gente fez as máquinas térmicas de tudo. Então, uma das melhores experiências. Hoje eu não trabalho mais na EJA, ela é a noite. E o detalhe é que essas turmas de EJA eram no interior. Então ela também era uma turma que era uma pessoa bem ligado ao campo, né? E a Educação no campo também nessa escola. Era uma turma bem ligada ao campo com uma experiência muito boa.

MINISTRANTE 2 - tava pensando aqui a gente... Às vezes a gente fala sobre educação de jovens e adultos, né? E a gente tem toda a limitação desse contexto, né? O contexto de poucas aulas para uma quantidade de conteúdo enorme, toda dificuldade desse... desse contexto, mas justamente a gente vendo experiências como a que você relatou aí a gente vê que é possível. A gente, no princípio, a gente fica; - poxa mas como inserir história da ciência no contexto? Já tão ... com tantas dificuldades, né? Eu tive alguma experiência na Educação de Jovens e Adultos aqui em Natal e, a experiência que eu tive fez a minha, aquele... aquela... a minha visão inicial de quem não tinha tido contato com a Educação de Jovens e Adultos ainda.

Eu encontrei gente lá muito interessada, gente... uma mistura de idades, tanto pessoas mais jovens quanto pessoas mais velhas e um ambiente de pessoas muito interessadas. Então a gente olha para um trecho desse mesmo, mas como colocar a história e filosofia das ciências na EJA? E a gente vê a partir de relatos como seu, né? Que existe possibilidade de trabalhar. Legal interessante, mas vamos aí pra...pra outra.

MINISTRANTE 1 – aqui é uma citação da Taís Forato, do Martins, do Pietrocola a respeito da utilização dos episódios históricos, né? Para discussão sobre modelos de natureza da ciência. Então eu acho que essa citação, ela traz à tona, novamente, tudo que a gente falou na aula passada: da construção da ciência, evidenciando que cada época, cada cultura adotam critérios próprios para validar a construção do conhecimento. Então eu acho que sintetiza bastante o que a gente fala, algumas coisas ficam de fora, mas como já temos nem tudo pode ser marcado então assim, mas esta fala eu acho que sintetiza bastante tudo que a gente já disse. Então agora a gente vai analisar um outro documento, né? Que são as Diretrizes Curriculares Nacionais. Esses documentos... são... eles trazem normas obrigatórias, né? para Educação Básica, vão orientar o planejamento curricular das escolas e elas são concebidas pelo Conselho Nacional de Educação. E elas vão funcionar como uma parte complementar da Base Nacional Comum Curricular. Então esse primeiro documento, né? voltado para o ensino médio; no inciso 8 ele vai falar sobre a diversificação. Então ele vai falar o que é diversificação e, dentro de diversificação ele traz ele elenca uma série de outros... outros elementos. Então, dentro de diversificação ele fala que é:”- articulação dos saberes com o contexto histórico, econômico, social ambiental, cultural local e do mundo do trabalho, contextualizado os conteúdos e cada situação, escola, município, estado, cultura, valores, articulando as dimensões do trabalho, da ciência, da tecnologia e da cultura.” Então de novo, né? A ciência como uma construção coletiva, que a cultura vai depender do ambiente, do contexto histórico, econômico e social e, o interessante que ele vai conceituar a ciência como:”- um conjunto de conhecimentos sistematizados produzidos socialmente ao longo da história” Então, logo só por essa fala ele já disse: “ ao longo da história’ não é uma coisa que você pegou pontual lá no início do século XX. O que é a ciência? O que era ciência naquela época. O que é ciência hoje? Daqui a um século, o que vai ser ciência no futuro? Então mostra assim a transformação, né? A mutabilidade do conhecimento científico, a evolução, as transformações que passam respeitando-se sempre o contexto de cada época, de cada cultura. Então é bem interessante isso que as Diretrizes Curriculares Nacionais trazem.

A Matriz de referência do Enem.

MINISTRANTE 2 – MINISTRANTE 1 só um instante, eu queria comentar eu acho que vocês estão percebendo que os trechos que fazem referência a história da ciência eles se repetem, né? Fica um discurso bem repetitivo, bem repetitivo, né? A gente viu aí PCN, depois viu para o ensino inicial, viu as diretrizes... fica bem repetitivo mesmo. É... o discurso vai e reproduzido e eles vão encaminhando para essa perspectiva de que deve-se usar a história e filosofia da ciência, deve-se usar e, não é qualquer história e filosofia da ciência. A história da ciência a ser inserida é uma história da ciência que busca trazer algum tipo de contribuição para o ensino que está bem clara aí, qual tipo de contribuição é. Então não serve qualquer história da ciência e, mais a gente tá vendo aí, né? Legislações de datas diferentes e a gente vai percorrendo essa legislação e vai notando então, que o discurso se repete. E aí fica aquele questionamento, né? que a gente não tem como responder aqui: - Por que não é diferente então na prática? Já que toda legislação aí tá apontando no ...ta convergindo.

MINISTRANTE 1 – um outro documento é a Matriz de Referência do Enem para o ano de 2021, né? Pro próximo Enem em relação à Ciências da Natureza e suas tecnologias, da área de competência 1. Novamente: “- compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.” Essa competência, essa competência da área 1 ela já é recorrente na matriz de referência do Enem. Ela não entrou esse ano, mas como a MINISTRANTE 2 estava dizendo a gente vê que o discurso vai sempre repetindo acaba ficando... A gente não sabe se eles estão se copiando, se realmente eles pensam da mesma forma porque se falam por uma linguagem só então, era para ter muita diferença vista na prática. já que todos os documentos apontam na mesma direção então, onde tá o elo enfraquecido que não permite que se cumpra dessa forma? Que as coisas se desenvolvam dessa forma? Então a gente tem que refletir sobre isso.

É... tudo que a gente trouxe foi mais voltado para Física, mas em relação às outras disciplinas também é o mesmo discurso, por exemplo, para Biologia: “- tratar os conhecimentos de forma contextualizada, revelando como e por que foram produzidos, em que época, apresentando a história da Biologia como um movimento não linear e frequentemente contraditório.” Nessa aqui ele já fala até: “não linear” já cita que não quer que seja aquela visão de ciência da linearidade e, frequentemente contraditório para mostrar que não é tão cumulativo, né? pode ter rupturas também.

Numa outra disciplina, na Química, por exemplo:” - não deve ser entendido como um conjunto de conhecimentos isolados, prontos e acabados” A gente falou agora é... a ciência não é, né? Ela está, o conhecimento científico está. Não é uma coisa isolada, não é só internalista é externalista, também é uma construção da mente humana em continua mudança. Então a mutabilidade do conhecimento: “- compreensão do processo de elaboração desse conhecimento com seus avanços, erros e conflitos.” Interessante ressaltar que muitas vezes os erros vão fazer... participar mais ativamente da construção de uma teoria do que, se deu certo. Quando acontece alguma coisa errada, vai ser o questionamento ...quando o cientista vai fazer um experimento, mesmo que fosse um experimento mental e, aquilo não saía de acordo aí vem o questionamento: - Por que que não foi dessa forma? Então vai buscar, vai se aprofundar mais, vai tentar de outras formas e, de repente através disso ele chega a um ponto que ele nem esperava, né? Igual tem várias inven... o tecido até os utensílios domésticos são utilizados hoje em dia que foram inicialmente produzidos com outra intenção igual ao micro-ondas. Então pode vir assim de ... vamos dizer erros, né? Na hora de desenvolvimento das teorias. Esse erros entre aspas, viu gente?

Na matemática: “- A utilização da história da matemática em sala de aula também pode ser visto como um elemento importante no processo de atribuição de significados aos conceitos matemáticos. É importantes, porém, que esse recurso não fique limitado à descrição de fatos ocorridos no passado ou à apresentação de biografias de matemáticos famosos” É o que MINISTRANTE 2 já comentou também não é o problema ser uma biografia, mas é ser apenas uma biografia. Matemático

MINISTRANTE 2 – isso, da matemática. Bom a gente pode notar que há uma convergência então no discurso sobre Física, Química, Biologia e, agora Matemática, né? E aí nesse slide, né? a gente percebe a afirmação de que esse recurso não fica limitado a descrição de fatos ocorridos no passado, imagine só. Então o tipo de história da ciência que se pede aí não é uma história da ciência que vá citar esses fatos. Tem que haver uma análise crítica, tem que ser uma história da ciência que permita, né? Essa criticidade. Não é simplesmente registrar um fato, a data em que aquilo ocorreu, uma biografia. Aí no sentido que se coloca biografia é naquele sentido de apologia, tá gente? Não é... esse trecho não significa uma rejeição a biografia, mas há uma rejeição ao modelo, tipo de biografia. Então todos esses trechos que a gente viu na Matemática, Física, Química e Biologia eles apontam uma convergência, ou seja, deve haver a presença da história da ciência. Não é uma história da ciência, uma história da ciência estritamente cronológica, não é uma história da ciência de biografias hagiográficas e, é uma história da ciência que mostra então, controvérsias na ciência, né? No desenvolvimento da ciência mostra erros, mostra conflitos, né? que permite uma reflexão sobre esse processo não é um registro dos fatos que deram certo na história da ciência não é isso que a legislação tá pedindo é muito claro, né? no sentido de que se pede o processo de construção da ciência com todas as controvérsias, com todas as disputas que puderam ocorrer para que isso leve a uma criticidade e não uma... uma detecção dos fatos principais. Não é isso que é legislação tá pedindo. Isso é muito diferente daquilo que a gente vê no livro didático, muito diferente, então eu sei que a gente tem aqui no grupo vários professores, né? E acho que deve tá passando na mente de vocês: - olha é um discurso muito repetitivo e ao mesmo tempo não corresponde aquilo que a gente tem no livro didático. Então tem uma distância aí longa, né? Um abismo entre o que a legislação trás e aquilo que ocorre em sala de aula, aquilo que ocorre no livro didático. MINISTRANTE 1 você pode passar próximo por favor?

A gente vai então, né? Para os editais do PNLD de 2015.

MINISTRANTE 1 – essa fala do PNLD 2015 vai dizer, justamente, a respeito da redução da história da ciência, né? Ele fala: “- evitando reduzi-la a cronologias, biografia de cientistas ou a descobertas isoladas” a gente pode entender essa fala, do PNLD 2015, tão visualizada nos livros como aqueles Boxes que aparecem fora; não estão integrados no ensino, né? Estão muitas vezes à parte. Novamente falando da redução a cronologia, a biografia, as descobertas isoladas... lembrando também que nas biografias, geralmente, são colocadas só a ação dos grandes vultos. Aquelas pessoas que tiveram uma participação - não tão assim nos holofotes – são... eram, né? no início do século XX, eram esquecidas. Atualmente buscase o resgate dessas... desses outros colaboradores, às vezes dentro até do mesmo grupo dos cientistas, outras vezes de outros grupos. Então essa é uma fala bem importante do PNLD em relação a organização da história da ciência dentro do contexto do ensino.

MINISTRANTE 2 – pois é, nessa fala a gente percebe a questão de que você deve ter a história da ciência articulada ao conteúdo de Física. Então tá pedindo aí é que a história da ciência seja articulada, não colocada como algo a parte. Então a história da ciência tem um papel aí no próprio ensino de Física além de trazer, né? visões mais sofisticadas a respeito da ciência ela tem um papel aí na própria... no próprio ensino de Física é isso que o PNLD tá colocando ao dizer que não vale colocar a história da ciência separada, mas ela tem que vir articulada. Uma outra... uma outra expressão aí aparece: “- evitando reduzi-la a descobertas isoladas”, essas descobertas isoladas também são, ah ... negadas aí pelo PNLD de 2015 inclusive porque ela se... elas se ligam a uma visão que a gente discutiu na reunião passada, na nossa atividade síncrona

passada, que é o empirismo indutivismo. Então ao rejeitar o registro de descobertas isoladas no livro didático o PNLD tá se manifestando contra, por exemplo, ao registro de uma... uma, por exemplo, uma história do Arquimedes, né? Que traga lá o Arquimedes descobrindo o empuxo isoladamente de uma hora para outra ou Newton descobrindo a gravidade por meio da queda da maçã, né? Então isso não é a história da ciência que o PNLD quer ver. A ideia de descoberta isolada, descoberta repentina, descoberta ao acaso, mas não é o que PNLD tá querendo. MINISTRANTE 1 você passa pro próximo, por favor?

E aí, né? Se a gente olha o PNLD 2015 a gente tem uma continuidade ou até uma... vamos dizer um aprimoramento desses critérios no PNLD 2018. PNLD 2018 é o que mais vai interessar aqui para gente que é a luz dessa documentação que a gente vai analisar o livro didático, né? E que diz o PNLD 2018 nos critérios para avaliação das obras destinadas ao ensino médio? Deve vir o conhecimento físico como: “- uma atividade social e cultural humana, realizada por indivíduos em articulação, ou seja, de modo coletivo, esse processo caracteriza-se também pela sua historicidade.” Historicidade, então a Física tem história e mais ela é praticada de modo coletivo. Então não vale, segundo o PNLD, não vale usar uma história da ciência que seja de caráter individualista. Aquela história que mostra uma pessoa fazendo uma descoberta em uma data específica não serve, porque a história da ciência... A ciência é uma produção coletiva e ela é feita dentro de um contexto social, né? Ela é parte da cultura e desse modo também não vale uma história da ciência estritamente internalista, ela tem que ter equilíbrio. Afirma-se ainda que: “- todas as construções do conhecimento físico são fortemente permeadas pelos contextos sócio-políticocultural-histórico-econômicos em que se desenvolvem”. Então o PNLD 2018, neste edital, ele tá exigindo uma história da ciência de bastante qualidade que faça alusão, de fato, a todo esse contexto. Não basta e, com muita clareza, não basta aquela história da ciência estritamente cronológica que mostra o pesquisador, né? É... alheio a essa sociedade.

Outro trecho que aparece no mesmo edital diz que: “- deve-se valorizar não a sua estrutura conceitual, conhecimentos físicos propriamente ditos, mas também os principais aspectos de sua história e das suas formas particulares e se construir. Isso significa abrir espaços para discussões em que elementos da história e da epistemologia da física estejam presentes.” Então é muito claro que não basta trazer o produto da Física, né? o conhecimento pronto, mas a gente tem que trazer aspectos da sua história e das formas como a Física foi construída. Tem que haver História e epistemologia da Física. Então eu tenho que trazer também a natureza do conhecimento em Física, eu tenho que falar ... tenho que permear, né? esse conhecimento no livro didático com o conceito do que é experimento, o conceito, do que é uma lei, o que é uma teoria. Eu tenho que trazer a história da Física, história da ciência e tenho que falar sobre epistemologia da física, de um modo adequado aos meus alunos. Tudo isso então é um pedido do livro; é pedido aos autores do livro didático. Eles... ele tem uma boa pontuação nesse... nesse edital e aparece com critério eliminatório, né? das áreas de Ciências da Natureza, né? Essa questão se: “- desenvolve os conteúdos e as atividades de forma contextualizada, considerando tanto a dimensão social e histórica da produção do conhecimento quanto a dimensão vivencial dos estudantes”, estão aí aparecem os dois tipos de contextualização, né? Tanto a contextualização que fala, fala do contexto vivencial do próprio aluno, é um tipo de contextualização, quanto a contextualização histórica, né? Então tudo isso faz parte dos critérios de avaliação das obras do PNLD, no caso para ensino médio. O PNLD então é bastante explícito em relação a presença da História da Ciência, da epistemologia e isso é muito claro, né? E aparece inclusive como critério eliminatório.

Mais um trecho, é aliás um comentário, né? Que eu faria com vocês. Eu já olhei outros editais do PNLD, eu acho que esse é o mais forte em termos de pedir a presença da História da Ciência, é o que mais aparecem trechos, né? mais aparecem a... aparece uma discussão sobre que tipo de história da ciência deve ter no livro didático. Essa impressão que tá... tá passando, né? por essa... essas transformações dos editais, eles se repetem, mas esse atual é o que mais enfatiza a História da Ciência. Então diz aí, né? Se: “- utiliza abordagens do processo de construção das teorias físicas, sinalizando modelos de evolução dessas teorias que estejam em consonância com vertentes epistemológicas contemporâneas.” Vejam, eu tenho que trazer a História da Ciência e, essa História da Ciência, ela tem que estar, né? em consonância com vertentes epistemológicas contemporâneas. Se a gente se lembrar de alguns trechos aí que que a MINISTRANTE 1 trouxe, eles falavam, por exemplo, de ruptura, de paradigmas, de continuidade ao mesmo tempo de ruptura de paradigmas. Ali, né? naquela fala a gente tem uma alusão ao Thomas Kuhn. Thomas Kuhn é uma dessas epistemologias contemporâneas. Então o que o documento tá pedindo aí, né? É que eu traga História da Ciência, mas não pode ser uma História da Ciência linear, ela tem que mostrar essas rupturas de paradigmas, ela tem que ter momento de continuidade de rupturas para ela tá de acordo com essa epistemologia contemporânea.

É um outro aspecto da História da Ciência é que ela tem, que ela não pode trazer relatos pseudo-históricos do tipo empirista-indutivista, justamente porque a epistemologia contemporânea vai contrariar essa visão empirista indutivista. Eu não sei se vocês se lembram a questão do empirismo indutivismo que a gente discutiu na reunião passada, né? O empirismo indutivismo, ele coloca que o conhecimento... ele emerge, naturalmente, do experimento, da observação, naturalmente, sem ideias prévias, sem uma hipótese

orientadora, né? A epistemologia contemporânea criticou muito esse empirismo indutivismo, e ele tá presente em narrativas pseudo-históricas. Então se a gente for lembrar da história da maçã do Newton, né? Aparece lá uma leitura empirista-indutivista porque a maçã cai e Newton descobre a gravidade ou, o Arquimedes entra na banheira e descobre o empuxo. Naquele trecho, né? do PNLD ao falar que essa História da Ciência tem que estar de acordo com as vertentes epistemológicas contemporâneas e está explícito, né? para quem conhece História da Ciência, para quem conhece Filosofia da Ciência está explícito aí, que não serve esse tipo de narrativa pseudo-histórica, justamente, porque a pseudo-história se alinha a epistemologias que não são mais, tão bem vistas. É um recado aí que é dado no PNLD, né?

Mas e aí? Então de acordo com esse trecho que aparece não era mais para gente ver o relato pseudo-histórico da banheira do Arquimedes no livro didático. Será que a gente vai ver? Né? Ele não está de acordo com a vertente epistemológica contemporânea, então deveria ser eliminado. O relato mais tradicional. E aí? Será que a gente vai encontrar? Muito possivelmente, né?

Bom, o que mais que aparece, né? Entre os critérios eliminatórios se: “- apresenta expressões matemáticas de leis, sempre acompanhadas de seus enunciados próprios e em forma adequada, bem como da especificação de suas condições de produção ou criação.” Gente, o que tem haver isso com a História da Ciência? Será que vocês conseguem reconhecer que aí tem uma alusão à História da Ciência? O que que vocês acham? Tem uma alusão aí nesse trecho? E aí pessoal? Tem alguma referência da História da Ciência, aí?

P1 – é, eu acho que tem, né? Porque eu lembro que teve um professor lá da graduação da gente que foi falar das equações de Maxwell, né? E aí você chega e diz: - quatro equações, regem tudo! Só que na verdade é... eu acho que 24 equações escritas de uma forma muito complicada, né? porque naquela época eles tinham uma matemática que era mais geométrica, né? Então Maxwell escreveu todas as equações de forma geométrica, né? Que com o poder, né? E com a modernização da Matemática, com as simplificações são escritas de forma simples com alguns operadores; como quatro equações hoje, né? Só que a produção foi muito complexa, foi muito sabe? Eu já não entendo normal, né? Com as 24, não entendia nada! Sabe-se Deus lá, o quê?

MINISTRANTE 2 – O livro que trouxe, né? as equações de Maxwell, atualmente escritas, e sem nenhuma referência a produção, a criação, não dizendo que aquilo é uma notação moderna, né? que é uma forma que a gente usa hoje em dia. Um livro que trouxe isso... Aqui a gente tá falando do contexto ensino médio, né? Mas enfim, um livro trazendo paralelo com o ensino superior, o livro que não trouxe, né? Essas... esse... essa contextualização das próprias leis e expressões matemáticas, ele não estaria de acordo com o critério desse tipo, né P1?

P1 – concordo plenamente.

MINISTRANTE 2 – E por exemplo, quando a gente pensa no Princípio de Arquimedes? Se a gente notar lá a matematização do empuxo. Será que foi o próprio Arquimedes que fez?

P1 – olhe, só se ele conseguisse ver além do tempo, viu? Porque Newton foi muuuito tempo depois de Arquimedes, né?

MINISTRANTE 2 – nem Newton colocou da forma que a gente conhece, né? as leis de Newton.

P1 – é verdade.

MINISTRANTE 2 – Não é? Então Newton também, ele... ele... se a gente for ler, né? O Principia do Newton, né? Ele. A gente vai ver que é tudo uma argumentação bastante geométrica, né? É muito difícil para a gente entender porque não é nossa forma de escrever Física e, muito menos Arquimedes, né? Então esse trecho do PNLD, ele tá dizendo que ao apresentar uma lei, uma expressão matemática deve haver uma especificação das condições de produção, de criação daquilo. Então o princípio de Arquimedes, por exemplo, a gente não pode dizer que foi o Arquimedes que fez aquela matematização. Quando a gente olhar as fontes históricas a gente vai perceber como Arquimedes enunciou e o que ele não fez. E a gente vai olhar para o livro didático e a gente vai receber algumas divergências, né? a gente vai perceber que algumas... alguns contrastes. A gente vai perceber que muitas vezes o livro, o livro traz, né? Coloca na boca do Arquimedes aquilo que ele não fez. Parece indicar que ele fez uma matematização que ele não fez também, né? Então a gente pode trazer isso para outros assuntos, né? Da Física, mas se a gente for pensar, né? No nosso caso aqui, do Princípio de Arquimedes, esse trecho do PNLD significaria dizer até onde Arquimedes foi e, no caso da matematização dizer como é que aquilo foi elaborado, né? e não colocar na... na boca do próprio Arquimedes. Então a gente pode ter esse desdobramento desse trecho aí para o nosso caso aqui que

é o caso de... do nosso... não é o... o foco aqui, do nosso curso, que a princípio de Arquimedes, tá? Então, são pontos que a gente pede que vocês, futuramente, quando a gente for analisar aqui no curso o livro didático, que a gente tenha atenção, né? A isso que o PNLD tá pedindo. Afinal será que esse livro que vocês vão analisar, ele está de acordo com esses critérios? será que esse livro satisfaz a esses critérios que são eliminatórios, né, até?

Então aí diz que o livro deve: “- apresentar os conteúdos conceituais de Física sempre acompanhados ou partindo de sua necessária contextualização. Seja em relação aos seus contextos socio-cultural-históricos-econômico”, seja em relação ao cotidiano do aluno “evitando a utilização de contextualizações artificiais.” Então aí tá dizendo, né? Eu vou apresentar um conteúdo conceitual de Física como empuxo e eu tenho que ter a contextualização: social, sócio....sociocultural, histórico e econômico. Eu tenho de alguma forma, né? ter uma História da Ciência e ela não pode ser estritamente conceitual, ela tem que ser também externalista. São critérios que o PNLD coloca para análise do livro didático. Então, tem mais alguma MINISTRANTE 1?

MINISTRANTE 1 – tem, só sobre manual do professor.

MINISTRANTE 2 – verdade, além do... interessante que o PNLD ele pede não somente, algumas... que sejam obedecidos alguns critérios para o livro que o aluno vai receber como também ele pede que o manual do professor, também corresponda a algumas expectativas. Ele vai dizer o seguinte, o manual do professor tem que: “- apresentar uma proposta didático-pedagógica que compreenda não só o papel mediador do professor de física no processo de aprendizagem (...) como também a sua especificidade na condução de atividades didáticas procurando, assim, superar as visões de ciência empiristas-indutivistas”. Vejam, no encontro passado a gente falou sobre visões de ciência ingênuas, citou empirismo-indutivismo. Aqui, né? no critério do PNLD, no manual do professor ele pede, explicitamente, que as orientações para o professor estejam no sentido de que ele atue como mediador e, que nesse processo haja uma superação de visões de ciência ingênuas; aqui destacando o empirismo-indutivismo. Então se a gente tiver lá no caso do princípio de Arquimedes, né? uma atividade proposta, por exemplo; um experimento, né? Tem um experimento lá no meu livro didático e esse experimento relacionado ao Princípio de Arquimedes ele é conduzido de uma maneira empirista-indutivista vamos imaginar esse tipo de situação, né? a própria atividade registrada no livro didático ou discurso remontam empirismo-indutivismo, esse livro didático não estaria de acordo com esse critério, então pedido aí pelo PNLD 2018. E muitas vezes no manual do professor a condução que ele pede, do professor, é uma condução que reforça ainda o empirismo-indutivista, ou seja, é contrário ao que o edital tá colocando. A gente vai observar no... na análise dos livros didáticos tanto exemplares que vão estar, né? de acordo com aquela falta... MINISTRANTE 1 volta só um pouquinho.

A gente vai notar, né? na análise do livro didático exemplares que vão estar de acordo com essa perspectiva que a gente tá vendo aí, no tocante ao Princípio de Arquimedes, propondo atividades que colocam o professor como mediador e, que não trazem; e muito pelo contrário; contrariam essa visão empirista-indutivista. E a gente vai observar também o contrário, em exemplares, que o professor não atua como mediador. Não coloca o professor nessa perspectiva e que reforçam o empirismo-indutivismo, tá? Então a gente vai encontrar variantes. Nem tudo tá perdido, mas a gente vai encontrar variações nos livros didáticos. E, também a gente vai ter no critério do PNLD 2018 pro manual do professor, essa referência a: “- estimular o professor a continuar investindo em sua própria aprendizagem ampliando seus conhecimentos de e sobre a Física bem como as múltiplas formas de desenvolver as suas atividades de ensino”. A gente vai encontrar nos livros didáticos que a gente vai analisar e, aí então voltando que o nosso caso é o princípio de Arquimedes, né? A gente vai notar... notar nos livros didáticos, exemplares que empurram essas leituras. Essas leituras que a gente pede que vocês façam e que a gente vai, cuidadosamente, no fórum mediar essa... essa leitura e, a gente vai trazer aqui para discussão, né? Porque não são leituras triviais que a gente tem que pensar em como colocar isso no ensino e a gente tem que refletir sobre isso. A gente vai encontrar alguns exemplares de livro didático fazendo, simplesmente, o seguinte: empurrando essas leituras para professor. O livro didático vai colocar leia tal artigo, às vezes não coloca nem o nome do artigo, às vezes só põe um link para o professor. Não diz nem sobre o que o artigo traz, né? sobre o que o artigo trata. É... a gente vai notar isso.

Então o que que acontece? Será que o professor vai dar atenção a esse artigo que ele só tem lá um link? Ele não tem sequer o nome do artigo, ele não tem sobre o que trata o artigo, ele não tem orientação para ler. Então esse tipo de exemplar que faz isso, empurra a leitura para o professor sem nenhum cuidado. Não está de acordo com essa perspectiva que está sendo colocada aí. Isso não representa um estímulo ao professor, né? Simplesmente jogar lá uma leitura e, se o professor conseguir... conseguiu, né? Se não conseguir fica pelo meio do caminho, tá? E, também, né? Disse aí, né? Ampliar os conhecimentos de e sobre a Física então é uma referência ao professor ampliar seus conhecimentos de Física e, também sobre Natureza da Ciência que é o que tá dito aí sobre Física, significa Natureza da Ciência, ou seja, compreender como a Física se desenvolve o que ela é e como ela se desenvolve. Novamente a gente vai encontrar divisões

entre os livros didáticos quando a gente fala do Princípio de Arquimedes, alguns vão apoiar o professor propor atividades interessantes e dá orientações ao professor sobre o princípio de Arquimedes, outros não. Outros vão empurrar algum material e dizer que o professor tem que fazer tudo. Pelo menos parece, né? que o professor tem que... vai ser o único responsável pela transposição didática. Então são algumas variações aí que a gente vai encontrar, né? Ao pensar no que os livros didáticos vão trazer sobre o Princípio de Arquimedes e a gente tá vendo aí os critérios do PNLD, né? E percebe que eles são muito claros, né? Quanto ao tipo de História da Ciência, quanto ao que ele deve oferecer ao professor, deve estimular no professor. Antes da gente comentar, um pouquinho as referências, MINISTRANTE 3 queria complementar alguma coisa? Algum aspecto?

MINISTRANTE 3 – Dizer, por exemplo, que há autores de livros didáticos que não só o professor, mas ao próprio aluno, aos próprios estudantes e impõe a tarefa de ler artigos acadêmicos, entre esses que vocês lerão, né? E de interpretar a versão vitruviana, fizemos referência, né? Essa versão do episódio da coroa, no encontro passado, de interpretar como implausível a partir dessa leitura, especificamente, do artigo do professor Roberto de Andrade Martins, indicar que aquela versão é implausível. Nem é o professor que impõe essa... esse processo de transposição e, de correção, né? Daquilo que os próprios autores não conseguiram fazer. Bem eu poderia fazer...

MINISTRANTE 2 – Eu vou só frisar aquilo que você tá dizendo, tá? Olha gente, olha o que o MINISTRANTE 3 tá apontando. Assim, nós... nós quando olhamos o livro didático, achamos isso escandaloso até. Nós estamos solicitando que vocês leiam 2 artigos acadêmicos cujo nível é adequado para vocês. Só que esses mesmos artigos acadêmicos, no caso um deles, a gente encontra exemplares de livros didáticos aprovados pelo PNLD 2018 que pedem que o aluno do ensino médio leia o texto que vocês vão ler e, que é completamente fora do nível ensino médio. É um texto para vocês, não é para entregar para o aluno do ensino médio. Então só frisando aí que o MINISTRANTE 3 quis dizer, porque é um absurdo muito grande, né MINISTRANTE 3? A gente tem notado isto.

MINISTRANTE 3 – exatamente. E aí como algumas pessoas não estavam no encontro passado. Nós falamos que o episódio de Arquimedes na banheira, a águas se eleva, derrama, né? no lá no chão e ele sai correndo nu, gritando Eureka! Eureka! foi antes inclusive de um relato recuperado pelo P1, né? Antes mesmo que nós mencionássemos, essa é uma versão que chega até nós por meio da obra de arquitetura, do arquiteto Romano Vitruvius, no século 1 antes de Cristo, né? Quer dizer dois séculos depois da existência do próprio Arquimedes. Bem, esse é um dos pontos, né? Das leituras que vocês farão amanhã e, até a quarta nós discutiremos quarta-feira, né? Esse é um dos pontos de crítica essa... essa narrativa e nós consideramos pseudo-histórica. Por outro lado daquilo que eu estou falando agora leva alguns... alguns elementos que... que nós citamos aqui, por exemplo, quando nós falamos que: - é preciso ter cuidado e não reduzir a história da ciência a cronologias, como já foi muito bem frisado. Nós não estamos dizendo que cronologia é inútil e, que se surge cronologia nós não temos História da Ciência. Não é isso. É importante, por exemplo, para essa crítica de natureza histórica entender que Vitruvius foi um ser humano existente não de modo contemporâneo ao Pensador Arquimedes. Pois ele é posterior, bem posterior, dois séculos depois. O que não torna, então o relato dele fidedigno tanto quanto seria para o caso de um contemporâneo, de algum outro pensador com quem Arquimedes convivesse. Tudo bem? Conseguem entender isso? Bem, será, por exemplo, que é importante saber se Euclides, a gente remete a geometria euclidiana, existiu antes? Era contemporâneo? Ou existiu depois de Arquimedes? Para compreender a obra de Arquimedes, para situar, por exemplo, se as expressões matemáticas que aparecem, no livro didático hoje, são compatíveis com conhecimento sobre a natureza? O que é desenvolvido em *Sobre os corpos flutuantes* de Arquimedes, nesse tratado, será que é importante, por exemplo, entender que Newton viveu séculos e séculos depois de Arquimedes? Para análise do anacronismo que o P1 apontou? também o P1 lá na reunião anterior quando disse ser um anacronismo o tratamento, né? Irrefletido do empuxo a partir das leis de Newton... de Newton. Acho que foi isso que ele pôs lá no chat, né? A Emily também citou um caso de observação crucial, né? Que seria da queda da maçã. Bem então não é negação da cronologia em si. É preciso ter cuidado com isso, mas o modo como se faz o uso, como se lança mão da cronologia. Já que eu citei a observação crucial, né? e um dos critérios de reflexão sobre uma pseudo-história é o experimento crucial, como está lá em um dos referenciais teóricos que a MINISTRANTE 1 bem apresentou na quinta-feira. E nós dissemos que para esse caso nós teríamos, é bem verdade, uma observação crucial; o que que a gente vai poder encontrar lá nos livros didáticos? Ambas situações, a gente pode encontrar livros didáticos, hoje, que apresentam uma observação crucial, é aquela história da banheira mesmo, e também associado a observação crucial, experimentação crucial. Porque depois da observação crucial já sabia como resolvia tudo. O experimento falou por si. Não há pressuposto teórico, a gente tá falando então de empirismo-indutivismo. Ele passa, então, a fazer uma série de passos na experimentação que levam então uma prova de que a coroa não era feita com todo o ouro que foi cedido pelo Rei Hieron, a farsa estava aprovada... comprovada. A gente pode

encontrar então essas duas coisas, né? esses dois elementos na observação crucial que leva uma experimentação crucial e esse experimento falaria por si só. Será que a geometria euclidiana está envolvida numa possível interpretação? De uma possível farsa que tenha havido? Porque nós não sabemos se a história da coroa de rei... do rei Hieron de Siracusa, tem ocorrência. Mas, se ela tiver ocorrido. Será que foi de acordo com? Será que é plausível esse relato de Vitruvius? lá levando do nada a percepção de que a coroa não era total... que poderia se resolver o problema da Coroa do Rei? É isso que nós vamos refletir então com essas duas leituras que estão propostas para amanhã e a quarta, que serão discutidas na quarta à noite. E por fim, eu poderia citar como exemplo do... tratando não reducionismo, o nosso trabalho que foi feito nos últimos anos. Nós trabalhamos com biografia então, quando nós dizemos que a história da ciência não pode ser reduzida a biografia não é uma biografia... biografia qualquer estritamente. É uma biografia não escrita de acordo com os pressupostos historiográficos atualizados. É uma biografia que a gente pode designar no campo da história de biografia heroica, biografia laudatória, biografias com caráter... com caráter hagiográfico, como a MINISTRANTE 2 bem pontuou. É uma biografia que serve para o elogio do pensador, mas nós podemos utilizar esse, que é um legítimo fórum de humanização do conhecimento científico, o gênero biográfico, uma das categorias de trabalho da historiografia da ciência nós podemos fazer o uso desse gênero para uma compreensão mais ampla do que uma vida em particular. Nós fizemos isso para o caso de Blaise Pascal. Relacionando, por exemplo, a contextos de natureza religiosa. Blaise Pascal é um representante jansenista, isso vinculado ao modo como ele atuou no campo da filosofia natural etc. e tal. Olhar para contextos mais amplos e buscar explicar, explicar, explicar e não apenas escrever, descrever desculpa história da ciência ela não é meramente descritiva ela tem um caráter explicativo, tem um caráter explicativo. Então nessa biografia do Blaise Pascal que nós construímos, né MINISTRANTE 2? Nós buscamos responder, por exemplo, qual que foi o protagonismo do Blaise Pascal? Inclusive autores, nos encontramos três livros didáticos desse mesmo PNL, que apontam que o Blaise Pascal teve uma... idealizou um experimento que documentalmente foi realizado o Renê Descartes e, nós encontramos isso pelos trabalhos do Roberto de Andrade Martins que explorou cartas da irmã de Blaise Pascal a esse respeito. E além disso os autores do livro didático dizem que eles conduziram o tal experimento ao longo de uma montanha chamada Puy de Dôme. E, nós sabemos também documentalmente em uma carta que é enviada, supostamente, do cunhado de Blaise Pascal, Florin Perrier para Blaise Pascal que quem conduziu o experimento foi Florin Perrier o cunhado de Blaise Pascal. Então veja só, atribui individualmente a Blaise Pascal a concepção e a condução de um experimento que ele nem concebeu e se quer conduziu porque ele não tinha condição de saúde para conduzir. Ele tinha a saúde muito fragilizada. Ele não conseguiria conduzir ao longo da montanha o experimento. Então através do gênero biográfico nós vamos ah... ter um olhar mais amplo não meramente internalista, nós vamos poder problematizar aquilo que tem-se trazido de maneira acrítica por autores de livros didáticos e, poderemos sensibilizar os nossos olhares como docentes, né? Como professores. Nós temos muitos professores hoje, acho que mais que licenciados, né? Pelo que eu vejo aqui. Podemos sensibilizar em torno do que que está chegando aos nossos estudantes, do que está chegando nós mesmos. Daí a necessidade de termos um olhar mais profundo para episódios, se nós ficarmos conhecendo episódios e mais episódios superficialmente, nós não teremos um olhar crítico suficiente, né? para problematizar essas... esses problemas que surgem nos livros didáticos e que... o que são esperados porque nós ainda estamos introduzindo história da ciência na literatura educacional que chegam aos nossos estudantes e, sempre que nós começamos algo novo, em algo novo entenda que já desde as últimas décadas do século passado, né? isso não chega pronto perfeitamente, não é? Vai tendo os problemas, mas nós já enxergamos para o caso do Princípio de Pascal ou de... desculpa gente falando tanto de Pascal, né? De Arquimedes, né? Nós já enxergamos um caminho promissor, né?

MINISTRANTE 2 – ao contrário do Princípio de Pascal, né?

MINISTRANTE 3 – ao contrário do Princípio de Pascal, não é? Então, temos sim aspectos negativos. Muitos apontados, mas também vamos ter um olhar um pouco mais positivo em relação ao material com que nós trabalhamos. Porque também é um equívoco dizer que nada presta, nada serve, é inútil a história da ciência que nós temos nos nossos livros didáticos, né? Isso também tem que ter um pouco mais de cautela com essas afirmações generalizadas e, eu diria acrílicas, né? Porque não... quando nós olhamos para o episódio em partes planas podemos encontrar livros que apresentam transposição didática da história e filosofia da ciência de modo robusto...robusto.

MINISTRANTE 2 – gente, complementando algumas coisas que MINISTRANTE 3 colocou. MINISTRANTE 3 eu peço para você projetar... MINISTRANTE 1 vou pedir para você tirar essa projeção. Vou pedir para o MINISTRANTE 3 colocar a projeção do cronograma do curso de extensão onde aparece os textos da reunião que vem. Então pessoal complementando que o MINISTRANTE 3 colocou... agora, né? A gente vai, a gente vai deixar para vocês daqui a pouquinho a leitura desses dois textos, né? que o MINISTRANTE 3 vai... vai colocar na apresentação aí para gente. Um do Roberto de Andrade Martins que

é Arquimedes e a Coroa do Rei: problemas históricos, tá? o que traz esse livro? Esse... desculpa, esse artigo acadêmico? ele é um artigo acadêmico escrito por um historiador da ciência e nesse artigo o historiador vai trazer então, as duas versões. Duas versões sobre o episódio do Arquimedes, uma que MINISTRANTE 3 citou aí, não é? Que é a versão do Vitruvius que não é contemporâneo do Arquimedes, mas produzir uma narrativa posterior que ficou e deu origem a essa pseudo-história que a gente tanto conhece sobre a banheira do Arquimedes. E vai trazer uma outra possibilidade; o historiador da ciência vai trazer uma outra possibilidade de a gente entender, o que afinal fez o Arquimedes? e essa outra possibilidade, ela chega a gente pela narrativa do Galileu. Galileu estudou esse episódio do Arquimedes e da Coroa do Rei e reinterpreto. Então o historiador da ciência vai contar para a gente, né? Essas duas narrativas e mais, né? A gente é professor de física ou tá estudando para ser professor de física. Enfim, a gente tem diferentes perfis aqui de participantes, mas o que que a gente vai observar nesse... nesse texto, né? A gente vai observar algo que nos interessa muito que é também perceber que essa narrativa pseudo-histórica sobre esse episódio da Coroa do Rei ela tem problema de natureza física. Ela fisicamente não funciona, então quando o livro didático traz essa narrativa pseudo-histórica, na verdade, ele tá trazendo uma física que não funciona. E aí o historiador da ciência vai ajudar a gente a compreender porque que não funciona fisicamente esse tipo, essa narrativa. O que que há de errado em termos físicos? Então tem duas contribuições a interessantes que vocês vão ver nesse artigo que a gente vai discutir. O que a gente pede então, é que vocês leiam. Tentem ler para nos ajudar nessa discussão. Fisicamente não funciona e do ponto de vista histórico essa pseudo-história pode ser contestada e existem evidências históricas apontando que ela está equivocada e que uma outra narrativa histórica seria mais adequada. É o que esse primeiro texto traz para a gente. É um texto, né? que como MINISTRANTE 3 comentou alguns livros didáticos vão propor coisas interessantes a partir desse texto. Então esse texto, embora seja um texto acadêmico, ele vem chegando aos livros didáticos, na forma de algumas atividades sugeridas aos alunos com uma boa condução do professor. O livro didático aponta possibilidades de condução do professor e, por outro lado alguns livros que, simplesmente, apontam que o aluno deve ler esse texto, que não é para o contexto do aluno. Na verdade, não é para o público: aluno do ensino médio. Então vem se chegando desdobramentos nos livros didáticos aprovados pelo PNLD 2018, que desdobramentos são esses, né? Então para gente chegar a análise do livro didático, antecipadamente, a gente vai ler esse texto do historiador da ciência. E o segundo texto que a gente está propondo para vocês; ele critica a visão empirista-indutivista que se tem sobre o princípio de Arquimedes e, questiona até alguns experimentos muito comuns que os professores citam para falar sobre empuxo. Então os experimentos mais recorrentes que os professores citam para falar sobre empuxo esse artigo vai colocar dúvidas a respeito desses experimentos e, vai apontar que esses experimentos tem algum viés empirista-indutivista. E mais, esse... esse texto ele vai criticar o próprio enunciado do princípio de Arquimedes na forma como ele está nos livros didáticos. É um artigo também bem interessante.

Bom, o quê que um dos livros didáticos que vocês vão analisar ele propõe? Ele cita esse artigo para o professor e como se empurrasse para o professor a tarefa de modificar o enunciado do princípio de Arquimedes. Então também a gente vai encontrar isso no livro didático, tá? Enfim até agora até onde a gente avançou no nosso curso de extensão a gente tem alguns critérios já que nos permitem analisar o princípio de Arquimedes nesses livros didáticos. Que critérios seriam esses, né? Será que ao falarem sobre o princípio de Arquimedes eles estão de acordo com a legislação que a gente observou? Será que esses livros didáticos trazem a história da ciência na perspectiva que a legislação coloca? Com a função que a legislação coloca? mas que visões de ciência eles trazem ao falar sobre o princípio de Arquimedes? P4 tá falando aí que eles não trazem. Será P4 que todos eles não trazem? Não tem esperança? Nenhum? Nenhumzinho? Nenhumzinho é um pouquinho melhor que os outros? Vamos ver, né? acho que a esperança ainda não morreu, deve ter exceção. A gente espera que sim, vamos ver. Mas, a maior parte deles é realmente como você tá colocando aí, não trazem. Mas a gente já tem esses critérios, né? Obedecem ou não a legislação? Estão ou não com a legislação? Obedecem o quê o PNLD tá pedindo? Não obedece, né? Mas a história da ciência, no caso do princípio de Arquimedes, lá ela é só cronológica? Ela é restrita aquela descoberta? Ela é pontual? Ela só faz apologia ao próprio Arquimedes? Ela traz só uma biografia do Arquimedes? O que será afina que tem de história da ciência quando a gente se refere ao Princípio de Arquimedes? Então olha a gente já tem aí muitos critérios para gente analisar o livro didático. Critérios que vem da historiografia, das Visões de ciência e, hoje vieram da legislação. Então para completar esses critérios, agora a gente vai para a história da ciência de fato que é a história do princípio de Arquimedes. A gente vai, inicialmente, por meio desses artigos acadêmicos que a gente vai trazer aqui para vocês na forma de discussão, tá? A gente tem poucos dias para vocês fazerem a leitura, a gente pede que vocês tentem, na medida do possível, realmente fazer essa leitura. Recomenda, mas tentaremos né P1? A gente sabe que o tempo é pouco para todo mundo, tentem, tá? Esses dois textos eles são facilmente obtidos para download na internet. Então pelo título do artigo é só colocar no Google que vocês conseguem esses artigos. De qualquer forma eu mando para vocês também, tá? Mas é facilimo, só colocar Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos; sai imediatamente o PDF para vocês baixarem. Tentem fazer a leitura, na medida do possível, mas também não se desespere se não conseguirem... não conseguirem fazer toda a leitura, tá? Usem

o fórum que a gente vai abrir no WhatsApp que a gente vai abrir. Aí já colocaram até o link aí para nós. Muito bem, “facinho”. Usem o fórum que a gente vai abrir porque a gente também vai colocar algumas questões lá para ajudar nessa leitura, mas não se desesperem também se por outro lado não conseguirem concluir as duas leituras porque a intenção da gente aqui no próximo encontro é trabalhar esses textos com vocês, tá? Então a gente pede que vocês façam a leitura, participem do fórum que é que faz parte também da carga horária do curso lembrando agora que a gente vai contabilizar como carga horária o fato de vocês entrarem lá nesse fórum, nesse grupo do WhatsApp. Entrar e participar tá? Então vai ter a carga horária assíncrona contada quem efetivamente entrar no fórum e participar da... da questão que está sendo colocada lá. É assim que a gente vai contabilizar se vocês tiveram ou não a participação assíncrona. Bom, gente tamo aí no nosso horário, né? E eu pergunto para vocês se vocês têm mais alguma questão? Algo que queiram colocar? Alguma observação? Comentário? E aí tranquilos?

P4 – por mim tranquilo professora, tranquilo.

MINISTRANTE 2 – olha, no próximo encontro a gente vai ter na quarta-feira a gente vai colocar... a gente vai colocar na forma de discussão mesmo dos textos, né? Questionamento, tá? Vai ser mais participativo porque a gente vai colocar na forma de questionamento para vocês algumas coisas e a gente também vão participar da resposta.

P4 – professora tem um questionamento sobre o grupo do WhatsApp, como é que vai ser disponibilizado o número?

MINISTRANTE 2 – pronto, vocês registraram o número, não foi na inscrição?

P4 – sim, sim. Então vocês vão criar e adicionar a gente, é isso?

MINISTRANTE 2 – a gente vai criar e adicionar todo mundo. Se alguém colocou o número da inscrição que não é de WhatsApp, por favor, manda para mim. Não entendi o que que foi dito agora no chat. Mas, se alguém colocou na inscrição algum número que não... não é o WhatsApp; por aquele e-mail que eu estou encaminhando para vocês o texto, responde com o número de WhatsApp por favor. E aí gente, já deixando claro, que é um grupo provisório. Só para essa etapa e, ele vai ser desfeito, tá? Não se preocupem que vocês não vão estar em milhares de grupos nem recebendo mensagens sobre assuntos que não são relativos ao curso, tá? somente para discussão do texto, joia? Bom, ninguém tem mais nada a declarar a gente vai encerrar por hoje, tá? E a gente aguarda vocês na quarta-feira, tudo bem?

TRANSCRIÇÃO DO DIA 02/12/2020

MINISTRANTE 1 – Tá parecendo?

MINISTRANTE 2 - Tá parecendo, né para vocês?

P1 – Sim, sim.

MINISTRANTE 1 – Okay. Então como a MINISTRANTE 2 colocou, hoje a gente vai abordar dois artigos, Arquimedes e a coroa do rei que é do Roberto de Andrade Martins, e o paradoxo hidrostático de Galileu e a lei de Arquimedes que é de Silveira e Medeiros. Apresentação do nosso curso, o que a gente vai abordar hoje, então esses vão dizer são os... os principais envolvidos na apresentação de hoje, né? Arquimedes que viveu entre 287 e 212 anos de Cristo, o Vitruvius que viveu entre 81 e 15 Anos Antes de Cristo, e Galileu que viveu entre 1564 1642.

MINISTRANTE 1 – Vou iniciar então falando sobre Arquimedes e a coroa do rei, é só uma ficha né, que eu autor é o Roberto de Andrade Martins. Onde ele tá disponível e abordagem que ele vai fazer das duas versões tanta Vitruviana quanto a Galileana. Então como a MINISTRANTE 2 já tava falando, o Professor Roberto de Andrade Martins, atualmente ele é professor colaborador Universidade Federal do Estado de São Paulo, ele é doutor em filosofia pela Universidade Estadual de Campinas, livre-docência em física também pela Unicamp, tem pós-doutorado em Oxford, Cambridge e Oklahoma, e ele possui mais de 200 obras entre livros e artigos já publicados.

MINISTRANTE 1 – Então sobre na narrativa de Vitruvius, né que ele introduz o artigo ele faz eh... falando sobre a narrativa vitruviana. Então quem conseguiu ler o artigo vai poder participar. Quem foi Vitruvius? Em que época viveu? Embora já tinha dado uma cola que no início, né? falando do ano que Ele viveu mas...

P1 – Cortou um pouco aqui, falhou na sua fala né, mas...

MINISTRANTE 2 – Cortou Ministrante 1, a sua fala.

MINISTRANTE 1 – Cortou? Então... É por que a gente vai começar a compor a narrativa vitruviana, né? Então precisamente a gente vai fazer os questionamentos e é interessante que as pessoas participem para que a gente possa saber o que eles entenderam, e o que não tiver sido bem compreendido a gente vai complementar por aqui, então a primeira o primeiro questionamento é quem foi Vitruvius e em que época ele viveu?

P1 – Bem, essa eu repondo uma parte, né? Não sei exatamente quem ele foi mas eu sei que ele viveu depois né? Bastante tempo depois, cerca de 100 anos depois, de Arquimedes. Ele não foi contemporâneo de Arquimedes

P7 – No texto diz que ele era arquiteto, né? Também...

P1 - Ah é verdade! Ele era arquiteto também.

MINISTRANTE 1 – Então... Vitruvius foi um arquiteto Romano, ele viveu dois séculos depois de Arquimedes, realmente como P1 colocou ele não é contemporâneo do... do Pensador e ele faz o relato, a primeira vez que o relato tal qual a gente conhece nessa história vitruviano, aparece foi na obra dele de arquitetura e aí ele faz a narrativa que como teria sido eh... as etapas do processo que Arquimedes fez para descobrir o furto do ouro, na coroa que o rei, então Hierão de Siracusa, tinha mandado fazer para eh... colocar num templo né? Como forma de agradecimento.

MINISTRANTE 1 – Então já sabemos Quem foi Vitruvius, e a época que Ele viveu. Então o que que é narrativa vitruviana vai apresentar, em linhas Gerais?

P1 – Eu acho que... exatamente o que... a senhora acabou de dizer, né? Ele fala de uma história, que aparentemente não tem nada que consiga né? corroborar com isso, a gente nem sabe né? Se o rei realmente pediu né? Fez esse pedido, né se foi feito e... Ele deu origem a esse mito que a gente propaga hoje como se fosse realmente tivesse sido Arquimedes né descobriu naquele, teria sido responsável por descobrir se havia sido falsificado ou não né ele descobriu isso através da... derramamento de fluido da banheira dele né que saiu gritando né Encontrei de fato... Eureka!

MINISTRANTE 1 – Eureka.

P1 – Sou muito bom em grego não...

MINISTRANTE 1 – Então a gente vai assim... Arquimedes também aquela época ele não era uma pessoa qualquer né? Ele é uma pessoa que tem uma importância porque o rei ia fazer uma solicitação dessa, somente para alguém que tivesse um peso na sociedade né no caso dele era um Pensador então o rei pediu que ele descobrisse... com um detalhe, não podia destruir a coroa. Então ele teve que ficar pensando num artifício, ne numa forma ele conseguiu descobrir sem poder destruir, porque o rei não queria que coroa fosse destruída.

MINISTRANTE 2 – Pois é, então...

MINISTRANTE 1 – Então...

MINISTRANTE 2 – Só um pouquinho Ministrante 1. Para quem não teve oportunidade de ler nada né? E pode estar aí pegando fragmentos da narrativa através das contribuições dos colegas, eh.. o que que acontece o rei pega uma certa quantidade de ouro, entrega para o ourives e faz e fala né... Faça para mim uma coroa aí, ele recebe a coroa eh... corre então boato de que podia não ser só o ouro que tá ali na coroa né que ourives tivesse então... pega um pouco do ouro para ele né e Misturado prata enfim fez uma coroa misturada, correu o boato mas o rei ele não quer destruir a coroa ele chama então Arquimedes, e fala “oh, cê tem uma

missão. Você vai descobrir para mim se essa coroa realmente é só de ouro, só que você não pode destruir a coroa”. E aí o que que o Arquimedes vai fazer né? Então é toda essa narrativa aí que o Vitruvius conta a partir de um tempo que não é o próprio tempo do Arquimedes. Vitruvius está mais na frente né? Então resumindo para quem não tem oportunidade de ler... o que os colegas disseram né? E Ministrante 1 completou eh... se refere a essa história essa narrativa, o Arquimedes então ele vai eh... ele vai pensar e vai chegar um método então para resolver o problema.

MINISTRANTE 1 – E como essa narrativa vitruviana chegou até nós? Como vocês acham que ela caminhou ao longo da história e conseguiu se entranhar né e permanecer viva ainda hoje?

P1 – Fake News. Perdão...

MINISTRANTE 1 – Não deixa de ser né?

MINISTRANTE 2 – Não só em redes sociais...

P5 – Eu creio que foi por dois tipos de fontes, né? As fontes escritas como por exemplo, livros didáticos e as fontes orais, por professores relatados aos alunos.

MINISTRANTE 2 – O que os professores repetem, os livros didáticos copiam essa história. Então ela chega lá desde a época do... do Vitruvius né? Que o Vitruvius narra isso e as pessoas vão repetindo né a partir daí.

MINISTRANTE 1 – Porque... quem conseguiu ler tudo não vai poder negar que é uma história, vamos dizer assim, que vai chamar atenção porque uma pessoa assim consegue descobrir eh... rapidamente uma forma assim, sem muito esforço, sem muita teoria, então muitas vezes esse tipo de história utilizado como estímulo, né? Era utilizado. Antigamente né como estímulo. Ainda hoje alguns professores narram, mas, é interessante que saliente que essa história é contestada desde o século 17 por Galileu né? Então assim essa contestação não é uma coisa recente e ainda assim ela conseguiu vencer essas contestações e chegar até os nossos dias.

MINISTRANTE 1 - Nessa narrativa como que... como que Arquimedes é descrito? Nessa narrativa de Vitruvius? O que que... Assim o que que vocês eh... lendo a narrativa de Vitruvius e quem não conseguiu ler e conhece a história eh... Quem já tá pegando aqui os fragmentos que a gente tá falando como na concepção de vocês é Arquimedes?

P1 – Eh... eu acho que retrata como a versão estereotipada do cientista. O gênio eh... o excêntrico né? E pessoa de confiança do Rei. Eu acho que talvez essas sejam as três características principais né? Sempre tem uma pessoa lá para descobrir né, fazer as vontades do Rei. Essa pessoa bastante é bastante excêntrica e bastante genial, né? Aí não geral você tem aquela ideia né... O cientista, ele é mal compreendido né, naquela sociedade né ele tá tentando que as outras pessoas não compreendem, eu acho que eh... é isso em suma

MINISTRANTE 1 – Eh... realmente chegando ele é descrita como um... um... Que vamos dizer assim, de excentricidade né? Porque uma pessoa, para sair correndo nu, gritando pelas ruas da cidade, tem que ter um que de excêntrico.

MINISTRANTE 2 – Isso na narrativa do Vitruvius, né?

MINISTRANTE 1 – Isso, na narrativa dele...

MINISTRANTE 2 – Tem livros didáticos que a gente vai ver né? Que descreve que Arquimedes ficou dias sem tomar banho, ficou dias isolado pensando na história, então, eh... Alguns livros didáticos que a gente vai vendo pioram ah... a caracterização do Arquimedes, mais excêntrico ele parece ainda.

MINISTRANTE 1 – É. Tem um livro... tem um livro infantil, não tô lembrando o nome da autora agora, um dos livros eu acho que até traz uma imagem do livro dela, que fala que realmente ele foi... que ele não foi para o banho, que ele foi levado para o banho, porque ele realmente estava dias sem se alimentar e sem se banhar só pensando em como resolveria essa situação de descobrir se a coroa era realmente feita só de ouro ou se havia uma mistura.

P4 – As narrativas... Licença rapidão... As narrativas cada vez que a gente eh... que nós observamos, cada vez afastavam mais ainda ele da realidade de uma pessoa comum, e afastar o interesse comum do aluno em ser um tanto quanto pesquisador, digamos assim. Querer ser igual a Arquimedes? Deus me livre! Cara louco, até fora do normal né? E também na... no relato mostrava que o fato dele também ser próximo ao Rei já era alguma coisa fora do comum né? Não era qualquer um que se aproximava assim, e ele foi chamado até o rei, né segundo a história, o Rei que exigiu a presença dele.

MINISTRANTE 2 – É... Tem um cenário aí que... assim, torna história curiosa, engraçada, mas que ao mesmo tempo afasta do ser humano comum né e do próprio aluno portanto

P4 – Distorce a imagem do pesquisador, do santista... como queira chamar.

MINISTRANTE 1 – É realmente essa história, essa narrativa Vitruviana, ela vai trazer algumas visões ingênuas sobre a ciência. Quais são as que vocês identificaram mais prontamente?

MINISTRANTE 2 – Assim... P4 ainda está falando?

P4 - Não tava tentando ler aqui ainda...

MINISTRANTE 2 – Ah ta.

P4 – Eu tive que aproximar... a idade dele.

MINISTRANTE 2 – Então gente que visões ingênuas sobre a ciência narrativa transmite? Ela transmite alguma visão simplista sobre a ciência? Sobre como a ciência se desenvolve?

P1 – Tem... tem tanto termo bom, né? Técnico que eu esqueci né? Acho que o único bom mesmo que eu lembro é empirismo e indutivismo... lembrei!

MINISTRANTE 2 – Você lembrou. E onde você identifica o empirismo e indutivismo aí?

P1 - Eu acho que das relações que... a gente, eu acho que isso é muito essa frase que você fala dos livros né “é fácil ver que é...” fácil ver que se eu ver que transborda eu consigo subitamente transportar esse conhecimento para uma coisa né que é bem eu... eu ... eh eu acho bem difícil de você enxergar isso né? Você enxergar a relação. Mas segundo eles é isso né, aí você tem experimento que você consegue rapidamente visualizar aplicação disso e uma solução de um problema né?

MINISTRANTE 2 – É né. No caso aí da narrativa do Vitruvius, a gente tem o Arquimedes entrando na banheira e imediatamente ele tem um insight, ele tem uma ideia genial né? E aí daí sai o princípio de Arquimedes.

P1 – Exatamente.

MINISTRANTE 2 – Eh... é o empirismo-indutivismo que o... que você citou P1. Essa visão, que confunde o fenômeno... entrar na banheira e elevar o nível da banheira com o conceito com o próprio conhecimento Princípio de Arquimedes, eh... Ela ah... a visão empirista indutivista confunde fenômeno com conceito. Sala de aula, né? Um professor pode achar que fazendo um experimento, uma observação análoga essa, o aluno visualiza de modo concreto, o empuxo. Né? Então, assim essa narrativa do Vitruvius, ela transmite esse tipo de visão simplista sobre a ciência, e transmitir outros também, vocês ficaram aí sobre as figuras do Arquimedes, lembrando lá no termo técnico né como o P1 colocou aí, né? A gente tem uma visão individualista, né? Também tem uma visão individualista... Então são as duas principais divisões aí que a gente pode botar.

MINISTRANTE 2 – Ta com algum problema no som Ministrante 1.

MINISTRANTE 1 – Já arrumei. Deixa eu ver se arrumei mesmo...

P4 – É porque como ta ligado, faz o eco.

MINISTRANTE 2 – É faz o eco. Parece que tem duas entradas... parece que tem duas entradas com seu nome.

MINISTRANTE 1 – E tem por que senão eu não consigo ver o que que eles estão falando, só consigo ver a tela.

MINISTRANTE 2 – Ah, tá... Mas isso também pode dar problema, mas diga aí...

MINISTRANTE 1 – Vamos lá, então, eh... O empirismo indutivismo é bem marcante e a visão individualista também. Em relação as características de pseudo-história, vocês conseguem identificar alguma?

P1 – Ah, se eu puder falar né, de novo, só eu que falo né... Eh, tem uma parte que eu achei muito interessante, saber esses detalhes que me atentou, acho que o principal foi de, eh... por que uma pessoa né, e ele tomar banho, com digamos assim né, a água quase transbordando, na iminência de transbordar, né? Eu acho que isso é por si só é uma coisa muito estranha, aí que passa batido, que nunca foi questionado né? Que é uma coisa completamente incomum né... eh, e ele... por quê, né? Porque... foi os escravos né, os servos que fizeram isso. Se transbordasse os servos tem que limpar, tem que trabalhar, e a antigamente os recursos, eles eram muito mais escassos o que eles estão hoje em dia, né?

P1 - Então esse primeiro ponto é um ponto muito forte, né? O segundo ponto é que quando o Galileu né, fala da história ele mostra que ele, né... Olha, isso pode até fazer sentido só que não tinha nenhuma prática dessa sabe? Não é comum, não é acostumado você fazer isso e já existia uma prática muito semelhantes que quando ele fala das balanças hidrostáticas. E o terceiro ponto que foi fenomenal para mim foi a questão da imprecisão nessa medição, né? Existe uma série de fatores a ser levado em conta, existe toda a imprecisão de... E a gente faz as contas é um volume de água muito pequeno muito diferentes, no que é deslocada, a tensão superficial da água, a questão do recipiente né? Então existe né.. eh... impraticável, não é praticável certo? Não consegue ser válido na prática né? Então essas... Na minha concepção... Esses três pontos principais que corroboram a dizer que isso é uma pseudo história, sabe? Isso é aquela história aumentada, aí tem que dizer é... éh... uma história eu acho que muito bem feita, sabe, que dá para enganar, dá para enganar bem. Tanto que... é... eu acho que Galileu fala que desde 1600, que pessoas passam essa história né? E Galileu.... era uma pessoa fenomenal, né? Achou que isso é completamente sem noção né? Mas se continuar assim, vai se propagando desde muito tempo né?

MINISTRANTE 2 - Tanto P1, a gente percebe né, todo uma história bem romanceada, né? Para ser convincente aí, eh... se escreve tudo uma narrativa bem romanceada, tem um personagem de destaque né, eh... ele faz uma descoberta eh... fenomenal de uma hora para outra e, e... essa história assim ela chama muito atenção, ela tem várias características aí de pseudo história né, o Insight eh... toda... toda essa narrativa que é feita para agradar né, a gente para não todas as letras de todas a narrativa tem características de pseudo-história, Mas como você colocou tem vários pontos aí que chamam atenção né? E essa questão da... da...

MINISTRANTE 2 – Ta tendo algum som aí...

MINISTRANTE 2 – Essa questão da física que a gente vai explorar aqui no... no curso ela chama bastante atenção, porque o professor que tá contando essa pseudo-história, então ele tá trazendo visões simplista sobre a ciência, mas ao mesmo tempo ele tá ensinando uma física que não funciona, né? E se o objetivo é ensinar física, como a gente vai ensinar uma física que não funciona?

P1 – É... eu fiquei achando estranho no início...

MINISTRANTE 2 - Não é...?

MINISTRANTE 1 – O que acontece muito também, é que na hora da narrativa não dá espaço para os alunos fazerem questionamentos. Então faz a narrativa, e como a gente vai ver mais para frente existem alguns artifícios que são utilizados na hora de abordar esse tema que acaba convencendo aluno então não dá margem para questionamento, então eles acreditam... muitos saem da sala de aula acreditando na veracidade dessa história de Vitruvius e vão propagá-la, e com elas visões que ela... que ela carrega.

P6 - Boa noite professora...

MINISTRANTE 2 – Pessoal... boa noite!

P6 - Eu acho interessante porque... No ano passado eu trabalhei no PIBID, no Anísio Teixeira, então a gente trabalhou com livro... Eu acho que é... o nome do autor Benigno alguma coisa, eu não lembro agora... Que ele trazia esse recorte da... do Roberto Martins exatamente a história de... de Vitruvius, e... eh... eu acho que, exatamente como a... a Ministrante 1 falou agora, é um ponto que a gente não tem nem como questionar, porque a gente tem como certo, aquilo não foi tirado de uma fonte histórica não tem como... acho que é difícil até questionar, a gente... nós que somos... que vamos ser professores, imagine... imagine um aluno né? Que às vezes lê, às vezes nem entende que tá lendo é complicado demais eu... eu tenho até esse livro aqui e... eu já vi de novo e quando a gente lê a primeira vez, quando eu tive contato a primeira vez, é uma história tão bem feita que a gente acha que é verdade mesmo, não tem muito questionamento...

MINISTRANTE 2 – Ela convence, né? Ela convence...

P6 – Isso...

MINISTRANTE 2 – Pois é...

P4 – Eu acho... mesmo vendo o uma janela com esse espaço no livro, com esse texto ou repetindo a história, pode servir como... que a gente pode fazer um questionamento, né? Qual a... a próprio aluno, para ele ter um senso crítico, Qual é a... a lógica descreve os pontos dessa história? Porque também não é só de física, a história do... do... progressão aritmética quando a gente vai ver PA, aquela coisa Gauss, quando tinha 8, 10 anos, cada livro traz... uns dizem que ele tinha 8 anos, outros dizem que ele tinha 10 anos, quando criou a progressão aritmética, como uma forma de castigo, o professor colocou ele de castigo, e de castigo que ele tem que somar de 1 a 100. Aí daí surgiu se genialmente no intervalo de uma aula, eu queria ser igual a Gauss quando era pequeno, não tem como no intervalo de uma aula ele ter criado a progressão, não tem... Então assim, tem como se questionar isso pela questão de lógica do próprio aluno já gera aí uma questão de debate, né? Mesmo trazendo no livro, questiona o livro, ve se o livro traz alguma coisa, né?

MINISTRANTE 2 - Partindo próprio... da própria narrativa pseudo-histórica que o livro trouxe, a gente talvez, possa fazer uma problematização a partir dessa própria narrativa colocar algumas questões, olha, eh... a gente tem aqui uma... uma lenda. Mas será que foi assim? E aí colocar alguns pontos né? Pra... pra se pensar.

MINISTRANTE 2 – desses que valem a pena porque questionam as visões simples de ciência e contribuem também para o ensino da própria física, na medida que a gente vê que essa narrativa, pseudo-histórica ela traz uma física que não é adequada.

MINISTRANTE 3 - O importante, também MINISTRANTE 2, Ministrante 1, que... já que a gente tá no curso em que a gente pretende olhar né, mais criticamente os livros didáticos, do PNL 2018, quanto a esse episódio específico, ah... é importante uma questão que... Estar presente no livro didático, não necessariamente visa o reforço da versão vitruviano, porque é possível encontrar autores que apresentam a versão para problematizá-la, que podem estar chamando o professor para um processo de mediação, questione essa versão Professor com seus estudantes, então eh... o simples fato de estar presente não é algo que precisa ser visto como... uma reprovação da obra didática, uma necessária reprovação. É preciso pensar como está presente, para que está presente, né?

MINISTRANTE 2 – Exato. E a gente vai ver, não é MINISTRANTE 3? Alguns livros didáticos que colocam mesmo a versão Vitru... Vitruviana, e questionam essa visão, e proponha o aluno que questione, e não é? Que de alguma forma estabelece, que o professor deve fazer uma mediação a respeito, então realmente como MINISTRANTE 3 colocou, vocês vão perceber isso na análise dos livros didáticos, em alguns essa história de Vitruviana aparece mas não porque ela esteja correta, justamente para chamar atenção para essa narrativa e com questionamentos propostos para o aluno. Então eh... é interessante isso que vem acontecendo também, e a gente vai ver várias opções nos livros didáticos, vamos lá então..?

MINISTRANTE 1 – P5 até colocou um comentário aí no chat também, do... de quando a gente estava falando, coisa que ela lembra que às vezes trazem a narrativa que não tem a ver realmente com conceito, os alunos acabam saindo da sala sem ter ideia do que realmente para ter. Mais um ponto... Na narrativa de Vitruvius, qual seria o método que Arquimedes teria usado para descobrir o roubo do Ouro?

P1 – Bem, eh... Acho que é essa ideia mesmo que a gente repetiu, ele foi verificar a quantidade de fluido né? De líquido, presumo de água, que foi eh... que transbordou, né? Em um recipiente né? Quando aquele mesmo volume de ouro, eh... colocado num recipiente totalmente cheio, transbordava menos do que da outra vez, né? Quando ele colocava a coroa né? Transbordava mais. Então quer dizer que ele ocupava um volume maior né? Então, logo fácil ver que a coroa não é de ouro puro.

MINISTRANTE 2 - Então foi por ah... medidas de volumes, segunda essa narrativa vitruviana. Segunda narrativa vitruviana eh... você percebe a olho nu né? Que quando você coloca a coroa, né? Na banheira ela faz com que esse nível da água suba, né, aí no caso, estando a banheira cheia vai transbordar, enfim isso Arquimedes mais teria percebido tomando banho né? Essa diferença, essa... essa... essa subida do nível da água e, portanto, ele... ele pensou no caso da coroa e fez medidas de volume. Seria isso, né?

P1 – Sim, sim.

MINISTRANTE 2 - Pois é. E aí?

MINISTRANTE 1 – Certo, então eh... Com relação ao método utilizado por Arquimedes realmente são as medidas, eh... conforme a MINISTRANTE 2 já falou né? Que ele foi, na própria narrativa de Vitruvius diz, que ele pegou um recipiente encheu d'água até a borda, conforme foi o banho dele, e colocou... Conseguiu um bloco de ouro do mesmo peso da coroa, e ele colocou dentro da água, extravasou uma quantidade. Pegou um bloco de prata puro colocou dentro do recipiente, e extravasou uma quantidade. Cada vez que extravasava essa quantidade da água, ele pegava um objeto de medida, repunha essa água dentro do recipiente, então sempre tava com nível eh... recolocado. E depois ele fez a medida com a coroa, então ele chegou à conclusão que o volume derramado pela coroa não era igual o volume derramado pelo bloco de ouro, logo a coroa não era toda de ouro.

MINISTRANTE 1 – Então, vamos analisar alguns aspectos... Três aspectos, agora em relação esse... a narrativa Vitruviana...

MINISTRANTE 3 – Ministrante 1...

MINISTRANTE 1 – Oi...?

MINISTRANTE 3 – Só chamando atenção, novamente, para um dos aspectos da pseudo história não é? Você tinha colocado lá Os experimentos cruciais, essa descrição que a Ministrante 1 acaba de fazer né, eh... chamando, destacando aquilo que está no texto do Roberto de Andrade Martins, seria a descrição do experimento crucial, estabelecido lá na antiguidade, com validade até hoje não é? Essa... esse experimento, posterior, portanto se é subsequente a observação crucial que, ah... Arquimedes supostamente teria tido na banheira, são elementos portanto que foram abordados nos pontos anteriores sobre pseudo história

MINISTRANTE 1 – é...

MINISTRANTE 2 – É, a pseudo história, né ela bem caracterizada por esse tipo de experimento, observação crucial, se a gente pegar outros exemplos de pseudo história, como a história da maçã do Newton, a gente também vai ver uma situação crucial. A maçã cai na cabeça do Newton, e ele chega ao conceito de gravidade. Eh... a ideia de uma observação, de um experimento de onde sai insht, naturalmente típico do empirismo indutivista, da narrativa empirista-indutivista.

MINISTRANTE 1 – É a P5 ta comentando aqui também no chat, que parece, que ele fez o experimento, ao que parece de primeira vez, e já saiu com a resposta. Não teve esforço nenhum.

MINISTRANTE 2 – Exato. A característica do indutivismo e empirismo é exatamente essa, esse tipo de narrativa.

MINISTRANTE 1 – Então vamos analisar três aspectos dessa narrativa, a coerência, o ponto de vista histórico, e ponto de vista físico. Em relação a coerência, já saíram até algumas coisas aqui. Vamos lá, a primeira, por que um escravo encheria a banheira até a borda? P1 já abordou isso... esse ponto né? Realmente, qualquer pessoa que trabalha, vai querer minimizar né, vai querer otimizar o seu tempo e recursos, e não aumentar o seu trabalho. Se eu vou encher uma banheira até a borda, e quando alguém entrar a água vai cair, por que que eu faria isso? Mas quando você ver... ler a narrativa de Vitruvius, esse questionamento passa pela cabeça de vocês?

P4 – Inicialmente, não passava de forma nenhuma. Antes eu engolia a história, como ela vinha, eu não tenho senso.

P1 – Idem.

P5 - A história é tão bem contada, que... que a gente não para nem para pensar no contexto, que ela foi montada, sobre um regime, eh... Vitruvius era romano, né? Então a gente remete a um império romano aquele momento histórico em que Roma tava no poder, e a será que tinha escravo naquela época? Não tinha? Como é que as pessoas se comportavam né? Classe social... nada disso a gente pensa. Devido a visão central, só olhar na história que é muito bem amarrada, talvez contendo pontos verdadeiros, mas estão tão misturados que a gente não consegue saber, né, diferenciar o que seria pseudo ciência... do que... o quê... de ciência tinha de fato tenha naquela narrativa.

P4 - É... acontece que ela também se torna um conto, acaba... ela não é bem uma história, mas se torna às vezes um conto, é uma coisa bem bonita. A gente já sabe, que a gente fica ansioso para saber o final, como ele conseguiu resolver o problema, foi dada a ele, então se torna bem mais uma fábula mesmo.

MINISTRANTE 2 – É, uma fabula com consequências nas nossas visões de ciência, consequência na visão que a gente tem do pesquisador, eh... consequências na física, que tá implicada ali, enfim são várias questões que a gente pode se... pode colocar quando a gente percebe essa fábula né? Essa é uma né, porque então encheria a banheira até a borda? Outra, será que o pesquisador realmente, o filósofo grego, pensador sairia correndo nu pelas ruas?

P4 – Outra seria... o conto fala que ele saiu correndo para encontrar o rei, para contar o rei...

MINISTRANTE 2 – Imagine...

P4 – Ele chegando pelado no palácio...

MINISTRANTE 2 – Ele aparecendo nu no palácio...

P4 – É...

MINISTRANTE 1 - Embora haja relatos que o nu, aquela época não era... não tinha mesmo... não era o mesmo conceito que a gente tem hoje, mas mesmo assim, eu acho que você na presença de um soberano, você não chegaria nu né? Você... você....

MINISTRANTE 2 - E também de bom senso né? A pessoa sai correndo nu nas ruas que outra questão de coerência a gente teria? Teria mais alguma?

MINISTRANTE 2 - Será que o ourives realmente tentou roubar o rei? Pode até ser né? Pode até ser, né, mas quem sabe né? Bom enfim a gente não tem como em relação a todas as histórias, na hora do... da narrativa do Vitruvius, a gente levanta suspeitas né? Algumas coisas aí, são suspeitas...

P4 - Também tem a questão dele ter conseguido uma... um bloco de ouro do mesmo tamanho, das mesmas medidas, mesmo volume do que foi feita a coroa né, então ele conseguiu acesso, a um bloco da mesma... do mesmo quilate digamos assim né, para fazer o experimento final depois de um insight dele.

MINISTRANTE 2 – Tem toda uma narrativa romantizada, então pode não ter sido muito bem assim, e parece que não foi mesmo né?

MINISTRANTE 1 - E nesse caso, o rei deu para Ourives uma quantidade de ouro, ele teria que ser cedido para o Arquimedes, para Os experimentos, a mesma quantidade de ouro, para ele poder chegar à conclusão dele.

MINISTRANTE 2 – E quanto aos aspectos históricos?

P4 – A parte temporal também não faz muito... não dá muito prestígio, ou confiabilidade, a história né(?)ao conto. Fica um pouco complicado, se romantizar tanto algo... e algo que não viveu, né? Algo que não é contemporâneo, né? Então fica um pouco descredibilizado vamos dizer assim.

MINISTRANTE 2 – E o fato deles não terem vivido na mesma época né? Eh.... pode levantar suspeitas, em relação a essa narrativa também. E o que mais?

P7 – Eu fiquei também pensando na questão das fontes, que algo tão discutido atualmente, não é? No início, eu não lembro quem falou de fake News, e isso acontece porque a gente não checa as fontes e aí eu fiquei pensando na nossa... nosso cotidiano (né?) na escola eh... se a gente checa as fontes porque a gente costuma, geralmente, usar o livro didático, (né?) eh... eu fiquei pensando nisso. Nosso cotidiano... Será que a gente checa essas Fontes? Porque é um dos problemas, né? E Vitruvius não checa as fontes, não tem registros do período que isso aconteceu (né?) de registros contemporâneos da época de Arquimedes. E aí eu fiquei pensando na nossa... no nosso cotidiano mesmo como professor na sala de aula se a gente costuma checar né? Fiquei me analisando também nisso....

MINISTRANTE 2 – Eh... O próprio Arquimedes, não deixou registros né, desse... desse episódio... próprio Arquimedes não relatou esse episódio, então o que a gente tem é um relato indireto, aí do Vitruvius né? E de onde o Vitruvius tirou isso? Tirou de alguma situação né, do... do... descrita talvez no.... no livro do Arquimedes né, que trata do não do problema da coroa, mas trata da... da situação né de flutuação de Corpos alguma coisa pode ter ocorrido em relação a coroa do rei, mas enfim, essas... essa história parece ter sido bem fantasiada né? E pode não ter ocorrido muito exatamente como o Vitruvius narrou, todos esses elementos de coerência e a distância temporal fazem a gente pensar que tem algum problema aí, mas quando a gente vai para física aí acho que a gente encontra, né, eh... outros elementos que reforçam então a inviabilidade desse método que o Vitruvius está descrevendo.

P4 – Professora... só um questionamento... Existe algum... algum... algum escrito, alguma possibilidade de existir algum escrito sobre o rei Hieron? Comentando algo sobre isso...

MINISTRANTE 2 – Eh.... sobre isso não... não temos notícia P4, os historiadores não colocam eh... a ver sobre o episódio. A não ser relato do próprio Vitruvius né, que tá relatando aí o que aconteceu, mas o rei Hieron existiu.

P4 – Sim, sim. Não eu só queria saber se tinha algum relato dele constando sobre, eh... esse caso de coroas ou algo assim entendeu?

MINISTRANTE 2 – O único relato que existe é o relato do Vitruvius. E ai gente, o que mais? E ai Ministrante 1, na questão do ponto de vista físico né, que a gente entra agora...

MINISTRANTE 1 - Na questão do ponto de vista físico as impossibilidades do método, um deles seria em relação a tensão superficial da água, e o outro alguém já falou aqui, que é o que aparece de uma maneira mais enfática né, a gente analisando hoje que a respeito da variação do nível da água, então seriam os dois principais pontos de vista físico que impossibilitam o método. Então agora a gente vai entrar mais um pouquinho no ponto de vista físico, para isso a gente vai fazer uma aproximação matemática e vamos fazer... utilizar... utilizar as medidas atuais. Então vamos fazer algumas proposições, conforme Martins fez lá no artigo dele. Então supondo que a coroa tivesse mil gramas e que tivesse um diâmetro de 20 cm, é conhecida a densidade do Ouro, que é de 19, 28 g/cm³. Então como é que a gente checaria...? alguém... alguém teve curiosidade de fazer a conta, de abrir para checar? Ou quem leu o texto, só leu e já entendeu? Já sabe como vai fazer?

P1 – Eh... eu... eu... presumi (né?) que dá para fazer de forma tranquila (né?) e acho que eu fiquei mais interessado foi naquela variação de volume (né?), que é uma variação muito pequena no final das contas. Quando você faz a dosagem certa a dosagem de prata (né?) e faz todas as contas, todo processo né, como encontrei... Mas não, eu não abri a conta.

MINISTRANTE 2 - As contas são bastante simples né, e o que o Roberto Martins faz, aí são suposições né. Eu acho que uma coroa de mais ou menos de 1 kg o tamanho da cabeça de uma pessoa, e a imaginar um diâmetro compatível com uma coroa, pegar a densidade do ouro né. Então eh... a Ministrante 1 pode passar aí pelas contas meio rapidamente, porque são contas triviais né, como os livros, gostam de colocar para gente né?

MINISTRANTE 1 – Vamos... vamos citar o P1 aqui, é fácil perceber que a perceber que... Então vamos utilizar a fórmula da densidade, vamos conseguir encontrar o volume para essa coroa, que a gente colocou aqui, com 1 kg e com 20 cm de diâmetro, ela sendo toda de ouro. Então o volume dela seria de 52 centímetros cúbicos. Então, para que você tenha o recipiente que acomode essa coroa ele tem que ter em

torno de 314 cm². Ok, para isso a gente usa a fórmula da área, então calculando a subida do nível do líquido, a gente vai usar que o volume, que vai ser igual a área x altura. Então como a gente achou 52 centímetros do volume, e vai ter área de 314 cm², então seriam 0,16 cm a varia... a subida do líquido. Aí agora a gente vai...

MINISTRANTE 2 – Isso ela toda de ouro né?

MINISTRANTE 1 – Isso ela toda de ouro. Agora a gente tem conhecimento que a densidade da prata é 10,5g. Então como a pesquisa era para saber se tinha havido uma mistura, então a gente vai pegar uma densidade intermediária, entre a prata e o ouro, uma densidade de 14,89 e como repetir os mesmos cálculos para coroa, com aquelas mesmas Medidas com a densidade agora de 14,99. Então seria o volume de 67 e a subida do nível seria de 2 mm

MINISTRANTE 2 – 2 milímetros.... 2mm....

P4 – Era bom mesmo Galileu... oh... Arquimedes.

MINISTRANTE 2 – Arquimedes era bom né? 2mm

MINISTRANTE 1 – Pois é. 2mm...

MINISTRANTE 2 – Será que a gente mede...Será que os romanos conseguiriam medir 2mm?... Conseguiriam medir 2mm? Será? E aí?

P4 – 2mm eu acho que não, supera nem a tensão superficial da.... da.... eh... da água.

MINISTRANTE 2 – É... tem esse problema também.

MINISTRANTE 1 – Tem esse problema. Se usasse um recipiente muito maior do que esse, esse que.... esse que a gente indicou é a medida certa para ficar só com um arozinho ali né, para coroa entrar. Agora se fosse um recipiente muito maior, o nível da...

MINISTRANTE 2 – Tá piorando a situação né...

P4 – Falo mais nada...

MINISTRANTE 1 – Então vamos lá... Segundo Vitruvius, quando ele fez o experimento, ele já tirava o corpo, colocava de volta a água que faltava, medindo com sextarius, tal modo que o nível voltava a borda como inicialmente, então ele utilizava esses sextarius que era medida. Então aí tem um exemplo, do que era um sextarius, o próprio Martins já diz lá, que o sextarius eram na medida Romana de volume, que.... que valia em valores atuais a 0,547 L, então 2mm com isso, é um tanto quanto complicado, mas os romanos não tinham só essa medida de volume, eles tinham outras medidas. Então aqui tem algumas medidas de unidades romanas, tanto de comprimento, quanto de volume. Então se a gente for olhar a menor medida de comprimento, era o dedo, então que equivaleria hoje é o sistema métrico de 18,5 mm. Então mesmo que ele não tivesse usado sextarius, usasse o dedo para fazer a medida ainda seria pouco plausível que ele conseguisse verificar os dois milímetros de subida.

MINISTRANTE 2 – Então gente, a menor... A menor unidade que eles tinham equivaleria quase 20 mm... quase 20 mm. E ele tinha que medir 2 mm, tá complicado né... complicado a situação do Arquimedes, lá no império romano.

P4 – Tá complicado...

MINISTRANTE 2 - Fica difícil, a situação dele tá difícil. Essa régua i não tá servindo não...

MINISTRANTE 1 – É... Sendo que na narrativa ele nem cita o dedo né? Ele fala que ele usou o sextarius mesmo então, fica mais difícil ainda dele conseguir medir com precisão. E a tensão superficial da água, ela é uma análise atual. Ela não é uma análise que passou pela Ótica do Galileu, a tensão superficial da água a gente verifica ela hoje. Galileu se ateuve ah... a medida realmente não seria de volume, sim de peso, mas a

tensão superficial que é uma outra, uma possibilidade física, que a gente interpreta hoje, não foi vista por ele.

MINISTRANTE 2 – Pois é gente... eh... Aquela, toda questão que a gente fez, até aqui, aquela parte das contas né, de perceber subida do líquido, o quanto seria, e a dificuldade, ou impossibilidade de se medir aquilo, Galileu percebeu né, essas contas né, vamos dizer que... não é como se Galileu fez a conta como a gente fez né, mas ele entendeu percebeu isso, que era impraticável fazer aquela medida, o volume. Essa questão da tensão superficial da água, é Nossa, mas por que que ela é importante? Aí nesse contexto? Porque o Vitruvius está fazendo uma narrativa sobre um fenômeno, sobre um acontecimento, tá dizendo que o Arquimedes, fez uma determinada maneira, e essa maneira na prática, a gente né, tem conhecimentos físicos atuais, para explicar que... que também por esse motivo seria pouco plausível, tá então dentro desse contexto, esse argumento da tensão superficial da água é válido, mas porque o fenômeno si em que poderiam ocorrer daquela maneira descrita pelo Vitruvius, tá então dentro desse ponto de vista, é válido fazer essa análise atual, tá usando esse conhecimento que a gente tem hoje.

MINISTRANTE 1 – É porquê... Devido.... a tensão superficial dependendo do recipiente que ele usou quando rompeu a tensão superficial pode ter extravasado um volume maior do que o volume da coroa ou do bloco de ouro né, então...

MINISTRANTE 2 - Podendo também não extravasar em nada né?

MINISTRANTE 2 - Podendo também não extravasar em nada né?

MINISTRANTE 1 - Ou não extravasar nada, se fosse um recipiente muito grande corria o risco de não extravasar nada, então essa... Mas assim, uma interpretação atual, agora a gente vai dar uma caminhada e vai chegar até o século 17, lá com Galileu. Então qual a opinião de Galileu sobre o método atribuído por Vitruvius a Arquimedes? Qual que é o pensamento de Galileu quanto à esse método? A gente já falou aqui, a gente já até citou trechos né, do artigo, a gente acabou se adiantando, mas no artigo Martins coloca em... um... numa determinada parte quais teriam sido as palavras de Galileu quando vocês lerem o Tratado dele vocês vão verificar que ele fala aquilo mesmo. Quem lembra o que que ele falou?

P1 – Não lembro o que ele falou não... só lembro

MINISTRANTE 1 – Não, não.... Não precisa ser exatamente, mas em linhas gerais assim, que que ele fala...?

P1 – Eu acho que... fala que é comum né, é uma tarefa de difícil execução...

MINISTRANTE 1 – Aham...

P1 - Existe uma prática muito comum, que você medir o peso dos objetos no ar e na água. é uma prática que já era conhecida que é difundida, né. E que possivelmente né, Arquimedes fez dessa forma né, tanto pelo conhecimento que já se tinha, pela cultura que já se tinha, na época quando pela impra... imprati... por não ser prática. Vocês me entenderam.

MINISTRANTE 2 – Impraticidade.

MINISTRANTE 1 – Entendemos...

P7 – Ele... Ele questionou né, essa questão dele, não tem nenhum relato né contemporâneo também do perigo né, nas palavras dele... ele... ele questiona isso, a falta desse relato.

MINISTRANTE 2 – Além dele questionar.... P7, ele vai dizer que o método que o Vitruvius está atribuído ao Arquimedes, ou a que mede é muito grosseiro e longe da perfeição, e de todo falho, é a forma que o Galileu tinha de dizer que o que a gente disse aqui, né não funciona, é pouco né, eh... é pouco adequado, do ponto de vista físico, tá falando, tá grosseiro, tá longe da perfeição, ao modo galileu é isso aí que ele quis dizer né, tá errado isso, foi o que Galileu disse.

MINISTRANTE 1 – Ele fala também da longe... da longe... da precisão matemática que seria necessário ele vai falar isso em outro trecho...

MINISTRANTE 2 – Visão matemática

MINISTRANTE 1 – É fica bem-marcado assim que ele... Ele fica muito inconformado, ele com.... com atribuição que Vitruvius faz para Arquimedes, porque vocês vão ler que ele, assim... ele tinha vamos dizer assim, uma estima por Arquimedes, uma consideração, pelos trabalhos que ele diz que Arquimedes desenvolveu e tudo... Todas as contribuições que ele fez e ser colocado daquela forma na... na narrativa de Vitruvius. Então Galileu fica inconformado com isso ele começa a se questionar várias vezes, várias vezes, até que ele se aprofunda nisso e vai chegar ao ponto dele dizer qual que era um... qual seria o método utilizado na verdade. Então levanta algumas dúvidas: Quais seriam essas dúvidas levantadas por Galileu? Em relação a narrativa vitruviana.

P5 – Eu acho que...

MINISTRANTE 2 – Chegou? Ahn... diga P5...

P5 – Uma que já foi falada é que o Galileu questiona essa questão dos volumes né, ele fala sobre medida de peso e seria o mais plausível de serem utilizados, do que comparar por volume. Então uma dessas dúvidas seria essa.

MINISTRANTE 2 – Com Galileu, é interessante porque ele vai eh... estudar muito o trabalho do Arquimedes, para ele chegar a um método que ele acha que foi aquele que o Arquimedes praticou, ele estudou muitos trabalhos do Arquimedes, até... dizer olha eu acho que foi né, o peso, não foi para o volume. Porque o Arquimedes tava estudando isso e aquilo né, e tudo então o Galileu é um profundo conhecedor do trabalho Arquimedes realmente. Então como Ministrante 1 colocou aí, fica indignado com esse método que estão atribuindo ao Arquimedes, vai estudar então mesmo Arquimedes para chegar a partir do próprio trabalho do Arquimedes. É esse mesmo.

MINISTRANTE 1 – Então a impossibilidade realmente, como P5 já falou, era fazer medida de volume né, e ele propõe uma alternativa para esse método atribuído por Vitruvius, que era fazer medidas de peso e não de volume, então o que que ele teria feito, isso na concepção de Galileu, Arquimedes deveria ter pesado a coroa e os blocos de Ouro e Prata no ar e na água utilizando para isso uma balança hidrostática... isso Galileu tirou realmente, como a MINISTRANTE 2 falou, que ele se aprofundou né, ele mergulhou no trabalho de Arquimedes, então aqui a gente tem uma imagem de uma balança hidrostática que seria... que teria... um modelo similar né, de uma que poderia ter sido utilizada. Então na concepção de Galileu, o que que aconteceria, cada corpo que é mergulhada no fluido vai sofrer uma força, em sentido vertical, para cima, que vai ser igual o volume do Peso deslocado, então Arquimedes teria pego, como eu falei, a coroa e o bloco de ouro, pesou no ar, pesou na água né, e ele não sabia se a coroa, era ou não misturada. Então quando ele colocou na balança, pro bloco de ouro puro, houve extravasamento, então teve um determinado Volume... Um volume de líquido extravasado, quando ele pesou a coroa teve um outro volume de líquido derramado, então e os pesos foram diferentes que vai ocasionar, que a gente vai ver, na figura mais ali, à frente, que vai ter o desequilíbrio da balança, então se os dois estão em equilíbrio no ar quando um é imerso em água vai ocorrer o desequilíbrio.

MINISTRANTE 1 – Que seria mais ou menos até uma imagem que acho que vocês já devem até ter visto em algum livro didático. Então seria a coroa e o bloco de ouro em equilíbrio no ar e quando são imersos num recipiente com líquido, ocorre o desequilíbrio, o bloco de ouro pesa mais do que a coroa. A coroa e o bloco de prata equilíbrio no ar, e quando são imersos também ocorre o desequilíbrio

MINISTRANTE 2 – A coroa tá falsificada, né?

MINISTRANTE 1 – Isso, por que a coroa tá falsificada. Se a coroa fosse de Ouro Puro, ela manteria o equilíbrio na água e no ar, então da imagem B a gente deduz que ela não é feita toda de ouro e da imagem D, a gente deduz também que ela não é feita toda de prata. Então que sim, uma mistura entre Ouro e Prata, então na figura A tem em equilíbrio né, o bloco de Ouro e Prata no ar, quando mergulhados da coroa apresenta um peso aparente menor que... Gente, isso na nossa linguagem tá? Vai apresentar o peso aparente menor para de ouro então a densidade da coroa é menor que a densidade do Ouro portanto houve fraude. No C, coroa e bloco de prata em equilíbrio no ar e quando mergulhados em Água, a coroa apresenta o peso aparente maior que o bloco de prata, logo a coroa também não é feita toda de prata. Então a proposta de Galileu é que Arquimedes tivesse feito algo nesse sentido, e não mergulhando e medindo o volume da água que foi extravasada.

P5 - Ministrante 1 e professora, vocês me permitem fazer uma pergunta

MINISTRANTE 2 - claro.

MINISTRANTE 1 - claro.

P5 - agora eu não lembro se os textos falam sobre isso, mas dentro dessa figura dá para a gente ver que o material da coroa ele não tá todo puro, né? Tá misturado, aí a dúvida é se teria como saber qual a porcentagem de ouro e qual a porcentagem de prata? Eu acho que só por esse experimento – sim, como a gente tá vendo agora imagem - não dá para saber. Eu não lembro, não me recordo se os textos falam sobre essa porcentagem. Aí é uma dúvida minha

MINISTRANTE 2 – P5 o que que vai acontecer, assim O Galileu no Tratado dele que a gente vai ler, né? Ele mostra como é que funciona essa balança hidrostática, que é esse esquema que a gente tá vendo aí, tá? E o Galileu ele... ele propõe, ele mostra exatamente como é que usando esse... esse esquema da balança hidrostática você conseguiria então chegar um ponto de equilíbrio, tá? Você consegue ir deslocando espiras ali no braço da balança a gente vai ver no texto do Galileu, tá? Você vai deslocando espiras ali no braço da balança e com isso você vai conseguindo chegar um equilíbrio e aí por isso você identifica a participação, por exemplo, de cada metal naquele objeto. Então era um método que eles usavam mesmo para avaliar ligas ... metálicas e o Galileu então no trabalho dele, ele vai, então explicar, isso como é que funciona, exatamente, essa balança hidrostática. Por isso é a Pequena Balança, né? o Tratado dele. Então isso servia não só assim para dizer ah! a coroa, né? O objeto não é só de ouro, mas também permitia identificar participações ali de metais diferentes naquele... naquele objeto e, já era usado na época, tá? Já era usado na época. A gente vai ver no tratado do Galileu.

P5 – obrigado professora pela explicação, por já ter adiantado um pouquinho.

MINISTRANTE 3 – O próprio autor, P5. O Roberto de Andrade Martins, ele chama atenção a isso no artigo, né? É esse trecho que a Ministrante 1 pôs aí nos slides são já uma transposição didática. A gente pode encontrar nos livros didáticos e... nós vamos problematizar, inclusive, aquilo que é apresentado através do paradoxo, certo? Que é o objeto do próximo texto. Aí no artigo, só chamando a atenção, na página 119 é dito nas duas últimas frases: “através de medidas de peso da coroa e de blocos de prata e ouro puros na água e no ar é possível determinar-se com grande precisão a proporção de prata utilizada pelo ourives. No seu pequeno Tratado Galileu diz como poderia ser construída uma balança especial que permite realizar facilmente esse tipo de comparação”. Então como a professora MINISTRANTE 2 acaba de também mencionar. Então o autor já mencionava isso (chamando a atenção nesse aspecto) e nós vamos ler esse texto depois. Além disso nós vamos problematizar então paradoxo que pode ser pensado nessa intenção didática é... nessa proposta de Galileu.

P4 – licença também, no próprio artigo diz que no século 17 existiam, existiam instruções, indicações de como fazer esse cálculo do percentual sim. Percentualmente a partir do...do... dessas balanças também. Então era possível.

MINISTRANTE 2 – na verdade já na época do próprio Arquimedes, né? Porque Ministrante 1 vai mostrar aí, né? Que a documentação histórica existe; existe documento que se refere a balança e, que atribui a balança ao Arquimedes

MINISTRANTE 1 - então muito se falou que a narrativa de Vitruvius a gente não pode confiar porque ele não era contemporâneo de Arquimedes. Mas e quanto a narrativa de Galileu? Ele viveu no século 17. Qual a confiabilidade?

P4 – essa é uma coisa interessante, acho que até na...na... a gente já tem debatido isso faz tempo, naquele tempinho da professora; que ele também não é Historiador, né? Mas o relato que ele traz é mais confiável, digamos assim né? É mais fácil de assumir do que o relato do Vitruvius, né? Então assim, não é questão de confiar 100%, mas é argumentação que ele coloca torna mais plausível. Tem esse de ser de uma certa forma ou de outra até porque a gente não sabe nem quer se existiu, realmente, essa tal coroa esse.. esse...episódio, se existiu.

MINISTRANTE 1- Mas você... você acha que a gente pode confiar mais no que Galileu falou porque ele tem um determinado embasamento físico? Pr que ele aponta as falhas físicas da narrativa vitruviana?

P4 - Eu acho que é porque ele detalha mais. Eu acho que eu confiaria mais pelo fato dele detalhar a forma como poderia ter acontecido. Aí então o argumento que ele usa faz mais a defesa dele.

P1 - Eu acho que uma coisa aqui que surgiu, né? Que é em meados, né? De Galileu que surge a descoberta do método científico, né? Então a partir daí você vai ver que o que Galileu falou podia ser provável, né? Ele conseguiu colocar a prova aquilo que ele falou, sem falar que ele é um especialista naquilo, né? Como a gente viu naquele texto, que o outro era um arquiteto. Galileu é um físico e matemático, né? Então além de ter, né? Seu arcabouço teórico para falar ele... você podia testar, você poderia verificar, né? O quão difícil de você executar tal experimento, né? O mais provável, não corretamente né? Seja que o outro estivesse certo.

P7 – eu acho que bem provável mesmo, né? mas que não tenha acontecido mesmo, tanto do ponto de vista físico como um registro e, na narrativa de Galileu. Eu acredito que a gente não tem certeza se realmente Arquimedes fez e, se ele fez dessa forma, né? Eu acredito que não tem como saber, mas que do ponto de vista físico a saída que Galileu traz né? É confiável, ela pode ser, se a gente for analisar fisicamente ela está correta.

MINISTRANTE 2 – assim, aparecem alguns elementos aí nas falas de vocês... O Galileu tá no século 17, desde a época lá do Arquimedes se faziam observações, experimentos, tudo isso era comum de ser feito, né? Observação... experimento. Galileu ele tá numa época aí, né? Em que vai... vão ser pensadas outras metodologias para física, mas aí uma forma plural, né? Não pensando em uma metodologia específica, mas outras metodologias. E aí vai ter uma ênfase muito grande a partir dessa época no experimento. O experimento sempre existiu, mas a ênfase ganha força aí, com o pessoal do século 17, por exemplo. E ele vai estudar esse fenômeno de um modo bastante rigoroso, mas o Arquimedes também estudou. A questão é que o Arquimedes ele vai ter uma outra forma de ver o assunto, uma outra metodologia e ele vai se basear principalmente na geometria euclidiana, enquanto o Galileu, usando já a visão que ele tem na época dele, ele vai partir para outro tipo de argumentação. Mas enfim cada um dentro do seu contexto, os dois fazendo trabalhos bem rigorosos e de acordo com os critérios das próprias épocas, né? Arquimedes com a sua forma de pensar física e Galileu com a sua outra forma de pensar a física. Não que... não que uma seja melhor do que a outra, mas são formas diferentes de ver a física. E o Galileu vai dar uma contribuição muito importante porque ele faz o trabalho dele e ao mesmo tempo ele vai atrás da história da física. Galileu é interessante, bastante interessante por causa disso. Ele admira esses outros personagens da história da física e vai atrás de entender o que eles fizeram e quer saber como fizeram e coloca numa linguagem aí própria do século 17. A gente não tem como saber se o que o Galileu tá dizendo, se a narrativa do Galileu é verdade. Mesmo tendo acesso a essa documentação da época que cita a balança hidrostática, que a atribui a Arquimedes a gente, na história da ciência, a gente tem histórias mais plausíveis. Essa que o Galileu tá formando aí para gente é mais plausível do que a narrativa vitruviana por motivos físicos e por corroboração histórica. Então ela tem documentos que apoiam essa versão do Galileu. É fisicamente ela é mais plausível e ela tem documentos que apoiam. Se ela é verdade ou não essa versão do Galileu, não sabemos e não vamos saber por que na história a gente não tem ... a gente não vai voltar na máquina do tempo e vai chegar lá e vai ver o Arquimedes fazendo, né? Mas enfim a gente trabalha dentro de uma ideia de que essa... a gente... essa é mais plausível por vários aspectos que a gente tá levantando aqui. Então O Galileu né? Nesse questionamento que Ministrante 1 tá colocando aí no slide, ele se baseou para fundamentar a versão dele nos próprios trabalhos do Arquimedes que ele estudou profundamente e, viu que fazia sentido essa versão da balança hidrostática. Que ela combina com aquilo que o próprio Arquimedes vinha estudando. Dá também para a gente confiar no relato do Galileu por causa das fontes que parecem corroborar a existência da balança hidrostática na época do Arquimedes e esses documentos... esse do século 12 é importante, mas o mais relevante que a gente tem seria esse poema do século quarto e quinto depois de Cristo que aumente atribui a balança ao Arquimedes. Então esse é uma corroboração mais forte. Transforma a versão do Galileu em verdade? Não transforma. Mas transforma na versão mais plausível que a gente tem, enquanto a versão do Vitruvius a gente percebe que ela é fisicamente pouco viável, né? E é carregada de empirismo-indutivismo, né? Do *Insight* repentino, então ela é bastante questionável além de não ter corroboração histórica, né? Só tem lá o próprio Vitruvius falando e não tem documento que apoie. Então isso resume, no texto do Roberto Martins, o embate entre a versão vitruviana e a versão do Galileu. Essas duas versões entram em choque, né? no texto do Roberto Martins. Diga P4..

P4 – professora, então, no caso, a gente pode falar que durante esse momento Galileu... ele foi Historiador? Ele era Historiador durante esses... suas pesquisas digamos assim, nesse momento ele estava sendo historiador?

MINISTRANTE 2 – não MINISTRANTE 3? MINISTRANTE 3 fez assim (faz sinal negativo com a cabeça) Bom de certo modo ele tá procurando a história da física, ele tá fazendo uma análise crítica da história da física. Essa profissão não existia na época, né? A profissão do Historiador da ciência é uma profissão do século 20, né? Então... enfim, ne?

MINISTRANTE 1 – Galileu era interessado, né? Vamos dizer assim, ele era uma pessoa que buscava, ele não queria saber só dá coisa pronta. Ele queria saber de onde vinha. Então ele era uma pessoa que buscava. Ele ia lá e catucava, procurava alguma coisa.

P4 – mais um curioso.

MINISTRANTE 1 – É, um curioso. Então, a gente vai fechar esse texto aqui agora né? Exploramos as duas narrativas, tanto a de Vitruvius quanto a de Galileu. Mostramos as impossibilidades da narrativa vitruviana, mostramos os fatores que contribuem com a narrativa de Galileu. O embate entre elas, desde quando acontece, né? Esse incômodo que Galileu sente dessa narrativa vitruviana em relação a Arquimedes. Se vocês tiverem mais alguma coisa para colocar sobre esse artigo, esse é o momento.

MINISTRANTE 2 – bom, gente é um aspecto aí então que vai decorrer dessa conversa toda, né? É a gente então olhar como é que isso vai aparecer no livro didático. Aparece só a versão do Vitruvius? Aparece a versão do Vitruvius e a do Galileu? Não aparece nenhuma? Não há menção alguma ao episódio do Arquimedes e da Coroa do Rei? Então a gente vai notar que existem variações nos livros didáticos e, que inclusive existe menção a esse artigo. Vocês acham ... quem leu este artigo, achou artigo fácil para ler? Essas contas foram fáceis para vocês? Simples?

P1 - esse primeiro, né? Esse primeiro eu achei fácil, o segundo ... porque o segundo sabe eu achei muito interessante. Toda conta que eu fazia: - hummm, é mesmo! Eu fiquei tentando entender daí depois eu queria fazer a conta, né? As contas do outro eu acho que não são triviais, né? Para mim não é fácil mesmo.

MINISTRANTE 2 - pois é. Esse primeiro a argumentação não é tão complicada e as contas para nós são triviais. No entanto a gente vai ver que tem autor do livro didático recomendando a leitura desse artigo para o aluno do ensino médio, tá? Esse do Roberto Martins, esse que a gente comentou agora. É... a gente acha que soa um pouco duvidoso essa questão de colocar isso para o aluno do ensino médio porque se trata de um texto acadêmico para a gente discutir, por exemplo, na formação de professores, né? Para dar subsídios para uma transposição didática da história da ciência, ter como subsídio para o autor do livro didático, mas entregar esse tipo de material para o aluno do ensino médio eu acho que quem é a professor aí sabe que não rola muito essa proposta, né P4? Funcionaria?

P4 – eu posso até entregar, né? Mas, receber algum retorno seria quase impossível.

MINISTRANTE 2 - quase impossível, né? Pois é a gente... olha, vocês vão notar lá no livro didático que tem de tudo. Tem essa história transformada em história em quadrinhos...

P1 – eu já acho sabe? Que eles têm capacidade de ler, eles têm capacidade de entender. Eu acho que depois de ler, né? E entender alguma coisa, eles poderão ser levados a um debate guiado pelo professor.

P4 – do Fernando Lang ou do.... O do Fernando Lang eu acho que é quase zero.

P1 – Não, esse aqui que a gente acabou de falar, né?

P4 – a tá, tá, tá...

MINISTRANTE 2 – você acha P1 que um aluno do ensino médio leria um trabalho com essa extensão toda?

P1 – menino, rapaz... eu acho, eu acho que a gente tem que forçar certas coisas, sabe? Eu conheci um aluno do ensino médio que ele leu o livro, bem... falando de Martin, né? Acho que é R.R. Martin, não sei, que é as Crônicas de Gelo e Fogo, que tem ... Game of Thrones. Ele ia pro colégio, sabe? E ele não deixava de levar os livros dele. Aquele livro tinha umas 600 páginas. Ele leu os quatro lá na escola, né? Ele leu assim.... é uma história medieval, é uma narrativa que ela é complexa, sabe? Ela envolve muita estratégia, envolve

muito planejamento, ele envolve campo, ela envolve planície, superfície, sabe? Eu acho que ele tem capacidade de ler isso. Ele consegue ler muito mais do que isso...

P4 – a questão é... eu vejo assim, eu concordo que a gente tem que forçar de certa forma e estimular no caso. Mas, eu acho que tipo é 2%...3%... então com relação de um debate, ou ler em conjunto alguns trechos ou adaptar o texto, seria bem interessante essa parte de adaptação do texto para gerar curiosidade. Se eu simplesmente chegar e solicitar que eles leiam... são poucos os que retornam. Não, eu tô falando o meu, né? Onde eu frequento são poucos os que retornam, mas se eu participar junto da leitura ou estimular uma criação de uma versão, mandar eles fazerem – como a professora falou - tem versões em quadrinhos disso, né? manda eles usar, trabalhar o texto para gerarem um produto acho que assim pode dar mais certo.

MINISTRANTE 2 – uhum

P4 – o segundo ...

P1 – usando tática. É porque eu sou a favor da aula divertida, sabe? Existem momentos que você tem que entrar e sair divertida ...

P4 – se pedir para eles para eles gerarem alguma coisa

MINISTRANTE 2 - P1 eu vou colocar para vocês depois quando a gente entrar no próximo debate lá no fórum, no WhatsApp eu vou colocar para vocês um link desse texto aí do Roberto Martins transformado em roteiro de teatro para ensino médio. Ficou bem legal saiu na física na escola tem uns dois, três meses vou colocar lá para vocês darem uma olhada quem tiver curiosidade. Ficou bem... bem interessante com uma possível proposta, né dentre várias. Bom gente, entrando aí no... no outro artigo que a gente recomendou a leitura para vocês, os autores são Fernando Lang da Silveira e o Alexandre Medeiros e, é um artigo que também tá no caderno brasileiro de ensino de física de 2009, né?

MINISTRANTE 3 – MINISTRANTE 2?

MINISTRANTE 2 – oi MINISTRANTE 3.

MINISTRANTE 3 – só uma menção aqui. Que esse trabalho que você e seus colaboradores desenvolveram, né? Na Física na Escola foi pensado para estudantes do ensino médio. Nós temos relatos, na nossa área de pesquisa do uso deste texto do professor Roberto Martins em outras formações de professores. Relatos documentados de que professores em formação inicial tiveram dificuldade de compreensão desse texto quiçá estudantes, pensando em estudantes em geral e não de alguns estudantes em particular, não é? Estudantes do ensino médio. É preciso ponderar que esse texto não foi destinado a eles e está publicado no caderno brasileiro de Ensino de Física.

MINISTRANTE 2 – bem lembrado, foi o da Thaís Forato que a gente citou lá na primeira parte do curso. Ela fez uma intervenção na formação de professores em São Paulo na UF ABC e usou esse texto do Roberto Martins esse Arquimedes e a coroa do rei e, os professores em formação que leram tiveram dificuldades e pediram que ela colocasse questões para ajudar na leitura. Então assim, é um dos tipos de informação que a gente toma como base para questionar a proposta de levar esse artigo diretamente para o ensino médio. Com base nessa... nessas evidências. Bom, em relação ao outro artigo, realmente, como o P1 colocou aí, né? Ministrante 1 você pode voltar lá no Fernando Lang? Em relação a esse outro artigo a gente pode observar, né? Que ele... ele traz né?

MINISTRANTE 1 – to com dificuldade aqui, sabe? Meu TI não tá aqui para me auxiliar, então tô tendo um pouco de ... eu vou chegar lá. Calma.

MINISTRANTE 2 – Bom, esse outro artigo a gente já percebe que ele tem uma complexidade maior, né? Quando ele propõe as três abordagens ele... ele já é um pouco ... a matematização já é um pouco mais complicada do que nesse outro que a gente analisou. Então a gente tem aí o Fernando Lang da Silveira assim como o Roberto Martins a formação inicial dele é em física, né? Só que o... enquanto o Roberto é Historiador da ciência o Fernando Lang foi para a área de educação Então fez doutorado em educação e seguiu então, trabalhando no ensino de física voltado para a inserção didática da história e filosofia da ciência. O Alexandre Medeiros você não achou a imagem dele?

MINISTRANTE 1 - não achei a imagem do Alexandre Medeiros, eu achei vários Alexandre Medeiros...

MINISTRANTE 2 – muitas pessoas com o mesmo nome.

MINISTRANTE 1 - e aí eu fiquei de disponibilizar para ver se encontro verdadeiro Alexandre Medeiros e coloco no slide para disponibilizar para eles.

MINISTRANTE 2 – dá para ver pelo currículo Lattes dele, né?

MINISTRANTE 1 – eu procurei pela universidade rural...

MINISTRANTE 3 – pela universidade rural, facilmente, a gente acha, tá bom? Ele é professor da Universidade rural de Pernambuco. Só colocar lá Alexandre Medeiros e a sigla, ele tem um blog pessoal.

MINISTRANTE 2 - ele é um autor muito conhecido. Muito conhecido da área, trabalha muito com história da ciência no ensino. Já esteve aqui para quem é daqui... daqui de Natal, né? Ele já esteve aqui natal várias vezes, né? Então bastante conhecido também. Bom Ministrante 1, e aí como é que fica essa apresentação do artigo?

MINISTRANTE 1 - esse artigo, eles vão abordar o paradoxo hidrostático de Galileu e a gente percebe logo no primeiro... logo na introdução do artigo algumas críticas que eles vão fazer a uma determinada visão e, eles colocam lá, eles pontuam que essa... essa visão, né? Que em geral os livros reforçam e para sala de aula reforçada é a visão ingênua do empirismo-indutivismo e, na maioria das vezes utiliza-se... eles até... eles trazem no artigo o nome do autor que usou pela primeira vez no livro esse tipo de experimento onde não deixa sombra de dúvida para o aluno que o princípio de Arquimedes tal qual ele é apresentado no livro, o conceito atual, está correto. Então eu trouxe uma imagem, é uma charge, né? do Arquimedes. Eureka na banheira e o experimento é esse mesmo colocou um objeto dentro de um recipiente, o líquido que vai extravasar vai ser exatamente o volume eh... do objeto que foi inserido, imerso, né? então aqui ele dá dois blocos diferentes, a gente vai subentender que seja ouro e prata e, no final a coroa. Então a gente tá vendo que os níveis de líquidos que foram extravasados são quantidades diferentes. Então ele faz... eles vão fazer logo no início críticas severas a esse tipo de visão. Então falam que grande parte é corroborado por esse experimento e ele não vai deixar margem de dúvida e os alunos vão prontamente aceitar de acordo com o... o conceito de Princípio de Arquimedes é apresentado nos livros, né? Que é: “todo corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido por ele deslocado”. É assim que o livro didático, na sua maioria, traz o conceito de Arquimedes. Quando muito coloca o nome Princípio de Arquimedes e coloca entre parênteses a data de nascimento e morte de Arquimedes e traz o conceito atribuído a ele esse enunciado.

MINISTRANTE 2 – acontece, né? que geralmente o professor, né? ao introduzir esse assunto ele faz um experimento no sentido do que tá sendo colocado aí nesse enunciado e, acha que é evidente que o aluno está observando, exatamente, o que está sendo colocado aí nesse enunciado, né? Então o professor faz algum... algum experimento em que um objeto é mergulhado no líquido e aí, do fenômeno em si, o professor considera que o aluno está visualizando todas esse enunciado aí que a gente tá notando que é o enunciado do princípio de Arquimedes conforme ele, geralmente, é enunciado no livro didático. Então isso é o que a gente chama de uma visão empirista indutivista, né? Colocar esse... esse tipo de experimento e acreditar que o enunciado emerge naturalmente da visualização desse tipo de situação. É justamente o que os autores desse artigo vão criticar, né? Essa... esse uso desse tipo de argumento no ensino de física, especialmente no caso do princípio de Arquimedes e, eles também vão levantar a partir do mesmo Galileu, né? Que questionou a versão do Vitruvius, da banheira, do... da coroa, da questão da coroa. O mesmo Galileu vai questionar o próprio enunciado do princípio de Arquimedes e aí vai chegar aquela ideia do paradoxo...

MINISTRANTE 1 – o interessante foi o que P7 falou no início da... do outro texto é que: - muitas vezes os próprios professores não tem esse questionamento, né? Então, autocrítica e autoconhecimento... então tem-se uma credibilidade naquilo que o livro didático trás por acreditar que foi um material revisado, foi a construção de várias pessoas, que existe um regulamento... então muitas vezes o professor, simplesmente, segue o que tá ali e ele não pára para se questionar. Vai apresentar... muitos professores gostam de utilizar experimentos em sala de aula e acabam utilizando de uma forma que em vez de ajudar a desenvolver o senso crítico acabam reforçando a visão ingênua da ciência.

MINISTRANTE 2 – mas aí entra também uma questão, né? Vocês, na formação de vocês. Vocês já ouviram falar sobre o paradoxo hidrostático?

P1 – eu não.

P4 – eu não.

P1 -inclusive meu professor me ensinou errado.

MINISTRANTE 2 - nem todo mundo...

P1 - tem uma parte, né? Eu já vou adiantar de novo... spoiler. Não aguento não. Que ele disse, né? que muitos livros anunciam o princípio de Arquimedes que é: “igual ao volume do fluido, que é igual ao peso do fluido deslocado”, né? que também é uma noção errônea, né? E é passado isso pra gente, né? Veja que o erro se perpetua, né? Se propaga.

MINISTRANTE 2 – pois é, a gente não ouve falar sobre esse paradoxo hidrostático, a gente não ouve falar sobre limites de validade do princípio de Arquimedes, a gente não ouve falar a respeito de nada disso. Acho que MINISTRANTE 3 também não viu nada na formação, viu MINISTRANTE 3? Ministrante 1 também não. Eu também não na minha formação. Enfim, isso vai se propagando e os livros didáticos reproduzem esse enunciado sem nenhuma ressalva a respeito dos pressupostos teóricos que estão embutidos aí, que é em relação a isso que esse artigo chama atenção, né? Sobre a validade desse... desse enunciado e a necessidade de se tomar cuidado e, de uma reformulação. Na nova grade física vamos ver P5? Acho difícil, acho difícil porque não é de conhecimento das pessoas esse... esse... esse tipo de conhecimento que a gente tá vendo aqui. Bom, e ainda uma outra questão que vocês vão notar em dos livros didáticos, que a gente vai analisar, o livro cita esse artigo e diz assim oh: - existe o paradoxo hidrostático consultem esse link. E não fala mais nada...

MINISTRANTE 1 – é, joga para o professor.

MINISTRANTE 2 – joga pro professor, né? Um texto que não é tão de fácil leitura como esse que vocês puderam observar. Caberia então a esse professor, então reformular o enunciado que aparece no livro didático? Segundo esse autor parece que é isso, né? Segundo esse autor do livro didático, ele empurra o link para o professor. Não diz nem que é um artigo assim, tá? Não diz não explica o que é que o professor vai encontrar lá. Só coloca assim uma linha: - existe um paradoxo hidrostático para reformular o princípio de Arquimedes alguma coisa assim que ele coloca, ponto, acabou. Consulte o link e só. Então, se a gente não tem nem na formação da gente nenhuma informação a respeito e se todo livro didático da Educação Básica ao ensino superior reproduz o princípio de Arquimedes dessa forma e, sem limite de validade, sem nenhuma consideração teórica... é o que a gente acaba a propagando, né? Mas, e aí? Diga aí Ministrante 1.

MINISTRANTE 1 – Mas em relação a esse experimento que é tão comum no livro didático, tem alguma coisa errada com ele? com esse experimento na opinião de vocês? Até hoje vocês viram esse experimento no livro didático e muitas vezes foi reproduzido em sala de aula. Existe alguma coisa errada? Aqui a MINISTRANTE 2 já levantou, né? As limitações... que têm em conta o princípio de Arquimedes e, que esse experimento vai corroborar para que o princípio de Arquimedes seja aceito tal qual ele é escrito. Em relação ao Princípio de Arquimedes, segundo os autores, ele não tá correto. O que tem de errado com o enunciado tal qual a gente conhece ele hoje?

P1 – acho que já me adiantei um pouco e falei, né? Vou deixar para os outros.

MINISTRANTE 2 – Ministrante 1 você pode colocar todos, por causa da questão do tempo da gente?

MINISTRANTE 1 – é né? Então o tipo de visão de ciência que transparece...

MINISTRANTE 2 – pode colocar todos os pontos aí

MINISTRANTE 1 – então a proposta dos autores é que o conceito seja modificado para... para:” todo corpo mergulhado num líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido contido em um volume idêntico ao volume submerso no corpo do fluido”...

MINISTRANTE 3 - importante perguntar: o que muda desse anunciado que está proposto para os enunciados que normalmente nós encontramos nos livros didáticos? Vocês identificam isso?

MINISTRANTE 2 – Qual a diferença entre aquele enunciado e esse?

P1 – como eu falei, né? Acho que a ideia é bem sutil, sabe? A ideia fica evidenciada quando eles fazem experimentos. Eu acho que com garrafa de cerveja... uma latinha de cerveja. Uma latinha, né? De 350 ml?

MINISTRANTE 2 – põe o experimento para a gente vê, esse que o P1 tá citando.

P1 – E o outro copo que tem 230 ml, né? Se repete aquele experimento, né? O empuxo é igual, né? ao peso do volume do fluido deslocado, né? Bem, ele só tem 230 ml, né? só que na verdade é bem diferente disso. É justamente isso, né? Tem a ver com a questão da imersão, né? Do quanto desse corpo está imerso no fluido e não, necessariamente, o quanto ele desloca, né? Porque ele desloca 230 ml mas tem a ver quanto ele está imerso dentro desse fluido. Pelo menos foi assim que eu interpretei. Esse segundo artigo e tive um pouco menos de tempo para ler.

MINISTRANTE 2 - aí a gente tem de líquido nesse recipiente só 230ml e a lata de cerveja tem 350 ml. Pelo enunciado tradicional do princípio de Arquimedes a gente não veria essa situação que tá acontecendo aí, não é?

P1 – está errado conceitualmente.

MINISTRANTE 2 - Pois é, então alguma coisa de errada com esse enunciado do princípio de Arquimedes. É tudo incompatível com a situação que a gente está presenciando aí. Cadê o enunciado Ministrante 1 do tradicional do princípio de Arquimedes? Tá todo mundo percebendo a situação aí da cerveja, né? 230 ml de líquido e a cerveja tem 300 e alguma coisa. Eu não bebo então esqueço quanto que tem. 300 e?

MINISTRANTE 1 – 50.

MINISTRANTE 2 – 50. Para quem bebe cerveja 350. Então na cerveja tem mais do que ali.

MINISTRANTE 1 – então essa é como aparece nos livros didáticos e, embaixo é a proposta dos autores.

MINISTRANTE 2 – “todo corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido por ele deslocado” esse é o enunciado tradicional.

MINISTRANTE 1 – isso. E os autores propõem

MINISTRANTE 2 – “todo corpo mergulhado em um líquido sofre um empuxo de baixo para cima igual ao peso do fluido contido em um volume idêntico ao volume submerso do corpo no fluido” Tem uma mudança aí que tá sendo sugerida pelos autores, né? E eles pedem que então seja considerado também a validade do princípio de Arquimedes. Que aliás gente, eles chamam de lei de Arquimedes. Eu não sei se vocês repararam também na diferença, né? Eles chamam de... de... perceberam a diferença?

P4 – Lei de Arquimedes.

P1 – não pode ser princípio, né? Nem teorema. Tem que ser lei. Entendi isso. Agora a diferença tem que sentar devagarzinho...

MINISTRANTE 2 – o que a gente vai perceber lá no trabalho do Arquimedes que é... esse tipo de situação ela é deduzida a partir de proposições. Sendo que princípio é uma coisa que é colocada já de início. Então na verdade esse conhecimento do Arquimedes, ele não seria um princípio porque ele não é estabelecido de início. Ele é deduzido das proposições então, não seria muito adequado, do ponto de vista epistemológico, chamá-lo de princípio porque ele é deduzido a partir daquela situação.

MINISTRANTE 1 - perdi aqui não sei para onde eu vou.. acho que a gente tava aqui falando sobre as visões... só... só mostrar aqui algumas que eles colocam lá como críticas, né? Eles trazem logo no primeiro parágrafo citações de outras pessoas e deles próprios. Aqui já falando do experimento: “que esse experimento utilizado é a principal peça de convencimento educacional comumente oferecido pelos livros didáticos de física” Então nesse experimento... o experimento condiz com que é pregado no livro de física e que vai na contramão do que a gente tá vendo agora, mas se você for pegar...

MINISTRANTE 2 – qual experimento é? É esse experimento em que é dito que toda a água que extravasa do recipiente é recolhida e convenientemente pesada e isso então ilustra o enunciado tradicional do princípio

de Arquimedes e, aí os autores então eles questionam esse... o uso desse tipo de experimento pelos professores, né? Porque tem limitações e inclusive esse experimento que a gente viu agora o da cerveja, né? ele então leva um questionamento daquele enunciado do... do tradicional do princípio de Arquimedes e aponta para necessidade de que alguma coisa seja feita no sentido da reformulação que eles colocam aí, tá? Então, Ministrante 1 deixa que eu continuo agora. O Galileu é quem no século 17 vai questionar esse... esse anunciado do princípio de Arquimedes e vai apontar a situação desse paradoxo hidrostático. No caso é... modernamente os autores ilustram pela situação aí da cerveja nesse recipiente, tá? Então eles ilustram a situação que é apontada pelo Galileu nesse paradoxo hidrostático e aí, então os autores vão questionar o uso desses experimentos empiristas-indutivistas no ensino de física e, especificamente, para o princípio de Arquimedes e apontar essa necessidade de uma pequena e significativa reformulação no enunciado do princípio. É... para justificar isso, né? Eles propõem três abordagens. Uma delas faz referência a balança hidrostática, é a mais compreensível que eles põem lá... faz referência a balança hidrostática. Quem não leu o artigo, mas se interessar, depois dá uma olhada na referência que eles fazem a balança hidrostática. Eles... eles partem, justamente, da situação da cerveja no recipiente e analisam então essa área que fica em torno da própria cerveja ali no recipiente. Essa área que fica... esse espaço que fica entre a parede daí da latinha de cerveja e o próprio recipiente e, aí eles consideram uma situação de balança hidrostática para haver o equilíbrio desse líquido como se tivesse um outro recipiente lateral e nesse recipiente lateral fosse esse líquido que fica aí, né? nesse local. Então eles vão a partir desse... dessa situação usando então a argumentação do Galileu sobre a balança hidrostática tentar demonstrar a necessidade de reformulação do princípio de Arquimedes. Então são três possibilidades lá que eles usam para fazer, né? Essa justificativa. A partir do que esses autores falam, né Ministrante 1? Aparecem condições de limitação para o enunciado do princípio de Arquimedes. Você pode colocar? Então eles vão falar sobre essas condições de limitação do princípio de Arquimedes e diz que a lei de Arquimedes como a conhecemos é válida quando o nível do líquido no recipiente antes e depois da introdução do corpo flutuante permanecer o mesmo. E como isso é possível? Se o recipiente estiver inicialmente com a capacidade máxima preenchida e então transbordar quando da imersão do corpo ou quando o volume do corpo for desprezível em relação ao volume do fluido no recipiente. Eles também demonstram essa segunda questão que aparece aí, né? Quando o volume do corpo por desprezível em relação ao volume de fluido no recipiente. Lá no artigo eles trazem uma demonstração para isso. Mas enfim, o nosso tempo aqui já tá esgotando. O que os autores então fazem é criticar o uso de experimentos empiristas-indutivistas, né? no ensino do princípio de Arquimedes, apontar que já há muito tempo, desde o Galileu, existem apontamentos de que há problemas no enunciado tradicional e a omissão das condições de validade daquele enunciado, o que remonta então ao empirismo-indutivismo. Porque no empirismo-indutivismo as condições teóricas, as hipóteses que orientam não são explicitadas, tá? Então isso remonta o empirismo-indutivismo. Novamente por que estamos então recorrendo a esse artigo? Porque o próprio livro didático, um deles que a gente vai usar, cita esse artigo e aponta que o professor tenha que daí fazer alguma coisa em relação aquilo que aparece no livro didático, tá? Esse livro, como a gente vai ver, traz um experimento no estilo empirista-indutivista o que, justamente, os autores aí estão criticando, põem o enunciado tradicional e diz para o professor fazer o contrário. Perceberam qual o problema? O autor aí diz: - não usa esse tipo de experimento, reformulem o enunciado. O livro didático traz o mesmo tipo de experimento tradicional, o enunciado tradicional, cita o artigo e fala com o professor: - Se vire! É isso que vai acontecer em um dos livros que a gente vai analisar. Bom, gente então para finalizar... Diga MINISTRANTE 3

MINISTRANTE 3 - lembrando rapidamente, sei que nosso tempo está avançado, que um dos critérios lá do edital do PNL 2018, né? Que as formulações matemáticas, enunciados tem de ser apresentados de maneira... de forma adequada, não é? Contextualizadas

MINISTRANTE 2 – aparece isso no edital do PNL, né? então em relação ao Princípio de Arquimedes a gente vai ver que essa condição não tá muito bem sendo satisfeita, né? pela maior parte dos livros didáticos. Bom, pessoal então a gente vai finalizando a discussão desses dois artigos que trouxeram um pouquinho para gente da... da história do princípio de Arquimedes e algumas repercussões para o ensino, não é? Pensando aí na história do Vitruvius, na versão do Galileu e nesse questionamento a pseudo-história que costuma aparecer nos livros didáticos e ao empirismo induativismo no ensino do princípio de Arquimedes. É... a partir daqui o que que a gente vai fazer? A gente vai colocar para vocês, né? duas novas leituras que são alguns trechos pequenos do próprio... do próprio Arquimedes enunciando o princípio de Arquimedes e o Tratado do Galileu que é o da Pequena Balança aonde ele vai então, questionar a versão do Vitruvius, tá? Esse tratado que eu falei para vocês que é bem curtinho. A gente vai seguir a mesma... mesmo tipo de procedimento, né? de pedir que vocês leiam colocar algumas questões no WhatsApp para orientar e, a gente então no nosso próximo encontro vai discutir as duas fontes primárias. Quando a gente fechar isso aí a gente vai para o livro didático, tá? A gente tá se fundamentando para conseguir olhar aquilo que tem no livro didático se é adequado? Se não é adequado? Quais são os problemas que a gente vai ver? Bom, a gente

avançou um pouquinho no horário e peço desculpas aí por ter passado o horário que a gente tinha programado, tá? E alguma questão alguma colocação de vocês? Joia então.

P5 – apenas uma pergunta. Quando será o próximo encontro?

MINISTRANTE 3 – sexta-feira.

MINISTRANTE 2 – sexta-feira, no mesmo horário, tá certo? Antes disso a gente vai ter... a gente vai conversar pelo WhatsApp, tá bom? E a gente mantém contato então com vocês, joia? Pessoal, então obrigada. Obrigado pelas discussões.

TRANSCRIÇÃO DO DIA 04/12/2020

MINISTRANTE 2 - então é para... para o uso é... diferente de fins acadêmicos estritamente para uso acadêmico e que os nomes de vocês não serão citados. Bom, MINISTRANTE 3 você pode voltar lá na apresentação?

MINISTRANTE 3 – desculpe MINISTRANTE 2 vou pôr de novo.

MINISTRANTE 2 – Tá, então essa que a gente vai ver hoje, né? é a última etapa de preparação antes da gente começar a olhar os livros didáticos, tá? Então a gente foi para uma parte de fundamentação historiográfica, visões de ciência, legislação. Depois a gente passou para compreender um pouco do que os historiadores da ciência ou das pessoas que trabalham com história da ciência no ensino falam sobre o princípio de Arquimedes, em seguida agora a gente tá indo para as fontes primárias. Com base em tudo isso é que a gente vai poder, né? Criticar, observar, comentar, enfim notar que os livros didáticos trazem, então a gente vai usar esses parâmetros que a gente tem até essa etapa. Como é que como é que a gente vai fazer isso? Então pra etapa seguinte a gente vai disponibilizar pra vocês trechos de todos os livros didáticos que foram aprovados no PNLD 2018, são 12 exemplares e a gente vai disponibilizar pra vocês os trechos que estão relativos ao Princípio de Arquimedes. Então esse material não é um material muito extenso é um material que dá para vocês olharem, dá para vocês é... perceberem, né? esse material, antes que a gente venha comentar aqui. Então a proposta é dividir os participantes em grupos. A gente tinha pensado uma quantidade maior de grupos, mas em função do número de participantes, que realmente estão frequentando, que vem frequentando o curso a gente vai criar dois grupos... Ministrante 3 chegando aqui. Boa noite Ministrante 3!

A gente vai então criar dois grupos e vai cada um desses grupos distribuir trechos de seis exemplares, tá? Então um grupo fica com seis exemplares, outro grupo fica com seis exemplares também e a gente vai criar... a gente vai desfazer esse grupo atual do WhatsApp e vai criar dois outros grupos. Em um grupo são 6 são... fica metade dos participantes e, mais nós três que estamos observando o curso e no outro grupo os outros participantes e mais nós três para observarmos o que vai aparecer lá de discussão nesses grupos do WhatsApp. Nesse grupo do... certo P1 eu estou acompanhando aqui. Nesses grupos do WhatsApp, então a gente vai disponibilizar os recortes dos livros didáticos, então seis recortes para um grupo e seis recortes para outro grupo. Então essa é uma atividade assíncrona que a gente pede que vocês discutam, leiam esses pequenos trechos e discutam tentando observar então é... a partir do que a gente tiver estudado, né? Essas considerações... a partir das nossas considerações sobre visões de ciência, historiografia da ciência, ou seja, será que esse livro didático traz aquela história que faz só apologia, por exemplo, ao Arquimedes? Então será que ele traz uma história do tipo Pedigree? que a gente usou aquela nomenclatura, ou seja, dando toda a paternidade do princípio ao Arquimedes? Será que ele traz uma visão individualista de ciência dizendo que o médico fez tudo? Será que ele é anacrônico? Então com base nas informações que a gente vai ter hoje a gente consegue avaliar se o livro está sendo anacrônico ou não. Ou, por exemplo, se o livro tá usando, tá colocando na boca do Arquimedes coisas que o Arquimedes não disse e que sejam posteriores. Então seria um exemplo de anacronismo.

O que mais que eu tenho de visões de ciências? Será que tá escrito um passo a passo que o Arquimedes teria feito? Ou seja, será que eu tenho uma visão rígida de ciência? Uma espécie de receita de bolo. Será que eu tenho uma perspectiva empirista-indutivista? Como é que aparece o episódio da coroa do rei? Será que ele o livro traz a narrativa do Vitruvius somente? Ou será que o livro traz a narrativa do Vitruvius e do Galileu? É... ao trazer a narrativa do galileu, será que o livro aponta alguma atividade interessante? O livro orienta o professor? Então a gente vai disponibilizar também trechos do manual do

professor. Enfim, o que este livro traz em termos do episódio do Arquimedes da Coroa do Rei? E o que o livro traz em termos do enunciado do princípio de Arquimedes? Diz e o Arquimedes fez uma matematização ou não diz? Esse livro está de acordo com a legislação Educacional? Então são algumas questões que a gente é... coloca, tá? todos até quando começar essa análise dos livros didáticos todos os slides que a gente tiver usado no curso vão ser disponibilizados para vocês então também vão ajudar para que vocês se lembrem daquilo que está no edital do PNLD, por exemplo, que pede uma história da ciência contextualizada, que não seja exclusivamente dos produtos, mas que traga o processo; que não seja uma história da ciência puramente cronológica. Então são alguns requisitos que aparecem no PNLD 2018. Enfim, a gente tem uma base para analisar os livros didáticos, tá? então é para comprar essa base que a gente faz a discussão de hoje perto no final do nosso encontro eu vou retomar bem rapidamente isso que eu comentei agora só para dar uma orientação final, tá? Então vamos lá começar a discussão de hoje.

Pedir para MINISTRANTE 1 colocar a apresentação. P3... uma boa noite para todos que chegaram aí P10, P3, P1, P7, P2, P8

MINISTRANTE 1 – boa noite gente, vou começar a apresentação. Bem como MINISTRANTE 2 colocou hoje a gente vai falar sobre...

P2 - a senhora está com microfonia.

MINISTRANTE 2 – tá com microfonia MINISTRANTE 1.

MINISTRANTE 1 – melhorou?

MINISTRANTE 2 - sim

MINISTRANTE 1 – então hoje a gente vai falar sobre as fontes primárias. Vamos abordar *Sobre os corpos flutuantes* de Arquimedes. Então o autor de *Sobre os Corpos flutuantes* é o Arquimedes, nós vamos utilizar a tradução do André Koch Assis que foi publicado na revista da História da Ciência em 1996. E, esse artigo do Assis é baseado na tradução da obra do xxxx que foi anterior. Então quem é o André de Assis? Ele é graduado em física pela Universidade Estadual de Campinas, ele tem doutorado pela Universidade Estadual de Campinas e, atualmente é professor associada também em Campinas. Ele tem vários outros trabalhos, inclusive várias outras traduções do próprio... de trabalho do Arquimedes também. Ele traz também a tradução do *Método* que uma outra obra de Arquimedes. O livro que ele cita como referencial é esse livro do Thomas Little Heath, *Os trabalhos de Arquimedes*. Esse livro ele aborda mais a parte matemática, ele não aborda tanto a parte física. Então ele vai falar sobre... como a gente sabe Arquimedes tem papel muito importante na matemática, então ele vai abordar vários temas que Arquimedes trabalhou, né? nos tratados, nos trabalhos dele voltados para matemática. Da parte física, ele não traz. Ele faz só algumas citações. Esse livro, se vocês tiverem interesse de baixar para ler, não é difícil de encontrar. Eu consegui baixar, só que tá todo em inglês, mas dá para gente entender bastante coisa. Então o que que trata os corpos flutuantes, né? Esse tratado do Arquimedes, ele é composto de dois volumes. Ele... estima-se que ele seja datado de meados do século III, então o primeiro volume ele traz dois postulados e nove proposições sendo que as proposições de 1 a 7 são referências ao primeiro postulado e a 8 e 9 em relação ao segundo. Nesse primeiro volume é... ele vai tratar sobre as leis gerais do equilíbrio dos fluidos e, no segundo ele traz cálculos e as posições de Equilíbrio nas sessões de parabolóide. O texto original integral desse tratado ele tá disponível somente no Palimpsesto de Arquimedes. Existe também uma outra obra e vai tratar sobre esse palimpsesto de Arquimedes. Palimpsesto são pergaminhos antigos que foram reaproveitados, então eles pegavam o pergaminho raspavam o que tava escrito e, escreviam por cima dele. Então foi descoberto que um desses palimpsesto traz a obra de Arquimedes e, uma delas é *sobre os corpos flutuantes*. Então ele tá sendo ainda decifrado, tá sendo estudado, eles estão fazendo fotografias de raio-x para decifrar e conseguir recuperar todo o material. Então o que a gente vai apresentar agora o Assis, como eu disse, ele faz a transição a partir da obra do Heath e ele inclui também os... os comentários que ele fez. Como ele começa o trabalho? Ele começa fazendo um posicionamento, né? para situar... desculpa gente. Para situar o leitor sobre a importância do... do... das proposições, né? Então ele começa situando o leitor. Ele vai trazer o... a versão vitruviana. Então a primeira coisa que nós vamos fazer vai ser comparar a fonte primária de Arquimedes ao enunciado atual do princípio de Arquimedes. Então a gente já vai começar com alguns questionamentos, quem conseguiu ler observou se tem alguma diferença ou alguma semelhança? Se observou isso, quais foram essas diferenças ou semelhanças?

P1 - eu observei algumas diferenças, por exemplo, ele eu acho que ele é bastante rígido, né? e no que ele tenta separar, né? se o corpo afundar, né, você vai tratar ele de uma certa forma, né? se ele não afundar você vai tratar de outra forma, né? Ou seja, ela tá querendo dizer o seguinte: se um corpo for mais denso né, você tem que tratar de uma forma e se for menos denso tratar de outra forma, né? Eu acho que a primeira diferença se deu a partir daí.

MINISTRANTE 2 – então gente, alguma outra observação? E aí se a gente se lembrar do enunciado atual do princípio, será que a gente nota alguma... alguma outra semelhança? Nesse enunciado do Arquimedes aparece o empuxo? O que que vocês notaram? Aparece o termo empuxo? Aparece o conceito de empuxo?

P1 – isso aí que você falou no grupo, ou foi outra pessoa... Acho que foi o Rádma, né? Mas eu não quero roubar a fala dele. Ele tá aqui, vou deixar ele falar.

MINISTRANTE 2 – é a P7.

P1 – perdão.

MINISTRANTE 3 - P8, P7 e P2, né? Falaram sobre isso.

P8 - é o que eu comentei foi que ele não usou a palavra empuxo, mas ele fala de força pra cima. Ele até usa a palavra pressão, o que me chamou muita atenção porque eu não sabia que eles já utilizavam esse termo.

MINISTRANTE 2 – esse termo é utilizado, até o Pascal usa também, né? Muito posteriormente, muito posteriormente mesmo, Pascal tá lá no século XVII e Arquimedes tá no século III antes de Cristo, né? Então tem uma diferença muito grande, mas ainda não época de Pascal mesmo que se usasse o termo pressão não existe um conceito de pressão ainda como nosso, tá? Então é usado, mas pressão é algo que tem uma...uma...um significado vetorial, inclusive pro Pascal, não é a mesma noção que nós temos, pressão é como força e o conceito de pressão como a gente conhece ele só vai ser desenvolvido mais para frente ainda do Pascal mais na parte da Revolução Industrial quando se usam máquinas e, aí há necessidade de trabalhar com gases e fazer medidas e tudo. Então é aí que o conceito de pressão como a gente conhece vai ser consolidado, mas assim na época do Arquimedes ainda que se usasse essa fonte primária ele não tem o mesmo significado que tem para gente. Diga P8. P8 levantou a mão.

P8 – Sim, talvez fosse interessante colocar uma notinha de rodapé fazendo essa conceituação porque dá a sensação, ao leitor desavisado, pode fazer uma leitura anacrônica do que tá escrito ali.

MINISTRANTE 2 – fluido também, né? Fluido também

P8 – sim

MINISTRANTE 2 – é um termo meio perigoso porque parece o nosso conceito de fluido em não é, né?

P8 – exatamente.

MINISTRANTE 2 - aí até mesmo no Pascal. O Pascal, por exemplo, eu tô fazendo aqui um paralelo com Pascal por causa de algumas perguntas que vocês estão trazendo, tá? Então Arquimedes está lá no século III antes de Cristo, Pascal já tá lá no século XVII, né? Mas o Pascal quando ele enuncia o princípio dele, ele enuncia para líquidos, em especial para água. Mas no livro didático ou em qualquer outro lugar a gente tem o enunciado sendo atribuído a Pascal com referência a fluídos e, o próprio Pascal muito para frente não usa fluidos. Ele usa líquido. Ele usa água, então assim são alguns... alguns probleminhas, né? Que... que acontece que são problemas de anacronismo. E aí? MINISTRANTE 1?

MINISTRANTE 1 – Posso continuar? Bom, o outro questionamento: os argumentos do Arquimedes são de natureza empírica? Em algum momento ele fala de um experimento que ele tenha feito?

MINISTRANTE 2 – e aí? Vocês observaram se aparece referência de experimento no trecho do Arquimedes?

P1 – olhe, eu lembro, né? eu não consegui observar nenhum... nenhum experimento não. Ele mencionando nenhum experimento não.

P2 - pois é nas situações, né? Ele vai explicando só que ele não diz o que foi realizado, você não tem noção no texto, pelo menos eu não senti, né?

MINISTRANTE 1 – uhum

P8 - na verdade eu acho que ele fez mental, né? Se a gente considerar o experimento mental como sendo parte da nossa definição de experimento, fez; mas fisicamente parece que não.

MINISTRANTE 2 - pelo menos fisicamente parece que não, né? Ele... ele refletiu, ele pensou sobre o fenômeno. Não sei nem se dá para gente dizer que ele fez um experimento mental parece mais uma reflexão a respeito do fenômeno do que propor um experimento no sentido assim: aí se eu coloco tal situação, aí eu tenho uma hipótese sobre o que ocorrerá e, aí eu defino isso mentalmente, aí o argumento porque aquela hipótese se confirma ou não. Não parece que ele tenha seguido o caminho de um experimento mental, mas...

P1 – sobre isso eu quero fazer uma ressalva, né? Eu acho que também é interessante notar, né? que quando a gente tá analisando um texto muito antigo, bastante antes da revolução científica, né? naquela época os grandes filósofos, eles se preocupavam mais com a retórica da argumentação do que com a própria experimentação. Acho que é por isso que tem assim proposição, né? Porque eu acho que ele pensa e elabora, né? Como se fosse... como nosso amigo P8 falou, mentalmente né? Argumentativamente mas não empiricamente, no meu ponto de vista, né?

MINISTRANTE 2 – ainda na antiguidade as pessoas faziam experimentos, sabe? Elas faziam experimentos. Durante a idade média faziam, faziam muitos experimentos mentais também no período medieval. O experimento é uma coisa que existia antes da revolução científica, no entanto a revolução científica vai dar ênfase a isso, vai dar mais importância, vai dar mais ênfase, mas as pessoas já faziam então Arquimedes, não seria estranho encontrar na argumentação do Arquimedes experimento, mas não é o que ele tá usando. Se a gente for pensar no Aristóteles né? que tá lá no século IV antes de Cristo. O Aristóteles, ele faz muitos... muitos experimentos em uma área que seria o equivalente hoje a Biologia, tá? Não é que ele trabalhasse com Biologia, mas na área equivalente a Biologia ele faz muita dissecação de animais, ele faz muitos experimentos com animais, o Aristóteles. Mas assim, é uma coisa que ele faz em relação a esse tema, em relação a física nem tanto, né? mais ação, mais reflexões, mas não que fossem arbitrárias, né? Se ele... o sistema físico dele, a proposta de visão de mundo do Aristóteles é muito coerente muito... muito bem solidificada, mas a forma de pensar física diferente da nossa. Não seria impossível, nem estranho a gente encontrar experimento aqui no Arquimedes, mas não é não é tipo de argumentação que está usando.

A gente passou para vocês pequenos trechos que a gente destacou em amarelo ,né? E aí a gente pergunta sobre esses trechos, se aparece ali uma natureza empírica? Claro que a gente não tá perguntando para vocês sobre o Tratado inteiro, né? *Sobre os corpos flutuantes*, porque vocês não teriam condições de ter lido em tão pouco tempo, né? Nesses trechos que a gente pediu que vocês lessem, não aparecem como vocês tão dizendo aí né, experimentos. não é uma argumentação de natureza empírica. A gente que conhece o restante desse trabalho pode dizer para vocês e depois se vocês quiserem acompanhar o material inteiro que a gente disponibilizou vocês podem acompanhar que não tem, de fato, uma natureza empírica nesse trabalho. Então vocês perceberam isso. se a gente for tomar isso como base, se algum livro didático disser que Arquimedes fez cuidadosos experimentos e foi através da experimentação que ele enunciou o princípio dele, não vai estar coerente com a fonte primária, tá? Então o livro didático dizendo que foi... foi por meio de experimentos que o Arquimedes fez isso a gente pode dizer que não tá coerente com o que a gente ... com o que temos do Arquimedes, tá? É nesse trabalho que ele apresenta o que seria no futuro o Princípio de Arquimedes e, nesse contexto não é uma argumentação empírica.

MINISTRANTE 1 - Então, a gente já sabe que não é de natureza empírica. Logo, ele não vai descrever e nem explicar nenhum experimento. Nos trechos destacados vocês encontraram alguma formulação algébrica?

P1 – Sim, né? Se a gente entender formulação algébrica, né? como uma relação de letras e variáveis não, né? daquela forma que a gente faz com uma expressão, né? aritmética não. Insere muitos conceitos de geometria, né? Talvez seja essa a ideia dessa pergunta.

MINISTRANTE 2 – Nesses trechos que a gente disponibilizou para vocês... eh como vocês estão notando, né? Aparece uma argumentação geométrica. Quem que escreveu aí também no chat? P8, né? P8 diz que tem uma argumentação geométrica. P7 disse que não há argumentação algébrica, né? De fato, a gente nota muita geometria ali e, talvez tenha causado até a dificuldade, né isso? Será que a dificuldade que vocês

notaram na leitura, vem também dessa questão geométrica? Um tipo de argumento que a gente não tá acostumado?

P1 - Provavelmente sim da minha parte.

P7 - bem complicado, eu voltei para rever, né? Eu costumo usar as vezes esses enunciados geométricos na parte da astronomia, esfera Celeste e tal, mas eu tive bastante dificuldade botei várias vezes, né? nas imagens mesmo já... já usando algumas coisas e é bem complicado de entender.

MINISTRANTE 2 – é complicado, né? Não... não tem uma matematização. Ah! P8 pode falar, desculpa, você tá com a mão levantada aí.

P8 – não, não... desculpa. Eu só ia comentar o seguinte que eu sinto dificuldade por não ter estudado o período com muitos detalhes, né? Por não ter feito uma imersão. Conceituar exatamente e classificar que tipo de argumentação que ele usou. Porque eu posso dizer, a partir do que eu conheço hoje, né? O que eu chamo hoje, o que nós chamamos hoje de álgebra: não ele não usou! Agora, não sei classificar em termos contextuais daquele contexto qual é a linha argumentativa dele.

MINISTRANTE 2 – Entendi. Bom, a gente percebe comparando com o que a gente conhece, ou que a gente tem habitualmente nos livros didáticos, que ele não faz aquela matematização que a gente vê nos livros didáticos isso a gente pode dizer, né? Comparando o que ele tá fazendo com a matematização que a gente costuma ver no livro didático isso ele não faz, não é verdade? Né P8? P8 colocou aí que sim.

P8 – sim, sim.

MINISTRANTE 2 – Tá, embora a gente não possa... não tenha tantos elementos para compreender em profundidade o tipo de argumentação que ele faz, né? E, contextualmente, a gente pode por comparação com aquilo que a gente tem no contexto didático; que é aquilo que vai... que a gente vai fazer, né? Notar que é diferente. É de uma natureza diferente e, que ele usa muita geometria ali, né? e ele não faz, então, uma descrição matemática, não faz, também, o uso de experimentos ali explicitamente não disse que fez, né? Ele vai basicamente descrever um fenômeno

MINISTRANTE 1 – dentro dos trechos que a gente selecionou para vocês. Vocês conseguiram identificar características do moderno Princípio de Arquimedes? Se conseguiram encontrar, em quais trechos vocês encontraram?

P1 – bem, ele fala, como algumas pessoas já citaram aqui. Ele fala de força, né? de uma força que é de baixo para cima no corpo; ele também fala de questões de fluido deslocado, né? mas acaba por aí as semelhanças. Ele não tem... ele não usa a palavra empuxo, né? É... também acho que eu sinto um pouco de... nuances assim que ele fala: que tem um peso menos o peso do fluido. Não sei se essas coisas estavam bem definidas, né? Antigamente. Ela fala de forças, pesos... só que eu não sei se isso é bem definido antigamente.

MINISTRANTE 2 – MINISTRANTE 1, você pode colocar aí para nós os trechos atuais e o dele? E o original? Assim. Aí facilita para gente ver, né? Então, acima a gente tem os trechos originais do Arquimedes, né? e abaixo a gente tem uma um enunciado atual, atualizado do princípio de Arquimedes. P7 você tinha levantado a mão?

P7 – eu tinha falado lá no grupo mais cedo, dessa parte aqui do Peso, né? que ele fala do peso do fluido deslocado que eu achei semelhança com o atual. Eu tinha comentado lá no grupo já... do WhatsApp.

MINISTRANTE 2 - o peso do fluido deslocado. Eh... tem algo aí também que tem uma diferença, tá? aqui se a gente for pensar... (pausa). Se a gente for se ater um pouco aí isso, né? Arquimedes, evidentemente, anterior ao Nilton, né? Então a noção que ele tem de gravidade e de peso é diferente da nossa, tá? Então, quando a gente tem uma formulação atualizada do Princípio de Arquimedes falando lá: - igual ao peso do fluido por ele deslocado. A gente tem uma noção de gravidade que é uma noção eh... já imbuída das contribuições do Newton. Enquanto que a ideia de gravidade aí que o Arquimedes tem, é uma gravidade aristotélica daquele tipo do corpo buscar o seu lugar né? no centro do universo. Então, embora o termo aí esteja igual tem toda essa questão aí por trás. O que mais? Empuxo, né? é uma palavra que... que a gente percebe que não está sendo usada pelo Arquimedes, não é isso?

P1 – sim correto.

MINISTRANTE 2 – vamos encontrar esse anunciado que está aí em azul dizendo no livro didático Arquimedes enunciou portanto que dois pontos, está em azul. O que que a gente poderia dizer?

P1 – a gente poderia dizer que: - definitivamente não foi ele que falou isso. E muito menos com essas palavras nem com essa formulação matemática, algébrica, né?

MINISTRANTE 2 – e se a gente encontrar no livro dizendo que ele fez essa formulação algébrica? Aí piora a situação. Eu acho que vocês observaram, eu vi gente comentando lá no grupo que: no que ele fala tem uma noção de empuxo. De fato, tem aí um conceito surgindo, né? só que é algo que está surgindo não tem... não usa-se a mesma nomenclatura e ele vai descrevendo algumas situações, então é algo fenomenológico, né? uma descrição que ele faz do... do fenômeno. Eh... a palavra fluido aí também usada, ela tem a conotação de líquido, né? Não líquidos e gases, não é isso, né? É fluido, né? No sentido de líquido que ele tá querendo dizer. Eh... enfim, ele faz essas colocações e, historicamente é considerado daí a origem do princípio de Arquimedes. (pausa) nessas proposições.

MINISTRANTE 1 – ele faz três proposições que ao longo da história viraram só um conceito.

MINISTRANTE 2 – um enunciado, né? Se tornaram um enunciado.

MINISTRANTE 3 – MINISTRANTE 1 volta lá um pouquinho, por favor. Eu queria chamar a atenção também que quando a gente vai tratar ah... sobre empuxo a partir dos nossos livros didáticos e vasos comunicantes, por exemplo. Ah... e lei de Stevin etcetera e tal, a hidrostática. A gente costuma fazer uma análise em torno de um plano. Ou horizontal, no caso dos vasos comunicantes, né? Para dizer que todos os pontos naquele plano horizontal têm a mesma aplicação. Ou conceito como entidade escalar que temos hoje... (vídeo travado)

MINISTRANTE 2 – tá cortando MINISTRANTE 3, deu uma travada.

MINISTRANTE 3 – melhorou agora?

MINISTRANTE 2 – tinha dado uma paralisada. Você tava falando sobre os vasos comunicantes.

MINISTRANTE 3 – Por que que eu estou falando isso? Porque a gente faz uma análise de plano horizontal certo? No caso dos vasos comunicantes, lá na hidrostática. E por que eu tô falando isso? Porque quando a gente põe aí no enunciado para cima, no enunciado hodierno, atual, certo? Esse para cima tem a direção de um plano vertical, mas quando você vai olhar o que é o para cima, né? Porque a MINISTRANTE 2 já chamou atenção que peso aí não tem conotação newtoniano, que fluido aí é uma referência a líquidos no... na fonte primária de Arquimedes e, o para cima também não é o para cima que nós temos hoje. Porque se vocês... vocês perceberam na proposição 5 a gente tem um fluido representado por um semi-círculo e os sólidos não estão inseridos na vertical. Eles estão inseridos obliquamente, então para cima neste caso tem-se pensar que na fonte primária têm um sentido, na verdade, oblíquo. Uma direção oblíqua melhor dizendo e não ah...ah... as nossas simplificações como é que quando a gente trata na hidrostática atualmente. Nem pensar em planos horizontais e verticais somente. E daí eu penso que há uma complicação no tratamento da... da... também no tratamento geométrico que a gente não está acostumado a esse tratamento oblíquo e, apenas vertical e horizontal.

MINISTRANTE 2- é bastante diferente do que a gente tá acostumado, né? porque a gente não tem contato dessa maneira. Quando a gente aprende no livro didático não aparece dessa maneira, com tratamento oblíquo e quando a gente olha para aquelas representações, né? Na... na tradução da fonte primária o que, realmente, traduz o que Arquimedes estava pensando é esse tipo de desenho, né? não condiz com aquilo que a gente tá acostumado. Eh... só um parênteses aqui gente, em relação à transposição didática, tá? Normalmente quando a gente pensa em história da ciência no ensino aparece a possibilidade de se levar trechos de fontes primárias pro contexto escolar, tá? E um dos cuidados que a gente tem que fazer... de ter ao fazer a transposição didática é pensar: - que trechos levar para o contexto escolar? Esses textos são compreensíveis, né? O aluno conseguirá entender? Se é possível entender os trechos que a gente está pretendendo levar para o contexto escolar? A gente percebe que o original do Arquimedes, talvez seja um texto muito complicado para se levar para Educação Básica. Se fosse um nível superior ele poderia ser, mas ele teria que ser bem trabalhado, né? Toda essa discussão durante aulas e aulas, talvez um semestre para gente conseguir entender a argumentação do Arquimedes. Então ao traspor Arquimedes para o contexto

didático talvez não fosse muito adequado que os autores do livro didático pegassem diretamente do Arquimedes, né? um trecho que ele tá enunciando o princípio dele. O enunciado atual é adequado (pausa) para se colocar, né na Educação Básica eh... com as devidas ponderações, né que a gente tem a partir daquele texto do Alexandre Medeiros e do Fernando Lang da Silveira. O enunciado atual é bastante adequado feitas aquelas ponderações. No entanto, incomoda muito que esse enunciado atual seja atribuído diretamente ao Arquimedes, né? Porque aí a gente vai ter questões como anacronismo acontecendo, uma visão de ciência individualista também. Porque a gente percebe que esse enunciado atual do princípio de Arquimedes e a matematização, se não estão no próprio Arquimedes, então é porque foram coisas construídas a várias mãos. Foram coisas construídas ao longo do tempo por diversas pessoas NÃO SÃO uma produção somente do Arquimedes. Então seria um anacronismo atribuir esse enunciado na forma que tá aí e, a sua matematização ao próprio Arquimedes... que usa um outro tipo de linguagem, uma outra argumentação e não usa os termos que a gente tá acostumado a usar.

MINISTRANTE 1 – depois de tudo que foi colocado, a gente pode concluir que não são notadas nas proposições o termo empuxo e a formulação matemática que conhecemos hoje. Isso tudo são elementos posteriores de uma construção histórica. Então, Qual a natureza dos argumentos de Arquimedes? Ele vai usar a geometria euclidiana, como a gente já falou, para apresentar em proposições os conceitos fundamentais da hidrostática. Para a gente que não tem costume é realmente, complicado. E ele tentou ser o mais claro possível, tanto que ele fez esquemas, ele fez desenhos para as pessoas ... para os leitores entenderem e, ele tenta explicar. Mas, realmente, é uma coisa que a gente não tem costume de ver.

Então, por exemplo, na proposição 5. Ele traz a imagem do que seria... ele explica como seria... a gente tem que imaginar. Tudo no imaginário, é bem abstrato. E fica muito complicado como P1 falou e P7 também, de você entender o conceito colocado dessa forma geométrica. Eu acho assim para os dias atuais para quem tá na universidade é difícil, imagina no Ensino Médio. Quais seriam as dificuldades? Então ele apresenta na proposição 5, 6 e 7 o que hoje seria o conceito.

Passando mais para frente, depois que vocês leram, vocês identificaram algum ponto que vocês podem considerar, relacionar com conceito de densidade? Daqueles trechos que a gente selecionou para vocês. Empuxo, vocês já viram que não tinha. Mas, em relação a densidade? Vocês perceberam alguma coisa que faça alusão a densidade?

MINISTRANTE 2 – MINISTRANTE 1 pode colocar o trecho aí.

P1 - eu acho que aquela parte que ele fala mais leve e mais pesado, né? se ele afunda totalmente ou não totalmente, né? e ele fala que se ele não afunda totalmente, ou seja, se ele boia né? Ele usa ao termo boiar, também. Você teria que colocar uma força adicional, né? Para que esse corpo afundasse. Então acho que essas são ideias de densidade, né? que não são tratados dessa forma.

MINISTRANTE 1 – exatamente.

MINISTRANTE 2 – mais leve e mais pesado, né? De fato.

MINISTRANTE 1 – Então como já falamos também, fluido nas proposições não é como a gente conhece hoje. Fluido nas proposições de Arquimedes refere-se apenas aos líquidos. E, a gente já falou também, ele não vai relatar nenhum experimento nas proposições dele. Então na obra de Arquimedes, ele não faz nenhuma menção ao episódio da coroa.

MINISTRANTE 2 – Eh... assim nesse trecho de que a gente trouxe para vocês, né? Não tem a menção ao episódio da coroa, mas ah... no tratado inteiro também não tem menção a esse episódio, assim como nas outras obras do Arquimedes também não, né? então como a gente comentou no outro encontro a menção a esse episódio ocorre na obra do... do Vitruvius, né? A referência a essa situação acontece na obra do Vitruvius. Mas algumas coisas que a gente nota na obra do Arquimedes eh... passam, perpassam um tipo de situação que é encontrada no... no episódio da coroa, segundo uma interpretação que o Galileu vai dar, tá? Então a gente vai notar isso.

MINISTRANTE 1 – o final do trabalho do Assis, ele traz uma... uma proposição do Heath para conferir que Arquimedes determinou as proporções de ouro e prata na coroa. Então ele vai fazer toda uma matematização em cima daquilo. Então ele vai falar que o peso... o peso vai ser a parte de ouro mais a parte de prata e, ele vai matematizar tudo para vocês checarem como seria que Arquimedes teria eh... como seria o método que ele, possivelmente, teria utilizado. Mas isso não faz parte do tratado, isso não tá no tratado

do Arquimedes isso é uma colocação do primeiro tradutor. Então, em cima disso tudo ele se baseia, para apresentar esses cálculos porque ele diz que esses cálculos vão de acordo com aquele poema que é datado de 500 d.C., do século V ou IV, que o Martins também fala na obra dele. Então toda essa proposição matemática que o primeiro tradutor faz é baseado em cima desse poema também.

MINISTRANTE 2 – então ah... naquelas referências que o Martins cita, né? que descrevem o procedimento e atribuem ao Arquimedes, né?

MINISTRANTE 1 – isso.

MINISTRANTE 2 – como referência.

MINISTRANTE 1 – Então para lembrar tudo que a gente viu na obra Sobre os corpos flutuantes:

- Os argumentos de Arquimedes não são de natureza empírica.
- Não há formulação algébrica.
- Na concepção à época de Arquimedes a palavra fluido representava apenas líquidos.
- A palavra empuxo não faz parte das proposições de Arquimedes.
- Havia a ideia sobre densidade, mas ainda não havia o conceito.
- Não há descrição fenomenológica?

MINISTRANTE 2 – tá errado aí MINISTRANTE 1. Há uma descrição fenomenológica.]

MINISTRANTE 1 – há uma descrição fenomenológica.

MINISTRANTE 2 – tá gente? Há um errinho.

MINISTRANTE 1 - isso. E Arquimedes usa geometria euclidiana. E, ele não faz menção ao episódio da coroa. Bom isso é para resumir. Fazendo uma ressalva aqui que há a descrição fenomenológica. Então é uma síntese do que a gente viu agora.

Agora vamos passar para La Bilancetta. É uma obra do Galileu Galilei, a tradução dela foi feita por Pierre Lucile

MINISTRANTE 3 – desculpa, não seria interessante explorar as... as imagens da geometria? Vejam assim que a argumentação é uma argumentação da geometria euclidiana, certo? E isso se relaciona com aquilo que a gente até... desde o primeiro vem falando, né? Há uma crítica a uma história estritamente cronológica, certo? Mas a cronologia em si não é o problema, então localizar Euclides como pensador que antecede Arquimedes é importante para nossa compreensão. Para a compreensão da natureza dessa obra, não é? Inclusive se torna importante mencionar, não é? Em virtude do próximo trabalho de Galileu. Que Galileu busca a obra de Arquimedes pelo interesse na geometria euclidiana, não é? A MINISTRANTE 2 vai explorar melhor isso, né? Mas eu acho que seria bom a gente olhar, inclusive por ter sido uma dificuldade, né? das falas em geral. A gente olhar para cada uma dessas imagens, né? É assim: - o quê conseguiu entender dessa imagem que tá aí na proposição 5? Da imagem que está na proporção da imagem que está na proporção 7? Buscar compreender o que fica obscuro, né? Na compreensão

MINISTRANTE 2 - Pois é. MINISTRANTE 3, você me permite já entrar nesse... nesse assunto? Tá, gente eu acho que já faz conexão com que a gente vai ver, né? O Arquimedes ele é fortemente influenciado pela geometria euclidiana. Bom, o que que vai acontecer? É olhando, justamente, esse tipo de coisa que a gente tá vendo aqui no Tratado do Arquimedes. É justamente isso que vai chamar tanta atenção do Galileu futuramente. O que vai acontecer com Galileu? O Galileu, ele ingressa, inicialmente, numa universidade para estudar medicina. Só que logo o interesse dele pela matemática já é despertado e, ele encontra pessoas que o influenciam a conhecer a matemática e conhecer geometria euclidiana. Quando Galileu começa estudar então os tratados dos elementos de Euclides, o Galileu se apaixona pelos elementos de Euclides, pela... pelos tratados Euclides e, o que que acontece? Quando o Galileu, então, descobre o Arquimedes. Galileu já com essa noção da geometria euclidiana e, já admirando imensamente a geometria euclidiana ele começa a admirar também o Arquimedes. Justamente, aquilo que causa estranheza na argumentação do Arquimedes foi o que tanto atraiu o Galileu para argumentação do Arquimedes. Então assim, vejam eh.... Quem que falou? Foi P1? Você que falou P1 a questão da revolução científica? Usar outro tipo de argumentação, experimento? Foi isso, não foi P1?

P1 – Foi, fui eu sim.

MINISTRANTE 2 – mas, é interessante que justamente uma pessoa da revolução científica, o Galileu ele vai assim... admirar muito esse tipo de argumentação que a gente tá vendo aí. A argumentação geométrica, a matematização no sentido geométrico porque o Arquimedes colocava as coisas da argumentação dele nesse formato e, era um formato que a gente vai encontrar na época também no próprio Galileu lá com o Newton. Newton tá mais ou menos aí pertinho... pertinho do Galileu. o Newton também vai usar esse tipo de argumentação e, Galileu gostou muito desse tipo de argumentação geométrica que a gente tá vendo aí no... no Arquimedes. Essa argumentação com base nas ideias do Euclides, justamente por isso que Galileu vai se interessar tanto e, a gente vai ver alguns trechos, aí né? Galileu vai retomar Arquimedes em suas obras não somente no... A Pequena Balança mas em outras. Ele admira tanto o trabalho do Arquimedes que ele vai retornar trechos do Arquimedes, argumentação do Arquimedes... Galileu vai retomar diversas outras obras pela admiração que ele tem por esse tipo de... de argumentação, tá? Então, a gente vê aí, né? Toda essa questão que o MINISTRANTE 3 tá tocando da geometria nas proposições. MINISTRANTE 3 você queria comentar mais alguma coisa?

MINISTRANTE 3 - Como que está o tempo? Tem um tempo aí para gente olhar com cuidado cada figura?

MINISTRANTE 2 – as figuras estão aí nos slides...

MINISTRANTE 3 – estão. Volta lá para primeira MINISTRANTE 1. A anterior, isso... tem um trecho. O que vocês conseguiram entender e o que ficou obscuro aí?

P1 – olha essa aí eu acho que consegui entender alguma ideia, né? (Se referindo a proposição 5). Bem, primeiro que foi difícil de visualizar, mas eu acho que isso aí é um líquido redondo, né? No qual ele insere esses dois corpos, né? Ele fala EGHF e BGHC, né? Ele insere esse corpo e uma parte entra, né? a outra parte não. Ele diz que tem que ter um certo equilíbrio de pressão e esse termo eu acho muito semelhante ao que a gente tem hoje, né? O equilíbrio de pressão EQR e, esse corpo, né? STUV e essa parte submersa BGHC eles têm que estar em equilíbrio para que essa parte, nessa linha de baixo ali, permaneça em repouso né? Então, no meu ponto de vista, vai ser aquela questão do equilíbrio hidrostático, né? Da... equilíbrio de pressão. Realmente parecia o que a gente tem hoje em dia, né? De equilíbrio de pressão. Então, acho que foi mais ou menos isso que eu entendi.

MINISTRANTE 3 – [...] as características que a gente tem para o enunciado atual, P1?

P1 – pode repetir, por favor?

MINISTRANTE 3 – como que essa descrição que você acabou de fazer se relaciona com as características para construção do enunciado que nós temos hoje?

MINISTRANTE 2 – atual. O enunciado atual do Princípio de Arquimedes. Como ele se relaciona a essa descrição que é feita aí da proposição 5?

P1 – é assim ... tem a ver com... ele fala do peso do fluido deslocado, né? E depois ele fala que é a primeira porção, né? Ali do peso é igual ao peso do fluido deslocado pela porção submersa, né? Então tem um pouco a ver com aquela questão de sub... submergir o corpo, né? e dele suprir... suprir esse peso... [inaudível] desse corpo, que esse corpo causou no fluido... acho, tenho uma ideia disso.

MINISTRANTE 2 - e quando ele disse: “ E a primeira porção é igual ao peso do fluido deslocado pela porção submersa do sólido BGHC.”

P1 – isso

MINISTRANTE 2 – né?

MINISTRANTE 3 – bem, a gente tem uma situação... uma situação de repouso, né? Como o P1 chamou atenção. Eu já tinha falado dessa representação em um semicírculo e, aí o sólido é apenas representado por EGHF, não é? Que está inserido aí numa porção desse fluido. Arquimedes então representa duas pirâmides como ele fala: duas pirâmides contínuas, né? Uma que é LOM, nessa nós temos a inserção do sólido e na outra ele representa por STUV, não sólido. Seria uma porção do fluido que está representado equivalendo o volume de fluido que teria sido deslocado devido a inserção do sólido EGHF, certo? Como está em situação de repouso, então essa pressão (não no sentido atual, né? Como MINISTRANTE 2 já fez bastante menção e esclarecimento, né? Que está atuando sobre POQR tem de ser semelhante para que não haja

então o movimento do líquido, certo? Fluido aí sendo líquido. Daí se chega a essa conclusão final: a primeira porção é igual ao peso do fluido deslocado. Acho que a gente tem bastante clareza sobre a primeira imagem. Agora as outras duas? Passa lá MINISTRANTE 1! Não tem os trechos aí, né?

P1 - As outras duas foram, excepcionalmente, difíceis de compreensão.

MINISTRANTE 2 – essa primeira, a proposição 5 ela é mais palatável, vamos dizer assim: a gente consegue compreender melhor, tentar argumentação...

P1 – eu acredito que essa proposição 6 tem a ver com aquele outro... aquela outra proposição que o corpo é mais leve, no qual você tem que colocar... exercer uma força.... bem, eu tô falando em termos atuais, né? Perdão. Tem que exercer uma força externa para que esse corpo possa submergir, né? E aí você vai considerar um certo peso. Pronto, foi o que eu entendi. Você vai empurrar esse negócio para baixo para que ele possa afundar.

MINISTRANTE 3 - e os demais, gente?

MINISTRANTE 2 – tem a proposição 6 inteira, MINISTRANTE 1?

MINISTRANTE 1 – só se eu colocar no... perai... Ela não tá não, mas eu mostro ela aqui.

MINISTRANTE 2 - nesse a argumentação dele parece aquelas que a gente encontra nos livros de física, né? É fácil perceber que... aí você fica olhando assim... demora horas para perceber o que é trivial.

MINISTRANTE 3 – P1 chamou a atenção que nesse sólido aí seria forçosamente inserido no fluido, certo? O que Arquimedes vai apontar é que... que o peso, né? Lembram dos sentidos, né? De A seria representado por G, não é isso? Tá bem pequeno aí.

MINISTRANTE 2 – dá para aumentar um pouquinho?

MINISTRANTE 3 – então, o peso de A tá representado aí a direita por G, certo? E o volume igual de líquido correspondente a essa inserção de A por G + H. Essa representação que está aí a direita. Considerando um outro sólido. Um outro sólido D que teria o peso H, né? Pra que esse... que esse não é exatamente isso que está lá no tratado, certo? Mas, eu tô falando assim, dessa situação e que perceba: existe um ponto de contato entre os sólidos A e D como se fosse um sólido só. Então para que... para que isso ficasse limitado pela superfície do fluido, nesse caso líquido, D teria o valor de H. E D + A seria então o fluido deslocado G + H, consegue entender isso? O peso do fluido deslocado é G + H, certo?

MINISTRANTE 2 - o peso do fluido deslocado é G + H e, portanto o volume do fluido deslocado é o volume do sólido A.

MINISTRANTE 3 - Então se a gente ... se a gente pusesse o segundo corpo, né? Unido a A, aí nós teríamos como se fosse um só corpo sendo A a parte desse sólido... que seria a representação anterior, certo? Mas a parte do sólido que está submerso e D a parte do sólido, como se fosse um só, que não está submersa. E na sétima proposição, não é? O que nós vamos ter eh.... a representação por A de um sólido que é mais... mais pesado, né? Do que o fluido e vai... vai ter o mesmo volume do fluido e vai então submergir e, por B aí ao lado dessa linha aí, que ele traça... esse segmento de reta ah... e por B um sólido mais leve do que o mesmo volume de fluido que ele desloca, né? Então ah... bem... Galileu, ele pula toda essa demonstração que é o que ele... pelo que ele se interessa, né? A gente vai ver isso e passa logo para... para o que ele chama de propriedade. O que ocorre, então nessa... nessa inserção de sólidos no fluido. Bem, se a gente for A um sólido mais pesado e representar o volume... o peso desse sólido por G + H e representar G

MINISTRANTE 2 – saiu a apresentação MINISTRANTE 1?

MINISTRANTE 1 – a proposição sete.

MINISTRANTE 3 - o peso de A seria G + H, certo? Agora a representação de peso tá aí por essa linha G + H, não é? Agora... ele na proposição anterior ele considera a submersão forçosa de um sólido. Agora não, ele considera um sólido que, naturalmente, vai submergir que é o A, G + H, certo? G + H seria um peso de A e, B, no caso, seria agora um outro sólido mais leve com peso apenas representado por G. H seria o valor do peso do volume de fluido de líquido deslocado pela inserção natural de A, não é? E depois então ele vai combinar os dois sólidos: A + B e, aí gente ... enfim, essa combinação vai... vai introduzir aquilo que mais

tarde a gente vai considerar como um peso aparente, né? Porque quando um corpo naturalmente submerge porque o seu peso é maior e, é claro a gente já tá falando no sentido newtoniano, né? É maior do que a sua densidade maior do que a densidade do fluido que ele se insere vai haver um peso aparente, não é? Devido à existência, então né? na concepção, interpretação de empuxo que vai ser dado aí, no caso, pelas diferenças. A diferença de $G + H$, certo? Que é o peso de A e G, certo? será o peso de B associando os dois corpos e pensando na submersão. É, realmente, complicado, mas assim é por isso que o Galileu se interessa.

MINISTRANTE 2 – tá ai a ideia, né? Quando ele vai falando da diferença ele, tá? A ideia assim é... é complicado também a gente olhar para isso e falar que tá aí o surgimento da ideia de peso aparente que parece que Arquimedes está prevendo o futuro, né? parece que ele tá com uma bola de cristal e vendo vocês vão chamar isso de peso aparente, né? Mas a gente aqui, olhando daqui, a gente sente eh... o cheiro da noção de peso aparente. Não é que ele quisesse dizer isso, mas a gente sente

MINISTRANTE 3 – explicitamente faz-se menção a introdução do conceito de empuxo, por exemplo. Novamente é esse olhar, né? Do nosso tempo para o passado e... tem que ter cuidado realmente com essa... com essa introdução de ideia, introdução de conceito porque parece... Pode parecer, né? No livro didático que o trabalho de Arquimedes é um trabalho simples que introduz, né? A gente tem uns livros de introdução à mecânica então, é um livro mais simples do que seria o livro de mecânica em si. Quando a gente vê que... que é bem, bem diferente disso, né? A gente olha... tão robusto, tão complicado a gente dificuldade, né? Então a menção a introdução de ideias ou conceitos de empuxo aí não tem esse sentido de ser muito mais simples etcetera e tal...

MINISTRANTE 2 – Bem apontado MINISTRANTE 3. Porque quando a gente diz assim que ele não enunciou o Princípio na forma atual, a gente não tá querendo dizer por outro lado que ele colocou uma ideia arbitrária e simples e, fez de qualquer jeito. Não, já tem aí todo... toda uma argumentação, toda a reflexão sobre a questão da flutuação, da submersão do objeto que é diferente da nossa, né? Mas já aponta coisas que a gente conhece como ideias que vão ser formadas, né? não que ele tivesse antevendo, prevendo futuro, mas é legal! Quando a gente olha essas figuras e olha as explicações a gente entende um pouquinho melhor essas semelhanças e diferenças que ele tem.

MINISTRANTE 3 – eu acho uma argumentação belíssima. (risos....)

MINISTRANTE 2 – bom, vamos fechar então essa... a... a... essas... as proposições e a gente volta lá, então para ver o texto do Galileu. Gente, quem tiver interesse, nós colocamos lá no WhatsApp o PDF inteiro dessa tradução do *Sobre corpos flutuantes*, tá? Então quem tiver interesse em olhar com mais detalhe...

MINISTRANTE 1 – agora vamos partir para obra do Galileu. Quem fez a tradução para o português foi Pierre Henri Lucie. Ele era um francês que veio para o Brasil logo depois da Guerra e trabalhou em várias faculdades. Lecionou física na década de 50 e, essa obra que ele faz a tradução. A gente disponibilizou o Tratado *La bilancetta* mas, tem um texto antes no qual ele fala da influência de Arquimedes sobre Galileu. Inclusive a MINISTRANTE 2 já trouxe alguns tópicos que ele faz... faz tipo uma apresentação do Galileu neste texto introdutório de *La Bilancetta*.

Então ele traz algumas informações que... como MINISTRANTE 2 falou o Galileu, ele vai para Piza para poder estudar medicina só que quando chega em 1585 ele volta para Florença e vai iniciar os estudos dele sobre Arquimedes. Sob a orientação de Ostílio Ricci que foi quem apresentou para ele tanto Euclides quanto Arquimedes.

E o Galileu, ele é fortemente influenciado pelas obras de Arquimedes, principalmente, nos trabalhos iniciais dele como *La Bilancetta* e tem outras obras também. Segundo Lucie, essa obra *La Bilancetta*, não foi muito estudada nem comentada porque ela era mais vista como resolução de um problema de tecnologia. Então ele tem outras obras que receberam maior atenção e destaque, pelo menos até a época que o Lucie publicou este artigo que foi em 1986. Então o tema central de *La Bilancetta*, vai ser a apresentação de um método mais plausível que teria sido utilizado por Arquimedes no episódio com a coroa do rei. Vocês conseguiram ler? Vocês viram que no início ele já fala que: não se conforma com essa apresentação que Vitruvius faz.

Então vamos começar a analisar *La Bilancetta*. Como Galileu qualifica a versão de Vitruvius? E a partir dessa visão que ele tem, o que ele resolve fazer?

MINISTRANTE 2 – só um instantinho MINISTRANTE 1. Vocês conseguiram ler o trabalho do Galileu? Vocês conseguiram ou não?

P1 – aí sim, este está em português. O outro não estava não.

MINISTRANTE 2 – (risos) O outro não tava? Nossa, coitado do Arquimedes. Alguém mais chegou a ler esse tratado? P7 não conseguiu. P7, quando puder dá uma lida nesse tratado que é bem interessante. P2 conseguiu. Só para a gente ter uma noção se as pessoas conseguiram o ou não fazer essa leitura. Bom a gente vai então comentar alguns aspectos aqui, né?

Certo P7, leia sim que é bem interessante. E é curtinho, né? Como o P1 já adiantou aí... está em português (risos). Então dá para a gente ler. Viu? P10 também quando puder dá uma olhada nesse trabalho do Galileu. Então ... P8 também. (Em resposta ao comentário no chat)

Então, como é que o Galileu... como é que o Galileu qualifica então a versão do Vitruvius, né? O quê que será que ele resolve fazer? Então a gente percebe aí, né? Que o Galileu, ele vai dizer que o método atribuído ao Arquimedes pelo Vitruvius era um método totalmente... de todo falho. Ele tá dizendo aí: “é um método de todo falho, faltando-lhe a precisão requerida nas coisas matemáticas.” Veja, Galileu já dá um *spoiler* da situação. Galileu então já... já tem noção daquilo que o Arquimedes faz. E, vejam pelo que a gente notou aqui do que o Arquimedes faz, não combina com a versão que a gente estudou aqui do Vitruvius. A resolução do problema da coroa conforme a gente viu, né? Não tá muito combinando com essa argumentação aí que o... com o tipo de argumentação que a gente viu o Arquimedes usar. É isso que o Galileu já tá apontando: “esse método era de todo falho faltando-lhe a precisão requerida nas coisas matemáticas, levou-me muitas vezes a cogitar sobre a maneira pela qual se pudesse descobrir por meio da água e de modo rigoroso a composição da liga de metais.” Então, Galileu resolve então trabalhar a respeito disso. MINISTRANTE 1 você pode ir colocando?

Então diante do seu objetivo, né? Que o Galileu, então vai ter o objetivo de identificar que método seria esse para ver a composição da liga de dois metais. E diante deste objetivo, então o quê que o Galileu resolve fazer? O Galileu resolve estudar a fundo os tratados do Arquimedes, então já que ele desconfia da versão do Galileu... do Vitruvius sobre o problema da coroa, acha que ela é imprecisa, acha que ela é falha... O Galileu vai procurar nos próprios trabalhos do Arquimedes a resposta, né? Para qual o método então o Arquimedes teria usado já que aquele é falho. E aí o Galileu vai olhar, né? os tratados dos *Corpos que flutuam sobre a água* e dos *Corpos de mesmo peso*. A partir do estudo destas obras, então Galileu chega a conclusão de um método que resolve o problema, ou seja, o Galileu vai buscar no próprio Arquimedes a solução do problema e, vai imaginar então como como é que o Arquimedes resolveu a situação. E o método então seria o da balança hidrostática que vai usar então, a medida de peso e não de volume. Só para gente lembrar, segundo Vitruvius, o Arquimedes teria dado atenção a medida de volume, teria observado a subida do líquido na banheira, né? E aí a gente fez aqueles cálculos na reunião passada, na última vez que a gente conversou e a gente percebeu que a subida do líquido ali na banheira não passaria mais ou menos de 2mm e, que seria muito difícil, não seria possível, não seria viável, com os... as unidades de medidas disponíveis na época, fazer essa medida. Então teria aí um problema físico, né? De inviabilidade desse método do Vitruvius. Galileu, então vai buscar no próprio Arquimedes... encontrar a resposta para: que método Arquimedes teria utilizado? MINISTRANTE 1, aqueles slides que têm a sequência mostrando... aquela...

MINISTRANTE 1 - esse? (após trocar o slide)

MINISTRANTE 2 – MINISTRANTE 3, se você quiser ajudar também ...

O que que vai acontecer, né? o Arquimedes vai dizer no trabalho dele, tá? E o Galileu nota isso, no trabalho dele: “Um sólido mais pesado que um fluido quando posto nele desce para o fundo... o fundo do fluido e, o sólido pesado no fluido será mais leve que seu verdadeiro peso (no ar) de uma quantidade igual ao peso do fluido deslocado” Então Arquimedes vai dizer isso, né? Então a gente tem aí uma situação em que a gente tem uma balança, tem um metal do lado direito aí, né? e tem o contrapeso aí do lado esquerdo, ponto A e ponto B e, tem o fulcro lá no ponto C, né? Que aparece aí no meio, né? Tá, então a partir dessa... dessa situação e... é... o Galileu então olhando o que o Arquimedes havia dito, por exemplo, esse tipo de afirmação que a gente acabou de ler, né? O Galileu coloca afirmações nos seus próprios trabalhos, então a gente nota o quanto Galileu é muito influenciado pela leitura do Arquimedes. Galileu então vai escrever na obra do movimento: “um sólido mais pesado que a água é na água tão mais leve quanto é o peso no ar de um volume de água igual o volume do sólido”. Ele vai escrever esse tipo de coisa. E em outro trabalho ele vai dizer: “subtraindo do peso total de um sólido tanto quanto é o peso de um volume igual do mesmo meio como demonstra Arquimedes”. Então o Galileu, ele lê Arquimedes, estuda

profundamente Arquimedes e, vai citar o Arquimedes nos trabalhos dele e, aí ele vai pensar nesse tipo de situação que é colocada aí na figura dois, né? Agora a gente tem um metal e tem um recipiente com água. E esse metal que tá suspenso aí, do lado direito, agora é colocado num recipiente com água e aí, a gente tem a situação que é descrita aí pelo... pelo Galileu, né com base no Arquimedes: “subtraindo do peso total de um sólido...” e aí vai, né? Então Galileu tá pensando nesse tipo de situação onde vai ocorrer aí um desequilíbrio, né? Galileu, na verdade, tá fazendo uma leitura do que tem lá no Arquimedes e vai pensando, né? vai pensando como é que o Arquimedes pode ter trabalhado a partir dessas noções que o próprio Arquimedes vai colocando no seu trabalho.

Bom, então aí diante dessa situação que é colocada para equilibrar a balança, né? ou seja, para que os pesos desiguais $P - P_a$, agora por um lado e, o peso P do outro lado estejam em equilíbrio para reequilibrar a balança em torno do fulcro C , a gente tem que fazer alguma coisa, né? E o que que o que é necessário é aproximar esse contrapeso do fulcro, por exemplo, até a posição E , né? então deixado na posição A há um desequilíbrio, então eu puxo esse contrapeso para posição E , né? Mas que posição seria essa? Que posição E seria essa? E aí ele vai tentando responder, né? que posição E seria essa? O que vai acontecer? Aí o Galileu vai tentando uma resposta e, o próprio Arquimedes também tenta dar resposta para esse tipo de situação.

MINISTRANTE 1 – per aí só um pouquinho que eu acho que ele pulou o slide...

MINISTRANTE 2 - então o Arquimedes ele responde a uma situação desse tipo no Tratado dele que se chama do *Equilíbrio das figuras planas*. Ele diz algo como: “duas grandezas comensuráveis ou não equilibrar-se-ão a distâncias inversamente proporcionais as grandezas”. Então Arquimedes vai dando algumas dicas, né? do pensamento que ele tem e Galileu vai lendo esse tipo de coisa, né? E vai pensando.... é Arquimedes.... é como se Arquimedes estivesse dando indicativas de resposta para essa pergunta que o Galileu tá se fazendo de chegar no método usado pelo... pelo Arquimedes e, para fazer isso então ele consulta o próprio Arquimedes. É o próprio Arquimedes que vai dando as respostas. E aí o que acontece? Com base nisso o Galileu vai responder, né? Com base nesses pensamentos e na consulta ao Arquimedes. Então, ele vai responder, por exemplo, no trabalho dele chamado *As máquinas simples*, ele vai dizer:” pesos desiguais, suspensos a distâncias desiguais, pesaram igualmente toda vez que essas distâncias estiverem em proporção inversa aquelas em que estão os pesos”. Isso Galileu toma com base na lei das alavancas, né? que foi estudada por Arquimedes. Então a gente percebe que a inspiração do Arquimedes é... não está só no Tratado da balança hidrostática. Galileu, na verdade, é inspirado pelo Arquimedes em vários dos seus trabalhos e vai colocando esse tipo de ideia, vai dizer: “o peso do metal será tantas vezes maior que o da água de mesmo volume e quantas vezes a distância CA for maior que AE ”. Então, nessa situação em que encontrado o equilíbrio, né? A balança agora está, novamente, em equilíbrio. Eu aproximei o contrapeso do fulcro C , né? e a balança se mostrou em equilíbrio. E a partir daí ele já consegue ter alguma avaliação do peso do metal: “o peso do metal será tantas vezes maior que o da água de mesmo volume e quantas vezes a distância CA for maior que AE ”, né? Então com base nessa distância, que precisa haver para o equilíbrio, já se pode ter uma noção do peso do metal. Então é bem interessante essa argumentação que o Galileu vai desenvolvendo.

E aí partindo para o caso do ouro e da prata, né? Sendo a prata... a gente tem uma situação aí de uma figura mostrando o ouro e mostrando a prata, né? Na figura 5 a gente tem o fulcro C e aí eu coloco lá o contrapeso para que a balança esteja em equilíbrio, eu coloco na posição E . Mas quando eu coloco na outra figura a prata mergulhada ali no recipiente em água é.... esse... o fulcro C , né? e os pontos AE permanecem, mas o meu contrapeso precisa ser movido até F para que a balança fique em equilíbrio. Então isso se observa porque sendo a prata menos densa que o ouro o ponto F , né? necessário aí para ficar contrapeso na... no caso do uso da prata estará mais próximo do fulcro C do que o ponto E onde fica o contrapeso no caso do ouro. Então com base nisso já... nesse tipo de pensamento o Galileu, ali, já está se encaminhando para resolver o problema da coroa, né? Então o quê que acontece no problema da coroa? Olha só! Se eu tenho algo lá do lado direito que é de ouro e prata, né? mais ou menos aí eu tenho um encaminhamento da solução do problema da coroa. A posição do contrapeso acaba ficando entre E e F , a gente lembrando do slide anterior, E é a posição em que o contrapeso precisa ficar para equilibrar o ouro e, F é a posição que o contrapeso precisa ficar para equilibrar a prata, né? Então no caso de algo formada de ouro e prata eu vou ter o contrapeso numa posição G , né? entre uma e outra e, é claro que se a coroa, né? Fosse, totalmente, de ouro e prata ela permaneceria naqueles pontos, né? Equivalentes, né? Ou o F , ou o E , né? Então aí a gente tem uma... uma... um encaminhamento para a gente notar como Galileu pensou, qual foi o pensamento dele

é... tomando dos tratados do Arquimedes aquilo que Arquimedes havia já pensado, havia feito, a questão das alavancas. Então Galileu usa tudo isso daí e as afirmações que o Arquimedes coloca para chegar a esse método.

E de fato, a gente vai ter documentos que corroboram isso, né? Que Arquimedes teria feito isso e a balança então atribuída a Arquimedes. Galileu vai dizer então, né? “afirmo que os pesos de ouro e prata que compõem a liga estão entre si na mesma razão que a distância as respectivas FG e GE”, tá? Então por aí dá para perceber, né? Essa composição da liga FG que começa no ponto da prata, mede a quantidade de ouro. Acho que isso responde então um pouco da pergunta que foi feita pela Flávia, né? na reunião passada. A Flávia não tá aqui, né? porque ela não... não pode participar de evento na sexta-feira, mas é uma... uma... uma resposta, né? Ao tipo de questionamento que ela fez. Acho que ela perguntou, não foi MINISTRANTE 3? Se era uma coisa qualitativa, não foi?

MINISTRANTE 3 - [inaudível] ... a quantidade de ouro e de prata. O quê que acontece? Naqueles slides, né? Que a gente lançou mão no encontro passado o que se apresentou foi já uma transposição didática, certo gente? Não foram os trabalhos de Galileu então, naquela transposição didática, que a gente encontra nos livros de ensino médio, o que se permite é uma compreensão qualitativa do uso da balança hidrostática, daí a dúvida da Flávia. Mas... mas não tinha que se determinar a proporção de ouro e prata? Sim. Dessa forma aí como a gente está vendo agora, a partir da fonte primária que já tinha sido apontado pelo... pelo professor Roberto Martins, a gente consegue. Aí o Galileu vai usar, com todo o cuidado, né? já pensando na questão do peso dos materiais que ele vai inserir aí na balança. Um fio finíssimo de aço para pontuar em que local nós temos o reequilíbrio depois que eu desloquei o ouro, em que local fica o reequilíbrio do ouro, né? Em que local? Em que ponto desta balança equilibrada, novamente, fica o equilíbrio da prata, certo? Então esses pontos seriam os pontos com fio finíssimo de aço. Depois quando a gente tem uma liga, então determinou-se aí o ponto G, entre E e F, não necessariamente no meio, certo? Uma mediana entre E e F. Tá entre E e F, então também se põe nesse ponto um fio finíssimo de aço e, entre então esses três pontos demarcados vai se inserindo então o fio de latão também finíssimo, né? E com o estilete, né? Vai-se contando então, a quantidade de voltas para o fio finíssimo de latão entre EG, simbolizando em partes a quantidade, né? de prata. E entre GF, simbolizando em partes, a quantidade de ouro. Então essa seria uma precisão, do ponto de vista de Galileu, né? Para resolução do problema ah... que nós teríamos analisado

MINISTRANTE 2 – isso, acho que o P1 ia falar alguma coisa, P1 que a gente interrompeu aí, não é isso?

P1 – não. Foi exatamente essa parte, né? Eu achei muito interessante, né? O refinamento que ele tinha, né? que tem uma hora que ele fala assim, né? que você tem que pegar esse fio finíssimo, né? E por ela ser tão fina e fazer uma precisão tão grande talvez você tenha até... como se fosse dedilhar, né? para que você sentisse quantas espiras, né? você tá contando. Pra contar a proporção de prata e de ouro.

MINISTRANTE 2 - então assim, não é uma avaliação é... somente qualitativa, né? Ele tenta ver mesmo. É possível entender quais são as proporções de ouro e prata ou, para investigar a ligas mesmo é possível ver essa... essa... essa proporção através desse método que ele... que ele descreve, né? E descreve, como a gente pode perceber, com base naquilo que o Arquimedes havia pensado, né? Galileu tá trabalhando, ele se baseia mesmo nas fontes do Arquimedes para chegar a isso, né? Então, além de bastante cuidadoso, né? de delicado esse método como você tá colocando P1. É um método assim que só pode ser feito e, aí a gente pensa naquela ideia de cooperação na ciência, né? só pode... só pode ser pensado pelo Galileu porque ele voltou lá no Arquimedes e leu, e estudou e, foi a partir daí tentando entender como é que Arquimedes teria trabalhado, né? O Galileu também não pensou isso do nada, não foi um insight, né? isso na cabeça do Galileu. Ele estudou, ele voltou, ele gostava da argumentação geométrica... Então todo... tem todo um contexto para que Galileu fosse conseguiu... conseguisse então uma hipótese bastante corroborado, né? De como então Arquimedes teria feito. Deixando de lado então aquela versão vitruviana que a gente comentou aqui que tem problemas históricos, físicos, né? Então não deveria aparecer no livro didático. E também gente, eu acho que dá para perceber que, esses últimos slides que a gente colocou, né? que mostram a balança em equilíbrio, a balança em desequilíbrio na água, o que acontece com o ouro, o que acontece com a prata. Essa argumentação ela é uma argumentação que pode sim ser trazida para Educação Básica. Dá para se compreender e é interessante, né? É... é bastante interessante essa noção de que a balança volta e volta ao equilíbrio se eu mudar o contrapeso de posição, né? E eu preciso voltar um certo tanto se for ouro, um certo tanto se for prata e se eu tiver uma mistura dos dois eu preciso voltar alguma coisa que a intermediária. Então esse tipo de argumentação com desenho, com a mediação do professor, ela pode ser

compreendida pelo aluno da educação básica. E enfim, há condições para que a história na versão de Galileu chegue ao livro didático. Há condições, né?

MINISTRANTE 3 – MINISTRANTE 2, eu penso assim que uma inserção didática adequada, né? Dessa... dessa fonte aí possibilita... possibilitaria inclusive a gente (falha na conexão) fragmentos de conhecimento, né? Porque, veja a gente estaria tratando da hidrostática, mas fazendo menção a alavancas, não é? Porque, de repente, a gente tem lá no capítulo do livro didático alavancas e máquinas simples e não tem nada a ver com hidrostática, gente. Mas veja que é, exatamente, o conhecimento lá das alavancas, né? Porque ninguém tá falando de torque. Torque é do nosso ponto de vista contemporâneo. É exatamente esse conhecimento e essa precisão que poderia, possivelmente, né? Tenha sido utilizado por Arquimedes. Não a precisão de medida de volume que, como nós vimos, não existia à época. Então assim, pensar tudo isso inclusive permite a contraposição à uma visão também simplista de ciência, bem tem um nome específico. Mas essa visão que quebra o conhecimento sobre a natureza de maneira muito fragmentada não se permite fazer relações do conhecimento. E a gente tem a potencialidade do episódio que permite no campo, claro, da própria física, né? baseia essa relação de conteúdo, de tópicos que estão lá no livro didático.

MINISTRANTE 2 – fazendo um paralelo aí também, né? com o muito tempo depois, MINISTRANTE 3 você me lembrou a questão do próprio Pascal também. Porque o Pascal, ele trabalha com parafuso sem fim. Ele trabalha com vários mecanismos que não envolvem líquidos e é com base nesses mecanismos que depois, então ele vai pensar naquilo que seria o princípio de Arquimedes que a gente... Princípio de Pascal, desculpa! que a gente conhece, né? Então essa fragmentação que... que MINISTRANTE 3 tá citando, ela pode ser trabalhada, pode ser evitada com esse tipo de episódio sendo trazido de uma forma mais adequada através da versão do Galileu. Bem... bem colocado.

Bom, gente então nós percebemos aí, né? que o método previsto pelo Galileu, que seria aquele que o Arquimedes teria usado, é um método bastante cuidadoso, né? e ele vai descrevendo aí, nesses trechos que MINISTRANTE 1 tá colocando, a questão de detalhes do mecanismo que levariam então a uma percepção da proporção de ouro e prata, né? Então mostrando que algo quantitativo também, se permite esse tipo de avaliação. MINISTRANTE 1 você pode passar, por favor?

MINISTRANTE 1 – você quer que volte e vá para o encerramento?

MINISTRANTE 2 – tem pra voltar, não tem?

MINISTRANTE 1 – tem.

MINISTRANTE 2 - volta lá.

MINISTRANTE 1 – deixa eu sair daqui. (localiza o slide correto)

MINISTRANTE 2 – tá, então assim, né? o Galileu então, ele vai trazer, né? essa... essa metodologia lá no trabalho dele e, isso então remete ao episódio da coroa porque ele vai falando sobre liga de ouro e prata. Ele vai descrevendo então, esse tipo de situação de pesar no ar, de pesar na... na água isso tudo remete ao próprio episódio da coroa do rei que o Arquimedes então tentou investigar. Pode passar, tá MINISTRANTE 1?

(Após a mudança de slide) Também foi o que a gente acabou de tratar, né? só que eu trouxe lá naqueles slides numa apresentação um pouco mais sequencial, tá? para a gente entender essa argumentação do Galileu. Mas em resumo é isso que o Galileu tá dizendo, né? Só que lá eu desmembrei para gente passar em sequências. Então Galileu vai pensando em todas aquelas etapas que a gente que a gente comentou e, é isso que ele, na verdade, tá colocando nesse tratado *A Pequena Balança*. Pode passar... pode passando (se referindo a avançar na apresentação dos slides)

Ele vai fazendo toda uma descrição da balança hidrostática, né? Desse equipamento, inclusive colocando medidas, né? E aí, então descrevendo como é que seria possível determinar essa proporção de ouro e prata ao longo dessa... dessa fonte primária. Assim como a fonte do Arquimedes, tá? A fonte do Arquimedes é uma fonte complicadíssima para ser inserida no contexto escolar, a gente viu que é difícil até para gente compreender. Talvez para o ensino superior dê, mas com muita dificuldade. Essa argumentação do Galileu, ela já é acessível a gente, mas refletir sobre se ela seria acessível, na forma como ela está no trabalho do Galileu, a educação básica. Talvez alguns trechinhos sejam. A maior parte não, mas como a gente viu aqui é possível desenvolver uma explicação com base nela que foi essa sequência que eu acabei de comentar, essa sequência de slides. Então colocar essa fonte primária, esse trecho original do Galileu na

educação básica, na íntegra eu acho muito difícil. Talvez alguns pedacinhos dê para colocar, tá? E a explicação, sim. A explicação dá para colocar de fato e, ela é bastante... com estes slides... slides que mostram, né? os efeitos visuais, ela é bastante compreensível. Então... pode passar MINISTRANTE 1 (se referindo a avançar na apresentação dos slides)

MINISTRANTE 1 – (ao chegar em um próximo slide) Esse daqui é bem explicativo, o que Lucie traz. Porque o Galileu fala que as distâncias são inversas, mas ele não explica. Nas palavras de Lucie porque ele (Galileu) achou que era muito fácil de qualquer pessoa entender. Então Lucie traz nesse artigo que compõe a tradução de *La Bilancetta* uma explicação de como seria, o porquê que seria contrário as distâncias, né?

MINISTRANTE 2 – é claro, também, que a gente poderia então é... vamos dizer, se a gente fosse usar esse tratado no nível superior a gente poderia falar em torque, né? A gente poderia introduzir aí outros conceitos, tá? Então mesmo o uso da história da ciência no ensino a... falar sobre essa fonte primária a gente pode falar em diferentes níveis de acordo com o contexto didático em que a gente está, tá? Só para vocês terem uma ideia que no... no grupo, né? do... do nosso curso de extensão, um aluno meu, há umas duas semanas atrás, ele fez uma apresentação desse texto do... relativo ao Princípio de Arquimedes. Ele fez uma apresentação, um aluno meu do bacharelado em física. Ele fez uma apresentação para os colegas da sala de história e filosofia da ciência e, no olhar dele, de aluno do bacharelado em física. Ele desenvolveu toda a tradução desse tratado do Galileu então falando sobre torque, tá? mas ele deixou claro que eram conceitos atuais e tudo... Enfim, a gente pode usar essa explicação do Galileu para o episódio da coroa do rei tratando essa explicação de diferentes formas, de acordo com o contexto que a gente estiver. Ela é totalmente acessível a educação básica, né? A gente consegue perceber aqui pela explicação que foi dada que ela é bastante acessível.

Bom, o Galileu então ele explica esse método, né? Mostra a delicadeza desse método, mostra algumas dificuldades, né? E ele então vai tentar explicar como é possível usar esse método adequadamente, então ele faz isso no trabalho dele. Pode passar MINISTRANTE 1.

Então pra gente relembrar. Pode colocar todos os itens (se referindo a animação do slide). Para a gente relembrar, né? Então o quê que... o quê que a gente... o que fica para gente desse tratado da *Pequena Balança*? A gente tem alguns tópicos aí que que MINISTRANTE 1 listou, né? O Galileu, ele desconfia do método que o Vitruvius narra. Diz que esse método é um grosseiro sem precisão matemática, né? que as coisas requerem. Diante disso o Galileu investiga então as obras de Arquimedes em busca de como o Arquimedes poderia ter trabalhado e, ele vai reconhecer na argumentação do Arquimedes uma possibilidade que seria a balança hidrostática. Gente, tem uma crase aí que não era pra ter depois a gente conserta antes de mandar para vocês, tá? (fazendo referência ao erro ortográfico no texto). Então o Galileu reconhece, né? a possibilidade desse método e, escreve o tratado a *Pequena Balança* explicando o funcionamento desse tipo de mecanismo com base naquilo que o Arquimedes tinha dito, tá? Então não é uma criação do Galileu, ele encontra nos trabalhos do Arquimedes tudo aquilo que ele vai explicar em relação a balança hidrostática e, ele então considera que este teria sido o método usado pelo Arquimedes. É um método então que não tem aqueles problemas físicos, de natureza física que existem... existe no... existem no método que o Vitruvius havia descrito. E a gente viu também que no texto do Roberto Martins, do historiador da ciência, que existem evidências, né? Que indicam que o... que a balança hidrostática, ela existiu de fato, né? Esse tipo de mecanismo para o estudo de ligas metálicas e, inclusive a balança hidrostática aparece sendo atribuída ao Arquimedes. A partir dessas duas fontes primárias que a gente comentou, né? o tratado do próprio Arquimedes e o tratado do Galileu, a gente tem elementos históricos que somadas então as fontes secundárias que a gente usou, né? O texto do Roberto Martins e o texto do Alexandre Medeiros e do Fernando Lang, a gente tem alguns elementos históricos que nos permitem olhar com mais cuidado para o livro didático, tá? Buscando então como o Princípio de Arquimedes aparece nesse... nos nossos livros que foram aprovados no PNLD 2018.

MINISTRANTE 1, tem mais algum slide? Acho que não, né?

MINISTRANTE 1 – acabou.

MINISTRANTE 2 – MINISTRANTE 3, você queria colocar alguma coisa?

MINISTRANTE 3 – talvez, só mais um comentário, né? Sobre a... a... aqueles reducionismos que a gente acaba... acaba ouvindo por aí, né? De negar cronologia, negar biografia porque tem nomes de datas, negar a existência de gênios. O que eu acho interessante nesse trabalho do Galileu, o modo, como era próprio no século XVII, o modo como ele inicia a escrita fazendo referência a Arquimedes. É um modo muito elogioso,

mas não faríamos uso na historiografia atual, né? E com isso não estou fazendo um julgamento de valor, certo gente? a época. Era esse modo válido no século XVII. O que eu tô querendo falar é que Galileu, ele reconhece genialidades na obra de Arquimedes. Ele se debruça sobre essa obra, né? Em virtude de todo interesse que ele tem pela geometria euclidiana e, ele tem esse movimento, né? O conhecimento que nós temos hoje, já recorrendo a essa obra, não é fruto apenas da mente de Arquimedes - um gênio isolado. Existe participação, inclusive do próprio Galileu (risos) para compreensão desse conhecimento. Portanto a gente.... continuando... tem... tem que continuar tendo cuidado com os reducionismos. Não é que não existam gênios, né? Quando a gente se contrapõe a essa perspectiva, essa perspectiva individualista, né? Tá lá o Arquimedes sozinho lá no século III já... já consolidou todo conhecimento que nós temos no livro didático hoje, não é isso. Mas há de se pensar, né? De se reconhecer a belíssima obra de Arquimedes, a belíssima obra de Galileu. Eu acho sempre importante chamar a atenção a isso MINISTRANTE 2. (risos)

MINISTRANTE 2 – bem colocado MINISTRANTE 3, porque o que a gente poderia sair com a impressão assim que: - ah, então no livro didático é para falar o quê a respeito do personagem Arquimedes, né? Já que ele não... não... não deixou enunciado que a gente tem atualmente do princípio de Arquimedes. Bom, não é desmerecer o Arquimedes, de jeito nenhum, né? Mas se a gente for falar do ponto de vista histórico a gente tem que colocar, com cuidado, aquilo que ele disse e, até mesmo no sentido para a gente deixar evidente que o que a gente tem de ciência é uma construção histórica, não é uma construção só do próprio Arquimedes. Então o princípio de Arquimedes, que a gente tem no livro didático, ele é uma composição daquilo que veio do Arquimedes com outras contribuições posteriores. Além disso a gente pode também considerar que não é adequado a gente ter a história vitruviana relatada no livro didático como verdadeira. Se ela for relatada no livro didático, ela teria que ser relatada para ser problematizada e contraposta a versão do Galileu ah... que pode ser apresentada, sim, no livro didático com cuidado e, ela... ela é acessível a educação básica. Então não há justificativa para que se apresente a versão vitruviana como a verdadeira ela tem problemas físicos também, né? Ela é inadequada do ponto de vista físico, então aquele professor que usa a versão vitruviana pensando que tá trazendo uma história engraçada, né? descontraída, motivante alguma coisa assim... ele tá trazendo também uma física que não é adequada. E a gente não quer isso, né? para o ensino de física. Então cabe a gente, que é professor, dá uma olhada aí com bastante cuidado no que aparece no princípio de Arquimedes nesses livros didáticos.

E só um último comentário nesse sentido, o que a gente tá fazendo aqui sobre o princípio de Arquimedes pode ser feito em relação a outros conteúdos históricos, né? Então isso é um... um exemplo de que se a gente olhar com cuidado os trechos originais de trabalhos acadêmicos sobre história da ciência a gente pode ter alguma noção sobre os episódios históricos e ter uma visão um pouco mais crítica sobre a história da ciência que aparece no livro didático. E é o que a gente vai fazer então nas próximas etapas, tá gente? É... então nas próximas etapas, eu comentei aqui enquanto ainda tinha algumas... algumas pessoas ainda estavam chegando, né? O que a gente vai fazer agora? A gente vai deixar com vocês, né? Naqueles... a gente vai dividir o grupo do WhatsApp em duas partes, em dois grupos. Vai extinguir esse grupo que tá formado. Abrir dois outros grupos. Vocês vão ser divididos e, nós vamos então deixar em cada um desses dois grupos trechos dos doze livros aprovados no PNL 2018. Os trechos que são relativos ao Princípio de Arquimedes. Um grupo fica com seis trechos, outro grupo fica com seis trechos. E a gente vai pedir que vocês analisem para que nos encontros síncronos seguintes vocês tragam para nós, para compartilhar com a gente, as observações de vocês sobre o que vocês encontraram nesses livros didáticos a partir dos elementos que a gente foi estudando aqui. Então essa é a nossa proposta com base em tudo que aquilo que a gente viu de fundamentação e da questão histórica, a gente partir para análise dos livros didáticos nas próximas etapas. Primeiro vocês farão essa análise e depois a gente vai compartilhar aqui, discutir, apontar mais algumas questões, certo? Alguma dúvida? Alguma questão? Alguma sugestão gente?

P1 – não, por mim tudo bem.

MINISTRANTE 2 – e aí pessoal? Tudo joia, né?

P1 – sim, sim.

MINISTRANTE 2 - então MINISTRANTE 3 você queria comentar?

MINISTRANTE 3 - eu tinha pensado inicialmente, né? com um público de 25 participantes e 4 grupos. Eu acho bom a gente ter essa conversa aqui na presença deles pra gente organizar, né? Porque quarta-feira a

gente tem apresentação... teria apresentação dos grupos 1 e 2 sobre os livros didáticos que eles... que eles estariam analisando, os mesmos seis livros didáticos. Na quinta os grupos 3 e 4 sobre os outros seis mesmos livros didáticos. Então a gente... amanhã eu vou desfazer esse grupo, né? Criar um grupo 1 e um grupo 2. Lançar seis trechos num grupo e lançar seis outros trechos no outro grupo e, aí na quarta-feira então seria o grupo 1 e na quinta o grupo 2, é isso MINISTRANTE 2? Apresentando?

MINISTRANTE 2 – isso.

MINISTRANTE 3 – então se vocês virem lá no... no... abaixo daquele mesmo símbolo que nós temos agora nesse grupo atual vou colocar o grupo 1 e grupo 2, certo? Então se vocês estão lá no grupo 1, vocês sabem que vão apresentar na quarta-feira os seis exemplares, a análise dos seis exemplares, né? E no grupo... e o grupo 2 na quinta-feira. Na sexta-feira a gente encerra com avaliação geral do nosso... da nossa ação de extensão, né?

MINISTRANTE 2 – isso, isso mesmo.

MINISTRANTE 3 – ótimo.

MINISTRANTE 2 - então vão ser 2 grupos em vez de serem 4. 2 grupos. P1?

P1 - eu tenho só uma... uma pergunta. Sobre aquele primeiro slide que a gente já tem disponível sobre o que é pedigree, internalismo, individualismo... tem algumas definições que eu acho que não estão nos próprios slides. Tem algum texto complementar para aqueles slides?

MINISTRANTE 2 – eu vejo e mando para vocês, tá? Eu tenho um... um texto que é: O que é história da ciência? do ensino à distância da UFRN, mas eu não sei se ele tem, exatamente, tudo que tá ali, tá? Mas eu posso ver isso direitinho para vocês e vejo um texto que seja conveniente, curtinho e que traga essas definições e eu... eu passo para vocês, tá bom?

P1 – muito obrigado. De novo, né? temos técnicos.

MINISTRANTE 2 – termos técnicos: internalismo, externalismo, né? história pedigree, hagiografia. Assim, mas de qualquer forma P1 é... a terminologia é importante, mas mais importante que a terminologia é a compreensão desse tipo de situação, tá? Então, por exemplo, se eu vejo assim: pai da Física, não é? pai da química. Isso é uma história Pedigree, mas que eu não saiba que eu o nome disse técnico é história Pedigree, mas que eu entenda que atribui a paternidade de uma área a alguém é uma coisa muito forte, né? Então dá uma noção de ciência individualista, da uma noção de... de colocar alguém num pedestal isolado, né? Então a terminologia, o termo técnico É importante, mas mais importante é a compreensão do quanto... do quão problemático é esse tipo de afirmação. Bom... as aulas estão gravadas sim, depois eu vejo com MINISTRANTE 3. Eu vejo com ele, P2. (em resposta ao chat). Pronto gente...

P2 - como foram muitos termos, né? Eu consegui anotar alguns, mas outros eu não consegui e, eu lembro que na aula ela explicou cada termozinho. Então acho que seria bom se pudesse disponibilizar um link do drive só para a gente poder assistir essa aula em específico.

MINISTRANTE 2 – tá, tá certo. A gente vê isso, tá? Então seria isso. Também quando a gente abrir o grupo lá do WhatsApp eu posso dar algumas orientações também, tá? E colocar os critérios direitinho de análise dos livros didáticos para a gente lembrar o que a gente tá tentando olhar, né? com que olhar a gente tá buscando esses livros didáticos? Eu posso colocar lá esses critérios. Talvez possa colocar até uma pequena definição, talvez ajude também, né? Acho que pode... pode ajudar colocar isso no grupo do WhatsApp também. Acho que até facilita.

MINISTRANTE 3 - a preocupação são definições dos termos, a gente pode por. Claro que pelo espaço não vai ser com todo rigor possível. A gente não vai fazer um trabalho sobre história whig, por exemplo, porque aí seria imenso. Mas fazer uma definição básica para que vocês tenham compreensão e possam ter um olhar mais sensibilizado ao olhar para os livros didáticos. Só os termos mesmo, né?

MINISTRANTE 2 - eu acho que... que vocês vão acabar se lembrando daquilo que a gente falou, né? Mas como se fosse uma dica, né?

MINISTRANTE 3 – é também se tiver que rever toda a primeira aula... primeira aula não, né? O primeiro encontro formativo aí vocês já vão ter mais tempo talvez não deem conta de toda a análise. Então a gente faz algo sintético para vocês terem acesso.

MINISTRANTE 2 – tá. A gente já passou bastante tempo... Mas eu tô me lembrando aqui de um outro aspecto, tão importante quanto esses que... quando vocês olharem o livro didático a gente tem que ter a preocupação como a questão do conceito que tá sendo apresentada. Deem uma olhada lá na forma como está sendo apresentado o conceito, na questão histórica, né? E portanto na historiografia, visões de ciência... Isso a gente vai colocar lá no WhatsApp para vocês e, pensem também na questão didática, tá? Então aqui... aquilo que o livro didático tá propondo é razoável para aquele contexto didático? É... o que o livro didático tá propondo em relação ao episódio da coroa do rei? Às vezes ele pode colocar alguma proposta que a gente pensa: - não, mas não é cabível para um aluno da educação básica. Não é razoável, tá? Então pensem nisso também quando forem analisar o que aparece no livro didático, tá? Então lembrando que então a nossa apreciação é, como a gente chama, de multicontextual. Então nessa direção. Bom pessoal então agradecemos a presença de vocês e bom descanso, bom fim de semana para todo mundo e, todo mundo se cuida aí, tá bom? Obrigado! Na semana que vem a gente se vê. Bom final de semana.

TRANSCRIÇÃO DO DIA 09/12/2020

MINISTRANTE 2 – agora então a MINISTRANTE 1 vai trazer os slides para contribuir com a nossa discussão. Pode começar.

MINISTRANTE 1 – Boa noite! Vou começar aqui mostrando...

MINISTRANTE 2 – [risos] O que foi MINISTRANTE 1?

MINISTRANTE 1 - Pera aí que eu tô meio perdido aqui. Eu deixei ele aberto mas ele sumiu aqui. Deixa eu achar para colocar... [em referência a localizar a aba com apresentação dos slides]

MINISTRANTE 2 - vamos aguardar a MINISTRANTE 1 colocar aí.

MINISTRANTE 1 - gente meu TI tá aqui, tá? (Depois de alguma ajuda, os slides são localizados)

Então, hoje gente, depois desta falha técnica. Vamos começar a análise dos livros didáticos aprovados no PNLD 2018, (né?) do grupo 1. Dando continuidade ao nosso curso de extensão. Os livros de hoje vão ser: Barreto Filho e Silva; Doca, Biscuola e Bôas; Fukui, Molina e Venê; Gaspar; Martini e Yamamoto e Fuke. Então recapitulando, (né?) os nossos encontros anteriores. A historiografia foi que muitas pessoas ficaram com dúvidas por causa dos termos técnicos que a gente não tá muito habituado. Então a MINISTRANTE 2 colocou de uma forma compacta lá e é o que está reproduzido nos slides. Então era para verificar se o livro tinha uma história estritamente cronológica, se tinha traços de uma história pedigree (que aquela que vai buscar o pai de algum evento, de algum... de algum conceito, né?), se era hagiográfica (aquela que vai endeusar os pesquisadores, que vai colocar sem defeito como se fosse um anjo), se tem... se era utilizada uma abordagem anacrônica, né? (que vai projetar no passado as ideias que são aceitas atualmente) ou, ao contrário disso, se usavam diacronismo (que cada conceito respeita sua época, (né?) que é o oposto), se era uma abordagem internalista (que é estritamente conceitual, vai ver a partir de dentro da ciência), se era... ou se era uma abordagem externalista (que vai levar em consideração todos os fatores que podem influenciar o pesquisador como: religiosos, culturais, políticos, econômicos), ou se tinha traços de uma história wighi (aquela história de certos e errados onde constam heróis e vilões).

Em relação à legislação, era para verificar se tinha o equilíbrio entre o produto do conhecimento e o processo, né? A gente viu que o PNLD, ele rejeita, né? Era um dos critérios de desaprovação lá se fosse uma história da ciência estritamente cronológica, se a biografia, quando apresentada, ela vai ser do tipo hagiográfica ou apologetica, se as fórmulas quando eram apresentadas, elas vinham acompanhadas de um arcabouço, (né?) se tinha uma referência de desenvolvimento histórico. Se apresenta a ciência como uma construção humana, mutável ou se vai apresentar como uma construção individual? Aí que vai recair nas

visões de ciência, né? Se é uma... uma visão individualista, delegando a uma única pessoa, único indivíduo as descobertas. Se ela vai ser rígida, que vai ser aquele da receita de bolo, que vai trazer o método científico. Se vai ter um viés empirista-indutivista, né? Aquele que o conhecimento vai saltar do experimento ou da observação. Se vai trazer uma visão aproblemática ou ahistórica, né? Que não vai fazer questionamentos, não vai levar em consideração o meio que tava inserido o cientista, o pesquisador ou o filósofo.

Em relação ao conteúdo histórico, comparar o princípio de Arquimedes no livro didático as proposições que nós estudamos. Então nós estudamos tanto os artigos quanto as fontes primárias. Então vocês têm o embasamento para verificar se o livro vai trazer esse tipo de conteúdo histórico é... a gente sabe como foi que Arquimedes abordou e, aí vocês vão poder comparar com o livro para ver se tá de acordo com que ele disse ou não, né? Como, por exemplo, a matematização. Nós vimos que ele não faz isso, ele não exemplifica fórmulas, ele faz uma abordagem euclidiana, (né?) da geometria euclidiana então esse era um dos requisitos para verificar em relação ao conteúdo histórico. O conteúdo histórico específico vocês podiam fazer esses questionamentos: se o livro apresentava a pseudo-história do Vitruvius sobre o episódio de Arquimedes ou não? Se apresentava, como apresentava? Quando apresentava, apresentava só do Vitruvius ou também trazia a do Galileu? E mesmo assim, que não citasse, diretamente, nenhuma das duas versões se o episódio da coroa ele aparecia de alguma forma?

Só para lembrar, né? O que a gente viu em relação às fontes primárias. A gente viu que o Arquimedes não se refere a empuxo, ele não utiliza esse termo, ele não realiza uma argumentação empírica, ele não descreve experimentação, ele utiliza uma argumentação geométrica e o conceito de fluido, para ele, era diferente do que a gente tem hoje. Só se referia aos líquidos, (né?) então com tudo fresco na cabeça vamos para primeira apresentação....

MINISTRANTE 2 – MINISTRANTE 1, espera um instante. Pessoal, lembrando que isto é apenas um resumo. Então eu selecionei aí alguns aspectos que... que me pareceram importantes. Mas vocês podem encontrar outros aspectos também, né? Encontrar outras coisas que chamam atenção... enfim, por exemplo, da legislação tem mais do que eu coloquei aí, né? Aí eu coloquei alguns... algo que.... que eu me lembrava e que me chamava mais atenção. Mas, de repente vocês podem encontrar outras coisas, tá? Então não é para se restringir ao que está aí. Isso aí é só o ponto de partida, tá? Então fiquem à vontade para observar outros aspectos, tá? E cada olhar é olhar, (né?) então a gente tem que um grupo de... que reúne variadas contribuições, vamos ver o que que vocês vão observar, tá? Bom, então vamos lá! É... só uma questão gente que é importante, às vezes a gente conhece o nome desses livros pelo nome do autor, né? E às vezes é um autor que lá no meio, (tá?) é o segundo, é o terceiro autor, né? É muito comum isso acontecer, mas aí a gente colocou o nome de todos os autores, tá? Então, às vezes, a gente não reconhece de prontidão que é aquele livro didático que a gente tá acostumado a lidar porque a gente não conhece o nome de todos os autores, né? Mas são aqueles que foram aprovados no PNLD 2018 e que são muito usuais (né?) nas salas de aula brasileiras. Bom, a gente também depois pode comentar um pouquinho sobre quais são os mais adotados, tá? Isso vai... a gente vai trazer lá no último dia, no último dia que a gente vai fechar as discussões. Por quê? A gente tá olhando... a gente vai olhar agora (né?) livro a livro, comentar livro a livro o que aconteceu, né? O que vocês notaram? O que a gente notou? Mas e daí? Como é que isso está nas escolas, tá? Então de repente um livro aí que a gente vai achar interessante pouco é adotado. Como é que eles estão distribuídos nas escolas? Qual foi o mais adotado desses? Qual foi o menos adotado? Tem diferença de região para região do Brasil? Então esses dados a gente vai trazer no... para finalizar o nosso encontro, para a gente entender. Então disso aí tudo, o que pode estar indo para a sala de aula? Que também não significa que é o que está na sala de aula, né? Porque aí vai depender do professor, né? Do que ele vai fazer a partir desse material, mas é mais um elemento para a gente pensar, tá? Então vamos lá! Vamos começar.

P4 - começa já falando? Como vai ser? Começar... começar... a tá. Pronto.

MINISTRANTE 2 – MINISTRANTE 1 vai colocar o slide.

P4 – podemos comentar? Pode começar o comentário gente?

MINISTRANTE 1 – pode.

OBS.: o grupo 1 inicia a análise pelo livro de BARRETO FILHO e SILVA.

P4 – Pronto. Eu vou falar o que eu observei. Aí o resto do grupo também vai falando em cima, né? Aí fica melhor. Sem ordem, né? O que eu percebi nessa... nessa. Eu até grifei uns trechos aqui na página.... deixa eu ver qual é página dele. Que tem a parte da... do pedigree aí, né? Da história pedigree e... é porque o meu tá meio lento, tá? Na página 270. Eu pelo menos, é o que eu notei que diz: “coube ao filósofo grego Arquimedes” aí vem a parte da historiografia também. Vê se eu entendi certo, né? O livro aborda que coube apenas a ele, né? Essa... essa conclusão, né? essa percepção do empuxo mesmo sem ter usado essa palavra. Então deu... deu a paternidade como sendo para ele, né? E sozinho, também tem a parte da... da... da visão individualista. Nessa... nessa página, nesse trecho eu tinha percebido isso. Também ele coloca também a questão do enunciado, somente o enunciado dito por Arquimedes. É atribuído a Arquimedes sem mostrar a alteração, a correção que pode ser feita nele. Nessa página aí eu tinha percebido essa... essas... esses detalhes. Se alguém quiser falar mais alguma coisa pode interromper a qualquer momento, tá? Eu fico calado...

P7 - aí eu também percebi, nesse mesmo trecho que ele fala que foi após vários experimentos. Então traz uma visão, né? Empirista-indutivista. A gente sabe que ele não realizou, né? Esses experimentos para chegar é... em alguma conclusão. Ele utilizou outros meios para essa função.

MINISTRANTE 2 – eu vou ler essa citação que vocês localizaram, tá? Porque pode ser que quem é do outro grupo (né?) que não... não observou esses trechos, tá? Pode estar confuso sem saber o que vocês estão falando. Eu vou ler essa... essa citação que P4 localizou e P7 completou falando, tá? Diz assim ó, tá na página 270:” Coube ao filósofo grego Arquimedes, (aí põe a data de nascimento e morte) após vários experimentos concluir que a intensidade do empuxo é igual a intensidade do peso do volume do fluido deslocado quando um corpo qualquer é colocado em um líquido. O chamado teorema de Arquimedes pode ser enunciado da seguinte forma: em um corpo em contato com fluido em equilíbrio, o empuxo é uma força vertical orientada de baixo para cima cuja intensidade é igual a do peso do volume do líquido deslocado”. É essa citação, né P4? Que você observou?

P4 – isso. Essa foi uma das partes que eu vi, né? que eu coloquei como... como importante e como importante para citar agora e o que P7 falou também. Tinha frisado bem. É importante, essa parte principalmente e, também tem a parte da citação da história da coroa do rei que ele fala lá no final, mas aí vou deixar para mais alguém aí falar...

MINISTRANTE 2 - isso que você localizou, esse “coube ao filósofo grego Arquimedes” [inaudível] você localizou um exemplo de história Pedigree, né?

P4 – isso, e cabe? Se encaixa pedigree nesse sentido, sim, né?

MINISTRANTE 2 – tá atribuindo totalmente a ele, né? Tá atribuindo, exclusivamente, a ele.

P4 - e a visão individualista também, né isso?

MINISTRANTE 2 – é uma visão individualista. E P7 notou esse “após vários experimentos”, né? “Coube ao filósofo grego Arquimedes após vários experimentos” o que que você notou então P7? Que esse “após vários experimentos”, não é adequado?

P7 – não. Tanto que ele tem uma visão empírico-indutivista como também não condiz com a realidade, né? Que ele não... tanto que ele não realizou o experimento e, também a conclusão que é falada aí não é a conclusão ele traz lá naquelas proposições que a gente estudou, também.

MINISTRANTE 2 – esses aspectos que você notou são diferentes daquelas conclusões?

P7 - vai ter a questão do anacronismo, né? Porque ele não utilizou o termo empuxo e, os termos que ele utilizou, como a gente viu, peso, outros... outros conceitos que nós utilizamos hoje não são necessariamente o que ele... a forma como ele entendia, (né?) o funcionamento do universo, ele tinha outros... ele tinha outros...outras referências, (né?) diferentes das nossas, hoje. Era aristotélica, (né?) que a gente comentou na outra e, além disso também eu achei interessante porque ele fala um corpo eu achei diferente de todos

os outros porque ele fala no enunciado aí na caixinha verde “um corpo em contato”, né? e “ponto em equilíbrio” eu achei interessante. Somente esse autor utilizou esse trecho, né? em contato e...

MINISTRANTE 2 – ele enuncia, né? Nessa caixinha verde

P7 – isso, isso. Quando ele enuncia. E na proposição de Arquimedes o corpo estava naquelas três, né? Ou ele estava submerso ou parcialmente submerso no fluido. Também a palavra fluido, né? O termo fluido era diferente do entendido por Arquimedes ah... quando ele escreveu aquelas proposições.

MINISTRANTE 1 – e em relação ao experimento que eles trazem para ilustrar o teorema de Arquimedes? O que que vocês acharam? Esse experimento da página 270.

P4 - experimento para reforçar uma ideia, né? Para tentar reforçar o teorema, né? 280, né isso?

MINISTRANTE 1 – 270, esse que tem um dinamômetro...

P7 – eu achei o princípio desse experimento parecido um pouco com o raciocínio da coroa, né?

P4 – isso.

P7 – aí tem que ter... o líquido tem que derramar, né? aí por fora nesse...

P4 – extravasar.

P7 – o líquido tem que extravasar.

P4 – acabou reforçando, tentando (né?) fazer uma coisa... e pode ser que tenha acabado reforçando a ideia de que pode ter acontecido daquela forma da água... da água extravasando devido a peso etcetera.

MINISTRANTE 2 – quando ele diz assim... quando ele coloca esse experimento. E aí, a gente percebe aí é um dinamômetro, né? Aqui que tem além do dinamômetro? Tem uma balança aí calibrada, calibrada em Newton, né?

P4 – isso, já é uma questão de força e peso.

MINISTRANTE 2 – quando ele coloca esse experimento e aí depois ele vem e... “o Arquimedes após vários experimentos” não pode dar a impressão de que o Arquimedes fez esse experimento?

P4 – isso. Ele reforça a impressão de que o conto, a história vai acabar sendo aceita. Aquela história dele caindo na piscina fazendo experimentos... Ele acaba sem querer ou querendo, não sei. É reforçando essa... essa ideia.

MINISTRANTE 2 – eu pergunto P4, é mais grave do que isso, assim nesse... nesse caso aí talvez. Porque ele acabou de colocar um experimento com tudo calibrado em Newton, com um dinamômetro. Não dá a impressão de que Arquimedes fez esse aí?

P4 - é isso.... da balança, né? Isso. Ele reforça essa impressão.

MINISTRANTE 2 – no comentário depois diz: “após vários experimentos”.

P4 – é verdade.

MINISTRANTE 2 – não é?

P4 – sim. Sim.

MINISTRANTE 2 – inclusive passa essa impressão, né?

P4 - Eu acho que acaba... como é na cabeça de um aluno que não tem ainda tanto... tanta bagagem quanto a isso, eu acho que ela não acaba levando como sendo única forma. A única forma de ter sido feito essa... essa relação do empuxo.

MINISTRANTE 2 - por um lado, né? Por um lado quando ele fala que: “ após vários experimentos”, poderia até dar uma impressão de que não é um *insight* repentino, né? Poderia até ser positivo no sentido de que não é um *insight* repentino que brotou do nada, né? Tem algum esforço, né? Tem essa questão. Por outro lado, como vocês citaram, né? Como P7 citou aí, (né?) a gente viu, na argumentação dele, que o Arquimedes não fez esse tipo... ele não tem uma argumentação empírica, (né?) nesse sentido. Então o livro poderia até trazer um aspecto positivo ao dizer que não foi de repente, ao sinalizar (né?) isso. Porém, não corresponde historicamente aquilo que tá lá na fonte primária, (né?) esse: “após vários experimentos” a gente percebe que é o autor do livro didático munido de uma visão empirista-indutivista que tem que achar que só pode, se ter chegado a esse princípio, após vários experimentos portanto, né? Não é Flávia? Um termo controverso aí aparecendo. [em resposta ao comentário no chat] De onde ele tirou isso, (né?) o “após vários experimentos”?

P6 – professora, dá a entender até que ele tinha esse aparato (né?) na época. Esse aparato para fazer esse experimento na época.

MINISTRANTE 2 - aqui medido em newtons, né? Mas Newton.... (risos)

P4 – Newton foi bem depois... [risos] alguns anos depois, né? [risos]

MINISTRANTE 2 – muitos anos depois, né? [sorrindo]

P4 – é. [sorrindo]

P9 - Eu lembro que esse experimento, ele está mais associado a sugestão de Galileu do que para o pensamento de Arquimedes, já que Galileu sugere que Arquimedes pode ter usado é... medidas de peso e não de volume. Aí o livro traz esse pensamento de Galileu e, logo após fala esses experimentos como se Arquimedes tivesse realmente feito (né?) utilizando esse contexto histórico que tá um pouco... divergindo, né?

MINISTRANTE 2 - então poderia ser, P9, segundo o que você tá trazendo (né?), uma oportunidade já para tratar aí da balança hidrostática, né? Mas não é. Acaba não sendo. [tosse]

P4 – pode até ser, mas o livro não fez, né? O autor não deu essa brecha depois.

P6 - eu notei, na página 277, que tem um experimento parecido com a balança hidrostática nesse livro aí.

MINISTRANTE 2 – o que vocês notaram desse experimento?

P7 - eu acho que... eu acho (P6, né). Eu acho que você confundiu o livro.

P4 – não, é nesse não P6. É no outro texto, porque essa passa da 275 para duzentos e oitenta e alguma coisa.

MINISTRANTE 2 – MINISTRANTE 1, você pode passar aí as imagens para a gente ver esse trecho que eles estão comentando?

MINISTRANTE 1 – não é neste exemplar não.

P4 – é no outro.

P6 - então desculpa, é no outro livro mesmo.

P4 - é no outro, no outro, no outro tem uma... um momento para você simular esse experimento. Nesse ele fala da coroa, ele cita o texto (né?) e, coloca até como suposto esse procedimento. Ele já coloca lá que é um suposto o procedimento no... na hora do texto e, aí depois já passa para referência e sugestão. É no outro.

P7 – [inaudível] e ele propõe três perguntas, três questões. E aí a primeira (né?), ele pede pra... interpretar (né?) quais foram os materiais e para pesquisar a densidade desses materiais e, a diferença de volume encontrado, né? caso a coroa tivesse uma massa de 1 kg. Então isso já poderia ser utilizado naquela problematização que a gente viu (né?) a partir dos... dos saldos (né?) a ver como seria improvável, né? Se tivesse acontecido dessa forma, fisicamente. E o segundo também, e ele pede, né? Aí, a partir do resultado da questão 1 pode-se discutir se o resultado do... se o texto é plausível (né?) a partir dos resultados. E na última questão ele sugere uma pesquisa sobre a balança hidrostática. É... e junto com esta atividade também [pausa] o professor, ele poderia utilizar esse equipamento para realizar essa...

P4 - associação entre um método e outro, né?

P7 – isso, mas assim, para mim não ficou claro como professor deveria utilizar é... eu não sei se esse livro tinha uma... Porque no livro que eu uso tem no final (né?) como você poderia. Tem em outros livros aqui como você poderia usar essa atividade, né? Porque às vezes o professor, ele não sabe como utilizar, (né?) E aí tu faria mais claro o caminho que... ele quer... o objetivo que o autor tem com essa atividade.

MINISTRANTE 2 – assim, o que tem nos livros didáticos foi o que a gente trouxe para vocês no recorte, então não há mais nada além do que tá aí mesmo, tá? Não há outra coisa senão o que vocês notaram, se...

P6 – professora, mas nessa parte vermelhinha aí, ele não fala que tem uma orientações para... para o professor?

MINISTRANTE 2 – então, o que acontece, né? Esse... esse artigo, esse recorte do livro didático (só voltando um pouquinho (né?) para contextualizar, até pro pessoal que é do outro grupo) nessa página que a 275, não é isso?

MINISTRANTE 1 – isso.

MINISTRANTE 2 - que é a 275, nessa página o autor, ele faz uso mesmo do texto do Roberto Martins, não é isso? O autor do livro didático, tá? Não é isso?

P4 – isso, tem referência...

MINISTRANTE 2 - a referência citada aí, é a referência do livro, do artigo do Roberto Martins. Então aparece aí: “Arquimedes e a coroa do rei”, né? E aí ele transcreve. Ele transcreve mesmo uma parte é... do trecho, do texto, não é isso? Ele transcreve a versão vitruviana do episódio.

P7 – uhum...

MINISTRANTE 2 – tá? Aí então como vocês citaram, do artigo acadêmico é feita uma transposição didática pro livro didático. Ele recorta já um pedaço do texto do Martins e, ele cita a versão vitruviana. O que P4 apontou aí, ele já dá uma dica, né P4? Porque ele fala assim ó: “o resgate dessa história se deu por meio de um texto de Vitruvius [inaudível]

P4 – um suposto.

MINISTRANTE 2 – [inaudível] utiliza....

P4 – suposto, isso.

MINISTRANTE 2 – suposto, a palavra suposto aí é importante, né P4?

P4 – é. É uma palavra, que como ele coloca suposto é... até ajuda na hora de fazer as questões. Porque na questão, na questão número 2, ele pergunta:” Em sua opinião o método utilizado por Arquimedes é plausível?” Então só pelo fato dele colocar que é suposto já dá uma... uma... Pronto ele dá uma brecha para poder... para o aluno poder correr atrás de outra versão.

MINISTRANTE 2 – agora, para o professor usar esse material que tá aí de uma forma adequada (né?) e, aí segue o que P7 tá colocando, né P7? Parece que falta orientação ainda e...

P4 – tá meio jogado. Esse é antes da legislação, né professora? Esse é 2016, né?

MINISTRANTE 2 - É porque assim... é... O edital sai e quem concorre são esses livros de 2016.

P4 – ah, tá.

MINISTRANTE 2 – era até uma pergunta que eu estava pensando em fazer para vocês. Esses livros, eles não são 2018. Eles foram produzidos (né?) algum tempinho antes e, eles entraram nesse edital de 2018.

P4 – ah, tá. Porque eu vi que tem uns com referências bem antigas (né?) Tem uns que para citar, assistir filmes ou ler livros que são bem antigos. Tem algumas citações de referência, são citações bem antigas.

MINISTRANTE 2 – mas esses aí (né?) data 2016 são aprovados no PNLD 2018 (tá?) que tem essa... esse intervalo aí. Bom, aí... Diga MINISTRANTE 3.

MINISTRANTE 3 – Só dizer assim, que o edital do PNLD 2018 foi publicado em 2015. Então os livros são de 2016, posteriores ao edital, foram submetidos e aprovados para entrar nas escolas a partir de 2018. Então eles foram utilizados 2018, 2019 e estão sendo utilizados esse ano 2020, certo?

P7 – uhummm

MINISTRANTE 2 – isso quer dizer então que, os autores, quando eles lançam esse livro, eles já têm toda noção do que está no edital, tá? Eles, antes que o livro fosse lançado, eles já tiveram toda noção do era proposto. Bom, então aí nesse trecho, desse livro didático que é Barreto e... Barreto Filho e Silva a gente vê uma tentativa de transposição didática do artigo acadêmico. P4 citou aí que aparece um “suposto” (né?), indicando que a versão vitruviana aí deve ter algum problema, mas... [*ruídos ao fundo*] pode ser insuficiente (né?) pro professor porque falta um pouco de orientação, mas aí o professor teria que ler (né?) o artigo do Roberto Martins. Porque se o professor não lesse o... se o professor ficaria restrito aí ao que tá no livro, realmente, vai ficar difícil, né? É complicado.

P7 – é complexo, porque tem o professor.... Eu mesma não vi nada de história da ciência na graduação. Eu vi pouquíssimas coisas quando eu paguei uma disciplina com Janone, né? Saldoso Janone! Porque era a área dele, então ele falava, mas não era nenhuma disciplina específica, mas... e eu sei que muitos também não... não tiveram. Então nem sabe a importância, nem sabe como né? Então eu fiz aí na... na disciplina com a professora MINISTRANTE 2 (né?) no mestrado, ela e Bernadete. Mas eu penso assim eu... se um dia eu vou: ah, vou ler esse artigo (né?)! Vou conseguir, vou tentar porque eu já tenho alguma leitura já tenho algum conhecimento, mas quem não tem nenhuma... dificilmente vai ler o artigo, dificilmente vai entender a proposta assim facilmente, sabe?

MINISTRANTE 2 – exato, e acho que tem um aspecto importante P7 que você leu pra gente, as atividades que são propostas, né? Você leu agora pouquinho e talvez sem ler o artigo do Roberto Martins talvez... talvez o professor nem se dê conta da importância das atividades (né?), nem entenda o porquê que aquelas atividades estão ali.

P7 – isso.

MINISTRANTE 2 - Que balança hidrostática é essa, né? Se o professor não for atrás ele não vai nem saber... nem se dar conta da relevância.

P7 – e outra coisa interessante é que aparece no final (né?) de tudo? Tipo, depois de tudo... [ruídos] do exercício, de todos os movimentos que vem, né? Esse... essa proposta, né?

MINISTRANTE 2 – e já acabou o capítulo, né? Acabou o capítulo.

P7 – acabou o capítulo.

P4 – mas também tem... mas também tem uma coisa a observar que... que na maior parte, não vou dizer todos porque não analisei todos, mas na maior parte pelo o que eu vi, os exercícios, nenhum deles foca essa parte histórica. Assim não dá nem que seja uma... uma orientação, uma curiosidade pra... pra o aluno ir buscar alguma coisa. A não ser nesse. Nesse aí teve alguma coisa referente a isso, nos demais não tem é: calcule, faça, calcule a densidade, explique ou o que é um empuxo. Qual o teorema do empuxo? Então assim, não tem essa... essa orientação, vamos dizer assim, pra o aluno correr atrás pelo menos investigar alguma coisa ou mastigar se, aquilo ali faz sentido ou não? Esse trabalhou pelo menos um pouco, os demais eu...

Obs.: [falas sobrepostas, sem possibilidade de entendimento]

P7 – tem outro que teve uma tentativa melhor, na minha opinião.

MINISTRANTE 2 – tá, deixa eu tentar destacar alguns aspectos dessas atividades para vocês. É... mais alguém do grupo 1 queria comentar a respeito dessas atividades? Dessa tentativa de transposição? Alguém observou mais alguma coisa sobre esse exemplar?

P6 – eu achei bem válida essa tentativa aí de... Se for bem trabalhada (né?) como foi falado. Se o professor lê o artigo completo e trabalhar bem, eu acho que dá um trabalho legal.

MINISTRANTE 2 – pode ser, né P6? É interessante gente, eu vou ler para vocês algumas... alguns aspectos dessa... dessa tentativa (né?), dessa transposição pra gente comentar mais nesse sentido do que P6 colocou agora, tá? Vou abrir aqui... Bom, olha só, o exemplar traz a versão vitruviana do episódio, em seguida propõe três questões. Foi o que P7 colocou, mas eu vou dar uma voltada nessas questões. Propões assim: “Quais os são os dois metais com que a coroa foi confeccionada pesquise a densidade de cada um deles e determine a diferença de volume encontrada para duas coroas que têm a mesma massa de 1kg.” Aí pergunta para o aluno: “em sua opinião o método utilizado por Arquimedes descrito no texto é plausível?” Esta é a primeira questão. Aí vejam que é... qual é a atitude que ele demanda do aluno, o livro didático? É uma atitude mais passiva ou mais ativa?

P4 – mais ativa. Pra ele pesquisar.

MINISTRANTE 2 – ele quer que o aluno pesquise, pesquise a densidade, né?

P4 – isso.

MINISTRANTE 2 – Tá, e aí? Ele quer que o aluno faça o que depois de pesquisar densidade? Pense que a coroa tem mais ou menos 1kg e faça o que? Olhem lá.

P4 – determine o volume.

MINISTRANTE 2 - É... “determine a diferença de volume encontrado para duas coroas. Em sua opinião, o método utilizado por Arquimedes descrito no texto é plausível?” Gente, percebem que eles querem que o aluno faça aqueles cálculos que a gente fez?

P4 – calcule a diferença, né? Ele pede para calcular. É sempre mais calculável, né? Sempre mais matemática do que histórico, vamos dizer assim.

MINISTRANTE 2 – o aluno, ele quer que o aluno calcule a subida do nível, tá? Então o aluno vai ter a densidade, as densidades e vai calcular a subida do nível. É isso que ele tá pedindo para que o aluno faça,

para então refletir sobre se o método do Arquimedes é plausível. Será que o aluno consegue fazer isso sozinho?

P7 – não.

MINISTRANTE 2 – não, né?

P7 – não consegue.

P4 – eu tinha grifado isso, mas aí eu não sabia porque como a gente na outra, na outra... com uma sala com 40, dois conseguem... três. Aí eu não sei se cabia, né? Não é....

MINISTRANTE 2 – você está sendo até otimista. [risos]

P4 – hã? É. [risos] É. Sempre. [risos]

MINISTRANTE 2 – tá sendo otimista Miller. Assim, a proposta a gente percebe que tá pedindo que o aluno tenha uma atitude ativa, (né?) nessa proposta. Não é uma constatação só, né? O aluno vai procurar a densidade, vai fazer os cálculos... mas aí acho que como P7 tá colocando, né? Vai precisar da ajuda do professor para fazer isso. Ele não vai fazer isso sozinho, não vai conseguir, (né?) o aluno que, geralmente, a gente tem. E a gente vai ter que ter um professor preparado para fazer, para ajudar nesses cálculos. Diga MINISTRANTE 3.

MINISTRANTE 3 - eu fiquei sem [incompreensível] mas acho que o que vou complementar seria a continuidade da tua fala, né? O que está em vermelho aí, eu acho que foi até o P6 que chamou atenção, né? Mas não tem um direcionamento pro professor? Tem. E é exatamente aí que se encontra o direcionamento do professor, para o professor em que esses autores reconhecem o papel de mediação imprescindível (né?) do profissional. Então ao mesmo tempo em que eles assumem que o aluno (né?), os estudantes têm que ter um papel ativo, eles chamam professor. Isso que está em vermelho não está no material do aluno, né? Eles chamam o professor, orientam que ele faça a construção da balança. Então o que está aí escrito é o seguinte: “Para auxiliar nas respostas, (novamente, isso é direcionado ao professor) especialmente da questão 3, você (professor) pode construir com os alunos sua própria balança utilizando uma vareta que se equilibre por um fio com um gancho em cada uma de suas extremidades. Para regular o equilíbrio utilize duas latinhas de refrigerante. Depois de equilibradas coloque somente as latinhas dentro da água e veja se ocorre alguma mudança.” Aí depois ele aponta então ... tem sim o manual, certo P6? [em resposta ao chat] Apenas as respostas às perguntas, mas a direção está aí, por isso que a gente não recorre àquelas respostas, não nos interessavam para esta análise. Então é... o que o P6 apontou, né? Se bem conduzido nós temos aí uma... uma inserção didática que pode, né? Não, necessariamente, que esteja adequada no sentido daquilo que vai se materializar em sala de aula, né?

MINISTRANTE 2 - agora depende do professor tá sensibilizado para realmente utilizar isso que tá aí. É... assim é uma proposta até interessante, ela coloca o aluno num papel ativo (né?) de pesquisar sobre as densidades, fazer os cálculos e, possivelmente, ele vai ter que fazer os cálculos com ajuda do professor, refletir sobre se a visão do Vitruvius, a versão do Vitruvius para o episódio ela é adequada e depois ele... o texto ele não tem... ele não entrega pronta para o aluno a versão do Galileu. Ele não traz a versão do Galileu pronta pro aluno, mas ele estimula a busca dessa versão. Então não é uma coisa estática que esse livro traz, a versão do Vitruvius e do outro lado a versão do Galileu, né? Então Daniel colocou bem aí no sentido que o livro, (né?) ele pede que o professor desenvolva com os alunos a balança hidrostática, então tem toda a mediação aí sendo importante, mas pra fazer isso (volta, né?) tem que ter o professor sensibilizado para esse tipo de situação e o professor tem que ler o artigo porque se não ler não vai, né?

Eu só vou voltar aqui nas duas atividades, nas atividades propostas diz assim, óh! Nessa primeira questão... na segunda, (né?) pede para tentar estimar qual seria a diferença no volume de água deslocado pelas diferentes coroas para fazer isso, possivelmente, vai depender da ajuda do professor. E na terceira questão diz assim: “Junte seu grupo e faça uma pesquisa sobre o que é a balança hidrostática. Em seguida, determine de que modo esse mecanismo pode ter auxiliado na conclusão de Arquimedes sobre a veracidade da coroa.” Aí entra (né?) o professor ajudando na questão da balança hidrostática e aí o... o... a atividade que esses autores propõem ela... essa atividade traz a versão do Galileu, né? Traz como? Pela busca do

aluno pelo que é a balança hidrostática e, compreender de sobre que modo ela pode te ajudado o Arquimedes, né? Então, nem diz que o Arquimedes fez isso, mas diz que pode ter, né? Estimula o pensamento de que pode ter sido isso já que a outra versão não é plausível. Então assim é... P6 que citou, né P6? Que pode ser uma atividade interessante, né?

P6 – isso professora. É se for bem trabalhado (né?) se o professor buscar as fontes, eu acho que sai uma atividade interessante.

MINISTRANTE 2 - é pode ser de fato uma atividade bem interessante, agora depende dessa... dessa condução, dessa mediação e da sensibilização do professor para usar aquilo que, como P7 citou (né?), tá lá no finalzinho do capítulo. A gente tem toda a parte teórica, tem o exercício resolvido e lá no final tem isso, não é?

P4 - é aquela coisa: se der tempo faz!

MINISTRANTE 2 – se der tempo faz, né? Bom, mais algum aspecto gente que poderíamos apontar a respeito desse material?

MINISTRANTE 1 – só vou ressaltar aqui MINISTRANTE 2 que nessa... nessa abordagem que eles fizeram, eles optaram por omitir aquela parte excêntrica do Arquimedes. Eu achei bem positivo em relação a isso porque eles não colocam aqui no texto que ele sai nu correndo e gritando pelas ruas da cidade. Eles omitem essa parte.

MINISTRANTE 2 – por um lado é positivo.

MINISTRANTE 1 – é por esse...

MINISTRANTE 2 – por outro é negativo, né? Porque se ela citada, ela é mais um elemento que contribui para versão vitruviana ser desqualificada. Então quando você traz mais esse elemento (né?) de mostrar ele como um ser excêntrico que corre nu pelas ruas é mais um elemento que pode levantar suspeitas em relação a versão vitruviana. A gente tem a suspeita aí, sendo levantada em relação à questão do procedimento do ponto de vista da física, (né?) da medição do volume, mas se ele trouxer... ele não traz o Arquimedes excêntrico, tem um aspecto positivo nisso e tem um negativo, né? Porque seria mais um ponto a levantar suspeita sobre a versão do Vitruvius.

Bom, então vocês observaram a história Pedigree, observaram a questão do anacronismo (né?) no... na referência a fluido sem nenhuma, nenhuma, nenhuma pontuação de que fluido não se refere a gases e líquidos e, gases (né?) no contexto do Arquimedes, a questão do “vários experimentos” e..

P4 – individualista também.

MINISTRANTE 2 - individualista e tem a formulação matemática aí toda que, como tudo parece atribuído ao Arquimedes então não dá para entender que tudo isso também dependeu do Arquimedes (né?) isoladamente. Já que coube a ele, né?

P9 - um ponto que eu acho interessante que o autor decidiu seguir foi que ao inserir essa questão dos “vários experimentos” ele retira a... a clássica... clássica *Insight* do tipo eureka, né? Quando ele fala desses “vários experimentos” quer dizer que não foi uma coisa tipo eureka. O autor decidiu, decidiu seguir essa visão de que foi uma coisa ao longo do tempo, ao longo de experimentos que Arquimedes encontrou.

MINISTRANTE 2 – pois é, ele retira, mas aí tem um aspecto de novo positivo e negativo. Positivo porque não parece um *insight*, não parece uma coisa que saiu de uma hora para outra. Negativo porque não condiz com a questão histórica. No final a gente viu que o Arquimedes não se utiliza de argumentos empíricos, então do ponto de vista histórico passa uma visão que é equivocada também, né? Então é meio puxa de um lado, mas descobre do outro, né? Fica complicado, né?

Bom esse primeiro trecho aí, também quando enuncia o princípio fala de uma força vertical, (né?) então dá toda uma noção de empuxo, dá toda uma noção de empuxo é... no sentido atual, tá? Então tudo isso aparece. Vou pegar aqui oh: “O empuxo é uma força vertical orientada de baixo para cima”, né? Então

aparece toda uma característica vetorial, tá? Dizer que isso coube a Arquimedes é inadequado. Claro que assim, o aluno deve conhecer essa versão atual. A gente não tá querendo dizer que o aluno não deva conhecer essa versão atual ele tem que conhecer essa versão atual, né? Toda a noção vetorial, tudo isso é importante, só que a gente não pode dizer que “coube a Arquimedes escrever isso”, né? Tem uma diferenciação aí, (né?) entre aquilo que é... é o conhecimento atual e aquilo que coube ao Arquimedes. O Arquimedes não trouxe essa, toda essa questão vetorial que aparece aí, (né?) uma força vertical dirigida para isso e aquilo, né? e empuxo... todos esses termos.

MINISTRANTE 3 – me valer dessa sua consideração, MINISTRANTE 2, sobre a atualidade eu gostaria de perguntar se o enunciado do princípio, se ele está atualizado? Isto é considerou a... os limites do enunciado que aparece, normalmente, nos livros didáticos ou então apresenta o enunciado tal como proposto por Silveira e Medeiros? Uma dessas duas possibilidades? Se aparece uma dessas duas então a gente pode dizer que apresentação ela é atualizada, certo? Lembrando que esse é um dos critérios do PNL D que as formulações matemáticas, que os enunciados tenham o seu contexto de construção (né?) apresentados e, que se apresenta uma forma correta (né?) tem que estar atualizado, tem que estar de acordo com a concepção científica contemporânea.

P4 – nesse caso aí, ele não tá atualizado para o que a gente viu no, nos outros... nos outros... nos encontros da gente, né? Ele não apresenta a alteração ele não fala sobre a... a...

MINISTRANTE 1 – as limitações.

P4 – isso, as alterações são feitas. Como eu tinha até marcado, né? que ele mostra o enunciado, mas não apresentou a forma atual, né? Ele deixa ainda com as falhas, falhas (né?) que tem contidas nele.

MINISTRANTE 3 – ele poderia, inclusive, apresentar esse trecho como está aí, né? Mas apontando os limites de validade.

P4 – isso, podia fazer uma... uma... e botar uma observação, uma caixinha. Alguma coisa para associar um no outro, acho que seria...

MINISTRANTE 3 – então veja. É por contato com textos dessa natureza, tanto aí quanto no ensino superior, que a gente demora, demorou tanto (né?) a conhecer o tal paradoxo hidrostático. Nem tivemos isso no ensino médio, não tivemos isso no ensino superior, não é? Um enunciado é apresentado e não atualizado.

MINISTRANTE 2 - como MINISTRANTE 3 observou, né? Bem lembrou é uma exigência do PNL D que a formulação matemática tenha contexto, seja contextualizada historicamente. Essa formulação matemática que aparece aí (né?), ela não tem contexto algum.

MINISTRANTE 3 – um último apontamento, rapidamente. O último apontamento, na minha fala inicial foi de aspecto positivo concordando com P6 é que essa seção é logo posterior a seção do Teorema de Stevin e, é em decorrência do Teorema de Stevin que o teorema de Arquimedes será apresentado. Como decorrência do teorema, tá? Logo isto também é um problema, tal como vocês apontaram lá da balança calibrada em newtons. Desculpe [*referindo-se a interromper a fala de outro participante*]

P4 – um dos recortes que vocês enviaram, ela fala, justamente, disso que é em decorrência do Teorema de Stevin. Ele cita Stevin e, em um dos outros ele fala, claramente, agora não lembro qual é. A gente vai ver já já. Ele fala, exatamente, isso do Teorema de Stevin.

MINISTRANTE 2 - entre o Stevin e o Arquimedes tem uma distância aí de dezoito séculos, é isso?

MINISTRANTE 1 – isso.

MINISTRANTE 2 - dezoito séculos, né? E aí pela condução de que “coube a Arquimedes” esse teorema e, aí a dedução se faz em função da lei de Stevin, fica anacrônico (né?) no sentido do entendimento que causa. Porque dá impressão de que o Arquimedes utilizou, inclusive a lei de Stevin que vem dezoito séculos depois. Se a gente for levar ao pé da letra “coube ao Arquimedes” tal e tal coisa, tá aqui o experimento, tá

aqui a matematização, tudo isso é do Arquimedes. Só que a lei de Stevin tá 18 séculos depois, né? Então ele não... Arquimedes não pode ter feito isso que tá aí. Claro que é válido (né?) fazer essa dedução, também não estamos questionando a dedução em si e, é totalmente válido fazer a dedução. Mas com a pontuação que o edital do PNLN exige que é a contextualização da fórmula, tá? Então tá lá no edital do PNLN com um dos critérios (né?) que toda a formulação matemática seja apresentada contextualizada [pausa] historicamente e, não está aí (né?) no caso.

Bom vamos passar para outra então? Pro próximo?

Obs.: O próximo exemplar a ser discutido será de Doca, Biscuola e Bôas.

P4 – pronto. Esse já começou doendo. Quando eu comecei a ver, o do Doca, né? Ele já começa mal.

MINISTRANTE 2 – por que P4?

P4 – [risos] é o que eu vi, né? Então primeiro esse trecho que fala aí de Arquimedes, ele sei lá... da até uma agonia. Porque ele coloca o cara individualista, deixa eu até ver aqui o anote, endeusou, historiografia colocou só data, Pedigree, a visão da ciência como individualista. Essa parte do Arquimedes “nasceu em Siracusa, na ilha da Sicília, cidade que na época pertencia à Magna Grécia. Em viagem de estudos a Alexandria (Egito) conheceu Euclides e seus discípulos...” aí coloca tudo que ele fez. Eu acho que se eu for, se eu fosse, né? Se eu tivesse vendo esse cara, eu dizia não, esse cara é fora do normal! Esse cara não é gente, é um só... é um Deus, é um ser superior! E ainda coloca que ele formulou a lei do empuxo, né? Como se já tivesse sido usado com essa com essa nomenclatura, né? Aí fala como ele morreu, morreu de uma forma heroica. Morreu durante um massacre romano, quer dizer eu acho então que teve.... e aí lá em cima ele fala que ele também foi descrito por Arquimedes em Siracusa o empuxo e, Arquimedes não, não usou esse, esse termo e já... O começo eu já achei cheio de observações.

MINISTRANTE 2 – e aí gente, mais algum aspecto? Depois a gente vai voltar, né? Tem aí uma citação (né?) como P4 acabou de citar. Eu vou ler essa citação aí para gente é... se orientar, né? Tá aí óh: “Arquimedes nasceu em Siracusa, na ilha da Sicília, cidade que à época pertencia a Magna Grécia. Em viagem de estudos a Alexandria no Egito conheceu Euclides e seus discípulos, tornando-se entusiasta de sua obra. Determinou a área da superfície esférica, obteve com precisão o centro de gravidade de várias figuras planas, construiu engenhos bélicos de notável eficiência e também um parafuso capaz de levar a água de poços e estudou o mecanismo das alavancas. O que realmente o celebrou, no entanto, foi a formulação da lei do empuxo.” Nossa P4, como você diz, né? Realmente...

P4 – é o cara. Esse cara é o cara! Sem contar que “o celebrou”, né? O cara é uma estrela.

MINISTRANTE 2 – de fato. E o que te chama atenção, é uma hagiografia P7? É?

P7 – o que me chamou a atenção também nesse foi que ele usa o termo gravidade, quando ele cita... lá no quadradinho, quando ele já inicia o teorema de Arquimedes.

MINISTRANTE 2 – a tá lá oh:” quando um corpo é imerso total ou parcialmente em um líquido em equilíbrio sob a ação da gravidade”, né?

P7 -uhumm.

MINISTRANTE 2 – ta escrito lei... lei... como é que tá escrito aí?

MINISTRANTE 1 – Leia o enunciado do Teorema de Arquimedes

P7 – e da forma que tá aí parece que ele escreveu dessa forma. Que ele que fez... porque vem a história de tudo que ele fez aí vem o Teorema, então ele fez tudo isso e, além de tudo isso ele escreveu dessa forma esse Teorema. Aí traz a ideia de gravidade, (né?) que ele não tinha essa ideia de gravidade.

P4 - até na própria forma como ele fala que ele descobriu o centro de gravidade de várias figuras, ele, ele também já usa esse termo.

P7 – é verdade isso.

MINISTRANTE 2 – Flávia tá dizendo que isso é um mini, mini currículo Lattes que ele é conhecido pelos seus feitos. [*reproduz a fala do chat*]

P4 – [*risos*] MINISTRANTE 1vilhoso! 57:54

MINISTRANTE 2 – vejam só, essa mesma biografia, mini-biografia que é trazida do Arquimedes, ela poderia ter alguns aspectos interessantes. Vejam que ele cita a influência do Euclides no trabalho do Arquimedes, né?

P7 – uhum.

MINISTRANTE 2 – Né? Diz que ele... como é que tá aí? [*lê o texto do livro didático*] “Conheceu Euclides e seus discípulos, tornando-se intusiata de sua obra.” Na verdade, não é bem que ele cita a... a repercussão do Euclides, mas ele cita que o Arquimedes gostou do trabalho dele, do Euclides, né? Mas aí é que tá...

P7 – mas ele poderia citar como que isso influenciou no desenvolvimento dele, né?

MINISTRANTE 2 – exatamente.

P7 – na... na...

MINISTRANTE 2 – no Sobre os corpos flutuante, né?

P7 – isso, isso.

P4 – tem uma coisa positiva também, professora. Positivo, assim [*faz o sinal de aspas com os dedos*] porque se for bem observado ou, não sei se eu tô enganado, posso tá enganado. Que fala que ele desenvolveu várias, vários engenhos bélicos, ou seja, então a ciência, nesse caso, usando para uma forma social. Quer ou não uma guerra, mas é algo para a sociedade em si então não é algo isolado, é algo útil de alguma forma.

MINISTRANTE 2 - um pouquinho mais assim, um pouquinho mais que essa biografia fosse cuidada ela poderia trazer contribuições mais interessantes, né? Então ao citar, por exemplo, que ele desenvolveu (né?) como P4 observou, poderia dar uma contextualização, poderia ligar mais o contexto da época. E, P7 observou, ao citar aí Euclides... Euclides fica aí solto, mas poderia ser amarrado no próprio trabalho do Arquimedes, né? Poderia citar que isso teve uma repercussão, teve uma influência no trabalho do Arquimedes, então isso foi importante para o princípio de Arquimedes em si. Euclides ficou solto aí como alguém que entusiasmou Arquimedes, mas entusiasmou em que sentido, né? A ponto do Arquimedes desenvolver uma argumentação euclidiana no trabalho dele (né?) Sobre os corpos flutuantes, então aí sim seria interessante porque em parte (né?) sai um pouco aquela ideia individualista de ciência, mas poderia sair ainda mais (né?) quando ele fizesse esses nós, (né?) esses... essas conexões importantes.

É... tem um outro trechinho aí nessa própria citação e, se a gente for lembrar, é relevante, mas poderia ter sido feita de outra maneira. Se lembram na reunião passada em que a gente tava discutindo sobre a balança do... sobre a balança hidrostática? E que aí Galileu foi buscar nos trabalhos do Arquimedes, o que o Arquimedes teria feito e, aí chegou na Lei das alavancas e, aí percebeu que a partir disso nascia a balança hidrostática? Lembram, que havia essa conexão entre a Lei das alavancas que Arquimedes tinha estudado e a balança hidrostática que o próprio Arquimedes deve ter usado? Mas olhem só, vamos observar ao pé da letra como aparece esse trecho aí ó. Esse trecho diz que: “ele determinou tal e tal coisa, construiu engenhos bélicos e também o parafuso capaz de elevar a água de poços e estudou o mecanismo das alavancas. O que realmente o celebrou, no entanto, foi a formulação da lei do empuxo.” Então segundo esse trecho não tem nada a ver uma coisa com a outra, Lei das alavancas é uma coisa ponto e, aquilo que celebrou Arquimedes foi a Lei do empuxo. Mas historicamente tem uma conexão entre a Lei das alavancas e (né?) e o conhecimento que seria o princípio de Arquimedes, essa conexão foi observada pelo Galileu. Aí não. Aí tá um “no entanto” tem aí uma, uma visão aquela... aquele tipo de visão analítica do conhecimento onde uma coisa não se junta para outra, tá? A Lei das alavancas tem tudo a ver com a balança hidrostática, mas aí no

texto aparecem conhecimentos que são atribuídos a Arquimedes, mas que não tem nada a ver um com o outro.

P7 – é bem comum, às vezes, quando eu tô planejando minhas aulas e aí você pega o livro didático, é uma ferramenta (né?) que você utiliza. E... as vezes eu penso que se fosse mais utilizado o contexto, mais o contexto histórico-social de como esse conhecimento ele foi desenvolvido pareceria até menos conteúdo, (né?) assim falando. Porque é tudo muito... tão fragmentado que você tem que voltar várias vezes no mesmo ponto e aquilo ali foi desenvolvido todo dentro de um contexto você poderia utilizar e utilizar, né? E até dá um significado melhor aquele conhecimento, né? Facilitar a aprendizagem, então isso é bem, bem interessante e, eu fico refletindo (né?) isso. E a mim, falta mais conhecimento para poder fazer isso de uma maneira melhor, né? [risos] Também tem essa parte física de como eu te utilizo também. Tem conteúdo que eu consigo, tem áreas que eu consigo e tem outras áreas que eu não consigo fazer isso.

MINISTRANTE 2 – isso é um desafio!

P7 – É.

MINISTRANTE 2 - mas com o passar do tempo, quem sabe P7?

P7 – é... [risos]

MINISTRANTE 2 – buscando, (né?) essas, essas transposições. Agora que eu tô lembrando que você apontou para esse trecho que aparece aí em destaque colorido. A gente não... fora essa parte biográfica que tem aí a gente não tem uma contextualização histórica, só tem essa parte biográfica, né? Aí quando aparece em seguida “Leia o enunciado do Teorema de Arquimedes”, pelo fato da ausência da história da ciência, pela lacuna, quando ele enuncia o Princípio assim também dá a impressão de que é tudo do Arquimedes, afinal o teorema é dele. Então gente tem dois, duas situações que podem ocorrer nesses livros didáticos: o “coube a Arquimedes” que a gente viu no livro passado, (né?) que é explícito atribuir o conhecimento a Arquimedes. Nesse aí falta a história da ciência e a lacuna associada ao fato de o teorema ser de Arquimedes acaba dando a impressão de que é tudo dele se não há ressalvas, então é tudo dele. Então aparece aí como P7 percebeu (né?) a referência a gravidade num sentido que é nosso (né?) no sentido newtoniano aí, aparece fluido, aparece empuxo, aparece tudo que tem direito e tudo aparecendo ser atribuído aí ao Arquimedes.

P7 – [inaudível] o temo gravidade nos livros.

MINISTRANTE 2 – você percebeu aí.

P7 – uhum.

MINISTRANTE 2 – verdade, sobre ação da gravidade, legal! Gente aparece algum, algum local aí nesse, nesse recorte, nos experimentos, em procedimento que é citado que poderia o autor... poderia ter aproveitado para fazer alusão a questão histórica? E aí eu chamo a atenção para a página 277, se vocês perceberam? Onde poderia ter entrado história da ciência aí, mas acabou ficando de lado?

[vozes sobrepostas]

MINISTRANTE 3 – [...] P6, né?

P7 – esse é o trecho que P6 falou. É esse aí P6.

MINISTRANTE 2 – e aí P6?

P6 - esse mesmo, professora que eu falei que ele não fala da história em si (né?) nenhuma parte. Só naquela primeira parte, mas aqui ele traz um experimento que também pode ser utilizado como para falar um pouco da história, né?

MINISTRANTE 2 – pois é. Infelizmente, ele não fala, né? Ele, ele põe o experimento aí, descreve o procedimento, mas não faz nenhuma alusão histórica. Não é isso?

P4 – se esse experimento tivesse sido encaixado no anterior, no livro anterior (né?), no recorte anterior dava pra ter feito uma coisa legal. Entendeu o que quero dizer? Pegava o recorte do livro anterior e esse recorte desse de agora dessa, dessa... quando... dessa verificação que ele tá colocando se colocasse um com outro poderia até ter um fluxo legal.

MINISTRANTE 2 - aí a gente tem, tem uma, uma etapa aí (né?) onde aparece uma medida de volume, não é? Logo aí a esquerda?

MINISTRANTE 1 – é no exemplo dois.

MINISTRANTE 2 – não é isso?

MINISTRANTE 1 – isso.

MINISTRANTE 2 – “o bloco sem... o bloco sem porosidades é introduzido na jarra preenchida com água até o nível do seu bico. Certo volume de líquido extravasa sendo recolhido no recipiente lateral. O volume de água extravasado é igual ao volume do bloco.” Olhem aí esse, esse, esse procedimento poderia até remeter a versão vitruviana e poderia ser explorada aqui, né? E valeria a pena explorar porque o aluno pode entrar em contato com essa versão depois e tomar como verdade, né? Então poderia ser um momento a explorar a versão vitruviana e os problemas que ela tem. E depois tem essa verificação da Lei do empuxo, (né?) que P4 acabou de citar. O que que ele faz aqui gente quando é a verificação da lei do empuxo? O que que ele propõe?

P4 – é algo parecido com a balança, né?

MINISTRANTE 2 - é bem parecido, né? tá lá em equilíbrio, uma figura inicial mostra o equilíbrio da balança no ar (né?) e, quando um peso é posto do lado esquerdo e é mergulhada em água nota-se o desequilíbrio. Aí ele vai dizer assim ó: “verificamos certo desequilíbrio na balança. Isso ocorre porque ao ser imerso na água o corpo de ferro recebe desta uma força vertical dirigida para cima, o empuxo.” E aí ele fala é justamente retirando (né?) “do prato à direita é... pode ser suficiente para recolocar o travessão na horizontal podemos afirmar que a intensidade do peso desse objeto é igual ao empuxo recebido pelo corpo de ferro imerso na água.” Pois é, então essa poderia ser uma oportunidade para discutir a questão histórica, a visão do Galileu sobre o episódio do Arquimedes e a coroa do rei, né? Basicamente é a condução aí, só que disse que é uma verificação da lei do empuxo. Aí a gente observa (né?) que é uma verificação... é tipo uma demonstração fechada né, não tem nenhuma participação aí do aluno, é fechada. Basicamente o que o professor faria ou comentaria ou leria é o que tá aqui, né? É interessante que a gente tá aqui visualizando um fenômeno acontecendo, né? A gente não visualiza o conceito empuxo, a gente visualiza um fenômeno. Não o conceito empuxo. O conceito empuxo já é uma abstração, então o professor também teria que tomar cuidado com esse aspecto empirista-indutivista, né? Pra não considerar, ao visualizar isso aqui o aluno entender o que é empuxo. Outro aspecto aí importante.

P6 – é importante também perceber que, diferente do outro livro que a gente viu, ele não traz nenhum tipo de orientação para o professor, né nesse? Pelo menos na... nas páginas que estão recortadas aí. Então fica até difícil de trabalhar esse conteúdo.

MINISTRANTE 2 – P6, de fato, não tem orientação para o professor e não tem nenhuma atividade até aí nessa parte que tinha envolva uma discussão (né?) ou algo assim. Tem um passo a passo para uma outra atividade que coloca-se aqui do lado direito, né? Mas enfim faça isso, faça aquilo, (né?) bem nesse sentido. Bom, mas algum comentário a respeito desse exemplar?

MINISTRANTE 3 – eu gostaria...

MINISTRANTE 2 – diga MINISTRANTE 3.

MINISTRANTE 3 - eu gostaria de colocar o seguinte, MINISTRANTE 2, que da forma como os autores constroem essa apresentação didática, o arcabouço intelectual de geometria euclidiana foi desconsiderado,

né? E então esses experimentos aí que confundem fenômeno (né?), e conceito. Eles acabam... provavelmente eles teriam sim uma condição, uma condução empirista-indutivista, né? Por que os próprios autores apontam, tanto esses da página 77 quanto posterior, como verificação. Então sugere, implicitamente apesar de não ter orientação aí direto, (né?) nem na própria página nenhum encaminhamento para o manual do professor, vá até lá e veja as orientações para condução dessa atividade. Apesar de nós não termos aí, o que se pode perceber é a apresentação que é criticada pelo Fernando Lang da Silveira e Alexandre Medeiros. Apesar de não ser o mesmo experimento, mas é a condução criticada (né?), a possibilidade de condução criticada. Você vai fazer um experimento, verificou o empuxo! Faça mais uma vez, verifica o empuxo. Então quantas, quantas vezes mais você fizer esse experimento, você mais uma vez verifica o empuxo. Isso vai caracterizar o indutivismo, (né?) pelo experimento, desconsiderando o arcabouço da geometria euclidiana. Então a gente tem, muito dificilmente seria diferente, uma condução empirista-indutivista [risos] proposta aí para o professor.

MINISTRANTE 2 - ele cai bem naquilo que assim... de acordo com as lacunas que a gente sabe que existem na formação do professor, por exemplo, o desconhecimento do conteúdo histórico e o viés empirista-indutivista, então tudo vai caminhar para o professor não fazer nenhuma relação do que está aí com a questão histórica, com a versão do Galileu, nem desconstrução da versão do Vitruvius... Muito pelo contrário, ele vai usar tudo isso aí num viés empirista-indutivista que a gente viu ser bastante criticado lá no texto do Fernando Lang e do Alexandre Medeiros. E a de fato essa confusão entre o que é fenômeno e o que é conceito aí, né? Como se fossem a mesma coisa.

MINISTRANTE 3 - e parece que não houve modificação do conhecimento, né MINISTRANTE 2? Esse foi um princípio estabelecido lá no século III e, tem sido verificado desde o século III até o século XXI. Faz-se o experimento, verifica-se. Faz-se o experimento, verifica-se. E, o professor continua fazendo no século XXI esse mesmo experimento, verifica-se novamente. Então o conhecimento científico parece permanente, não parece ser provisório olhando, especificamente, para essa apresentação.

MINISTRANTE 2 – parece que aquilo que o Arquimedes fez (né?) lá na antiguidade tá sendo carregado e cada vez mais provado, né? Cada vez que eu refaço um experimento desse e não há nenhuma alusão a limitações do princípio de Arquimedes, né? É colocado dessa forma, pois é. É interessante que talvez essas coisas só chamem a atenção da gente a partir do momento que a gente começa a fazer esse tipo de discussão que a gente tá fazendo aqui, né? Se a gente não fizer talvez a gente ache que tá tudo legal (né?) com essa proposta aí do livro. Bom, vamos passar para outro? E aí Fukui e Molina?

MINISTRANTE 3 – MINISTRANTE 2, eu não sei., eu acredito que a gente não consiga até oito e meia ver os seis, né? E eu acho que é isso mesmo, que a gente tem que caminhar nessa análise mais detida. Eu sugeriria então que a gente fosse lá para aquela versão, para o exemplo que tem a história em quadrinhos, né?

MINISTRANTE 1 – Yamamoto.

MINISTRANTE 3 - porque ela tem uma proposta gosta...

MINISTRANTE 2 – vamos pra aquele, a gente vê o outro que dá tempo da gente abordar

MINISTRANTE 3 – depois a gente volta.

MINISTRANTE 2 – pronto. Pode ir para lá MINISTRANTE 1?

MINISTRANTE 1 – é no Yamamoto e Fuke, quer que vá direto pra HQ?

MINISTRANTE 2 – Não. Pessoal, gente o que vocês encontraram no texto do Yamamoto e Fuke? O quê que vocês observaram?

P4 - eu observei na.... não, deixa os outros falarem. Eu já falei muito já.

MINISTRANTE 2 – diga...

P6 – não, eu... como ela falou em HQ eu observei isso, a história em quadrinho lá do...

MINISTRANTE 2 – a história em quadrinhos...

P6 – da história do Vitruvius.

P4 – antes, antes do quadrinho tem que a parte do pedigree de novo na 277 que ele disse que Arquimedes chegou à conclusão de que todo o corpo, ou seja, ele mostra uma questão mais pedigree (né?) que é dele, ele que chegou à conclusão. A parte também individualista, ele faz aí; ele tenta fazer a problematização não muito legal e, depois já chega arremetendo essa de que “naquela época Arquimedes chegou à conclusão de que todo o corpo imerso, total ou parcialmente, em um fluido em equilíbrio acaba sofrendo uma força aplicada a este corpo.” Aí depois, “a essa força deu-se o nome de empuxo”. Ele não diz que foi Arquimedes, né? Mas não sei se, se deixa a entender que foi Arquimedes que deu esse nome. É...

MINISTRANTE 2 – P4 tem um pedacinho aí que você omitiu aí no meio ó: “Naquela época Arquimedes chegou à conclusão (né, isso você leu) de que que todo corpo imerso total ou parcialmente em um fluido em equilíbrio acaba sofrendo uma força aplicada por este com direção vertical” até aí você leu..

P4 – ele não usou fluido, né? Ele não usou fluido na época.

MINISTRANTE 2 – fluido no sentido... não no sentido que a gente usa, né? Mas como tá aí sem ressalva nenhuma se entende que é líquido e gás, né? Aí diz assim ó no final dessa citação que você tava lendo: “sentido voltado para cima e módulo igual ao peso da parte fluida deslocada. A esta força de deu-se o nome empuxo.” Então é toda notação vetorial, né?

P4 – isso

MINISTRANTE 2 - módulo, voltada para cima, vertical, deu-se o nome de empuxo. De fato, como você observou aí P4, tem todo esse viés individualista, né? Essa noção pedigree da história porque...

P7 – anacrônica também.

MINISTRANTE 2 – anacrônica P7. De fato, toda nomenclatura atual é atribuída ao Arquimedes, não tem nenhuma ressalva.

P7 – aqui ele dá o link, né? Para o texto, para o artigo. Aí em vermelho (né?) para o professor.

MINISTRANTE 1 – sim.

MINISTRANTE 2 – esse trechinho que ta aparecendo. Que artigo é esse que ele cita?

P4 – é o texto....

MINISTRANTE 2 – aparece aqui em vermelho, né?

P7 - é o que propõe a nova formulação...

P4 – a tá, o Caderno Brasileiro de Ensino de Física, né?

P7 – isso.

MINISTRANTE 2 – mas será que ele é eficiente? Consegue chamar atenção do professor? Como é que ele faz?

P4 - ele fala sobre o paradoxo hidrostático de Galileu. Eu não fui...

P7 – eu acho que...

P4 - da forma que...

P7 – [*sobreposição de vozes*] e como é que o autor sugere esse texto e traz o HQ lá no final? E tipo, quando a gente analisa lá o HQ, a proposta dele não tem nada a ver com o... sugestão que ele deu para o professor ler.

P4 – o artigo, ele, ele é uma ferramenta só que o quadrinho ele não ajuda muito (né?) da forma como o quadrinho foi elaborado... Tudo bem que é meio caricato, mas acho que tem umas coisas que acabam atrapalhando a parte de história da ciência no quadrinho, né?

MINISTRANTE 2 – então...

P4 – a parte de colocar que Arquimedes nunca erra...

MINISTRANTE 2 – ah, ele colocou isso? Que mais que a gente pode observar sobre os quadrinhos?
MINISTRANTE 1 você pode colocar os quadrinhos aí?

P4 – pronto, no terceiro, no terceiro quadro já diz: “Eu Arquimedes, grande Arquimedes nunca...”, né? Que... não pise na bola, ele coloca:” Grande Arquimedes, nunca.” Infalível, ele é infalível, né? Tem toda parte caricata, né? A parte satírica.

MINISTRANTE 2 – nos quadrinhos, eles trazem a versão do Vitruvius (né?) do do episódio, é isso?

P4 – somente a dele.

P7 – isso.

MINISTRANTE 2 – tem um detalhe aí que a gente sabe, mas vocês não conhecem

P6 - mas no começo

MINISTRANTE 2 – tem aí um quadrinho, cadê o quadrinho que aparece o pato? Qual que é o do pato gente?

MINISTRANTE 1 - é o sexto quadrinho.

MINISTRANTE 2 – sexto né? Um, dois, três, quatro cinco ... não é isso?

MINISTRANTE 1 – é o sexto quadrinho.

MINISTRANTE 2 – é, o pato já aparece no quinto e tem o sexto quadrinho aí que aparece o pato, né? Nesse quadrinho que aparece o pato... o pato leva uma água ali na cabeça, não é isso?

MINISTRANTE 1 – isso.

MINISTRANTE 2 – tá?

P4 – ele solta uma

MINISTRANTE 2 – oi.

P4 - que ele cita que não precisava ter enchido toda, né? É algo assim. Deixa eu ver se eu...

MINISTRANTE 2 – diz assim ó: “bem que poderia ter volume um pouco menor. Ele poderia ter volume um pouco menor”, tá? É o que tá escrito aí (né?) a fala do pato: “ele bem que podia ter volume um pouco menor”. É essa fala que aparece pro pato ... O pato lá recebe... sai água pra tudo quanto é lado e, ele diz:” Ele bem que poderia ter volume um pouco menor.” Na verdade, nós fomos atrás dessa história em quadrinhos do original em inglês. No texto, o trecho que tá em inglês, atribuído ao pato não, não, não diz

isso, tá? O trecho que tá em inglês, atribuído ao pato, diz o seguinte: “ Ele poderia usar um pouco menos de volume de água na banheira para evitar o transbordamento. ELE [*ênfase*] poderia usar um pouco menos de volume.”

P4 – mudou, mudou. Mudou tudo! [*risos*]

MINISTRANTE 3 – exatamente.

P7 – isso.

MINISTRANTE 3 – é uma má tradução. No inglês está escrito: “*A little less volume*” e, para aí. Então o volume que ele se refere não é o peso do corpo de Arquimedes e, sim o volume de água. Então veja que esse é um elemento de crítica (né?) sobre: que escravo vai encher a banheira até, né? Até o ponto de iminência de transbordamento e depois vai enxugar? Esse foi um elemento importante de crítica do historiador da ciência naquele, naquele primeiro texto que vocês leram. E poderia ter servido, numa adequada tradução, como elemento para um professor fazer a crítica, né? Então a gente tem uma personificação [*risos*] de um pato, né? E o, o, o... quer dizer, por ser uma história de quadrinho acaba apresentando uma versão do próprio Arquimedes ainda mais esdrúxula porque ele apenas... ele não apenas entra (né?) a banheira, ele pula! [*risos*] Tem um TCHBUM! Aí no quinto quadrinho e, a tradução é sobre o volume do corpo dele quando o pato faz referência ao volume de água na banheira. [*risos*]

MINISTRANTE 2 – por esta tradução ele tá reclamando que o Arquimedes tá meio gordinho, né? Mas o fato [*risos*] é que no original a reclamação é sobre encher a banheira até a borda, (né?) poderia ter enchido menos. E aí como MINISTRANTE 3 tá dizendo, remonta aquele tipo de crítica que o Roberto Martins, historiador, havia feito, né? Que não faz sentido encher a banheira até em cima. Bom, antes de apresentar essa história em quadrinhos tem até umaaa, um trechinho aí no livro que diz assim ó: “grandes acontecimentos do passado chegam até nós por meio da palavra escrita, pela tradição oral e pelo registro em imagens. Eles são recontados com alterações ou exageros e seus personagens acabam por ser imortalizados”. Então isso aí tá logo antes da história em quadrinhos, né? Falando de exageros, é... alterações quando as histórias são recontadas, mas diga aí vocês que leram o trecho. Fica claro pro professor, ou pro aluno o que houve de exagero? O quê que foi mudado nessa história do Arquimedes quando ela foi recontada?

P4 – muda a....

P6 - eu acho que...

P4 – fala P6, fala.

MINISTRANTE 2 – diga P6.

P6 – não, eu tô falando que.... eu acho que não fica claro até porque ele... o exagero é tão grande dos quadrinhos que chama muito mais atenção a forma engraçada do Arquimedes (né?) do que a própria história. Só no finalzinho que ele... no final do quadrinho tem organizando as ideias no texto, aí tem umas questões orientadoras (né?) que ele fala, são duas questões que também podem ser trabalhados, né? Explicar direito essa história, mas o que chama atenção mesmo é a forma como ele fez o quadrinho. Eu acho que chama mais atenção isso do que tudo.

MINISTRANTE 2 – que questões que aparecem?

P4 – reforça a ideia, né P6? Reforça a ideia extravagante, no mínimo, de, de Arquimedes.

MINISTRANTE 2 – reforça...

P6 - é isso mesmo.

MINISTRANTE 2 – reforça porque aí também, exclusivamente, é apresentada do, do Vitruvius, né?

P4 – e também tem a parte do... também tem uma parte do empirismo na... na... depois logo no quadrinho depois do pato, né? que Arquimedes planejou um experimento. Não sei se...

MINISTRANTE 2 – bom, então aparece... aparece. Essa atividade aparece depois da história em quadrinhos. É... a história em quadrinhos é usada, estritamente, como motivação para uma atividade simples de manipulação matemática e outra referente a densidade de materiais. Então aparece a história em quadrinhos que só traz a versão vitruviana, (né?) que não é problematizada apesar de no enunciado lá dizer que tem exageros (né?) no recontar dessas histórias, o professor e o aluno ficam sem saber que exagero são esses e as únicas atividades que são propostas são uma atividade de manipulação matemática simples e uma atividade referente a densidade. Então nem é aproveitada (né?) nesse, nesse contexto para realização de alguma atividade um pouco mais elaborada, mais interessante, né? Então acaba sendo uma história em quadrinhos, né? pra, pra dar risada e sei lá o quê, né? Qual o propósito dessa, dessa história em quadrinhos, né?

Eu vou pedir para MINISTRANTE 1 voltar lá naquela parte onde aparece o episódio... a sinalização para o professor. Isso. Aparece aí sinalizado que o professor leia um artigo, ele recomenda aí um artigo e, aí vocês identificaram, né? P7 citou que é o artigo do Fernando Lang da Silveira e do Alexandre de Medeiros, mas o que aparece é assim, né? Tá dizendo aí: “o Caderno Brasileiro de Ensino de Física volume 26 nº 2/2009 traz uma atualização do princípio de Arquimedes sugerindo uma nova formulação para que se escape do paradoxo hidrostático de Galileu. O texto se encontra disponível no link tal”, mas aí fica aquele negócio, né? Não fica claro porque que o professor, afinal deve buscar esse trabalho, né? Diz que é uma reformulação, mas qual é a importância disso? Qual é a relevância disso? Será que o professor vai atrás desse trabalho? Porque não tem nenhuma sinalização aí de que é tão relevante.

MINISTRANTE 3 – será que....

MINISTRANTE 2 – e o pior...

[vozes sobrepostas, incompreensível]

MINISTRANTE 3 – será que ele conseguiria entender esse paradoxo?

MINISTRANTE 2 – será que o professor conseguiria entender mesmo que ele fosse atrás desse artigo? Ele entenderia o que é o paradoxo? Diga P4.

P4 - no caso, o que tá acontecendo é que o livro tira de si a responsabilidade de mostrar a parte histórica e, simplesmente, ele orienta a ir atrás dessa parte por artigo tal, site tal, link tal, é isso?

MINISTRANTE 2 - ele orienta, mas o que ele tá orientando diz respeito a validade do princípio de Arquimedes (né?) e ao paradoxo hidrostático. Então, só que na verdade, o enunciado do princípio de Arquimedes e a forma como o livro apresenta é a forma que este artigo critica, entende? O livro fala as coisas de um jeito e, manda o professor recorrer a um artigo. Só que é, justamente, esse jeito que está sendo criticado no artigo. Então o professor faz o quê? Joga o livro fora? E... não sei né porque...

[vozes sobrepostas, incompreensível]

P4 – é isso que eu estava observando. Ele retira de si a parte histórica e diz: “vá lá e pesquise” e, quando o professor pesquisa ele vê, realmente, que é o oposto do que o livro tá apresentando. Aí complica!

MINISTRANTE 2 – condução, né? Porque o livro tem toda uma condução aí empirista-indutivista e o artigo critica essa condução. Então, na verdade, o que ele quer do professor? Que o professor entenda o artigo, assuma a responsabilidade de fazer tudo diferente do que o livro tá trazendo? É um negócio meio estranho, muito estranho. A impressão que dá é que o livro quis colocar (né?) história da ciência e, aí botou história em quadrinhos. Aí quis dá uma satisfação botando um trabalho que traz uma coisa mais atualizada, mas aí botou tudo para o professor. Pois é e, esse então é o Yamamoto e Fuke. Bom, algum outro comentário gente que queiram fazer sobre esse exemplar?

[vozes sobrepostas, incompreensível]

P4 – ele...

MINISTRANTE 2 – oi?

P4 – ele é muito enraizado na matemática, não é? É um trechinho explicando o termo e conta, conta, conta, conta, conta, conta.

MINISTRANTE 2 – exatamente. Tem um trechinho que é até interessante porque eles falam assim ó, eles dão, eles falam sobre a diminuição do peso aparente, de um peso... de um corpo na piscina, tá? E aí dizem assim: “o que que provoca essa diminuição?” Aí falam que o princípio estudado desde os tempos da Grécia antiga, hoje denominado Princípio de Arquimedes, né? Eles falam assim: “um princípio estudado desde os tempos da Grécia antiga, hoje denominado Princípio de Arquimedes”, nesse primeiro trechinho eles até que dão um indício de que houve uma construção histórica, tá? Então é algo que foi estudado desde a Grécia antiga e que hoje se chama Princípio de Arquimedes, pode aí dar uma sinalização de uma construção histórica, mas é muito pouco, é muito... é pouco demais. Está aí na página 277 logo abaixo dessa figura, a que mostra um *iceberg*, é... pessoas numa piscina, né? Então aparece isso: que é um princípio estudado desde a Grécia antiga hoje denominado Princípio de Arquimedes, tá? Então é uma pequena aí, um pequeno ponto assim interessante.

Bom, dá para a gente ver mais um, né? Qual que você sugere MINISTRANTE 3?

MINISTRANTE 3 – pode voltar pra aquele mesmo que a gente pulou.

MINISTRANTE 2 – e qual que é aquele?

MINISTRANTE 3 – volta lá MINISTRANTE 1. Anterior ao Martini. Antes do Gaspar.

MINISTRANTE 2 – é Fukui e Molina?

MINISTRANTE 3 – isso, isso. Que ao final eles fazem orientação para Arquimedes nos 90 minutos, né? Aquele texto de sugestão.

P4 – textos antigos pra caramba alguns, né? [risos]

MINISTRANTE 2 – o quê que vocês observaram sobre esse? 1:36

P4 – lá no final, no artigo ele fala sobre esses livros, né? Aí tem aqui: ‘A abordagem histórica da obra permite que as questões fundadoras da Física se mantenham como “pano de fundo.”’ [leitura de trecho da página 260] Eu não fui atrás (né?) desse, desse livro e nem do filme. Mas é isso que eu fiquei na curiosidade, esse, esse, esse livro é de quando? De 2016 para cá, né? Com referências assim... eu achei tão antigo. Aí por isso que eu fiquei pensando que eram livros também antigos. Nessa, nessa eu não fiz nenhuma observação. Ah! Fiz! Fiz uma aqui. Eu coloquei: - quem primeiro observou foi, foi Arquimedes. Aí eu acho: quem primeiro observou? Será que tem essa.... podemos bater o martelo com relação a isso? Quem primeiro observou? Isso tá logo na primeira página, o princípio de Arquimedes.

MINISTRANTE 2 – tá bem lá no começo, na página 245, né?

P4 – no primeiro parágrafo. Isso, isso. [em concordância com a localização do trecho no slide] Aí o pensador foi Arquimedes, aí fala a data: - foi quem primeiro observou. Ele fala como se ninguém nunca tivesse observado sequer. Se ele tivesse, tivesse colocado algo que ele fosse o primeiro a enunciar ou a se debruçar sobre o tema, eu até entenderia, mas: -quem primeiro observar, acho que fica meio... é mais uma questão que falha para mim, né? Na minha observação, acho que foi falha.

P7 - eu acho interessante porque quando fala que ele observou é como se ele tivesse feito o experimento e observado a força

P4 – isso.

P7 – primeiro, se ele tivesse feito o experimento ele não teria observado a força, ele iria perceber alguma, algum resultado da ação dessa força.

MINISTRANTE 2 - é porque, novamente, o que tá havendo é uma confusão entre fenômeno e conceito.

P7 – isso, isso.

P4 - eu acho que esse é o que menos.... é.... atribui história da ciência, eu acho dos que a gente leu. E, pelo menos que eu vi, eu acho que foi o que menos observei alguma coisa relacionada a história ou natureza da ciência.

P7 – isso. Eu achei interessante que ele botou: “em linguagem atual.”

MINISTRANTE 2 – exato, eu vou ler esse trechinho que vocês estão citando que diz assim na página 245: “O pensador grego Arquimedes, e aí tem data de nascimento e morte, foi quem primeiro observou e apresentou essa força. Em linguagem atual o princípio de Arquimedes diz”. Então, primeiro como vocês observaram aí, né? Como vocês notaram aí, né? Ele diz: “-quem primeiro observou e apresentou essa força” É... o fato é estranho ele dizer que o Arquimedes foi o primeiro a observar, né? Porque muito provavelmente muitas pessoas já tinham observado. A questão é que ele confunde aí, de fato, o fenômeno com o conceito, né? Então tem aí um jogo do empirismo-indutivismo que faz com que haja esse tipo de declaração.

MINISTRANTE 3 – e a busca de atribuição de paternidade, né? O primeiro a observar.

MINISTRANTE 2 – isso. Esse tipo de história é aquele tipo de história que busca os precursores, né? Então o interesse da pessoa aí é relatar quem foi o primeiro, né? É aquela busca de precursores típica lá da história pedigree. Por outro lado ele traz uma ressalva interessante quando ele diz: “- em linguagem atual o princípio de Arquimedes diz”, então com isso ele tá desfazendo o anacronismo que outros livros fazem, né? Quando ele diz: “- em linguagem atual Princípio de Arquimedes diz”, ele não, ele, ele tá dizendo que houve aí mudança, houve uma... houve um desenvolvimento histórico e, atualmente se diz dessa maneira. Ele não deixa claro como era na época, tá? Não deixa claro quais eram as diferenças entre o Arquimedes, o que o Arquimedes diz, e o que nós, em linguagem atual, dizemos. Mas pelo menos aí já tem, embora a gente não saiba qual a diferença entre aquela época e o de agora, né? Não deixa claro isso, mas pelo menos a gente tem o início de que houve uma mudança no conhecimento, então o conhecimento científico aí é, pelo menos, mutável, (né?) segundo a gente nota por esse, essa ressalva (né?) que que é feita. E o que mais que a gente poderia dizer? Tem pouca história da ciência (né?) como P4 acabou de dizer?

P4 – pelo menos é o que eu achei, né? Vai que... [risos]

P7 – ele é, praticamente, ahistórico, né? Ele fala que foi Arquimedes, tem as datas, mas somente. Não tem nenhum contexto.

MINISTRANTE 2 – sem contexto, né?

P7 – uhum.

MINISTRANTE 2 – agora, tem aí um trecho com uma cara de um viés bem empirista-indutivista. Vocês conseguiram identificar? [pausa] Quando ele vai seguir a demonstração da equação do empuxo.

P7 – uhum.

P4 – quando ele fala: “- experimentos mostram que o volume do fluido deslocado”, né?

MINISTRANTE 2 – exato. Tá dizendo assim ó: “Experimentos mostram que o volume do fluido deslocado pela imersão de um corpo tem peso equivalente a força que será aplicada ao corpo” [leitura de trecho na página 245] Alguém observa isso? Os experimentos mostram isso, (né?), ou isso é uma abstração, tá? Então, de novo, aí tem um salto (né?) e livro, novamente, vai pro viés empirista-indutivista: “experimentos

mostram que”, (né?) aquela coisa que salta aos olhos do experimento, como se fosse natural observar isso, essa conclusão. E tem um exercício resolvido lá na página 246 que chama a atenção.

P4 – do dinamômetro? Da esfera?

MINISTRANTE 2 - é o exercício resolvido da página 246 que fala das duas coroas idênticas...

MINISTRANTE 1 – logo no início.

MINISTRANTE 2 – “duas coroas idênticas são penduradas cada um em um dinamômetro” [*leitura do trecho da página 246*]

P4 – achei.

MINISTRANTE 2 – então, esse experimento aí com as coroas, né? Esse exercício resolvido, ele poderia remeter a história da ciência (né?) ao episódio da história do Arquimedes e a coroa do rei, mas não tem nenhuma, nenhuma referência explícita aí.

P4 – nesse daqui ele sequer colocar links ou qualquer outra... nesse exercício (né?) para associar ele.

MINISTRANTE 2 – agora na página 260 aparece alguma referência...

P4 – isso.

MINISTRANTE 2 – o quê que que aparece lá?

P4 – Arquimedes e a alavanca, o vídeo 90 minutos...

MINISTRANTE 2 – na página 260. Isso aparece aí ó: “A história de Arquimedes saltando de sua banheira e gritando Eureka é bastante conhecida, aí ele põe entre parênteses, será verdadeira? Pouca gente, porém, sabe que o grego alardeou que era capaz de mover o mundo. Pode-se saber dessa e de outras histórias lendo o livro Arquimedes e a alavanca em 90 minutos”, né? [*leitura comentada do trecho da página 260*] Na verdade, ele faz essa pergunta: será verdadeira? mas não faz nenhuma...

P4 – para aí.

MINISTRANTE 2 – nenhuma proposta que sensibilize o professor (né?), não tem nada (né?) em relação a apoiar o professor a levar esse questionamento adiante, né?

P4 – e essa caixa, também, é direcionada para alunos também, (né?) creio eu. Porque para: “ampliar seu conhecimento sobre os temas abordados”, então creio eu que seja se referindo para os alunos também, né?
MINISTRANTE 2 – isso. Se o professor não for atrás desse material olhar e vê se interessa ou não, vai ficar por aí mesmo, né?

P4 – é.

MINISTRANTE 2 – bom, então são esses os trechos que a gente tinha selecionado, tem o do Gaspar também, né? O do Gaspar é... deixa eu dar uma olhadinha.

MINISTRANTE 3 – Gaspar e Martini depois, Martini e colaboradores.

P4 – isso.

MINISTRANTE 2 – a tem um outro MINISTRANTE 3 ainda?

MINISTRANTE 1 – tem.

MINISTRANTE 3 – são dois, Gaspar e depois Martini e colaboradores.

MINISTRANTE 2 – a gente volta a eles depois, no próximo encontro, é melhor que a gente vê mais... com mais tranquilidade. Achei que só tivesse um. Mas é... bom que já tá dando o nosso tempo, né? Então a gente vai voltar nesses dois outros textos no próximo encontro, tá? Mesmo que não tenha dado tempo não tem problema. O interessante é a gente explorar como a gente tá fazendo (né?) com mais detalhe, vendo o que parece, não tem problema em relação ao tempo não. É... enfim, eu acho que dá para a gente perceber variações nesses livros didáticos em relação àquilo que eles propõem a respeito do princípio de Arquimedes e, dá pra perceber também que de alguma maneira aquelas discussões acadêmicas estão chegando aos livros didáticos. Chegam referência ao texto do historiador da ciência, chegam referência ao texto do Fernando Lang da Silveira (né?) se elas são bem trabalhadas ou não, aí já varia também de exemplar pra exemplar, né? A gente nota visões ingênuas de ciência, a gente nota menções ao conteúdo histórico que não são muito adequadas (né?), alguns concertos (né?) também a gente nota do tipo dizer que a versão atualizada diz isso dando apontamento de que é uma construção histórica. Então aquilo que a gente nota olhando para esses livros (né?) varia. É... amanhã a gente vai ter o grupo dois trazendo as conclusões a respeito dos records que o grupo dois observou, tá? Flávia tá colocando aí que é um pequeno avanço, mas que vai depender da preparação dos professores. [*lendo as colocações no chat*] Muito vai depender da preparação dos professores a gente teria, então que avançar na preparação dos professores, né? Também é um outro, outro aspecto, tá?

Bom, MINISTRANTE 3 você quer completar alguma coisa? MINISTRANTE 1? Tranquilos?

P4 – a discussão é mais ou menos nessa linha mesmo, né professora? O esperado era que fosse mais ou menos essa linha mesmo? Que a gente fez hoje?

MINISTRANTE 2 – exato, eu acho que vocês estão indo bem. Conseguiram perceber muita coisa, muita coisa... bem, bem, bem legal. Perceberam bastante coisa eu tava aqui com a minha cola preparada (né?) do que que era para chamar atenção e quando eu botava algum tema vocês traziam o texto, ou vocês já traziam uma parte antes (né?) e, eu ia lá na cola e via o quê que era para falar sobre esse trecho. [*risos*] Pois é então tá... [*risos*] tão bem espertos para notar as coisas. Legal. Bom, gente então amanhã a gente volta com grupo dois, tá certo? Então obrigado a vocês e, a gente se ver amanhã.

TRANSCRIÇÃO DO DIA 10/12/2020

MINISTRANTE 1 – iniciar com o grupo dois eu vou pela ordem alfabética para não favorecer e nem desfavorecer ninguém. Então o primeiro exemplar que eu vou trazer vai ser o do Bonjorno.

MINISTRANTE 2 – pode ser.

MINISTRANTE 1 – ok, tá aparecendo para vocês?

P1 - ainda não.

MINISTRANTE 1 – agora tá aparecendo?

MINISTRANTE 3 – está MINISTRANTE 1.

MINISTRANTE 2 – então esse é o exemplar do Bonjorno e colaboradores, né? Vou pegar aqui a referência completa.

MINISTRANTE 1 – isso, é Bonjorno e colaboradores.

MINISTRANTE 2 – é Bonjorno e colaboradores. Bom, o grupo dois então, o que observou a respeito desse exemplar? Quem gostaria de falar?

P1 - eu tô abrindo aqui o exemplar, só um momentinho.

MINISTRANTE 2 - a MINISTRANTE 1 vai passando aí o conteúdo do livro à medida que vocês forem precisando citar alguma passagem podem dizer que ela coloca aí para gente observar.

P1 – ok, eu posso começar, né?

MINISTRANTE 1 – pode.

P1 – nessa primeira página, peraf. Ok. Nessa primeira página lá no... bem, ele faz todo o... fala o que é empuxo, né? E quando ele fala aqui: “Teorema de Arquimedes”. Isso, exatamente nesta página [*referindo-se à apresentação do slide*] aí ele diz aqui ó: “Foi Arquimedes quem primeiro constatou as características do empuxo que o fluido exerce sobre um corpo que nele esteja total ou parcialmente imerso.” [*leitura do trecho da página 262*] OK, então a gente volta de novo para a história do pedigree, (né?) foi ele quem constatou, né? Quando eu acho (né?) que talvez seja... foi ele o primeiro a relatar, a talvez se aprofundar nos estudos, né? Acho que é um pouco aquela ideia (né?) que a gente já falou que da bússola. Muitas pessoas usavam a bússola, mas o primeiro a estudar campos magnéticos são outras pessoas, né?

Aí segue de novo, né? Dos experimentos...

MINISTRANTE 2 – P1!?

P1 – oi.

MINISTRANTE 2 – só um momentinho, P1.

P1 – a vontade.

MINISTRANTE 2 – é... Então você notou aí o que você considera que seja um exemplo de história Pedigree, né?

P1 – sim, exato.

MINISTRANTE 2 - isso? E mais alguém no... concorda? Notou que esse trechinho aí que abre, que o P1 citou, seria um exemplo de história pedigree? E aí pessoal do grupo dois? Ou o pessoal do grupo um também (né?) que esteja visualizando agora e que queira comentar...

P8 – boa noite gente. Eu concordo com P1. Eu não vejo muita necessidade, ainda que que a gente tivesse evidências documentais de que as primeiras.... os primeiros trabalhos na área fossem de Arquimedes. Eu não vejo muito ganho em colocar esse, esse adjetivo. Cê poderia dizer que ele apresentou importantes contribuições, alguma coisa do gênero, mas é uma necessidade de caracterizar o cara como o responsável pelo avanço científico que... da maneira que a gente concebe hoje, né?

MINISTRANTE 2 – gente, na medida do possível quem puder deixa a câmera ligada, tá? Que aí fica melhor pra gente se ver e ir conversando, quem tiver possibilidade. A não ser quem estiver com a internet muito ruim, mas enfim quem puder deixa, deixa a câmera ligada. Mais alguém queria comentar esse trecho? Eu vi que P5 colocou aqui no chat que também concorda com que P1 e P8 acabaram de, de apontar (né?) sobre a história pedigree desse primeiro... dessa primeira questão que aparece aí no texto.

P5 – eu tive essa impressão também, quando eu fui analisar esse livro

MINISTRANTE 2 - então gente, como vocês estão citando, de fato, trata-se de uma, uma observação, de um comentário que vai na linha da história Pedigree sim (né?) porque é um tipo de história que demonstra essa preocupação em dizer quem foi o primeiro. Quem inventou o termômetro? Quem inventou o dinamômetro? Quem foi o primeiro a fazer tal coisa, né? Então é uma preocupação típica da historiografia Pedigree. P8 colocou aí que a gente não tem muito ganho (né?) com esse tipo de afirmação. De Fato (né?) parece contribuir muito pouco (né?) pra gente saber... Enfim, é melhor, realmente P8, no sentido que você colocou (né?), dizer que ele fez importantes contribuições, isso seria mais interessante isto do que algo que também a gente não tem nem como (né?) corroborar que a gente... Como é que a gente vai olhar para a

história da ciência e dizer que alguém foi o primeiro a fazer tal coisa (né?) também complicado. P1 eu te interrompi porque aí a gente pode ter a contribuição de várias pessoas para o mesmo, mesmo tipo de situação, mas vamos lá.

P3 - desculpa professora é porque é a questão do empuxo, né? Ele já foi mencionando o, o significado empuxo, né? No caso, a palavra empuxo que... se não me engano a gente viu...

MINISTRANTE 2 - mais pra baixo MINISTRANTE 1, mais pra baixo ... [referindo-se ao posicionamento do slide]

P3 – que a gente viu nas anteriores, nas nossas.... nossos encontros anteriores o empuxo, né? A palavra empuxo ainda não tinha sido... ainda não tinha sido é... enfatizado nessa época. Só depois que foi aparecer. Ele fala das características do empuxo, né? Ele já fala, ou seja, que o Arquimedes já detectou isso como sendo o empuxo em si, né?

MINISTRANTE 2 – exato, já aparece aí que ele detectou as características do empuxo, né?

P1 – essa aí eu vejo como se fosse um jogo de palavras (né?) porque eu acho que fica tudo muito sutil. Porque, por exemplo, ele primeiro constatou as características do empuxo. É verdade, mas ele em nenhum momento disse que ele chamou essas características de empuxo, né? Aí temos indícios dá a entender que sim, ele chamou o nome do empuxo (né?) e, aí é que eu vou fazer a ressalva (né?) pegando o peixe aqui que, ele pega tudo isso (né?) essa pequena história que tem um parágrafo e uma legenda de imagem e aí acaba. Acaba o que ele tem pra falar de Arquimedes, né? E aí o que dá a entender é que tudo decorre do trabalho dele. Eu acho que na minha opinião dá pra entender isso, né?

MINISTRANTE 2 – é... vocês concordam? P8 levantou a mão aí.

P8 – professora, primeiro, desculpa por não ligar a câmera é que agora eu não tô conseguindo, eu tô tentando aqui.

MINISTRANTE 2 – eu vi seu comentário...

P8 - eu só queria chamar atenção pra duas palavras que me incomodaram um pouco. A primeira delas é que... deixa eu achar aqui. Ele usa: “nos seus experimentos verificou”, a palavra verificou como se já tivesse dado um conhecimento que era só descobrir da ideia de que a partir da observação você já consegue ter uma, uma, uma percepção muito definida, né? Muito definitiva em relação ao fenômeno natural e, uma outra coisa que me incomodou é na, no segundo parágrafo a palavra determinar, de novo muito fechado, né? Não dá ideia de evidências ou de... nessas condições porque não tinha como ele dizer que extrapolar para outras condições, né? Então ele não determinou nada. Ele pode ter tido ali algumas evidências baseadas na observação. Tudo bem, mas não que isso seja a totalidade do conhecimento científico. Essas duas palavras me incomodaram um pouco.

MINISTRANTE 2 – P8, já que você mencionou esse “determinar” que aparece aí. Depois a gente observa aí que vem uma matematização, né? Então vem assim ó: “para determinar as características do empuxo consideremos tal, tal coisa” [sintetizando *um trecho da página 262*] Aí vem a matematização, só que lá em cima... Sobe um pouquinho MINISTRANTE 1, por favor. Ele disse que o Arquimedes determinou as características, constatou as características do empuxo. Se há... o que são as características do empuxo é que tá embaixo, essa matematização, a gente pode entender que foi o Arquimedes quem fez. Olha, ele “constatou as características do empuxo”. Para determinar as características do empuxo faça tal coisa e vem toda essa matematização. Foi o Arquimedes então que fez isso?

P8- é, não foi. Eu até coloquei nos comentários professora que ele não atribui, especificamente, ele não fala que Arquimedes chegou a essa expressão, mas a maneira como o texto tá organizado leva o leitor, a implicitamente, concluir que foi um raciocínio derivado dele (né?), da noção dele. Então talvez fosse importante separar, né? Hoje nós entendemos dessa e dessa forma. Fazer essa questão de separação temporal mesmo.

MINISTRANTE 2 – até porque leva a esse entendimento porque ele usou a mesma expressão (né?) características de empuxo falando sobre Arquimedes e características do empuxo e, aí vem isso abaixo (né?) a visão atual. É... e como você citou P8 também aparece essa característica aí típica do empirismo-indutivismo, né? O ‘verificou’ por meio do experimento e a coisa é colocada de um jeito muito categórico (né?) como o P8 acabou de observar. É só isso que tem história da ciência no Bonjorno?

P1 – é eu acho... se eu puder falar... Ele também usa palavras aqui (né?) que eu acho indícios de anacronismo. Ele verificou que um corpo mais denso que o fluido (né?) mergulhado e, aí ele fala que é seu peso aparente. Então ele usou todo nosso dialeto (né?), mais denso naquela, naquela época não se tinha ideia de densidade. No fluido aqui, ele não faz a ressalva que o fluido, ele é considerado apenas o líquido. Ele já fala que muda esse peso aparente, que é um termo novo que é utilizado atualmente, né? Então ele faz tudo isso (né?) e, aí eu acho que isso aí é um anacronismo (né?) porque ele não usava essas expressões. Primeiro que ele não fez isso, né? Segundo que ele constatou parecido como que tá escrito aí, mas não foi bem isso que ele constatou, né? E aí aqui na..., só pra completar essa parte, aqui na biografia dele diz:” que conviveu com grandes matemáticos e astrônomos”, então acho que tem aquela ideia de exaltar ele, né? Ele conviveu com grandes pessoas, com grandes pensadores tá querendo acho que elevar.

MINISTRANTE 2 – sendo que esse “conviveu com grandes matemáticos e astrônomos”, ele até poderia ter sido usado para desenvolver uma ideia de cooperação na ciência, né? Poderia ter aí uma questão de cooperação, de influências, poderia mencionar o Euclides, poderia mencionar que teve influência no trabalho do Arquimedes, mas não. O que dá impressão aí é que botou uma nota pra dizer que tem alguma coisa de história da ciência, né? Qualquer coisa...

É... P5, tá com a mão levantada?

P5 – sim professora, eu percebi algo nesse livro que é um dos poucos livros que o conceito, ele não tá isolado, não tá destacado. Ele tá imerso junto com a história, seria né? Se isso fosse história da ciência talvez por tá imerso nessas informações é que a gente pode interpretar que uma coisa que tá escrita no primeiro parágrafo tá com relação ao segundo. A matematização do segundo, ela tá corroborando com o que tá no primeiro. O Princípio tá no primeiro parágrafo, mas ele tá misturado. Aí o Princípio só vai aparecer de novo nesse texto um pouquinho mais abaixo depois da matematização, ou seja, aí tem a caixinha e, aí tem lá o que seria o Princípio enunciado. Então dá a entender que a matematização é muito importante e que o enunciado vem depois da matematização e não o contrário que primeiro o fenômeno foi observado para depois ver uma matemática de como vai... enfim, respaldar experimento. Além do que já foi falado (né?) dessa visão de experimentação muito grande porque fala no primeiro parágrafo “nos seus experimentos”, eu ainda vejo assim uma visão do cientista muito individualista, “nos seus”. No dele aconteceu isso, padrão dele.

MINISTRANTE 2 - sem contar que a gente viu que a argumentação do Arquimedes não vai pra questão empírica (né?) a gente observou isso analisando a fonte original. Então também não... nem conviria citar dessa maneira, mas aí acontece que o texto todo não tem muito cuidado (né?) com atribuir algo a Arquimedes. Então, implicitamente, parece tudo é do Arquimedes mesmo já que não tem ressalvas e, já que ele fala característica do empuxo foi constatada pelo Arquimedes. Depois põe as características do empuxo como essas, né? P3 você queria falar alguma coisa? P3 tava aí seu microfone aberto

P3 – não. Só uma parte que chamou a atenção que é em relação a... a... como ele denomina Arquimedes, né? Cientista, físico e matemático e, algo que... também não existia essas nomenclaturas, digamos assim, pra época, né? Assim, dá pra entender que sempre existiram essas especializações essas, essas, essas especificações (né?) por todo o tempo da, da história que é algo que é cotidiano. Cotidiano não, desculpa. Contemporâneo, né?

MINISTRANTE 2 – é interessante porque ele separa... Primeiro ele separa cientista de físico e matemático, parece que são três coisas diferentes, né? Cientista e físico e matemático, é uma construção bem estranha

P3 - verdade.

MINISTRANTE 2 – ainda tem um problema aí do anacronismo, que é um anacronismo... a gente diz que é um anacronismo leve até e, que às vezes a gente até encontra em texto de história da ciência, mas é um

anacronismo não é muito legal fazer isso porque o termo cientista ele surge em 1833, lá pra meados do século XIX, né? Então chamar Arquimedes por uma nomenclatura que surge lá no meio do século XIX é um pouco complicado, tá? É um tipo de anacronismo (né?) porque o termo cientista ele surgiu por analogia com o termo artista. Arte, artista. Ciências, cientista. Então ele surge, mas ele surge lá no século XIX, surge 2 mil anos, mais ou menos, aí depois do Arquimedes, um pouco mais até depois do Arquimedes. Não é muito aplicável aquilo que o Arquimedes fazia, não é uma identidade profissional. A identidade profissional cientista surge a partir dessa época. Então, geralmente, quando a gente se refere aos profissionais que a gente diria hoje cientistas (né?), mas dessa época a gente diz que são filósofos naturais. Enfim são outros tempos, se a gente disser pesquisador, pensador tudo bem, né? Cientista já é um pouco pesado para carregar para antiguidade, por exemplo. É P8 cê levantou a mão?

P8 – levantei professora. Na verdade, é uma pergunta que eu tenho. Porque é o seguinte é... por um lado eu concordo com que vocês estão colocando em relação aos termos, né que são anacrônicos, mas por outro lado se você desconsidera completamente quem é o seu leitor aí você pode incorrer no outro extremo (né?) que seria... se eu não me engano o termo é *prig* né? Não sei se eu tô pronunciando corretamente. Então é assim, se fosse, por exemplo, um artigo de historiadores da ciência eu acho que notas de rodapé resolveria., tô usando o termo aqui, mas o que quero dizer com esse termo é isso, isso, isso. Agora quando eu penso em livros didáticos que o meu, o meu leitor é um menino que não tem uma formação na área eu tenho, realmente, dificuldade de pensar se trazer aproximação com temos que façam sentido para ele... até que ponto eu posso fazer isso no sentido pedagógico, né? Pra ter ganhos pedagógicos e ao mesmo tempo tomar alguns cuidados para se ter um certo rigor histórico e, aí eu já não sei como resolver esse problema. [risos]

MINISTRANTE 2 – isso P8, de fato, é um dilema você tem toda razão em apontar isso, por isso que eu citei um anacronismo fraco que a gente encontra e, encontra muito até em trabalho de história da ciência mesmo, o uso do termo cientista. Então, assim é compreensível pro aluno se a gente colocar aí pesquisador. É acessível para ele, é acessível e não carrega a força que o termo cientista tem que é essa questão da identidade profissional daquele que pratica ciência, que é algo que remonta a meados aí do século XIX. Se a gente tem um termo substituto e que o aluno compreende... assim, eu acho que o termo filósofo natural é muito pesado e, não é acessível ao estudante da Educação Básica. Aí o termo filósofo natural eu acho pesado demais pra gente colocar no livro didático, minha opinião tá? Mas é uma opinião pessoal, agora eu acho que poderia ser substituído aí por pesquisador. Pesquisador em Física, Matemática, Geometria... Seja lá o que for é acessível ao aluno e, não carrega a força que o termo cientista tem. Na medida que a gente tiver um termo mais acessível acho que é justo substituir. Vou dar um outro exemplo aqui, mas sem a gente querer se alongar muito nessa questão do termo cientista ou outro termo. É... eu costume também não usar é... Galileu é italiano. Por que eu não uso o termo? Por que eu não falo que Galileu é italiano? Porque a Itália não existia na época dele, então ele não pode ter essa nacionalidade. É mais adequado e é com... totalmente compreensível pro aluno se a gente disser que ele nasceu em tal cidade, por exemplo, o Fulano nasceu em tal cidade onde hoje é a Alemanha, porque a Alemanha também não existia até meados do século XIX. Então a gente tem que tomar um certo cuidado com nacionalidades também que não existiam, dizer que o Fulano era alemão ou que era italiano se esses não eram países na época. Então é um cuidado que eu tenho, eu acho que é válido, por quê? Imagine que o aluno lá na disciplina de História ao mesmo tempo que tá vendo aí a história da Física no livro de Física ele tá estudando em História a formação dos estados nacionais, então ele tá vendo isso na disciplina de História: Itália se unificando, Alemanha se unificando, então por que não, não colocar na história da Física, que a gente tem no livro didático, algo compatível com que ele tá vendo lá na disciplina de História também, né? Uma opinião pessoal, acho que cada caso tem que ser ponderado. No caso aí cientista, eu acho pesado pro Arquimedes, mas é uma, uma visão minha já que existe o termo substituto e acessível. Se não tivesse acho que seria razoável a nota de rodapé (né?), concordo com você que ela é, totalmente, cabível em um texto acadêmico. Totalmente. Não no caso do livro didático, né? É pesado, mas vamos seguir...

MINISTRANTE 3 – MINISTRANTE 2!?

MINISTRANTE 2 - oi MINISTRANTE 3.

MINISTRANTE 3 – fazer um complemento bem rapidinho. Só... eu acho assim no sentido... no outro sentido daquilo que o P8 pergunta, porque do ponto de vista histórico além de nós podermos denominar filósofo natural, a gente também pode chamar de homem de ciência. Esse é um termo também adequado

do ponto de vista histórico, homens de ciência. Por outro lado, se a gente só pensar no rigor histórico e não pensar nas propostas educacionais que nós temos hoje no século XXI e sair por aí, na transposição didática, só designado homem de ciência, homem de ciência, homem de ciência... a gente não vai cumprir com propostos educacionais e se repensar os excluídos. Então o aluno pode pensar que cientista só é homem porque a gente tá chamando de homem ciência por conta de um rigor histórico, certo?

MINISTRANTE 2 – parece que aí então não existe mulher de ciência, né? [risos] porque pra usar o temo... verdade. Assim, tem que se tomar muito cuidado pra não carregar certos tipos de problema. Acho que P2 levantou a mão aí, ou não? Sim? Não sei, apareceu aqui para mim. [referindo-se aos participantes no chat]

MINISTRANTE 3 – acho que não.

P1 – estava travado aqui.

MINISTRANTE 2 - então tá certo. Bom, então a gente viu aí que o exemplar do Bonjorno tem algumas... alguns traços aí da história da ciência, mas meio problemáticos, né? Mais algum comentário sobre o exemplar do Bonjorno?

P1 - Eu acho que o último é daquele rigor lá que foi apontado por P5, né? Ele faz essa matematização muito bonita e muito bem-feita, né? Eu acho muito interessante você entender como é que você pode deduzir uma expressão embora, de novo (né?), ele não traga, não faça a ressalva de que isso é atualmente. Mas quando ele fala aqui (né?) “todo o corpo imerso”, a gente entra (né?) naquela... Eita! eu esqueci o nome do autor agora. O que fala que isso não é adequado, né?

MINISTRANTE 2 – O Paradoxo hidrostático, né?

P1 - É isso, do paradoxo hidrostático, que não é a definição adequada, (né?) que é falha. Esse livro não, mas já dando *spoiler*, os outros vão fazer até pior, né? Além de dar isso ainda dão exemplos em figuras (né?) aqueles béqueres com o tubinho caindo a água e medindo, né? Aqui você mede na balança esse peso do fluído deslocado (né?) e não do corpo submerso que já é esse empuxo, então acho que vale uma ressalva porque tem um erro físico aí também.

MINISTRANTE 2 - bem lembrado do P1, bem lembrado. E me parece que esse livro aí tem uma indicação pro estudante de leitura, não tem? Tem aí MINISTRANTE 1 uma indicação de leitura pro estudante?

MINISTRANTE 1 - eu acho que tem.

MINISTRANTE 2 – vocês observaram?

P1 - eu dei uma olhada, mas eu não vi nenhuma...

P5 – tem indicação de leitura.

P8 - lá no final ele indica algumas coisas.

P1 - que eu vi o nome Arquimedes aí (né?), mas eu não lembro não.

MINISTRANTE 2 – tem algumas sugestões aí e, eu chamo atenção pra primeira, tá? A primeira: Arquimedes uma porta para ciência, se a gente for atrás dessa sugestão de leitura, se a gente for observar o que tem nela... é... tem até uma resenha a respeito dessa obra disponível no Ciência a mão, da USP, tá? E... essa é uma obra que traz o relato do Vitruvius, ela traz, exclusivamente, o relato do Vitruvius. Então se o estudante for atrás dessa primeira referência ou jogar na internet para ver o que que é isso (né?): Arquimedes uma porta para ciência e esbarrar na lá na resenha da USP ele vai notar o episódio da versão vitruviana e ponto final, tá? Então, ele teria que ver se nas outras referências aparece alguma coisa diferente, mas aí já não são textos que tratam tanto do Arquimedes, os outros que são citados aí. Enfim...

P8 – professora, uma coisa que me chamou atenção nesses, nesses textos... eu conheço essa coleção: Imortais da ciência, ela é bem atrativa para os alunos porque ela acaba sendo um texto bem fácil de ser lido, mas ela é bem reducionista, (né?) simplifica muito as coisas. E os próprios títulos dos livros, eles são muito reveladores do tipo de visão de ciência que é propagada ali, né? Por exemplo, esse primeiro: Uma porta para ciência ou então do Galileu: Primeiro cientista moderno.

MINISTRANTE 2 – Galileu, o primeiro cientista moderno? *[risos]*

P8 – são coisas pra você falar: -Tá bom, já entendi mais ou menos qual que é o caminho que vai ser tratada, né? *[risos]*

MINISTRANTE 2 – já pelo título P8, a gente já percebe qual é o negócio, né? Copérnico: pioneiro da revolução astronômica, olha aí o viés do tipo de história que se preocupa com os precursores, né? Nas descobertas das leis do movimento planetário, parece que as leis do movimento planetário já estavam inscritas na natureza o Kepler foi lá tirou o livro... tirou um papel de cima e descobriu, né? Parece que elas já estão dadas na natureza, enfim... Realmente complicado, né?

[vozes sobrepostas]

P1 – tem o do Newton também

MINISTRANTE 2 – várias leituras, né? Várias. Muito bem. Então esse foi o exemplar do Bonjorno, né? Que foi o grupo dois que analisou. Vamos lá para um grupo um? Eu acho que sobrou o Gaspar, não foi?

MINISTRANTE 3 – sobrou o Gaspar, o da Glorinha Martini e colaboradores

MINISTRANTE 1 – isso. Então vamos pro Gaspar.

MINISTRANTE 2 - grupo um, o quê que observou aí? O grupo um o que observou sobre o exemplar do... do Gaspar?

MINISTRANTE 1 – acho que o grupo um é a P7, né? Que tá aí.

MINISTRANTE 2 – é a P7 que tá aí. Esse recorte que você tá mostrando, né? O recorte do Gaspar.

MINISTRANTE 1 – esse é o Gaspar.

P6 – é professora... eu só notei nesse aí do Gaspar uma pequena historiografia. Ele não traz bem a História, né? Ele só mostra uma historiografia no começo e, no finalzinho ele traz um experimento que ele atribui a Arquimedes, né?

MINISTRANTE 2 - ele traz lá no início uma menção, né?

P6 – é. Uma historiografia né? Só dá, praticamente, a data (né?) e fala aquela, aquela parte que tem mesmo no que Arquimedes falou, (né?) só que de outra maneira, né? Aí já fala também filósofo, né? Aí tá marcando... *[referindo-se à marcação feita no recorte exibido no slide]*

MINISTRANTE 2 – ele traz um experimento no final, que você falou?

P6 – tem, tem um experimento que ela atribui a Arquimedes, né? Pode ser feito... ele atribui esse experimento Arquimedes. Foi essa.... isso que eu notei.

MINISTRANTE 2 – a verificação do princípio de Arquimedes, é isso?

P6 – é, através de um experimento...

MINISTRANTE 2 – ele diz – como prever o princípio de Arquimedes. Não é que como o Arquimedes tenha feito, né? Mas é uma verificação, né isso?

P6 – isso. É a verificação, é.

MINISTRANTE 2 – e, pelo que a gente percebe aqui é bem um passo-a-passo, meio receita de bolo, né? Faça isso, faça aquilo.

P7 – eu tava falando aqui eu marquei no início também, mas ele já falou. E, fala logo do empuxo, né? É... e ele fala muito pouco de Arquimedes, (né?) só um pouquinho ali. Diz que o Arquimedes definiu, definiu o módulo, a direção e o sentido. A gente tinha falado sobre isso ontem, né? Ele fala que ele definiu uma grandeza vetorial e, também eu marquei aqui porque tem um quadrinho e tem líquido ou fluido. Quando eu li, eu até pensei que ele ia falar alguma coisa e tal, né? Alguma ressalva, mas não, é só para diferenciar no olhar que a gente tem hoje mesmo sobre o que é fluido.

MINISTRANTE 2 - tem duas pessoas com a mão levantada, a gente percebe nessa que o empuxo é uma força com módulo direção e sentido definidos pelo princípio de Arquimedes aí põe: filósofo e matemático grego e põe data de nascimento e morte. Na verdade, ele não tá dizendo que foi o Arquimedes que fez, né? Ele não tá dizendo: “Arquimedes disse que o empuxo é”, mas são definidos pelo princípio de Arquimedes. Vocês percebem a diferença? Não, não tá dizendo que Arquimedes disse que... né? Tem uma diferença aí nessa construção. P1 você queria falar?

P1 – eu queria, mas eu tô de enxerido aqui, então eu quero comentar no final.

MINISTRANTE 2 – P5, você quer falar?

P5 – não professora.

MINISTRANTE 2 – tava com a mão levantada aí, por isso que eu perguntei. Mas assim pelo que a gente tá notando nesse exemplar do Gaspar e pelo que vocês aprontaram, ele não traz história da ciência, né? A única referência de história da ciência é: filósofo e matemático grego que viveu em tal data. É... essa afirmação que é colocada na ausência, porque não tem história da ciência, tem uma lacuna da história da ciência pode levar a impressão de que tudo isso é do Arquimedes. Porque o Princípio é de Arquimedes, então o livro não está afirmando, categoricamente, que foi o Arquimedes que fez isso, mas pela ausência da história da ciência pode acabar dando essa impressão, né? Realmente não tem nenhuma ressalva sobre fluido aí.

Em relação à lei de Stevin que fala, que fala aí é... também pode dar uma impressão equivocada pela ausência de uma, uma pontuação, tá? Diz o seguinte: “O princípio de Arquimedes, a rigor, não é um princípio pois pode ser deduzido a partir da Lei de Stevin” [*leitura do trecho da página 267*] Tudo bem. Na ausência de qualquer informação histórica pode dá a impressão de que esse foi o caminho seguido pelo Arquimedes, de deduzir a partir da Lei de Stevin. Só que o Stevin tá aí separado do Arquimedes (né?) por.... mil e quinhentos.... quase dois mil anos, né? Quase dois mil anos, então se o Princípio de Arquimedes pode ser deduzido a partir da Lei de Stevin e não tem nenhuma informação sobre como o Arquimedes fez, pode dar essa impressão de que esse é o caminho do Arquimedes. O caminho que ele seguiu, né? Então, basicamente eu acho que isso, não tem muito o quê apontar, né? Vocês apontaram algumas coisas, mas... Bom, alguém tem mais algum comentário sobre o Gaspar?

P1 – eu tenho.

MINISTRANTE 2 – diga P1.

P1 – lá no final, essas páginas em preto-e-branco (né?), até pela numeração da página acho que ele vinha lá no final do livro, né? Tem assim, Arquimedes. Acredito que isso seja ideia de um material de apoio pro professor, né? Por exemplo, o professor poderia introduzir essa... esse princípio contando essa história e, aqui acontece uma bagunça, né? É uma bagunça porque ele conta um pedaço da versão de Vitruvius, conta outra versão no qual ele ter sido executado por um soldado porque ele teria desobedecido rei e, nessa versão de Vitruvius ele ainda diz (né?) que: “eu vou colocar a coroa dentro da água numa balança”. Então ele

descobre pelo transbordar da água, ele coloca essa coroa dentro da água e, não transborda água. Ele mede pela balança, né? E aí eu achei que ficou uma bagunça isso aqui, ficou realmente... O professor que vai ler e vai contar pro aluno essa história realmente vai reproduzir, né? É porque é difícil, é difícil. Eu talvez fizesse isso também. Eu sinto pena só dos professores

MINISTRANTE 2 – tá complicado, né? Então, esse trecho que faz referência a história vitruviana, ele aparece lá no finalzinho né? Tá deslocado aí do, do conteúdo, né? Você pode puxar MINISTRANTE 1, pra gente ver como se chama essa sessão?

MINISTRANTE 1 – é no manual do professor.

MINISTRANTE 3 – manual do professor, leituras complementares.

MINISTRANTE 2 – manual do professor, leituras complementares.

MINISTRANTE 3 – é. E aí tem um problema também. Sabe por quê? Durante a sessão do Princípio, nesse material didático, não existe nenhum apontamento de que há orientações para seção do manual do professor. Então professor, provavelmente, não vá até o final, não é? E consiga chegar a essas informações aí se não for aquele professor que lê todo o material de capa a capa, que busca pelas as orientações à medida que vão sendo apontados nas seções, não é? Como a gente tem visto nos outros livros: - professor veja orientações no manual. Não existe isso aí. No manual do aluno a gente tem uma abordagem ahistórica como está apontado aí e, aí vem leituras complementares, que não estão apontadas lá, para que o professor, ocasionalmente, use se ele considerar conveniente. O que é conveniente ou não... não se sabe ao certo e é uma bagunça mesmo, viu P1? Porque ao mesmo tempo que ele fala do cerco de Siracusa ele fala da versão vitruviana e no final conclui a verificação com uma menção – claro, a gente sabe que é uma menção - a versão galileana. É uma bagunça mesmo. [risos]

MINISTRANTE 2 – tá misturando tudo, de onde será que o autor tirou isso?

MINISTRANTE 3 - e ele conhece o texto de Roberto de Andrade Martins. Se a MINISTRANTE 1 subir lá para as sugestões de leitura... Sobe lá MINISTRANTE 1. Aí... não, sobe mais um pouquinho. Aí são as referências em que existem referências sobre Arquimedes. Sobe mais um pouco. Mais. Aí, olha aí na quatro.

MINISTRANTE 2 – aparece aí, a referência quatro é o texto do Arquimedes e a coroa do rei.

MINISTRANTE 3 – sugestão para o aluno ler.

MINISTRANTE 2 – para o aluno.

MINISTRANTE 3 – isso. E aí será que o aluno... ele orienta o aluno a buscar o professor para que o professor oriente essas leituras que estão aí ao final antes do manual do professor. Então o autor conhece o artigo do Roberto de Andrade Martins publicado no Caderno Brasileiro, né? Portanto deve conhecer as duas versões e quando tentou no manual complementar do professor, que não está orientado do manual ao longo do corpo do conteúdo didático, não se faz presente no manual do estudante, não há nota no manual do professor de que ele vai encontrar essas orientações, quando ele vai fazer essa transposição didática ele mistura duas versões do mesmo episódio e um outro episódio do cerco de Siracusa [risos]

MINISTRANTE 2 – eu acredito que tanto fica assim... confuso pro professor achar isso que eu acho que o próprio grupo um passou batido por isso, não foi? Porque vocês comentaram lá o texto, né? Apontaram algumas coisas sobre o texto, mas não falaram nada sobre esse finalzinho aí.

P6 - eu confesso que eu não, não, não vi professora.

MINISTRANTE 2 – então aconteceu com vocês

P6 – passou batido isso aí

MINISTRANTE 2 – P7 também está balançando a cabeça que sim

P7 – eu também não vi

MINISTRANTE 2 - é natural. É natural que vocês não tenham...

P7 – eu ainda vi essa sugestão aqui de leitura, mas aí eu não vi essa parte aí do finalzinho. [risos]

MINISTRANTE 2 – no caso quem é professor, quem é professor e, e tá olhando o capítulo e tudo tem essa desculpa de não ter percebido mesmo porque não tem como perceber, né? Porque não tem nenhuma orientação lá no capítulo para que o professor olhe que tem essa leitura complementar no final. Aliás, acho que talvez seja melhor que o professor, realmente, passe batido, né? Porque pelo que tá aí, que é uma mistura da história do Vitruvius com a história do Galileu que virou uma confusão, é melhor que o professor não veja porque não dá nem para explicar pro aluno, né? Como o P1 colocou aí, né P1? Não tem nem condições de explicar uma coisa dessas.

MINISTRANTE 3 – lá na última página, ele ainda sugere, né? o autor, uma atividade, supostamente, interdisciplinar com a participação do professor, da professora de história, né? E aí se discute com participação do professor e da professora de História se essa versão da *eureca* é verdadeira ou não. [risos] E como é que se insere isso no currículo de História? Assim, é uma orientação, simplesmente, como tentativa de dar conta da legislação educacional, né? Isso fica muito perceptível. Vou aqui sugerir que converse aí com o professor de história, né? Tentem uma atividade interdisciplinar... talvez não exista nada no currículo de História que se relacione a isso, mas conversem [risos] vocês, vocês dão conta de uma atividade nesse sentido.

MINISTRANTE 2 – exato. Então essa transposição didática aí que é feita do texto acadêmico da História da Ciência é feita assim no modo pior possível, né? Tudo confuso e ainda tentando maquiagem (né?) essa possibilidade aí de relação com a disciplina de História (né?) numa coisa que não tem nenhuma orientação de como fazer. Além disso a indicação de leitura do texto acadêmico para o aluno. Complicado, né? O quê que o aluno vai fazer a partir daquela leitura? Então poucos alunos, realmente, conseguiriam entender aquela leitura do texto... do texto acadêmico. Bom, esse é o Gaspar, né? Então vamos pro próximo aí do grupo dois. Vamos pegar um do grupo dois.

MINISTRANTE 1 - Guimarães.

MINISTRANTE 2 - do Guimarães.

MINISTRANTE 1 – Guimarães, Piqueira e Carron

MINISTRANTE 3 – na ordem não é Gonçalves Filho e Silva, MINISTRANTE 1?

MINISTRANTE 1 – Sim, Gonçalves Filho e Silva. Obrigado MINISTRANTE 3.

MINISTRANTE 2 - Então vamos lá.

P1 – deixa eu me lembrar o que foi que eu escrevi desse aqui... vou pegar o papel.

MINISTRANTE 2 – P1, escreveu pouco. Tem pouca coisa [risos], pouca coisa, né? Eu acho que tem pouca coisa de História da Ciência nesse.

P1 – vou ler aqui na minha [*incompreensível*] e, depois eu localizo no texto. Ele não faz menção a nenhuma bibliografia do Arquimedes apenas o Princípio que carrega o seu nome e, aí na minha concepção de novo (né?), volta aquele, né? De que toda a produção, né? Tudo que vem no decorrer é de intelecto dele, né? E aí, de novo, eu acho que traz aquela história Pedigree, ele não faz as devidas ressalvas ao uso de palavras, ao uso de formulações matemáticas, né? E aí é... eu acho que... deixa eu ver se é esse livro que faz um tratamento vetorial. Não, eu acho que não faz não. Pronto, eu acho que é isso. É só isso mesmo que eu tenho pra falar.

MINISTRANTE 2 – eu concordo que é só isso mesmo de História da Ciência. E aí P5?

P5 – concordo. É bem pouca coisa. A gente vê que o texto já começa com exercícios, então, e... termina também com exercícios. Antes da bibliografia tem mais exercícios, então o livro tá focado nisso, na parte matemática pro aluno. Porém a demonstração é uma demonstração que, eu concordo com o colega, vetorial. Nessa página 2 tem uma figurinha com uma bolinha e várias setinhas apontando. Isso, essa aí. [*em referência a imagem compartilhada*] aí embaixo tem: “A força de empuxo representa a força vetorial de todas as forças aplicadas pelo fluido sobre os pontos do corpo.” [*leitura do trecho da página 141*] Então entra um pouco de geometria aí e... e pra mim, na página 2 ainda no finalzinho, aparece um termo aí de flutuação. É um dos termos que eu não tinha visto nos outros e nesse aí aparece,

P8 – uma coisa que me chamou atenção nesse texto, eu não sei exatamente qual é a página, eu não tô conseguindo encontrar aqui. Na página 14, no parágrafo que começa. Exatamente [*fazendo referência a imagem compartilhada*] “De acordo com o Princípio de Arquimedes” [*leitura do trecho da página 141*] Essa palavra “de acordo” me incomoda muito porque é como se o fenômeno só existe se a partir da sua enunciação, sabe? Eu acho que...

MINISTRANTE 2 – deve obedecer ao Princípio

P8 – exatamente, senão a natureza tá errada porque o Arquimedes tá certo, sabe? [*risos*] eu acho bem, bem, bem ruim esse termo.

MINISTRANTE 2 – você tem razão P8, parece assim: de acordo com a lei da gravidade quando eu soltar essa minha garrafa ela tem que cair, claro né? Porque tá aí enunciado né? A gravidade... então a garrafa que caia, né? Ela que caia porque ela tem que obedecer. De acordo com o Princípio de Arquimedes tal coisa, né?

P8 - sem contar que ele usa a palavra empuxo e força como se fosse já utilizado pelo próprio Arquimedes.

MINISTRANTE 2 – justamente por causa dessa ausência de referência histórica (né?), quando aparece empuxo, quando aparece fluido, quando aparece tudo isso a gente acaba atribuindo ao próprio Arquimedes, né? Porque não tem nenhuma ressalva e já que o Princípio é dele, é tudo dele né? Cê tem... pela concepção de que é tudo dele. A única referenciuzinha que tem aí a História da Ciência é uma imagem. MINISTRANTE 1 você pode subir? É essa imagem, olha só... olhem a qualidade dessa imagem, um negócio escuro né? Alguém olhando pra um papel aí, é isso? E tá escrito retrato de Arquimedes. Diga P8.

P8 – não, eu só ia comentar que eu também notei a imagem e assim, as representações dos cientistas, elas sempre chamam minha atenção, né? O cara ali sozinho (né?), de novo, trabalhando sozinho, isolado é... com aspecto, tudo bem que tá bem difícil de enxergar, mas parece triste (né?) ao mesmo tempo assim, apenas compenetrado nos seus estudos, tem um livro, tem os objetos ali de conhecimento então é uma representação bem estereotipada, né? Bem estereotipada mesmo.

MINISTRANTE 2 – no caso ele parece lá, né? Parece uma expressão bem triste mesmo. Ele tá concentrado, triste assim apreensivo. Não sei definir, mas não dá uma impressão de alegria (né?), de satisfação e... por curiosidade eu pensei: De onde tiraram essa imagem para colocar aí? Essa imagem tão escura, né? E um aspecto que me chamou atenção é que pelo pouco que a gente pode ver não parece que essa vestimenta seja da antiguidade, esse tipo de vestimenta, (tá?) pelo pouco que a gente pode ver aí, então eu fui atrás para descobrir que imagem é essa. Quando eu fui pesquisar, na época que eu dei uma olhada, uma procurada pra ver da onde tiraram essa imagem, eu coloquei Arquimedes e na consulta que eu fiz, na Wikipedia é essa imagem do Arquimedes que aparecia, tá? Então o autor do livro didático puxou, que é Gonçalves Filho e Toscano, né? Os autores puxaram uma imagem que é semelhante a que está na Wikipedia... deixa eu trazer uma coisa pra vocês: reparem que ela não tem referência aí, (tá?) ninguém diz quem pintou o quadro. Então falta referência, que é uma exigência do PNL (né?), você não pode fazer refe... citar uma figura, uma, uma pintura... algo sem referenciar. Não tem referência aí. Fui atrás de quem fez essa pintura. É uma pintura a óleo feita por Domenico Fetti de 1620. Os trajes do Arquimedes são, justamente, compatíveis com o século XVII, tá? Então o Arquimedes aí tá usando tá usando a última moda do início do século XVII.

Vejam, a função didática aí dessa imagem é: nenhuma! Sem contar que é, totalmente, sem legenda. Traz essas visões (né?), que P8, muito bem colocou e, em trajes anacrônicos. P3 você queria comentar? P3?

P3 – o que me chamou a atenção, na primeira vez que olhei, tava, tava lendo né? esse trecho. Fique tentando observar a figura (né?) para tentar dar... tem uma parte escura, né? e não tá muito visível. E agora falando da vestimenta me toquei (né?) que tem um livro, né? Na época não existia livro.

MINISTRANTE 2 – é, tem um livro. Mas não dá pra ver muito bem as características desse material, né? Mas pode ser que seja algo compatível mesmo com século XVII, né? Não dá para gente examinar exatamente, mas...

P3 - uhum.

MINISTRANTE 2 – tá cabisbaixo, como diz P5. A postura dele é toda...

MINISTRANTE 3 – P5 e P8, chama atenção a essa... estar cabisbaixo, (né?) nessa questão de... a expressão dele, né? O Domenico Fetti tem uma outra obra que se chama “Melancolia” e... exposta no Louvre, né? E aí você tem expressão semelhante naquela obra (né?) de um homem com essa mesma disposição, apesar de ele estar não frontalmente, mas lateralmente. [risos] mas se assemelha muito (né?), então faz sentido essa percepção de estar cabisbaixo, melancólico, essa visão de Pensador na Ciência. [sorriso]

MINISTRANTE 2 – Que triste. Bom, então aí tem o exemplar de Gonçalves Filho e Toscano. Não passa disso (né?) o que que tem de História da Ciência aí e, o que a gente pode observar sobre os outros aspectos. E a gente vai ver até que nesses exemplares que não tem nada de História da Ciência mais ou menos o enredo se repete, né? Mesmo tipo de enredo. P3 você queria comentar ou só sua mão ficou levantada?

P3 – não. Só esqueci de abaixar.

P1 - Eu acho que o final, né? É só essa questão experimental (né?) que tem aí: “faça essa atividade com copo de água, com fatia de limão” depois “faça com massinha de modelar e com a cuia oca” e lá no final (né?) ele fala sobre isso, né? Ah! Também o manual do professor, assessoria pedagógica que diz: “é fundamental você fazer essa atividade é para que o aluno diferencie a densidade dos objetos e as condições de flutuações”. [sintetiza o trecho da página 337] É fundamental! Eu fui ver alguns, algumas referências aqui só olhando, né? E tem algumas referências de, por exemplo, tem o Moisés, né? Bem, que tem uma matemática nada fácil de lidar e tem outras coisas sobre... coisas técnicas, né? Tem sobre o ensino técnico e coisas desse tipo, então acho que esse livro tem uma pegada um pouco tecnicista também.

MINISTRANTE 2 - tem o Halliday aí também, né? Tem algumas referências

P1 – isso. Essa aí que eu vi foi.... [incompreensível, provavelmente faz menção a Jdánov] não sei falar esse nome não.

MINISTRANTE 2 – e assim, orientação para o professor em relação à questão da História da Ciência é [pausa]

P1 – zero.

MINISTRANTE 2 – nenhuma. Zero. Bom, então vamos passar pra outro?

MINISTRANTE 1 – o último do grupo um, então que é Martini e colaboradores.

MINISTRANTE 3 – isso. Esse foi Gonçalves Filho e Toscano, né? Eu tinha dito Silva, mas é Toscano. São tantos autores. [risos]

MINISTRANTE 2 – bom, pessoal do grupo um que analisou.

P6 – professora esse aí, a minha anotação foi essa: que ele não traz nenhuma... nada de História de Ciência, ele só sugere o texto de Roberto Martins para os alunos do ensino médio, né? Eu não sei como é que eles vão entender isso.

P7 - é... eu marquei aqui...

P6 - ... praticamente...

P7 – ah, desculpa! [*risos, após falar juntamente com o outro participante*]

P6 – não. Era só isso mesmo, praticamente, ele não traz nada de História da Ciência.

P7 – esse daí, no começo ele é interessante porque ele traz primeiro o empuxo. Aí lá embaixo que ele traz o Princípio de Arquimedes. E aí o que me chamou bem atenção é que nessa parte de empuxo ele não fala nada e mais embaixo quando tem o nome Princípio de Arquimedes ele traz uma fala atribuindo a... atribuindo a Arquimedes. Essa daí: “atribui-se...” [*em referência ao compartilhamento da imagem*] aí agora que ele vai falar que... aquele conceito que ele tratou de empuxo foi atribuído a Arquimedes, né? E aí ele diz que é a primeira definição. Como ele coloca primeira definição, ele coloca entre parênteses é... a gente pensa que Arquimedes escreveu, exatamente, dessa forma. É... dentro dos livros que nós analisamos, o que eu entendi que traz uma fala atribuindo, diretamente, a Arquimedes mesmo de forma bem clara é esse. Tanto que ele, ele, ele, ele já tinha dado uma definição lá antes, né? Porque anteriormente ele já tava falando de empuxo e, agora ele traz a primeira definição e foi realizada por Arquimedes. Foi o que me chamou mais atenção. Tem sugestão aí de textos históricos pro professor, também.

MINISTRANTE 2 – tá, então P7, você observou aí que tem essa pequena referência a História da Ciência que disse:” atribui-se ao grego Arquimedes, data de nascimento e morte, a primeira definição de empuxo dois pontos, abre aspas todo corpo mergulhado em um líquido sofre uma força denominada empuxo] equivalente ao peso do líquido deslocado.” [*leitura do texto da página 203*] É uma citação, não é? É como se fosse uma citação.

P7 – isso.

MINISTRANTE 2 – Ou seja, tá realmente dizendo que foi o Arquimedes que colocou esse enunciado.

P7 – uhum.

MINISTRANTE 2 – a gente viu, né? Não colocou (né?) na fonte primária onde a gente leu o Arquimedes. Colocando as preposições não é isso que aparece lá. Empuxo... não tem essa, essa, essa definição tal qual está aí (né?) entre aspas colocada.

P7 – dessa definição que ele atribui a Arquimedes pra definição que ele traz anteriormente, na página anterior é somente... porque na página anterior ele dá um caráter vetorial, ele fala de forma mais clara do vetorial dessa força e, quando ele fala de Arquimedes ele tira esse caráter vetorial. Então ainda... evidencia ainda mais que Arquimedes escreveu porque ele dá definições diferentes, (né?) também.

MINISTRANTE 2 – gente, se tiver alguém com a mão levantada me avisa porque apareceu o barulhinho aqui para mim, mas não tá mostrando se tem alguém com a mão levantada. Só ouvi o barulhinho.

De fato, tem um outro enunciado (né?) anterior do empuxo que aparece a característica vetorial que não aparece ...

P7 – isso. E outra coisa diferente também é que nesse que ele fala da, da força vetorial ele também fala fluido e, no que ele traz de Arquimedes ele fala líquido.

MINISTRANTE 2 – interessante, bem observado. Então no primeiro enunciado (né?) aparece, aparece fluido, né? Quando ele fala: “enunciamos tal maneira” [*sintetizando o trecho da página 201*] nesse outro enunciado aparece líquido. Então a dif... o que não está a rigor aí, corretamente, de acordo com a fonte primária que a gente leu foi o uso do termo empuxo. Tem uma outra, uma outra, uma outra questão que

aparece aí que a gente também pode apontar que poderia ser um aspecto positivo. Porque há uma certa indicação de que o conhecimento muda, que o conhecimento é mutável porque disse que há a primeira, uma primeira definição de empuxo. Então deve haver outras, né? E deve-se chegar ao enunciado atual que tá lá. O livro não frisa isso, mas deixa transparecer, né? Então Arquimedes fez uma primeira definição de empuxo. Aí tem uma noção de que o conhecimento é mutável. Diga P1

P1 – um outro detalhe aí que eu notei, que eu tô vendo isso agora... É ele fala do peso do líquido deslocado e nessa figurinha aqui do lado ele fala que é igual ao volume do corpo imerso no líquido. [*em referência a figura 8 mostrada na página 203*] Então a gente tem uma coisa meio mista, né? Porque a gente falou de nova definição, como ele poderia ser reescrito, (né?) que é idêntico ao volume (né?) do volume do corpo imerso no líquido que parece mais com a definição que a gente vem querendo trazer, um conceito mais refinado e, ele usa do outro modo, né? Então não sei se... eu acho que é muito sutil para o leitor perceber sem analisar isso. E eu acho que aí o aluno e o professor acabam confundindo e achando que é a mesma coisa os dois.

MINISTRANTE 2 - muito provavelmente o professor também não vai se dar conta dessa, dessa diferença e vai (né?) ficar..., mas realmente tá colocado de uma madeira e na figura tem esse, esse apontamento (né?) sobre seu volume. Interessante. E cita-se aí nesse trecho que tá meio cor de rosa: “no suplemento você encontra sugestão de um texto que aborda fatos históricos sobre Arquimedes o suposto problema da coroa de um rei” [*leitura do trecho da página 203, referente as orientações para o professor*] Esse texto é qual? Que texto é esse que eles recomendam que o professor leia?

P6 – eu acho que é o texto do Roberto Martins.

MINISTRANTE 2 – é o próprio texto do Roberto Martins. Olhe só, tá lá: “orientações para o trabalho dos conteúdos” [*lendo trecho do manual do professor na página 344*] Vejam o título gente: “orientações para o trabalho dos conteúdos: sugerimos a leitura do artigo tal.” Aí eu pergunto, cadê a orientação para o trabalho dos conteúdos?

P1 – isso aí, você lê e entende tudo.

MINISTRANTE 2 – você lê, entende tudo, sabe o que fazer e resolve (né?) a situação. É... não combina (né?):” orientações para o trabalho dos conteúdos.” O que a gente encontra aí é, simplesmente, a referência e o link para o trabalho, né? Não tem nenhuma orientação a partir do texto do Roberto Martins. Então toda a tarefa aí de transposição didática fica a cargo do professor. Pra lidar com a História da Ciência o livro na passa a bola pro professor. Indica o artigo, o livro então... o autor do livro didático conhece essa discussão, conhece o artigo. Não faz, nada! Não usa a História da Ciência em momento algum e passa a bola pro professor sem nenhuma orientação. Nada. Pois é, e aí, né? Será que o professor estaria em condições de fazer? P1 você ia falar?

P1 – não, eu só acho engraçado (né?) porque você lê a BNCC. Eu tenho pra mim, né? Eu acredito que a BNCC vai valer até 2500 porque o tipo de ser que ela quer que surja na sala de aula, eu fico dizendo: - meu filho, eu não quero mais ensinar o povo não. Eu quero ser esse aluno! Porque ele vai conseguir compreender os fatos históricos, vai conseguir entender a implicação que estava inserido em uma sociedade em uma época, ele vai conseguir ter uma análise crítica, né? Eu acho que isso aí já é uma preparação, sabe? O aluno crítico, Professor crítico da BNCC que lê o texto e entende tudo: - Ah! Tava tudo errado! Eu só imagino que tem que ser isso. [*risos*]

MINISTRANTE 1 – [*risos*]

MINISTRANTE 2 – [*risos*] Só pode ser, né? Você tá dando um tom cômico aí ao comentário, mas chega a ser cômico mesmo, né? Chega a ser cômico. A gente lê o artigo, notou a importância da discussão que tá lá e aí o autor do livro didático faz isso, né? Empurra a bola pro professor: - se vire e faz o que você achar melhor. Leia e veja o que que você consegue fazer. Pois é, não tem sequer um apontamento aí pro professor indicando porque ele deve ler esse trabalho, nem isso. Nenhuma tentativa de sensibilização. Nada.

P1 – pois é difícil. Não é uma leitura pesada, mas eu acho que... a gente é professor, a gente sabe como a vida é corrida. Você tem livros, esses não (né?), mas tem livros que trazem cinco, seis indicações, né? Então como é que você vai filtrar? Como é que você vai saber o que você vai ler? No final, às vezes, você acaba num lendo nada, né? E se você for ler tudo, você não consegue dar conta. Então eu acho que essa sugestão (né?), essa ressalva que você fez é muito importante (né?) pra dizer: -olhe, isso é muito importante ser tratado por causa disso, disso, disso procure abordar isso, isso e isso, né? Nesse S14 [*sugestão de abordagem apresentada no manual do professor*] aqui ele gasta quase metade de uma página pra falar de contas (né?) de uma explicação de densidade que poderia ser retirado. A gente sabe que a gente veio de um ensino muito tecnicista, de um ensino mecanicista. A gente sabe fazer conta, a gente faz conta de trás pra frente rodando de um lado pro outro, mas pra falar sobre a história de uma pessoa a gente não consegue segurar 10 minutos sem cair, sem tropeçar, né? Então acho que é importante fazer essa ressalva.

P3 – P1, esse seu apontamento pode exatamente ser característico daquilo que os autores valorizam, né? Veja a dimensão do que está na nota 13 e, você chamou atenção para o que está na nota 14, então eles valorizam essa forma de ensino que já eu estou entendendo que você não valoriza, né? [*risos*] eu...

MINISTRANTE 2 – valoriza outras coisas além, né?

P3 – isso, isso. Uma harmonia, um balanço aí né? Um outro apontamento é o viés empirista-indutivista nesse, nesse, nesse exemplar didático porque, explicitamente, se diz que: “o módulo da força empuxo pode ser observado no sistema massa-mola ora imerso em ar, né? Então o fluido, a atmosfera ora em água e aí, novamente, aquela confusão entre o fenômeno, você observar que a mola vai, vai... a deformação vai diminuir um pouco ora imersa em água e aí a abstração quer dizer que é uma das características do conceito, né? Você observa o módulo da força quem que olha para essa imagem aí está observando o módulo da força empuxo. [*referindo-se a figura 3 da página 202 e o texto que a acompanha*]

MINISTRANTE 2 – MINISTRANTE 1, marca aí para gente por favor em amarelo e o trecho. Tá bem aí ó: “o módulo da força de empuxo pode ser observado em um experimento simples” [*leitura do trecho da página 202*] Então vejam aí, a gente né tá em busca da história e observando também os aspectos filosóficos, né? Aí a cara duma afirmação empirista-indutivista como P3 observou. De fato, quem é que observa uma situação dessas e vê o módulo da força de empuxo? Incrível. Pois é isso aí gente, então eu acho que q gente vai olhando e vai ficando meio melancólico, eu acho que a gente vai fazendo a cara daquela figura lá do homem... [*risos*] A gente vai ficando meio melancólico, às vezes, né? Tem, tem coisa salvando aí que a gente tá vendo também, mas então...

P1 – eu vi um livro MINISTRANTE 1 vilhoso, achei fantástico.

MINISTRANTE 2- tem, tem coisa interessante. No grupo 1 a gente viu um interessante já, né? Aquele que trazia os recortes do texto (né?) e o professor então, mediava ali uma discussão com os alunos, construía a balança hidrostática... era interessante aquela proposta. Vamos ver aí do grupo dois se aparece alguma coisa bem legal também pra a gente ver. Então esse foi o último do grupo um, né? Então vamos pra mais um grupo 2? Pega alguma coisa boa MINISTRANTE 1 pra gente se animar [*sorrindo*]

MINISTRANTE 1 – [*risos*]

P3 – eu ia sugerir...

MINISTRANTE 2 – diga aí P3.

P3 – da mesma forma de ontem que a gente passe lá para Torres e colaboradores...

MINISTRANTE 1 – pra Torres, né?

P3 – e aí se sobraem dois aí hoje a gente transita pra amanhã. Tem tempo, né?

MINISTRANTE 2 – que seja um bom.

MINISTRANTE 1 – eu acho que Torres vale muito à pena.

P3 – Torres.

MINISTRANTE 1 – é. [*balança afirmativamente a cabeça*]

MINISTRANTE 2 - eu tô vendo aqui, o Torres é bom. [*sorrindo*] vamos no Torres. Pronto. Recorte de Torres e outros autores, tá? Então o que que o grupo dois observou?

P1 - eu vou falar aqui com a P2 e aí eu vou deixar pros demais, né? Eu achei que esse livro é fantástico e esse sim é um livro que você lê e diz:- esse livro eu vou dar pra qualquer pessoa ler e entender. [*sorri demonstrando satisfação*]

MINISTRANTE 2 - mas e aí? Fantástico por quê?

MINISTRANTE 1 – é, ele começou e parou. [*sorrindo*]

MINISTRANTE 2 – tem que dar o seu depoimento.

P1 – eu dei o chute aí pro pessoal começar.

MINISTRANTE 2 - E aí? P5?

P5 – bem, começa com o conceito de fluido e se a gente for retomar as discussões é... o fluido que tá sendo posto aqui não é a mesma coisa de fluido lá para Arquimedes. É nesse ponto, mas aí explica pelo menos que é nos moldes de hoje líquidos, gases, tal... vai explicando. Nesse ponto dois quando fala da história eu destaquei um texto, quer dizer, um trecho desse texto. Tá na terceira linha, diz assim: “é considerado uma das mentes mais brilhantes da humanidade em todos os tempos”, então se é em todos os tempos não adianta quem vai vir depois ele ainda vai continuar com seu marco lá, (né?) que vai perpassar não importa o quão outros ou outras (né?) venham Arquimedes é... digamos assim: o cara. E o outro trecho que eu destaquei aí é esse que: “não se questiona a sua veracidade”, ele vai falar que embora esses relatos (né?), porque aí tem um pequeno relato do episódio da História da Ciência, “careçam de uma análise mais cuidadosa sobre o desenrolar dos fatos não se questiona sua veracidade, mas o modo como ocorreram”, ou seja, que aconteceu, aconteceu, não se questiona se é verdade. Se questiona como aconteceu e aí eu fiquei assim me perguntando: - ué, mas a gente viu que os historiadores da Ciência, eles questionam. Então se questionam tá indo em contraposição aí com essa frase de que não se questiona sua veracidade. Existem pessoas que questionam, historiadores da Ciência. Então não tá muito articulado isso no texto pelo menos na minha visão não encaixou muito esse trecho aí. [*os trechos lidos pelo participante estão na página 131*]

MINISTRANTE 2 – alguém levantou a mão? P8, você levantou a mão?

P8 – é, levantei. Eu até fiquei [*risos*] pensando, eu não fiquei tão entusiasmado com o livro não.

MINISTRANTE 2 – olha aí, temos opiniões divergentes.

P8 – é claro que ele tem mais cuidado que os outros, é inegável, né? Ele tenta fazer um diálogo com a anedota tentando problematizá-la, mas ao trazer a anedota eu acho problemático, de novo, porque se acaba reforçando um pouco o imaginário e uma coisa que eu não gostei é... um trecho um pouquinho mais para cima [*referindo-se à localização do trecho do recorte compartilhado*] Ele começa, quando ele vai citar Arquimedes ele fala assim ó: “ele é conhecido por sua genialidade tanto prática quanto teórica”, logo no começo. É isso que vocês colocaram: “considerado uma das mentes...

MINISTRANTE 2 – a tá. Tá logo um pouquinho antes desse trecho em amarelo, né?

P8 - ... tanto prática”, [*referindo-se ao trecho da página 131*] e esse termo para mim... já é logo no começo de tudo, né? Então eu acho que ao invés de aproximar já distância o leitor porque cê já acaba colocando o Arquimedes no, numa posição muito elevada (né?) e acaba favorecendo a... o pensamento de que, de fato,

ele tem, tinha ali as condições de sozinho chegar a conclusões definitivas. Reconheço que depois ele faz um, um, uma coisa meio dialética, né? Fala ó: “dizem isso, mas ao mesmo tempo vamos pensar né?” Só que não sei, eu acho... eu ainda acho problemático.

MINISTRANTE 2 – tá, então assim pra P5 e pro P8 incomodam essas alusões (né?) que parecem engrandecer muito o Arquimedes que aparecem aí no início, né? E pode causar um certo afastamento do aluno, na opinião de vocês dois. Isso? A genialidade prática e teórica? Uma das mais brilhantes da humanidade? Né?

P5 – nesse próprio box aí, o segundo parágrafo: “considerado o principal matemático da antiguidade” [leitura do trecho da página 131], então eu vejo muito essa questão de Pedigree. “É considerado o principal”, é tipo ele é a referência, vai dar algum Norte. Mais ou menos assim, faça o que ele fez que você vai dar certo. E, ainda no finalzinho do box fala que: “o princípio de Arquimedes, introduzindo o conceito de empuxo.” Eu não sei até que ponto isso é cem por cento verdade porque talvez (né?) na cabeça dele, não sei, ele não tivesse essa pretensão já que o que foi colocado pra ele, segundo a versão vitruviana, era resolver a questão lá com a coroa do rei, né? Não, exatamente, empuxo. Então, não sei. Eu vejo alguns probleminhas assim.

MINISTRANTE 2 – vamos pontuar algumas coisinhas a respeito desse primeiro... primeira página aí. Olha, vejam que aparece aí imagem (né?) a esquerda do Arquimedes. Diferentemente do outro livro que a gente viu, do outro exemplar ela tem referência, ela tem referência datada do século XVIII, tem o autor, né? Aparece uma pequena biografia do, do Arquimedes. Traz Euclides aí, né? Diz que ele “mergulhou fundo na geometria de Arquimedes... de Euclides.” Acho que não fala sobre a influência direta do Euclides no trabalho do Arquimedes, perde então essa oportunidade de fazer uma, uma conexão entre os dois, né? Então diz que ele estudou muito da geometria do Euclides, mas acho que não aparece, pelo que eu me lembro, aí a conexão entre um e outro, a influência no trabalho dele. Talvez P5 o que queira dizer com essa introdução do conceito de empuxo, não que tenha sido a intenção do Arquimedes introduzir, né? Mas o que a gente percebe ali uma ideia de empuxo, né? Talvez seja, seja isso (né?) que os autores quiseram dizer pra gente. Talvez seja isso...

P1 – é. Eu acho que ele faz ressalvas muito interessantes. Eu concordo com vocês que ele endeusa bastante (né?) Arquimedes, mas eu acho que é de se notar sim que ele foi (né?) um dos matemáticos, filósofos naturais mais importantes da antiguidade. E aí ele não traz ele sozinho, ele traz Euclides e Eratóstenes dois grandes filósofos naturais que acompanham ele (né?), então ele não tava sozinho nessa jornada, né? Ele também fala de diversas contribuições dele, ou seja, ele não bota só Arquimedes como o cara do princípio de Arquimedes, né? E ele faz uma ressalva que eu acho muito importante que ele (né?) “Talvez seu trabalho mais célebre seja o estudo da flutuação dos corpos, hoje conhecido como o princípio de Arquimedes, introduzindo o conceito de empuxo”, né? Então ele faz essa ressalva: “que hoje é conhecido como princípio de Arquimedes”, né? Que vem a introduzir o que a gente tem... é conhecido hoje como o empuxo, né? Mas que não foi, exatamente, isso (né?) que ele fez. Eu acho que ele faz umas ressalvas interessantes nesse aspecto.

MINISTRANTE 2 - vejam como tem opiniões divergentes [sorrindo] entre os participantes. Tem coisas que incomodam a uns, tem coisas que não incomodam a outros. Interessante você ter observado aí P1 (né?) que aparece:” talvez seu trabalho mais célebre seja o estudo da flutuação dos corpos, hoje conhecido como princípio de Arquimedes”, então não quer dizer... não tá dizendo que o Arquimedes enunciou o princípio, né? Ali ele abriu entre aspas e falou: - agora eu vou falar meu princípio, tá aqui né? A gente conhece hoje um enunciado pro princípio de Arquimedes. “introduzindo o conceito de empuxo” até que dá pra gente entender que havia uma ideia de empuxo lá, né? Ele não tá usando a nomenclatura empuxo nem definindo empuxo, mas tem uma ideia lá. Acho que P8 queria falar.

P8 – é professora, só um comentário rápido. Eu, eu coloquei... eu coloquei a classificação de que eu acho que esse livro acaba também favorecendo uma pseudo-história não porque ele no texto faça isso, mas eu acho que... de novo considerando qual é o objetivo (né?) pedagógico que você quer dialogar. Essas, essas palavras e... de fato como P1 apontou, elas aparecem (né?): “hoje considerado”, mas acho que é muito sutil. Acho que deveria ter uma separação um pouco mais... é... como eu posso dizer? Visivelmente gritante, então o que que foi o Arquimedes e separar mesmo. Tô falando visualmente porque a gente tá dialogando

com os alunos (né?) que não tem nenhum tipo de formação histórica nesse nível de detalhe. Então talvez prum leitor já com uma bagagem seja suficiente, mas desconfio que para os alunos, não.

MINISTRANTE 2 - nesse ponto P8, a gente percebe que nós estamos aqui num trabalho metucioso de analisar uma linha do texto, uma linha. E aí a gente para e aí a gente analisa pequenos termos, (né?) “hoje conhecido como”, agora não é essa leitura que o aluno vai fazer, né? O aluno, se muito, vai passar aí correndo e talvez ele entenda, realmente, nessa leitura corrida que não, não tem uma ênfase (né?) nessa, nessa diferenciação aí talvez ele entenda mesmo princípio de Arquimedes, inventou o empuxo... coisas desse tipo. É pode ser que, que coubesse (né?) uma... algo mais explícito (né?), embora, realmente, ele faça, ele faz a ressalva (né?) como o P1 falou. Caberia algo mais explícito? Talvez, né? Vejam que a gente pode ter diferentes visões a respeito do mesmo material. Se a gente subir lá mais um pouquinho, sobe um pouquinho lá MINISTRANTE 1, por favor. P5 eu acho que nesse trecho final “não se questiona a sua veracidade, mas sim o modo como realmente ocorreram”, provavelmente os autores quiseram dizer que o fato existiu, o fato, o episódio coroa do rei. O episódio Arquimedes e a coroa do rei que isso a História da Ciência não questiona se existiu ou não, mas como ocorreu isso. Acho que foi isso que os autores do livro didático quiseram transmitir (né?) com essa, essa, essa observação aí é... pode ter sido isso, né? Vamos passar um pouquinho mais adiante nesse, nesse texto? O quê que vocês mais apontariam nesse texto?

O P8, eu não sei se eu entendi direito não o que você quis colocar, mas você na sua opinião a pseudo-história vitruviana sequer deveria ser citada? É isso?

P8 – é, eu acho que sim. Pensando em termos pedagógicos porque ela acaba sendo mais marcante do que as ressalvas, entende? Então eu acho que acaba favorecendo essa visão distorcida ou então, se for ser citada, eu acho que precisa ser em termos de diagramação melhor coordenada pra deixar muito claro é... esse, esses contrapontos e não ficar nos pormenores.

MINISTRANTE 2 – entendi. E aí o quê que vocês acham? P1? P5? P1 que tinha... que disse que o livro era excelente, o que que vai achar desse ponto? [risos]

P1 – olhe, eu acho que o ponto de P8 é bastante válido só que eu fico pensando numa integração, né? Porque veja, essa é uma história que foi propagada desde o século terceiro, eu acho... eu não sei não. Faz muito tempo que essa história foi propagada, foi Vitruvius que fez. Então muitas pessoas conhecem essa história e uma coisa que eu sempre incentivo nos meus alunos é: converse com seu pai, converse com sua mãe e veja como foi isso. Eu acho que escola é uma vivência que a maioria das pessoas consegue compartilhar. E aí (né?), talvez esse choque de realidade, essa... esse incentivo de dizer: - essa história que seu pai ouviu, foi essa. A que é mais aceita hoje é essa outra. Talvez incentivar esse diálogo entre duas histórias controversas é criar essa discussão, talvez criar (né?) esse desequilíbrio, para mim (né?), seja interessante. E aí criando esse desequilíbrio talvez gere o interesse e da pessoa falar, perguntar. E talvez criar esse diálogo (né?) eu vejo por esse lado, né? Eu vejo por esse lado que ele traz a história vitruviana e depois ele traz essa ressalva, né? Ele fala da... de como Galileu teria contestado isso, fala de La Bilancetta e também vai indicar lá no final do livro, ele até destaca uma parte bem grande (né?) como resumo da obra, o título do artigo (né?), os autores e o resumo do artigo de Martins. Martins? Martins.

MINISTRANTE 2 – talvez aí também dependa muito do que o professor vai fazer, né? De como o professor vai agir em relação a todo esse material. Porque a gente, de fato, poderia talvez ir direto pra versão do Galileu, né? Por outro lado, tem esse pesar (né?) de que o aluno, provavelmente, vai topar por aí com o relato do Vitruvius e aí ele vai se questionar: - ué, mas eu aprendi de outro modo livro, né? Então o que que tem? Qual que é o verdadeiro?

P1 – eu acho que isso, sabe? Tem que gerar uma discussão. Por exemplo, não é porque a Terra não é plana. A Terra não é plana, tá pessoal? Que a gente fala... que a gente deixa de falar dessa história, né? Não é por isso que a gente: - tá, a Terra é redonda e ponto! Não é porque o heliocentrismo é aceito que a gente deixa de falar do geocentrismo, né? Por quê? Porque muito tempo foi aceito. Da mesma forma eu acho que a gente eita! Matei o gato. [referindo-se ao som de algo que caiu] Da mesma forma, acho que a gente se encontra numa situação semelhante aqui, sabe? Essa é uma história que há muito tempo foi propagada como verdade, então eu acho que por muiiiiito tempo... vale a pena essa ressalva. Eu acho que esse texto é muito bem escrito porque ele fala que... ele fala ressalvas como: dentro da água teria a coroa **pesado** menos, ele faz ressalvas de que... ele usa palavras como se usava antigamente como um corpo mais leve, um corpo

mais pesado e não chega naqueles (né?) detalhes de peso aparente, sofre o empuxo. Ele fala tudo isso: - sente uma força que diminui o seu peso. Ele fala, exatamente, bota entre aspas (né?) porque pesado como se fala aqui não é pesado como a gente entende de hoje, né? então eu acho positivo nesses aspectos.

MINISTRANTE 2 - eu achei também esse texto bem interessante porque se é para fazer uma transposição didática daquele artigo do Roberto Martins, uma transposição didática que faça referência a versão vitruviana e a versão galileana eu acho que esse texto foi bem feliz, teve bastante... teve sucesso na tentativa de transcrever isso pro ambiente escolar. Eu acho que ele conseguiu traduzir (né?) de uma forma que seja acessível ao aluno as duas versões sem cair num... sem passar por cima de algumas questões que são importantes devido ao contexto (né?) que tem que se tomar um certo cuidado com a forma como se fala, com a nomenclatura. Então acho que o texto foi bem ponderado nesse sentido se for pra trazer as duas versões, né? Aí fica a gosto, né? P1 acha que deve, P8 acha que não deve, mas enfim também se for pra falar só da versão do Galileu, não sei o que P8 percebeu, mas talvez ele tenha falado de um modo bastante satisfatório da versão do Galileu.

P1 – eu acho até, inclusive, que um ponto positivo que P8 estava questionando sobre a diagramação. Eu vejo que ele... as figuras que ele mostra, os exemplos que ele... ocupa mais espaço, né? Tem essa pequena balança hidrostática [*referindo-se a figura 5.1 da página 132*] embaixo tem lá (né?) a coroa e o ouro sendo pesados pela balança no ar e na água, né? [*referindo-se a figura 5.2 da página 133*] Ele gasta um espaço pra mostrar essa versão de Galileu, né? Qual a gente já viu aquele outro exemplo do quadrinho, né? Que ele podia ter colocado um gibi, né? Ter colocado um quadrinho dele pulando da banheira, saindo correndo, a água transbordando... A gente viu que em outros exemplos foi gasto esse espaço, né? Então eu tô aqui sendo o advogado, P8 tá tendo o promotor aí. [*sorrindo*]

MINISTRANTE 2 – lembra aquela história em quadrinhos que a gente viu? Ela ocupou quase tanto espaço quanto isso que a gente tá vendo, né?

MINISTRANTE 1 – foram duas páginas.

MINISTRANTE 2 – duas páginas (né?) de história em quadrinhos com problemas de tradução (né?) que a gente viu, que a gente citou para vocês que a versão em inglês foi mal traduzida, (né?) inclusive no livro didático, ocupou um espaço enorme. Então P8 colocou aí no chat que a mediação do professor é importante. O papel do professor aí é fundamental porque tá muito bem escrito (né?) pra apresentar as duas versões. Tá bem colocado e só que vai depender aí da atuação do professor para dar ênfase as características de pseudo-história, mostrar os problemas com essa pseudo-história e enfatizar a questão do a versão do Galileu.

[*sobreposição de vozes*]

P3 – desculpe, MINISTRANTE 2.

MINISTRANTE 2 – diga P3.

P3 – existem apontamentos robustos, né? Não somente aí no manual do aluno, mas também lá na parte específica do professor. Eu chamo atenção que na apresentação da versão... Pode deixar aí mesmo, tá MINISTRANTE 1? [*referindo ao slide compartilhado*] na versão do... vitruviana há menos excentricidade porque esses autores, eles excluem o aspecto da nudez e alegria associadas apresentadas no retrato... no relato vitruviano. Então bem, tanto pode haver aquele ponto de vista que a MINISTRANTE 1 apresentou, né? Que isso, isso pode ser bom, mas também pode ser mal, né? Porque esse é um elemento para a crítica do relato vitruviano. Provavelmente, então os autores consideraram que retirar esse, esse trecho (né?) seria apresentar então um Arquimedes mais, mais humano e eles vão questionar o método (né?) relatado pelo, pelo Vitruvius, né? Daí lá na introdução tem, tem o questionamento que a P5 apontou: “do seu modo”, o que se questiona é o modo, então provavelmente em referência ao método que está sendo apresentado que eles vão questionar o método apresentando em seguida, logo em seguida a versão galileana. E veja que essas ilustrações, elas permitem uma compreensão qualitativa como nós vimos lá na... nos encontros anteriores, uma compreensão qualitativa, não é, do uso da balança hidrostática não vai haver uma compreensão, uma aferição da precisão nas medidas quantitativas (né?) como a P5 sentiu falta, né? Mas pensem que esse é um texto direcionado para o ensino médio (né?), e aí eles não sugerem lá a colocação

de, de... a construção da balança com a colocação lá das, dos fios de, de latão (né?) de... enfim, eles não fazem o que Galileu sugeriu, mas a compreensão qualitativa (né?), ela está muito bem construída, do meu ponto de vista. E o professor ele tem sustância ao ler, ao se alimentar do manual que é destinado a ele. [sorrindo] agora também tenham cuidado, viu P1? Porque se for assim: - Vou sugerir o livro! Eles podem ter sido muito felizes, no meu ponto de vista, aí no princípio de Arquimedes, mas talvez eles não sejam felizes em outro episódio. [risos] então, a gente também tem que ter cuidado de não julgar o livro, a obra por inteiro, didática pela análise de um episódio em particular.

MINISTRANTE 2 - a gente percebe que aí eles foram atrás do texto Roberto Martins, atrás do texto do Galileu, foram atrás do texto do Arquimedes (né?) Sobre os corpos flutuantes, então eles tomaram muito cuidado e pensaram essa transposição didática. Sabe-se lá, em relação a outros conteúdos de Física, se eles tiveram o mesmo tipo de cuidado na abordagem histórica. P1 cê tá com a mão levantada?

P1 – tô, eu quero contar uma coisa. Pelo que P3 falou, né? Também confesso que foi entusiasmo, né? Uma euforia de achar um livro que retrate bem... dá uma felicidade na pessoa, né? Por exemplo, (né?) um pouco mais abaixo (né?) quando ele fala sobre o conceito de densidade, ele fala lá embaixo quando se refere a densidade e massa específica, ele acaba distinguindo bem esses termos. Eu gostei (né?) que ele faz essa separação, ele distingue bem o que é densidade, o que é massa específica, quando um pode vir a se confundir com outro. É mais abaixo, no final da outra página. Isso. [referindo-se ao slide compartilhado] E aí o que foi que eu achei muito interessante? Lá no princípio de Arquimedes na página 135 (né?) ele fala ó: “na **linguagem** de Arquimedes o termo **fluido** indique líquido, os gases também exercem empuxo” e ele...

MINISTRANTE 2 – ele é o único que a gente viu que faz isso.

P1 – ele é o único que fala isso. Ele fala... tudo bem que ele falou lá antigamente, né? Sobre líquidos e gases (né?) que um é o outro, também pode ser, né? Só que aqui ele fala claramente (né?): “Arquimedes usou a palavra **fluido** indicando o **líquido**.” Porque era que ele trabalhava, né? Então eu acho que foi um detalhe muito bem, bem escrito aqui pensado. Na outra parte ele falar sobre o fluido deslocado pela parte submersa do corpo, né? Então aqui ele já se preocupa com a parte que tá submersa do corpo e não com volume do fluido deslocado, tem mais um pouco a ver com aquela ideia do corpo (né?) submerso, só que eu acho que talvez faltou (né?) um pouco de rigor lá do Fernando Lang, né? Ele tentou, mas eu acho que aí faltou, de novo (né?), um pouco aquele enunciado. Inclusive, acho que eu já repeti umas 10, 15 vezes para ver se eu entendo da forma certa.

MINISTRANTE 2 – bom, então bem observada aí. P1 esse é o único, eu acho que o único exemplar, pelo que eu tô me lembrando (né?), não sei se tem outro. Mas esse aí, realmente, faz essa ressalva a respeito de fluido, né? Os outros usam o termo sem qualquer ressalva, então é bem interessante, bem oportuna essa ressalva e vê-se uma preocupação com o rigor mesmo histórico, né? De colocar que pro Arquimedes o termo indicava líquido. É... nessa parte aí também que você está citando, sobe um pouquinho MINISTRANTE 1 por favor. [referindo ao slide compartilhado] aí tem uma referência ao Sobre os corpos flutuantes e, aí a gente percebe (né?) que os autores eles vão ler, realmente, o trabalho do Arquimedes e eles vão traduzir esse trabalho para uma linguagem que seja acessível a educação básica e ao mesmo tempo é uma linguagem cuidadosa, né? Então também ficou bem interessante essa, essa passagem do... desse, desse exemplar, né? Então ficou bem interessante, fala de proposições (né?), coloca as proposições... é..... é bem, bem legal essa parte. Então eu não sei se tem mais alguma coisa a respeito desse? Mais algum detalhe, tem mais algum detalhe a respeito desse exemplar que vocês gostariam de comentar?

P5 - me chamou a atenção na página 133 quando mostra a figura da coroa e da medida de ouro que não é a coroa que a gente, costumeiramente, vê. O formato da coroa é diferente, é uma coroa [simula uma coroa em torno da cabeça]

MINISTRANTE 2 – essa é uma coroa de louros (né?) que eles usavam na antiguidade.

P5 – isso, de corrida né? É aquela coroa da vitória, depois de uma competição e tal. E aí eu fiquei me questionando depois sobre essa, esse formato da porção de ouro. Será que... aí foi uma dúvida minha mesmo, será que teria ou não teria influência se não for do mesmo formato da coroa? Pegaria ou não pegaria mais ouro nessa forma mais compacta?

MINISTRANTE 2 – eu acho que aí não faz diferença essa questão, mas assim em relação a coroa, muito possivelmente, eles queriam chamar atenção pra uma coroa de louros (né?) conforme existe na antiguidade, não aquela coroa medieval que a gente está acostumada (né?) a anotar nesses, nesses... nessas figuras. Essa figura é bem interessante que é colocada no livro didático. Eu ia chamar atenção para um outro aspecto aqui que eu anotei também, deixa eu ver em que página está. É... tem uma nota na página 163, eu acho.

P1 – acho que não tem página 163 aqui, mas eu queria falar. Falar das notas (né?) do manual do professor, sugestão que ele apresenta pro professor que ele fala: “o que diz a história de Arquimedes”, né? E aí eu acho que esse artigo traz um pouco dessa ressalva, né? De novo, aqui eu acho que ele poderia ter tirado um pouco desse artigo e ter deixado menos e, ter dado mais instruções ao professor. Talvez ele tenha tido a ideia de deixar trecho pequeno pra instigar o professor ler e buscar essa leitura, mas eu acho que ele poderia ter dado mais instrução pro professor em quais aspectos (né?) prestar atenção.

MINISTRANTE 2 – possivelmente. Possivelmente poderia ter feito isso, (né?) de fato. Essa é a página 163 MINISTRANTE 1?

MINISTRANTE 1 – não tem essa página 163... nesse

MINISTRANTE 2 – posso ter anotado errado o número da página aqui.

MINISTRANTE 1 – qual? O que você quer destacar?

MINISTRANTE 2 – é uma que ... Bom é um trecho... É porque acontece o seguinte, eles, eles indicam alguma leitura, tá? Eles têm algumas indicações de leitura no final do capítulo. Porque a gente percebe (né?) que aspectos humanos não são reforçados aí nesse... aspectos humanos não são... não são reforçados nessa... nesse, nesse, nesse exemplar, né? Mas aí ele dá algumas indicações de leitura que parecem ter como como meta isso, então os autores até escreve assim: - em tal leitura você fala, você tem uma indicação dos principais feitos de Arquimedes e suas implicações para a sociedade da época; o outro vai falar sobre a personalidade a mente do Arquimedes, então eles fizeram uma tentativa em algum momento aí... tá eu não sei onde aparece, exatamente, porque eu acho que anotei a página errada. Mas enfim é... embora eles não tragam isso (né?) ao longo do capítulo, eles trazem indicações de leitura e dizem que isso remete a sociedade da época, personalidade do Arquimedes. Então nas indicações de leitura eles têm esse tipo de preocupação, tá?

MINISTRANTE 3 – MINISTRANTE 2, não anotou errado não.

MINISTRANTE 2 – não?

MINISTRANTE 3 – foi um esquecimento meu. Eu peço desculpas. Faltou essa página no recorte de vocês, certo? Eu estou vendo o livro e estou vendo o recorte. Eu esqueci de inserir essa página que tem apenas essas sugestões de leituras lá abaixo. A MINISTRANTE 2 não está errada, foi uma falta minha e eu peço desculpas.

MINISTRANTE 2 – só mesmo essa indicação de leitura que aparece. Só tem essa indicação de leitura e aí os autores dizem que é para reforçar esses aspectos da sociedade, aspectos de personalidade do Arquimedes. O que é um indicativo que eles também têm uma preocupação a esse respeito, né? Então eles trouxeram uma história da ciência com uma qualidade bastante adequada (né?) dentro do próprio exemplar a respeito do princípio de Arquimedes e remeteram algumas outras leituras que podem aí dar ao professor essa visão externalista, né? Os aspectos externalistas diria assim.

Bom estamos terminando aí o nosso tempo, mas não vamos para outro senão vai ficar muita coisa. Do grupo 2 MINISTRANTE 1, quantos exemplares a gente viu? Três?

MINISTRANTE 1 – sim. Faltaram três. Guimarães, Luz e Pietrocola.

MINISTRANTE 2 – pronto. Pelo que eu estou me lembrando, a gente consegue dar conta desse amanhã. Pelo que tô me lembrando dos conteúdos que aparecem nesses livros, né? Então acho que a gente já avançou bastante. A gente concluiu todas as observações do grupo 1 e as observações do grupo 2 também a gente

chegou na metade delas. E... gente eu acho que tá dando pra perceber que aqui a gente tá conseguindo trazer muita coisa a respeito do, desses livros. Eu a princípio tô achando bastante interessante o que tá vindo (né?) do, do grupo aqui. Eu tô achando bastante interessante o rumo que as discussões estão tomando, as opiniões divergentes, os pontos que cada um aponta. Assim, um percebe uma coisa que o outro percebe de outra maneira, ou aponta alguma coisa que o outro não aponta, né? Coisas que a gente também nem percebeu, eu acho que o MINISTRANTE 3 concorda também, algumas coisas que a gente não tinha percebido e que vocês perceberam, tá? Então acho que tá bem, bem interessante. P1 diga.

P1 - a última ressalva que eu queria fazer é que... eu acho esse livro muito bom, né? Ele falta um pouco do rigor matemático (né?), puxar o vetor, né? Ele não trata, pelo menos não de forma clara, sobre isso né? Então é querer demais. A gente quer tudo, a gente quer o rigor matemático, a gente quer rigor histórico...

[sobreposição de vozes]

MINISTRANTE 3 - a gente quer o equilíbrio, né P1?

P1 – a gente quer o equilíbrio. Então empuxo é isso, né? Ele deixa um pouco solto, né? Eu acho que é importante porque talvez tenham outras questões mais na frente, né? Eu acho que tudo depende do ensino (né?) que você tá, que você porque a gente tem escolas que são muito rigorosas, né? Eu vim de um IF, então os professores lá cobram até a gota d'água do que conseguem de você fazer conta, né? Então falta um pouco aí, eu acho que faltou, deixou a desejar.

MINISTRANTE 3 - é o reconhecimento daquilo que o Pietrocola aponta do papel estruturante da Matemática no conhecimento físico, né? A gente reconhece esse papel estruturante, a matemática nos proporciona pensar. Não é apenas... o que a gente se opõe é ao reducionismo, (né?) ao reducionismo, é esse que a gente, a gente se opõe. Agora deixar de mostrar uma grandeza física vetorial como grandeza física vetorial legal, né? [risos] E assim, eu queria chamar atenç... só compartilhar com os participantes MINISTRANTE 2 e MINISTRANTE 1, que nós mesmos tivemos essa discussão entre nós, né? [risos] tem que ter ou não? Quer dizer, se tiver a versão lá vitruviana, isso por si só já torna inadequado né? Então entre nós, nós discordamos. Aí a gente fez três análises separadas e a gente percebeu discordâncias entre nós três se deveria ter ou não ter, absolutamente, não ter a versão vitruviana. E muito interessante que isso volta a aparecer aqui nesse momento de ouvir o que os participantes tem a, tem a relatar. E aquelas assim... a gente considera o livro, (né?) nós três, que avança bastante no processo de transposição didática em relação aquilo que a gente tem percebido nos demais e aquelas ressalvas... assim não, não é perfeito, tá? Todas aquelas ressalvas que foram feitas, especialmente, pela P5 e pelo P8 são plausíveis mesmo, todas aquelas ressalvas iniciais, né? É muito sutil, realmente precisa-se de um professor com um olhar muito crítico (né?), muito aguçado para fazer essas, essa separação entre o tempo de Arquimedes e o nosso tempo porque o aluno, realmente, não vai perceber. O papel do professor é extremamente importante, né? Eu queria só chamar atenção, MINISTRANTE 2, voltou-se a falar sobre HQ hoje. Algo que eu tinha anotado para comentar na, no encontro anterior e eu esqueci de comentar ao final que é a questão do reducionismo. Porque a gente não chamou atenção a isso. Não é porque é uma história de quadrinhos que necessa... necessariamente, apresente uma História da Ciência inadequada, certa gente? Também tem isso não é porque é biografia que História da Ciência inadequada e, não é porque é uma história em quadrinho que, necessariamente, apresente uma História da Ciência inadequada. A MINISTRANTE 2, não eu, mas orientou o outro, um outro professor de Física que desenvolveu o trabalho com história em quadrinhos, a gente tem um livro que foi organizado por Peduzzi e também por MINISTRANTE 2, vocês encontram, facilmente, pela internet que tem um primeiro capítulo que se caracteriza como estado da arte que aponta que uma das três grandes formas de se apresentar a história das ciências na... da... ciência nas publicações nacionais, nas publicações que nós temos aqui no Brasil é por meio de história em quadrinho, não é? Então não é porque é história de quadrinho que, necessariamente, há uma apresentação equivocada, né?

MINISTRANTE 2 – pois é. E aí lembrando, como já foi dito aqui, que a gente tá analisando um conteúdo histórico. Um na verdade é um conteúdo de Física sobre o ponto de vista da História da Ciência (né?), melhor dizendo. Então esse exemplar pode ter ido de um jeito bem interessante em relação ao princípio de Arquimedes, pode pisar na bola em relação a outros conteúdos de física... enfim, a gente nota aí muita coisa. O que me deixou bastante satisfeita em relação a esse exemplar é que ele ensaia, de fato, uma transposição didática da História da Ciência, o quanto ele erra e o quanto ele acerta aí depende do nosso olhar também,

né? Mas ele ensaia uma transposição didática, então de certo modo ele se joga lá na fogueira e tenta fazer, (né?) e parece que de um modo bastante razoável. Parece que ele também descobriu... cobriu um santo e descobriu o outro, né P1? Porque faltou aí um rigor matemático, mas enfim foi o que o autor priorizou e também aí depende do professor optar por este exemplar. Depende também do, do gosto do professor, de repente o professor quer priorizar esse tipo de abordagem (né?) e, aí vai escolher esse, esse exemplar, mas enfim... Bom

P1 – eu ...

MINISTRANTE 2 – diga.

P1 – pegando um gancho no que falou MINISTRANTE 3, né? Eu acho que a Matemática e Física andam juntos, sabe? Então eu acho que a sincronia tá boa enquanto você consegue olhar para uma fórmula de matemática, ver a fórmula e entender o conceito, né? Eu achava, eu entendi que eu não conseguia fazer isso a partir de mecânica clássica.

O professor olhava a fórmula e: - tá vendo aqui?

Eu disse: - Não! Tô vendo nada. Eu tô vendo números e letras aí. Eu não sei o que é isso não.

Eu achava fantástico no ensino médio o professor falava: - isso aqui é força, tá vendo?

- Tô vendo.

O professor falava não sei o que, não sei o que...

-Eu tô vendo.

Agora em mecânica clássica (né?) acabou isso pra mim. Então eu acho que é interessante essa, essa, essa ponderação porque enquanto ferramenta (né?) fundamental para o desenvolvimento da Física tem que ser uma forma de leitura, né? Então o aluno tem que conseguir ler e puxar isso e aquilo outro. Beleza, você entendeu o conceito. Você consegue aplicar? Você consegue fazer uma conta com isso? Aí dá mesma forma, se você consegue fazer uma conta você consegue dizer o que é isso? Você consegue dizer de onde veio, né? Eu acho que é, literalmente, se você consegue ler uma forma e entender tudo o que tá por trás, o que sustenta isso.

MINISTRANTE 2 - pois é, cê tava falando, eu tava pensando aqui também, né? Talvez o aluno que leia lá também, não é? Que leia aquele enunciado do princípio de Arquimedes e leia ali fluidos, talvez o aluno só esteja pensando em líquidos e sem a, sem um cuidado, sem a ressalva que a gente viu nesse tipo de exemplar, isso passa batido. Então o aluno considera que aquele enunciado só serve para líquidos, embora esteja lá escrito por fluidos, né? Então tudo isso a gente tem que levar em conta, né? Provavelmente, pelos exemplos que os livros dão o aluno só tá pensando em líquido embora o enunciado diga fluido, então é muito detalhe

[sobreposição de vozes]

MINISTRANTE 2 – MINISTRANTE 3, ia falar alguma coisa. Eu interrompi.

MINISTRANTE 3 – eu iria comentar que não era, exatamente, esse o meu sentido da fala. [sorrindo] porque quando P1 voltou a comunicar aí, ele expressa bem uma tradição galileana de enxergar a matemática como linguagem que traduz, né? E essa não é a defesa do Pietrocóla, certo? [risos] É de um papel estruturante da Matemática, tem um artigo que você acha facinho, certo P1? É matemática e seu papel estruturante do conhecimento Físico não é, exatamente, essa, essa, essa visão não, mas assim foge também ao escopo (né?) do nosso curso. Só comentar, talvez sirva como referência, como reflexão sobre o papel da matemática. [faz sinal de joia]

MINISTRANTE 2 – legal. Pessoal, então vamos ficando por aqui, amanhã então a gente volta com análise dos três exemplares que ficaram faltando e com a reflexão sobre então o quê que a gente vai fazer a partir daí (né?) como professor. Então boa noite pra todo mundo.

TRANSCRIÇÃO DO DIA 11/12/2020

MINISTRANTE 2 – primeiro é do Guimarães, Piqueira e Carron?

MINISTRANTE 1 – isso.

MINISTRANTE 2 - pessoal do grupo 2 que analisou esse recorte, o que tem a dizer então sobre o que esse exemplar traz de História da Ciência?

P1 – eu tô tentando lembrar o que foi que escrevi desse.

P2 - no iniciozinho (né?) a gente já vê ele ainda usando Arquimedes. Já diz aí que Arquimedes é considerado um dos maiores cientistas da antiguidade e, aí e fala sobre o pai depois ele fala que ele já era familiarizado com a mais avançada matemática da época, então ele bota Arquimedes lá em cima. Só já nessa partezinha aí. [*referindo-se ao início do texto na página 250*] Eu posso continuar?

MINISTRANTE 2 – pode, claro.

P2 – é... aí ele vem falando (né?) sobre as coisas que Arquimedes fez tudinho, até aí OK. E ele cita nesse... mais pra baixo ele fala: "segundo essa história", por que eu senti que ele falou isso né? Porque lá nas questões ele cita aquele textinho que a gente leu que foi sobre Arquimedes e a coroa do rei problemas históricos, então eu acredito que ele fala segundo essa história já para dar essa ideia (né?) ao leitor que: - olha isso é uma história que pode não ser a verdadeira.

Então quando você (né?) for aquele professor que vai passar essas atividades pra ser feita aí o aluno vai notar que isso aqui, essa história que ele contou não é, de fato, a que, a que, a que a Física consegue explicar, né? Que a gente consegue explicar através da Física que a gente veria alguns erros, mas se o professor não faz isso, se essas duas questões aí elas não vão ser colocadas então essa história vai ser a verdadeira na cabeça do aluno e vai ser isso. E aí vai ficar bem a cargo do professor olhar esse material e ver: - tá eu vou ler esse texto aqui para saber o que que ele tá falando.

Mas se ele não faz isso, ele não vai receber esse apoio lá no material didático porque pelo que eu lembro ele não cita que essa história que ele tá contando aqui é a história contada, mas não é a que a Física vai respaldar. Ele não fala isso no apoio lá do professor que eu acho que era uma coisa que deveria ter já pra dar esse insight no professor e dizer: - Ah não, calma que essa história aqui (né?) não é a verdadeira então eu vou ter que ir estudar mais para poder passar esse assunto pro meu aluno.

Mas a partir do momento que o professor não sabe, ele não vai fazer isso e, é como vocês falaram nas outras reuniões, o professor tem uma carga muito grande de conteúdo que ele tem que dar conta e, aí é por isso que eu digo que talvez isso passa, passe batido mesmo estando aqui.

P1 – pois é, eu vou concordar com tudo que P2 falou eu vou fazer a ressalva do meu problema que eu tenho, né? Eu tenho aí um problema pra entender que eles estão endeusando porque eu acho todas essas pessoas da antiguidade eram fantásticas, né? Aquele mesmo texto de ontem que eu achei fantástico, ele endeusava bastante Arquimedes, inclusive eu deixei passar batido isso porque eu acho essas pessoas fantásticas. Mas eu tenho... eu sei que isso tem que ser combatido. E aí fica aquela mesma ressalva que a gente fez ontem sobre aquelas dúvidas do que trazer, né? A gente tava discutindo – Será que a gente tem que trazer só versão de Vitruvius? Só a versão de Galileu? Ou as duas?

Bem, eu acho interessante trazer as duas, mas se for para escolher uma (né?) que não seja a errada, então você tem um espaço pequeno pra você dialogar e pra você expor suas ideias, né? Ele gastou toda uma página pra falar, pra fazer isso e no final lá tem uma questão que pede pra você ver um texto, tá? Você não sabe porquê você vai ler esse texto, você não tem nenhum indício do porquê você deveria ler esse texto, né? E eu acho que não fica claro (né?) é que nem a gente falou: - é muito sutil (né?) de você notar que você vai ter que ler, que você vai achar coisas muito boas nesse texto. Eu acho que isso poderia ser melhor redimensionado essa, essa disposição (né?) pra que ou tivesse as duas histórias (né?) ou tivesse algo que incitasse a pessoa a ler o texto, a debater, trazer esse conflito que nem P2 falou porque senão eu acho que fica... que passa batido.

P2 - E aí no finalzinho mesmo, MINISTRANTE 1 ela botou em... Não, naquela página. [*referindo-se ao texto destacado na imagem do livro que era compartilhado, página 250*]

MINISTRANTE 1 – nessa página?

P2 – isso. Aí tem aqui ó tem o link (né?) que você vai acessar e tem: “e discuta com seus colegas a possível criação de mitos na ciência”, [*leitura de parte da questão 2 da página 250*] e, aí fica essa ideia né?

- O quê que será que vai ser um mito? Vai ser o que tem nesse texto ou no texto que a gente leu?

Porque a gente não tem como saber a não ser que a gente leia e, aí se você subentende que: - não o livro como ele é, o livro que a gente tá trabalhando né? Então ele vai trazer coisas concretas, vai trazer o correto então deve ser esse livro deve tá correto e essa história que ele vai contar que deve ter os mitos.

MINISTRANTE 2 – é, não dá nem pra pessoa adivinhar (né?) o quê que é, o quê que tem afinal nesse artigo.

P2 – isso.

MINISTRANTE 2 – porque essa é a história que está no livro (né?) você imagina que ela esteja correta. E aí você pensa que o que vai tá aí no artigo pode ser os mitos (né?), ao contrário. É... tem mais alguém do grupo? P4 diga.

P4 – não porque eu falo muito, eu me meto em tudo. [*risos*] Eu acho assim, que pelo que a pergunta um, a pergunta um e a dois, eu acho que elas são muito assim... jogadas a carga pro aluno. Acho que ele não trabalha bem, a pergunta um também não é tão bem... **cabível** assim com essa bagagem, eu acho... que ele teve até agora, com esse quadro aí já faz uma pergunta como essa sobre a origem da habilidade Arquimedes, né? Eu acho que não foi uma abordagem tão legal também.

MINISTRANTE 2 – lá no livro do professor, lá no livro do professor ele tem uma recomendação, sabe? Você tá aí MINISTRANTE 1 com a página do livro do professor?

MINISTRANTE 3 – MINISTRANTE 2 é a página 391? Porque eu tenho uma anotação aqui sobre a página 391 e, mais uma vez eu esqueci uma página.

MINISTRANTE 2 – não tem problema não. Eu falo então, eu falo tô com a anotação aqui. Tem problema não. Pode subir lá.

MINISTRANTE 3 – desculpa gente.

MINISTRANTE 2 – não, tudo bem. Pode subir, pode subir lá desde o início. [*referindo-se ao texto compartilhado*]

Assim, olha lá no iniciozinho... P1 esse negócio aí de endeusar o pesquisador, realmente, é polêmico né? Eu pensando aqui no que você falou. Porque, realmente, a gente tem toda uma admiração (né?) pelo Arquimedes... por esses personagens... assim uma coisa que eu fico muito encucada, às vezes, de ver às vezes eu comento isso com MINISTRANTE 3, com MINISTRANTE 1, né? É que existem gênios, é inegável que existem gênios. Acho que o maior problema não é assim você endeusar a pessoa, o pesquisar, mas é você colocá-lo como gênio isolado. Porque isolado sem nenhuma influência, sem nenhum antecedente, sem nada o gênio também não funciona, né? Ele precisa estudar, ele precisa ler, ele precisa de esforço também, né?

P1 – eu concordo, eu concordo. Naquele texto que MINISTRANTE 3 falou pra mim, né? A gente usa de linguagem (né?) e o nosso vocabulário, ele só cresceu porque a gente tinha que se comunicar com os outros, né? Então eles são gênios sim. Tem que ser reconhecido (né?), tem que ter o cuidado, eu acho, com o uso dessa palavra porque ela acaba sendo subutilizada, né? Porque você acha que todo mundo é gênio ou depois, gênio é demais né? Mas sim, eu acho que eles têm que ter botados, fatos de pessoas que se destacaram nas suas devidas épocas. Eu concordo com essa pontuação.

MINISTRANTE 2 – assim, o que não quer dizer que o aluno se não for gênio, não tem lugar na ciência. Acho que esse é que é o perigo.

P4 – é a forma como aborda que tem que ser bem, bem colocado em prática né? Não, não colocar como gênio afastado da sociedade ou afastado de tudo, né?

MINISTRANTE 2 – pois é, a ciência só feita por gênios.

P1 - é sobre isso, eu acho que tem uma história de Faraday que ele é assistente de laboratório de um professor, né? O professor ele era famoso, mas Faraday não tinha nem como se fosse o ensino médio completo, né? Ele tinha muita habilidade manual porque ele era o auxiliar laboratorial dele, né? É tanto que todas aquelas formulações matemáticas que a gente tem, Lei de Faraday e Lenz, não foi Faraday que fez, né? Ele fez diversos experimentos, ele constatou coisas ao seu modo, né? Não com a linguagem matemática, com a linguagem escrita. Então acho que essas ressalvas são importantes e, realmente, eu vejo nos livros, por exemplo, essa história sobre Faraday (né?) que eu acho que aproxima, que poderia, pelo menos, aproximar muitas outras pessoas que não se identificam tanto com essa matemática, essa genialidade.

MINISTRANTE 2 – o Faraday, ele tinha dificuldades financeiras, ele tinha... ele não tinha formação, né? Ele não tinha uma educação formal, né? Então ele aprendeu a ler, inclusive, trabalhando numa livraria, ele juntava pedaços de jornal e tudo... assim, ele era um experimentador incrível, mas ele tinha muita dificuldade com a parte matemática, ele enfim... Eu acho que esse tipo de história aproxima (né?) da situação do aluno. Essa questão do gênio é polêmica, sabe? Do, do... enaltecer como santo talvez seja um problema, a hagiografia que a gente falou, né? Ou ainda colocar pesquisadores isolado, mas ter personagens de destaque não é grave assim... sei lá, eu acho que existem gênios, existem, é inegável. O problema não é o gênio, mas é o gênio isolado e toda ciência feita só por esses expoentes, de modo que fica longe da realidade do aluno e, se o aluno não se sentir igual (né?), ele se afasta da, da ciência. Bom, mas deixando esse assunto aí que é tão polêmico, nesse trechinho aí que é P2 citou há uma menção aí ao Euclides. Aí P4 eu acho que a pergunta, a primeira pergunta lá vai acabar fazendo sentido, tá? Porque assim ó: “Arquimedes estudou com sucessores de Euclides razão pela qual se acredita que ele estivesse muito familiarizado com a matemática mais avançada da época.” [leitura do trecho da página 250] Então lá naquela questão, desce um pouquinho MINISTRANTE 1, por favor.

MINISTRANTE 1 – mais? Na questão?

MINISTRANTE 2 – “Qual a origem da habilidade de Arquimedes para formular problemas físicos usando os conhecimentos de Geometria?” [leitura da pergunta um da página 250] Então assim, ao contrário dos outros exemplares que citam Euclides, mas não fazem nada com Euclides, né? Só dizem que, que Arquimedes estudou Euclides. Aí é interessante porque ele tá apontando uma influência do Euclides no trabalho do Arquimedes, então tem uma repercussão.

MINISTRANTE 3 -uhum.

MINISTRANTE 2 – é isso que o livro tá querendo explorar. Sendo que, o livro, ele orienta o professor a não passar batido por essa questão. Vocês não estavam, não estavam com essa, essa, essa página que eu vou ler agora para você, tá? Que é uma orientação ao professor, eu vou ler aqui (tá?) a orientação que o livro dá ao professor, livro recomenda que o professor enfatize a cooperação na ciência, tá? E aí vai dizer o seguinte, citação agora do livro: “O fato de Arquimedes ter estudado em Alexandria com sucessores de Euclides foi bastante importante para sua formação e para sua habilidade em usar conceitos de Geometria para resolver problemas físicos. Aconselhamos aqui que você professor também dê destaque a outras características como a curiosidade, a persistência, importantes para Arquimedes, mas que podem ser trabalhadas por qualquer pessoa.” [leitura do trecho da página 391] Não é interessante isso? Achei bem legal isso. É P4 sem essa citação, realmente, não tem como a gente (né?) perceber tudo isso, mas é bem, bem legal nessa orientação que eles dão ao professor porque eles estão destacando a relevância dessa questão (né?), pela relação do Arquimedes com o Euclides, a influência do trabalho dele. E, também citam que embora Arquimedes tivesse todas essas habilidades e tudo, isso... a ciência pode ser feita por qualquer pessoa. Frisa, né? Frisa lá no final. Então é bem interessante e cai lá naquilo que a gente tá falando, né P1? É... personagem que se destacou (né?) no seu trabalho, porém não significa que a ciência tem que ser feita por pessoas, exclusivamente, por pessoas como Arquimedes, né?

P1 – eu acho que o episódio mais conhecido é o de Newton né? Acho que Newton foi uma pessoa tão famosa que a gente consegue ter várias histórias sobre ele, né? Ele falou (né?) aquela célebre frase: “Se pude ver mais longe foi porque me apoiei em ombros de gigantes.” Ele também tem bastante conflito político, né? Quando ele vem se tornar ser o presidente da Royal Society, né? Ele vem reclamar pra si quem fez...

P4 - essa mesma citação já é política também já só essa própria citação...

P1 – não...

P4 - já gera controvérsias aí. [risos]

P1 – eu concordo. [risos]

MINISTRANTE 2 – aliás, a primeira que você citou, viu?

P4 – é, “Se enxerguei mais longe era porque estava sobre ombros de gigantes.” Aí foi uma alfinetada grande.

[sobreposição de vozes]

P4 – já li sobre isso uma vez. [risos]

MINISTRANTE 2 – [sorrindo] Ele não era tão bonzinho assim quanto parece não.

P1 – não, então é interessante notar que se você vai endeusar Newton, você não vê que, por exemplo, (né?) quando ele se tornou presidente da Royal Society, ele quiz desbancar todo mundo que tava lá, né? Ele quis impor mesmo que o trabalho dele fosse aceito, né? É por isso que uma boa parte do tempo mesmo até surgir Huyghens com os experimentos incontestáveis sobre o comportamento ondulatório da luz, o que valeu era o de Newton porque Newton fazia valer, por autoridade, o que ele queria, né? Então eu acho que tem como trabalhar...

MINISTRANTE 2 - na controvérsia lá com Leibniz, por exemplo, sobre a autoria do cálculo, ele mesmo fez o relatório, ele mesmo assinou embaixo dizendo que era ele, né? [risos]

P1 – exatamente, inclusive a gente usa a notação de Leibniz (né?) e não da de Newton. Então é interessante vê como esse jogo político funciona pra entender, olha: -Newton fez muita coisa interessante, mas Newton não era uma pessoa muito boa não, viu? Na verdade, Newton era uma pessoa bem ruim. [risos]

MINISTRANTE 2 – é um ser humano (né?) com todos os seus defeitos.

P4 – já isso mostra a humanização do pesquisador, né? Já desindeusa, digamos assim... muita, muita coisa, né? [risos]

MINISTRANTE 2 – bom, o livro então traz a história e a narrativa do Vitruvius. O P1 apontou aí que já que tem esse espaço (né?) e é pra trazer alguma narrativa que trouxesse, pelo menos, a outra né? A do Galileu no lugar da narrativa do Vitruvius, de fato, mas o livro aí se ateve na narrativa do Vitruvius, E aí P2 completou dizendo que não fica muito claro, então qual era a errada, né? Ou se isso aí é um mito, mas parece que isso aí é o certo e o mito o aluno vai encontrar no texto do Roberto Martins. Porque não tem nada aí que diga que essa narrativa está equivocada. Agora ainda tem um detalhe aí (né?) que o livro propõe que o aluno leia o artigo acadêmico do Roberto Martins. É... atividade pro aluno, leia o texto Arquimedes e a coroa do rei problemas históricos. Então se a gente entrar lá no Caderno Brasileiro de Ensino de Física a gente vai ver que essa revista é direcionada a pesquisadores, professores, mas não exatamente, a alunos no ensino médio, alunos da Educação Básica né? Esse texto, particularmente, é um texto acadêmico e muito, possivelmente, o aluno se for ler vai ter algumas dificuldades. Lembro pra vocês que MINISTRANTE 3 até chegou a citar aqui no curso que a gente tem experiência de uso desse material aí na formação de professores, professora Thaís Forato em São Paulo usando esse material. E aí os professores tiveram alguma dificuldade pra ler esse material, então imagine direcionar ao aluno sendo que o aluno também não sabe o que vai encontrar e nem o professor sabe, né? Se o professor aí não for atrás e ler o artigo ele não vai saber porque que seria importante (né?) ler esse artigo. Aí parece tão singela a atividade: “leia o artigo e discuta com os colegas sobre a possível criação de mitos”.

P1 – ler o artigo!? Ela não quer ler uma pergunta, vai ler um artigo... Eu vou compartilhar um breve momento de terror aqui com vocês. Tinha uma pergunta (né?) que eu botei: - dados os dados não sei quê interpretação, determine. Aí tinha letra a, determine não sei que, letra b determine não sei que e letra c, d e e. E o aluno marcou lá xis no e. Eu fiquei -Meu Deus, nem pra ler rapaz.

P4 – isso já aconteceu comigo cara. [sorrindo]

MINISTRANTE 2 – já aconteceu isso P4?

P4 – já, já, já. O aluno marcou e eu fiquei olhando assim: - tá de sacanagem com a minha cara? Mas eu ia fazer o que? [risos] Recebi.

MINISTRANTE 2 – o aluno nem leu e aí ele olhou as alternativas e falou: - é pra marcar uma. Noossa P7 também. Que isso?

P4 – ta vento gente, isso é comum. É comum. É um vacilo isso. [risos]

[vários participantes riem ao mesmo tempo]

P2 – acho que o professor tem que escrever lá (né?) não é de marca x. Botar aí negrito, caixa alta pra vê se dá certo.

MINISTRANTE 2 – olha, eu tô passada.

MINISTRANTE 3 – gente comentar aí sobre...

[sobreposição de vozes]

MINISTRANTE 2 – diga MINISTRANTE 3.

MINISTRANTE 3 – comentaria sobre esse texto (né?), como a MINISTRANTE 2 já bem colocou, que existem elementos do nosso ponto de vista que subjazem uma, uma, alguns elementos (né?) Uma historiografia atualizada (né?) com apontamento de cooperação. Nem em... alguns, alguns exemplares a gente não encontra menção as influências (né?), a outros seres humanos com que ele teve que convívio (né?), trabalhos anteriores e etcetera e tal. E esse é um livro que cita, apenas cita mesmo que a... a, a história da vida de Arquimedes (né?) chega até nós de maneira... por relatos, por exemplo, de Plutarco. Plutarco é um historiador (né?) entre os séculos aí I e II depois de Cristo e, bem conhecido no campo da História e por escrever o gênero, que a gente conhece como o gênero biográfico heroico que serve é... é... como para elogiar aquele sobre quem se escreve, né? A gente chama de laudatório também e, recentemente, eu vi o texto, o texto do Plutarco que ele fala sobre o cerco a Siracusa. Sabe aquele texto anterior? P1 até chamou atenção em que o Gaspar, ele mistura o cerco a Siracusa com as duas versões? Bem, eu li recentemente, o texto do Plutarco sobre o cerco a Siracusa. É impressionante que alguns elementos que estão lá surgem nos livros didáticos com expressões muito semelhantes, apontando o brilhantismo (né?), uma mente brilhante e... a... pondo o Arquimedes, como ser humano, cujas preocupações são, estritamente, ah... teóricas, intelectuais apesar de ter atuado ah... [gesticula] no momento aí em que ah... se envolveram armas, né? No fim das contas o interesse dele é, unicamente, intelectual, não é? Portanto, não se pode responsabilizar o Arquimedes por nada mais do que uma obra intelectual produzida. Isso nos escritos de Plutarco, historiador aí entre os séculos I e II. Veja que isso se inscrito no nosso momento expressa uma visão socialmente neutra de ciência e a gente encontra isso sim, a gente encontra isso, né? Parece que não há relações, que relação há com o rei Hieron? Plutarco vai dizer que era parente e amigo. Há um livro que cita ele como amigo, mas não se sabe, até, que relação era essa a partir da escrita dos autores. Essa seção pré pensamento em construção apresenta, nesse livro didático, na descrição, lá no início do livro didático apresenta biografias de pensadores que importaram para construção de conhecimento Físico. Bem, então existem sim, elementos importantes que apontam a coletividade, que apontam o esforço, a importância (né?) da criatividade que os seres humanos, em geral, isso inclui os alunos podem se enveredar na construção do conhecimento científico, uma construção humana (né?), da humanidade como um todo. Isso é... Física é cultura, não é? Por isso que se faz sentido que a gente ensine na escola, então gera esse, esse reconhecimento. Por outro lado, imagina que o aluno só lê isso e o professor também (né?) que não se

explore (né?) as outras, a outra versão que está no texto acadêmico. O quê que fica para o aluno? E não há o direcionamento específico pro professor para que ele faça o trabalho pelo texto do Roberto de Andrade Martins é para o aluno mesmo. O quê que ficaria pra esse aluno? [*faz gesto questionador*]

MINISTRANTE 2 – pois é, esse livro didático, esse exemplar... por um lado ele dá alguns toques interessantes pro professor explorar a cooperação da ciência, a questão do Euclides. Por outro, em relação à transposição didática do texto do Roberto Martins, o autor então conhece, né? O autor do livro didático conhece esse artigo, sabe que é relevante e não faz nada em termos da transposição didática, ele simplesmente, diz que o aluno deve ler o livro, o... o artigo. Nem é o professor, é o próprio aluno que deve ler o artigo já é colocado como uma atividade pro aluno, então é algo bastante estranho (né?) o trânsito que esse exemplar faz em relação a dar uma orientação adequada e, em outras ocasiões não. Eu vou citar uma coisa que tá mais aqui pra frente pra a gente também ver um outro exemplo de orientação para o livro dá que é interessante.

MINISTRANTE 1 - é da 395?

MINISTRANTE 3 – MINISTRANTE 1, só destacar aí, nessa mesma página. MINISTRANTE 2 veja o que está escrito logo abaixo da palavra, da palavra, da expressão (né?) retrato de Arquimedes, “seu brilhante amigo”, então são autores que conhecem os textos de Plutarco, conhece o trabalho do professor Roberto de Andrade Martins e apesar disso ensaiam boas orientações, mas não conseguem escrever uma adequada inserção didática.

MINISTRANTE 2 – nem tentam, né? Parece que nem tentam, genuinamente, não. Desce um pouquinho aí MINISTRANTE 1 pra gente vê. Esse, esse recorte ele traz o enunciado lá do princípio de Arquimedes... é pode subir, subir um pouco, por favor. [*referindo-se a página que desejava que fosse compartilhada*] Ele diz que o Arquimedes fez uma constatação, a lá: “a origem dessa força nos remete Arquimedes, inventor e matemático grego que constatou que um corpo imerso em água torna-se aparentemente mais leve.” [*leitura de trecho da página 269*] Então vem aí algo (né?) que tangencia o empirismo-endutivismo nessa constatação de que o corpo imerso em água torna-se aparentemente mais leve (né?) já tangencia o empirismo-indutivismo. É parec... remete a realização de um experimento só que um pouquinho mais abaixo, pode descer um pouco aí MINISTRANTE 1. Ele reforça o caráter da abstração, pode descer mais...

P1 – ah, eu ia comentar isso também: “O raciocínio (né?) usado por Arquimedes pra elaborar esse princípio foi altamente engenhoso: se o corpo imerso não estivesse ocupando uma região do fluido, teríamos ali um fluido em equilíbrio.” [*leitura do trecho da página 269*] Isso aí é curioso porque essa parte de fluido em equilíbrio, eu acho que esse é o único que eu vi, isso remete muito ao texto original (né?) que a gente leu dele...

[*sobreposição de vozes*]

P1 – fluido em equilíbrio, né?

MINISTRANTE 2 – exato, ele remete mesmo ao trecho do texto original do, do Arquimedes (né?) e também aquela fala do Galileu (né?) a respeito do trabalho do Arquimedes. Então ele descreve aí e aí vejam que ele sai da questão do empirismo que inclusive a gente viu que não está no trabalho do Arquimedes, né? Ele sai de empirismo, tem os parágrafos antes, e vai pra questão de um raciocínio altamente engenhoso que ele consegue aí descrever o que o Arquimedes teria pensado. Então ele transita, a gente percebe que o autor do livro didático ele conhece fontes primárias, fontes secundárias e aí parece que ele tá ensaiando uma transposição que, às vezes, ele consegue fazer e às vezes ele parece que nem tenta (né?) como no caso do artigo lá do Roberto Martins. Então aí ele enfatiza a questão do raciocínio eu vou citar para vocês um trecho em que ele dá a orientação para o professor sobre essa, esse parágrafo, tá? Sobre essa passagem. Tá aí?

MINISTRANTE 3 – pode descer MINISTRANTE 1, lá pro manual.

MINISTRANTE 2 - tá na página 395.

MINISTRANTE 3 – sobe, onde tem um Becker. Aí.

MINISTRANTE 2 – isso, essa parte de orientação ao professor: “sugerimos que você reproduza com os alunos o raciocínio de Arquimedes” [*leitura de trecho da página 395*] E aí esse, esse raciocínio que ele pede que se reproduza segue o tipo de argumentação que a gente viu o Arquimedes fazendo, tá? Então é uma questão de raciocínio (né?) que ele tá colocando, é uma abstração que ele propõe bem no sentido do que o Arquimedes expressa e que o Galileu retoma ao falar do trabalho do Arquimedes. E bem interessante que no final dessa página, desce lá um pouquinho MINISTRANTE 1. Ele reforça para o professor o quanto é engenhoso esse, esse raciocínio e ele diz o seguinte, MINISTRANTE 1 frisa aí o final do segundo parágrafo, por favor. “A beleza dessa conclusão de Arquimedes é que ele não utiliza uma conta sequer para chegar até ela. É uma mostra de quão longe pode ir o raciocínio puro.” [*leitura de trecho da página 395*] Então tá aí na página 395 o autor do livro didático ressaltando a questão da abstração do raciocínio e ele frisa para o professor que não tem sequer uma conta nesse raciocínio do Arquimedes, né? Então assim, nessa questão da orientação ele traz alguma coisa interessante e ele, de ato, foi lá pro texto do Arquimedes pra fazer isso ou pro texto Galileu (né?) também. É um exemplar que transita aí, talvez a gente fica pensando: - quem sabe daqui alguns anos, o mesmo autor, escrevendo um livro didático falando sobre o princípio de Arquimedes ele realmente não vai tentar fazer alguma coisa para o aluno relacionado a versão do Galileu? Ele não vai tentar abrir aquela questão dele, que ele põe lá jogada pro aluno lê o artigo e vai realmente tentar fazer alguma coisa, né? Pois é isso é... mais algum comentário sobre esse, esse texto?

P1 – acho que só aquela ressalva do vetor que faltou, de novo, ele explicar que puxa um vetor. Ele bota uma seta ali, mas não deixa claro. Bem, mas são detalhes e, de novo, o experimento eu acho que ressalva isso, né? Tem uma parte lá na experimentação, que faz experimento ... o princípio de Arquimedes (né?) que ele vai reforçar aquela definição do volume de fluido deslocado e não do corpo submerso (né?) que ele diz: “pegue um pote, pegue um bloco, pegue um dinamômetro. Meça coloque esse bloco, meça o volume de fluido deslocado e constate peso aparente, peso real, empuxo, volume do bloco, volume do óleo... então acho que é bem essa, esse princípio...”

MINISTRANTE 2 - isso como a gente tem observado, P1 é quase que generalizado, né? Nos exemplares que a gente tá vendo esse tipo de argumentação, esse tipo de observação e nenhuma ressalva em relação aquele tipo de coisa que a gente viu no artigo do Fernando Lang da Silveira. Nenhuma é praticamente generalizado o contrário (né?) a versão empirista-indutivista e a não existência de limitações, né? É o padrão do enunciado do princípio de Arquimedes que a gente tem mesmo aquele artigo que citava... aquele livro que citava explicitamente o artigo do paradoxo hidrostático, mesmo aquele mantém o enunciado tradicional. Pois é exatamente. É o que temos, né? Aí vamos para o próximo então? [*risos*]

MINISTRANTE 1 -o próximo é Luz, Álvares e Guimarães.

MINISTRANTE 2 – Luz, Álvares e Guimarães. E aí gente o que vocês observaram nesse?

P2 – mais uma vez aí a gente vê a história de Vitruvius que é contada nessa página toda é toda essa história e aí não faz diferente do outro (né?) que a gente tava vendo, ele não faz menção nenhuma a algum artigo ou alguma coisa que fosse levar o leitor até outro tipo de conclusão. Então tem essa primeira página aí e tem até a figurinha (né?) ele coloca até figurinha, mais um pouquinho abaixo MINISTRANTE 1 ele coloca as figurinhas dos béqueres aí mostrando como é que foi realizada essa medição. O que também a gente viu (né?) que nem tinha esse sistema de medidas. [*referindo-se a figura 9.9 da página 239*] O que é outra coisa também que eu fiquei impressionada foi quando a gente debateu sobre isso que eles não tinham como medir essa, essa distinção (né?) que tem entre o ouro e a prata pra poder fazer esse, esse levantamento. Então essa primeira página toda seria pra trabalhar o mito histórico com aluno.

MINISTRANTE 2 – exato, exato. Verdade. Interessante que por essa ilustração que aparece aí, essa figura 9.9 parece tudo tão nítido (né?), tão fácil.

P1 – e essa figura ainda tem o problema que... reparem no béquer que é uma coisa muito atual de vidro. Olhe você fazer um aparato desse aí é uma coisa de louco. Você fazer um copo de vidro antigamente é uma coisa de louco, hoje é...

MINISTRANTE 2 – pois é, parece que o Arquimedes... olha: “o raciocínio feito por Arquimedes para resolver o problema da coroa.” [*leitura de trecho da legenda da figura 9.9*] A impressão que dá é que o Arquimedes realmente utilizou esses materiais e fez assim, né?

P2 – é, e ele fala aqui: “na representação sem escala e em cores fantasia” porque ele não coloca também (né?) que talvez os objetos utilizados não fossem esses? Podia colocar alguma coisa assim pra dizer: - uhm, então seria qual, já que não são esses? Mas ele não se atenta a isso, foi até uma coisa que eu escrevi aqui também.

MINISTRANTE 3 – uma pergunta a P2, sobre as imagens. MINISTRANTE 1 sobe aí.

P4 – tem dizendo na penúltima linha que Arquimedes conseguiu até calcular a quantidade de ouro.

MINISTRANTE 3 – aha.

MINISTRANTE 2 – MINISTRANTE 3 vai perguntar sobre um detalhe aí.

MINISTRANTE 3 – P2, você que tá bem atenta as imagens. Essa imagem expressa bem a versão vitruviana? [*a pergunta refere-se a figura 9.8 da página 239*]

P4 - não porque a piscina não tá lotada, né? A banheira não tá pela boca.

P2 – exatamente.

MINISTRANTE 2 – olha, P4 tá atento. Né P4?

P4 – ainda tem até a coroa ali atrás. Também já foi tomar banho com a coroa, teve medo de roubarem, né? [*risos*]

[*vários participantes riem*]

MINISTRANTE 2 – ele já tá tomando banho com a coroa.

MINISTRANTE 3 - mas veja o que está na figura abaixo. O que está envolvido? Está envolvido o transbordamento ou não?

[*silêncio*]

MINISTRANTE 3 – a água transborda pela lateral.

P1 – essa figura 9.9?

MINISTRANTE 3 – é recolhida. Isso

P2 - eu não entendi MINISTRANTE 3, pode repetir por favor?

MINISTRANTE 3 - veja que a imagem lá acima não está expressando bem a versão vitruviana porque a banheira não está na iminência de transbordamento, mas no próprio texto e na imagem que você observou lá baixo, não é isso que é exigido pra resolver o problema da coroa?

P2 – uhum.

[*sobreposição de vozes*]

MINISTRANTE 2 – tem mais, tem um passo a passo aí também. Acho que tá na página seguinte, não tá? Dá uma olhada aí MINISTRANTE 1, por favor.

MINISTRANTE 3 – é esse mesmo aí MINISTRANTE 2.

P2 – o passo a passo é esse aí..

MINISTRANTE 2 – o passo a passo tá na página 239, né?

MINISTRANTE 1 – isso.

MINISTRANTE 2 – isso, aí mesmo. É isso aí mesmo, interessante, olha, vejam que realmente Arquimedes conseguiu resolver o problema da seguinte maneira. Vejam que aí tem um passo a passo que é uma receita de bolo, né? Aí remonta aquela visão de ciência visão rígida, algorítmica (né?), o método passo a passo aí sendo utilizado pelo Arquimedes. Primeiro passo: “mergulhou em um recipiente completamente cheio de água”, veja que a condição é diferente daquela que tá mostrada lá naquela primeira imagem, né? Lá a banheira não tá completamente cheia de água, mas agora tem que tá; “mergulhou em um recipiente completamente cheio de água uma massa de ouro puro igual a massa da coroa e recolheu a água que transbordou.” Então agora no passo a passo é preciso o transbordamento, né? Então, e aí vai né? E aí o “Arquimedes conseguiu calcular até mesma quantidade de ouro que o ourives substituiu por prata.” Olhem só, tudo que ele alcança com esse, esse método, né? É o método realmente do, do Vitruvius narrado aí passo a passo. Arquimedes fez isso, fez aquilo e chegou a todas essas conclusões, né? Então aí o exemplar do Luz, Álvares e Guimarães reforça a narrativa vitruviana (né?) com um passo-a-passo de como ele teria feito.

P1 – pois é, e isso só ressalva esse conhecimento errôneo, quando ele vai lá na próxima página e fala o princípio de Arquimedes, duas páginas depois, né? Essa e depois a outra. [referindo-se a página do livro que estava sendo compartilhada] Que aí ele fala tudo isso e mostra uma figurinha (no final da outra página). E mostra uma figurinha a 9.39, que é exatamente isso (né?) o peso indicado pelo dinamômetro receber um empuxo, né? Aí ele diz; “você colhe esse líquido que transbordou, bota na balança e vai pesar exatamente que foi removido ali” [*sintetiza trecho da página 253*] De novo, olha o béquer... [*faz gesto desaprovador*]

MINISTRANTE 2 – “o princípio de Arquimedes pode ser verificado experiência simples.” [*leitura de trecho da página 253*]

P1 – simples, todo mundo tem um copo desse.

[*vários participantes riem*]

MINISTRANTE 2 – a gente vê que não muda o enredo (né?), de um pro outro não muda praticamente. É aquilo que o professor vai encontrar e aquilo que o professor vai usar (né?) possivelmente.

MINISTRANTE 3 - e só fazendo mais um apontamento, não sei se vocês perceberam a distância das páginas. Aquela versão lá a vitruviana desajeitada, uma verdadeira confusão ela está uma dezena de páginas antes da apresentação dessas páginas aí do princípio de Arquimedes. Então ela foi nesse texto, nesse, nesse exemplar didático posto aí como complementação ao conteúdo: massa específica. E aí uma dezena de página depois aparece o princípio de Arquimedes, então parece que aquela história não tem nada a ver com que o que está aí agora. O aluno provavelmente não vai, não vai perceber relações pela construção textual dos autores.

MINISTRANTE 2 – são várias páginas mesmo porque agora a gente tá na 253, né?

MINISTRANTE 3 – é uma dúzia de páginas.

MINISTRANTE 2 – antes a gente tava na página 239, na 239 até o...

P1 – eu não tinha notado não. Realmente eu achei estranho que o livro tinha feito a contextualização do princípio de Arquimedes, depois define o que é empuxo e antes tá a história, né? Mas não tinha notado a numeração.

MINISTRANTE 2 - são 14 páginas depois, 14 páginas. E tem alguns detalhes também nessa página aí (sobe um pouquinho MINISTRANTE 1, por favor, para gente ver). Pronto. Olhem aí esse primeiro parágrafo abaixo dê o princípio de Arquimedes, abaixo do enunciado. Tem alguma coisa que chama a atenção?

P1 – de novo, “realizando experiências cuidadosas e ele ainda calculou” [*referindo-se ao trecho da página 253*] nossa eu acho que o cara que olha isso se remexe no túmulo: - eu não fiz nada disso, né?

MINISTRANTE 2 – eu sei que pra gente que trabalha com História da Ciência e que vai ler cuidadosamente os materiais quando a gente vê isso a gente fica pensando: - Poxa vida não se salvou nada dessa, dessa afirmação aí, né? “Realizando experiências cuidadosas descobriu uma maneira de calcular o empuxo”

P1 – naquela outra parte que tem ali, líquidos que, de novo, vai passar muito batido, né?

MINISTRANTE 2 – pois é, aí tá especificando pra líquidos, né?

P1 – pois é, eu acho que a melhor ressalva pra isso foi daquele outro livro lá, né? O que eu esqueci o nome, meu Deus é muito nome de livro.

MINISTRANTE 2 – aquele que ...

P1 – faz a ressalva de fluido, embora entendido por Arquimedes apenas como líquido valia pro nosso conceito de fluido, de líquidos e gases.

MINISTRANTE 2 – aquele coloca pra fluidos, né? Diz que fluidos no sentido de Arquimedes era só líquido (né?) e no nosso não. Pois é esse aí inclusive então parece que o princípio de Arquimedes só é válido pra líquidos. Não é isso?

P1 - é isso.

MINISTRANTE 2 - é isso exatamente. Se a gente fosse notar ponto de vista histórico do que Arquimedes disse tudo bem, mas não é ponto de vista Físico atual, né? Então tá, também tá esquisito.

P4 - depois dessa afirmação em verde, depois desse texto em verde ele ainda reforça (né?) que Arquimedes descobriu esses fatos por meio de experiências muitos anos antes de Newton, né? Ele reforça que teve experimentos pra isso.

MINISTRANTE 2 - descoberta pelo experimento, né?

P1 – eu não tinha vista isso não. Tinha esquecido talvez. Acabei de notar.

MINISTRANTE 2 – descoberta pelo experimento, basicamente o empirismo-indutivismo aí. Pois é gente, tá ruim o negócio aí. [*risos*] Esse realmente tá...

P4 - acho que foi a palavra, as palavras mais faladas nesse curso foi empirismo-indutivismo. [*risos*]

MINISTRANTE 2 – [*sorrindo*] é complicado, né? É difícil a gente não falar, é quase como se a gente tivesse vendo... a gente pudesse dar um troféu para o pior, né? Era esse livro aí porque esse tá superando todos... eu não sei, pra mim tá um dos piores até agora.

P4 - no começo já tem isso tudo.

MINISTRANTE 2 – quem sabe nos outros conteúdos de Física ele não traga uma, uma História da Ciência bem interessante. Filosoficamente também não fique no empirismo-indutivismo, mas é difícil. Pois é gente Luz, Álvares e Guimarães é isso que esse livro traz. Das minhas anotações aqui seria isso.

P4 – tudo aprovado, né isso? Pelo PNLD?

MINISTRANTE 2 - todos aprovados. Depois nós vamos até comentar isso com vocês e passar algumas informações.

MINISTRANTE 1 – esse nem tem manual né?

MINISTRANTE 3 – deixa eu só fazer uma observação.

MINISTRANTE 2 – você ia comentar alguma coisa MINISTRANTE 3?

MINISTRANTE 3 – sim, só comentar a MINISTRANTE 1 passou aí, não sei se vocês viram um balão? Quer dizer há uma incoerência interna no livro.

MINISTRANTE 2 – que só cita líquidos, né? E agora... de repente gases.

P4 – agora aparece gases.

MINISTRANTE 3 - ele fala líquido, fluidos líquido, né? Mas duas páginas depois então eles fazem (né?) apresentam uma exemplificação de um balão subindo na atmosfera. Portanto há uma incoerência interna aí na construção textual, na validade do princípio e quando a gente fala (né?), como a MINISTRANTE 2 bem colocou, de dar uma apresentação contextual histórica não, não se quer dizer com isso que vai se negligenciar a atualização do conhecimento Físico. Não no livro, o livro didático deve apresentar o conhecimento físico sim com a validade atual e, é uma soma situado. Isso está no PNL, lembre que é um dos critérios: situado tendo as condições de produção situados historicamente isso que importa é uma soma, é um equilíbrio né? Aquilo que que P1 vem mencionando desde, desde a reunião passada tem que se buscar o equilíbrio. Então esse livro assim, falha tanto do ponto histórico quanto ponto de vista físico. Supera inclusive a falta de atualização ou de apontamento dos limites do enunciado que é bem utilizado atualmente (né?), mas que os limites do anunciado não são apontados e não há atualização lá do trabalho de Silveira e Medeiros que a gente perceba aí nos livros didáticos, né? Então assim, esse supera nesse sentido (né?) tanto do ponto de vista histórico quanto do ponto de vista físico há falhas. Algumas linhas (né?) com algumas expressões são boas (né?), mas em geral acaba não tendo... perdendo seu valor, né? Dizer que as experiências foram cuidadosas? Bem, que bom que aponte que há um cuidado na construção do conhecimento científico, por outro lado que experiências são essas, né? Como já tem se questionado. [risos] Então há falhas mesmo de maneira generalizada nesse exemplar didático.

MINISTRANTE 2 – impressionante (né?) essa questão dos líquidos e dos gases, o princípio é colocado somente com validade pra líquidos aí de repente você vê algumas páginas depois um balão e afirmando aí “essa mesma análise nos permite concluir que”, não. (Aonde tá aí?) “Podemos também concluir que um balão sobe na atmosfera porque sua densidade média é menor do que a do ar.” Uma confusão enorme.

MINISTRANTE 3 – e assim é... e aí falando de um modo geral, sabe MINISTRANTE 2? Isso serve a nossa compreensão também do porquê não, não surgem aí aqueles argumentos geométricos, né? A gente viu a dificuldade de compreensão da fonte primária e também a de se pensar que nós estamos no século XXI inserindo um conteúdo para estudantes da Educação Básica no século XXI e, que o paradigma científico contemporâneo tem as formulações algébricas como muito importantes. Então o que existe é uma substituição de abordagem de acordo com o paradigma científico contemporâneo para utilizar termos aí do Thomas Khun, né? Isso precisa ser reconhecido (né?) quando a gente vai analisar pra também não assumir que tinha de ser uma abordagem geométrica e não algébrica. Também não é assim, não é?

MINISTRANTE 2 – mas a gente acabou de ver também um exemplar que conseguiu, em termos de... da argumentação, do raciocínio expressar o que o Arquimedes teria feito sem a parte algébrica nossa atual. Enfim é possível fazer essa transposição. Vamos ao recorte do Pietrocola, foi o último?

MINISTRANTE 3 – é o último.

MINISTRANTE 2 – o último que ficou faltando?

P1 – esse Pietrocola, é o mesmo do artigo que você me indicou MINISTRANTE 3?

MINISTRANTE 2 – por incrível que pareça é.

MINISTRANTE 3 – é ele. P1 se decepcionou MINISTRANTE 2. [risos]

P1 – é que ele fala tão bem rapaz.

MINISTRANTE 1 – ele falou pesaroso.

MINISTRANTE 2 – P1, tem um outro exemplar que a gente já analisou aí que o autor também, um dos autores também tem formação em História da Ciência, um desses que a gente criticou tanto.

MINISTRANTE 3 - foi o primeiro de hoje, né?

MINISTRANTE 2 – foi o primeiro, né?

MINISTRANTE 3 – foi.

MINISTRANTE 1 – o Guimarães, né?

MINISTRANTE 2 – mas deixa eu só dizer uma coisa a favor do Pietrocola também, tá? Só pra dar uma algo a favor. As edições originais, as primeiras edições desse livro elas eram muito mais... os volumes eram maiores, eram mais extensos tá? Então as primeiras, primeiras tentativas do Pietrocola e do grupo dele de publicar material didático, que também não são há tanto tempo atrás, os exemplares eram mais extensos havia muito mais conteúdo de História da Ciência. A gente sabe que ele tem formação em História da Ciência, orienta trabalho de História da Ciência, é um bom autor de trabalhos acadêmicos, então por que a gente encontra o material nesse estado né? Houve uma pressão da editora pra redução dos livros dele, então com o passar dos anos eles foram retirando muita coisa, não só da parte histórica, mas outras questões interessantes acabaram ficando de lado. Então o livro tá nesse formato hoje que a gente encontra, que na minha opinião assim perto do que era ficou um tanto quanto desfigurado, tá? Não é mais um livro com uma abordagem histórica (né?) que se... que era a proposta inicial a gente vê então isso aí no caso do princípio de Arquimedes e aí pra espanto (né?) a gente fica pensando: - Poxa é o mesmo autor? É, é o mesmo autor daquele artigo acadêmico e desse material didático.

MINISTRANTE 3 – eu vou comentar que esse material didático eu decidi adotar (né?) no último... no PNLD 2018 e nós usamos ele. Existem episódios bem (né?) com a inserção didática da História da Ciência bem robusta mesmo, mas não é o caso para o princípio de Arquimedes. [risos] E é aquele mesmo cuidado pra não julgar também toda obra somente a partir desse episódio, viu P1? Tem um ‘mas’ aí [risos]

P1 – mas.

MINISTRANTE 3 - não é só isso que tem de História da Ciência na coleção didática. [risos]

MINISTRANTE 2 - a parte, por exemplo, da revolução científica (né?) do, do heliocentrismo e do geocentrismo, né? É bem explorada, né MINISTRANTE 3?

MINISTRANTE 3 - é sim, muito bem explorado.

MINISTRANTE 2 – pois é.

P1 – eu fiquei pensando porque... acho que foi né? Pietrocola disse: - eu vou ficar até com vergonha de falar alguma coisa de Arquimedes aqui que não vai dar nem tempo de explicar, né? Aí ele nem botou, ele botou: empuxo é isso e ponto. Cabou-se.

MINISTRANTE 2 – mas assim, não tem a mínima sutileza, né? Olhem o segundo parágrafo que aparece aí.

P1 – por Arquimedes. Que Arquimedes? O mesmo das alavancas. Pronto. É como Arquimedes, acho que é parecido do empuxo e das alavancas.

MINISTRANTE 2 – essa constatação ficou conhecida como princípio de Arquimedes é tudo aquilo então, P4 voltando ao empirismo-indutivismo, né? É tudo ali carregado. P7, também usa P7 esse livro? Tá dizendo aí no chat pra gente. É...

P1 – vale a pena falar, de novo, aquela ressalva no final (né?) no manual do professor, uma certa orientação quanto a isso, né? Que eu acho que é essa a ideia do, do manual serve mais pra guiar o pensamento do professor, pra ele se aprofundar. A gente sabe que não tem tempo (né?), então você se aprofunda em uma parte num ano, se aprofunda em outra parte em outro ano (né?) E aí você vai construindo seu conhecimento aos pouquinhos, então acho que servia uma ressalva (né?) pra professores sobre esse assunto porque ele é tão curtinho (né?) no livro.

MINISTRANTE 2 – bom, nesse exemplar a única passagem que remonta a História da Ciência é isso: “o cálculo dessa grandeza definido por Arquimedes.” Vocês notaram alguma outra passagem que trate História da Ciência aí nesse exemplar? Nesse, pra esse conteúdo físico, né? Então o cálculo dessa grandeza foi definido por Arquimedes, acho que já tá bem claro pra todo mundo (né?) que não é questão de cálculo que ele fez né? E e aí tem toda aquela, aquela narrativa: “sofre empuxo igual ao peso do volume do líquido deslocado” É o enunciado tradicional essa constatação ficou conhecida como o princípio de Arquimedes ponto. Então é uma constatação por meio de um experimento (né?), uma observação. Enfim gente é isso que a gente tem no exemplar que se diz (né?) com uma contextualização histórica.

MINISTRANTE 3 - e eles nem delimitam o enunciado também nesse caso, né MINISTRANTE 2? Ou estou enganado?

MINISTRANTE 1 - acho que não.

P1 – não, delimita não. Deixa no texto corrido, né? Também não faz nenhuma ressalva sobre vetor. Bota aquelas figuras tradicionais mesmo de peso, de empuxo, de bacia d'água.

MINISTRANTE 2 – é só isso mesmo, não tem mais nada. Bom, gente com isso concluímos então análise dos 12 exemplares. Os doze exemplares de livros didáticos que a gente tinha é... a gente já analisou, já comentou aqui. Então agora vamos pra alguns detalhes que fazem diferença pra gente pensar um pouquinho no que pode estar chegando ao aluno. A gente tem esses doze exemplares, os doze exemplares é... Eles foram analisados por especialistas, eles foram analisados por especialistas e foram então aprovados no Programa Nacional do Livro Didático. Pra gente ter uma ideia, trouxemos alguns dados aí, tá? Então olhem, a coleção do Bonjorno, ela foi, ela esteve com maior número de livros adotados em 21 estados. Vejam o que acontece em 21 estados brasileiros adotaram é... foi a coleção mais adotada em 21 estados o exemplar do Bonjorno. Só pra gente recordar (né?) o exemplar do Bonjorno é um desses que trazem o princípio de Arquimedes de uma forma ahistórica (né?) sem História da Ciência, ele traz toda aquela, aquela característica do empirismo-indutivismo.

MINISTRANTE 1 – eu vou mostrar a resenha que o próprio guia do PNLN faz sobre o livro do Bonjorno.

MINISTRANTE 2 – espera um pouquinho MINISTRANTE 1, antes de você colocar essa resenha deixa eu só fazer mais alguns comentários sobre ele a partir da nossa análise, tá? O exemplar do Bonjorno que foi adotado em toda essa parte azul aí do, do mapa (né?) que a MINISTRANTE 1 trás, ele então é um daqueles que trazem o princípio de Arquimedes nos moldes de uma história Pedigree, atribui toda a paternidade do empuxo ao Arquimedes a verificação experimental (né?), ele traz a matematização e diz que Arquimedes foi o primeiro que constatou as características de empuxo. É... vem aquela questão do *insight* (né?), vem a referência a astrônomos, mas não diz que conexão o Arquimedes tinha em relação a esses astrônomos e personagens importantes da Matemática, não relaciona isso ao trabalho do Arquimedes em si. Não apresenta o relato do Vitruvius, nesse exemplar ele não traz o relato vitruviano, mas uma obra de divulgação científica que ele recomenda que os alunos leiam traz sim o relato vitruviano, tá? Então esse, esse é um resumo sobre o que a gente notou na análise específica sobre o princípio de Arquimedes nesse exemplar do

Bonjorno que é o mais adotado no país. Não traz a versão do Vitruvius, mas manda o aluno ler divulgação científica que traz. Traz história Pedigree, atribui tudo ao Arquimedes não tem uma contextualização histórica. Esse é o panorama. O que que a análise do PNLD trouxe? Você vai mostrar pra gente sobre ele?

MINISTRANTE 1 – deixa eu abrir a guia porque são várias...

MINISTRANTE 2 – pode abrir depois, pode deixar por enquanto. A coleção que aparece aí em rosa é a segunda mais adotada é a do Barreto e outro autor, tá? Barreto e Xavier, essa, essa coleção que tá sendo adotada aí em rosa (né?) é aquela coleção que... deixa eu ver aqui o resumo. Ela traz uma tentativa bem interessante de transposição didática da História da Ciência. Pegar aqui meu resumo. Essa coleção do Barreto então que é a segunda mais adotada, ela traz uma narrativa que se refere ao, ao Arquimedes, não atribui o enunciado do teorema explicitamente ao Arquimedes. Ela traz, traz a abordagem do episódio histórico Arquimedes e a coroa do rei, ela traz esse episódio, ela traz a narrativa do Vitruvius e ela transcreve trechos do artigo do Roberto Martins. É aquela que propõe três atividades para os alunos em uma delas pede que o aluno pesquise sobre a densidade do ouro e da prata, né? Pede que com o auxílio, mediação do professor se tente calcular o volume de água deslocado pelas diferentes coroas, a coroa de ouro e a prata. Pede que em grupo os alunos façam uma balança hidrostática e que isso seja discutido com a mediação do professor e que se discuta se esse mecanismo pode ter sido utilizado para determinar a veracidade da coroa. Então é aquela que tenta realmente fazer uma transposição didática a partir do texto do Roberto Martins. É uma atividade que eles propõem a partir do texto que coloca o aluno numa atitude ativa (né?) em relação a balança hidrostática, a ver uma discussão, a ver se esse instrumento pode ter sido utilizado no caso do episódio da coroa do rei e tudo isso aí vai depender muito da mediação do professor. Então a gente tem dois, os dois primeiros colocados aí em distribuição no programa do livro didático trazem abordagens bem diferentes. O primeiro, aquela tradicional, ahistórica (né?) com viés empirista-indutivista. A segunda não, a segunda tenta realmente uma transposição e, é uma transposição interessante com atividade interessante pro aluno e dependendo bastante da mediação do professor. E a gente observa, eu não sei se vocês tinham essa noção. Vocês tinham essa noção gente? De que na distribuição de livro didático é tão desigual assim, um exemplar é tão mais distribuído que o outro? Tinham noção desse mapa?

P4 – eu não fazia ideia disso. Eu não, eu não tenho noção nenhuma disso.

P1 – eu tinha noção de que não era o mesmo livro que era adotado em todas as escolas.

P4 – isso, mas não com essa diferença toda, né? Uns com tanto, outros com tão pouco, né?

MINISTRANTE 2 – é gritante, né? É gritante a diferença, praticamente o exemplar do Bonjorno dominou tudo, né?

P4 - tem explicação pra isso gente?

MINISTRANTE 2 – então, tem algumas. Bom, a gente vê aí uma lista dos outros (né?) e vê que eles atingiram preponderância em poucos espaços. Não quer dizer que esses outros exemplares não estejam espalhados pelo Brasil inteiro (né?), isso é uma questão de predomínio, tá? Então os exemplares que estão em amarelo, azul claro e rosa eles entraram aí pelo mapa do Brasil, mas o predomínio aí é do Bonjorno nesses que estão em azul forte, né? Eu até acho que esse mapa que, pode, pode ser um pouquinho enganoso nesse sentido da gente pensar que só o exemplar do Bonjorno está no, no, no Pará, né? Mas não é. Não quer dizer isso, quer dizer que ele é o é mais adotado aí. Mas enfim, algum de vocês têm visão sobre como ocorre esse processo de escolha do livro didático? O que é... como é feita essa distribuição?

P1 – só tenho rumores, né? Eu acho que... teve uma escola técnica que eu trabalhei com o PIBID que foi: vamos ter uma reunião e ler alguns livros. Algumas editoras trouxeram exemplares e a gente vai analisar aqui internamente na escola e, dizer qual é que a escola vai adotar. Como é uma Escola Técnica Estadual eu não sei se isso é válido só pra aquela escola (né?) ou se valia pra outros, pras demais. Se cada uma escola dá um veredito e se faz assim, mas pelo que eu entendi os professores tinham uma participação que iam ler o livro e que iam aprovar ou não.

MINISTRANTE 2 – pois é, existe realmente esse, esse processo. Alguém tem mais algum dado sobre esse processo? Já participou dessa seleção? P4 não? P4 dá aula em escola particular, né isso?

P4 – sim, sim. Duas particulares, duas privadas.

MINISTRANTE 2 – é material apostilado?

P4 – é, lá eles adotam material próprio. Sistema próprio.

MINISTRANTE 2 – você chegou a ver se tem o princípio de Arquimedes nessas apostilas? Como é que é?

P4 - eu não vi professora, não vi.

MINISTRANTE 2 – você chegou a ver nesse material se tem o princípio de Arquimedes? Como aparece?

P4 – sim, é a versão vitruviana, História quase zero. História da Ciência passa embaixo resumido e exercício. Resumo, exercício e tudo. E o outro é a história também meio caricatura, meio caricata e mais exercícios. É bem fraco em relação a História.

MINISTRANTE 2 – fraco, né? Pois é, em relação a gente tem várias escolas particulares então que adotam material apostilado algumas escolas particulares também adotam esses livros que a gente citou aí do PNLD também, mas em relação à distribuição dos livros didáticos o que ocorre é que primeiro há essa análise por especialistas. Aí a MINISTRANTE 1 tá projetando no Portal do MEC, né?

MINISTRANTE 1 – é a página do FNDE, ele vai trazer todas as guias... todos os guias do PNLD dos anos anteriores, então tem de 2018 já tem de 2020 e, também tem como as escolas, quais são... o passo a passo (né?) pras escolas se candidatarem pra fazer a análise e seleção dos livros.

MINISTRANTE 2 – entra aí no da Física pra gente ver.

MINISTRANTE 1 – vou entrar no guia digital, tá certo? Então em relação ao guia digital do PNLD 2018, ele vai... atrás qual que é o processo (né?) como é que faz, como é que as escolas tem que proceder, traz alguma coisa da legislação...

MINISTRANTE 2 – bom, o que que acontece então gente...

MINISTRANTE 1 – é a parte burocrática, né? Mas você pode ver que cada livro que foi aprovado, ele sofreu uma resenha.

MINISTRANTE 2 – aí que eu queria que você chegasse, mostra aí pra gente.

MINISTRANTE 1 – especificamente, vamos lá no Bonjorno que foi o primeiro.

MINISTRANTE 2 – mostra pra gente que tem um quadro que aparece todas as resenhas ao mesmo tempo a gente olha assim e vê todos os livros. Você consegue?

MINISTRANTE 1 - é esse daqui vocês estão vendo? Aparecem todos os livros, todas as capas.

MINISTRANTE 3 – não, sua tela congelou MINISTRANTE 1.

P4 - ainda tá no programa... isso.

MINISTRANTE 3 – aí.

MINISTRANTE 1 – foi?

MINISTRANTE 2 – deixa eu explicar um pouquinho sobre isso gente. O quê que acontece aí, tá? Os analisadores do PNLD que são geralmente professores de universidades (né?) são convidados pra fazer essa análise. Eles recebem os livros de Física sem a capa, sem autores, sem identificação do livro. Então os analisadores recebem isso e fazem um relatório. Cada analisador recebe e faz um relatório e ele trabalha com um par, tem um outro analisador que também tá analisando esse mesmo livro sem que eles se conheçam, sem que eles entrem em comunicação, tá? Então cada uma análise independentemente o primeiro, o mesmo exemplar. Depois que essa análise tá pronta isso é reunido e aí se chega a uma análise mesmo do livro didático, vê-se as divergências, as convergências e tudo então você chega a uma análise. Com base então nesse tipo de análise são aprovados alguns exemplares, tá? Então com base nisso. Então é um processo às cegas (né?) no sentido de que você não sabe quem é o seu colega que tá analisando e você também não tem informações sobre quem é a editora, quem é o autor... você não tem essas informações, você recebe lá. Aí o que acontece? Pra cada livro desses aí existe no Portal do MEC uma resenha dizendo se o livro tem ênfase na matemática, se o livro traz uma abordagem histórica, se o livro se preocupa com a natureza da ciência tem aí uma pequena resenha, tá? Diga P4.

P4 - mas aí no caso o professor avaliador tem que ter um certo conhecimento já (né?) em História da Ciência e tudo mais pra poder fazer uma avaliação nesse sentido?

MINISTRANTE 2 – então, quando o livro didático vai lá para escola seria obrigatório ter essa resenha em papel para os professores ou pelo menos que os professores fossem alertados de que existe essa resenha no portal do MEC, tá? Então em primeiro, a primeira questão é que os professores nem sabem da existência dessa resenha. Não é avisado a eles que existe essa resenha. Essa resenha, ainda tem o passo da compreensão do professor (né?) como você tá colocando aí, mas o fato é que eles nem sabem que existe essa resenha. Essa resenha pode apontar erros conceituais, por que? O livro didático ele não é perfeito né? Ele, ele recebe uma certa pontuação, mas ele tem seus problemas (né?) tem os pontos fracos, pontos fortes e, às vezes, aparece algum problema conceitual e isso é discriminado aí. Então infelizmente os professores desconhecem a existência dessa resenha no portal do MEC. E se conhecessem? Se conhecessem eles conseguiriam entender o que tá dizendo aí nessa, nessa avaliação? De modo geral sim, tá? Porque é explicado de uma forma que que é bem interessante, bem próximo daquilo que o professor consegue então compreender, tá? Então quando a gente fala natureza da ciência aparece aí uma explicação sobre o que é, se enfatiza a cooperação não aparece só o termo técnico (né?) natureza da ciência. Então aí é descreve, por exemplo, onde tem História da Ciência se é em box, se é no meio dos conteúdos, de que forma ela ocorre, se é ao longo de toda obra, se é em biografias que não são adequadas, às vezes, eles colocam olha: - o livro traz a História da Ciência somente em biografias que podem enaltecer, podem dar uma glorificação ao cientista porque algumas dessas biografias que foram localizadas não são adequadas, tá? Algumas biografias que eles localizaram, olha aí a MINISTRANTE 1 tá apontando uma aí “a história dos cientistas e discussões sobre a evolução dos conceitos da Física podem ser encontradas, em especial, na sessão a história conta embora nem sempre sejam relacionados diretamente aos temas da unidade em que estão inseridos esses textos podem ser explorados em discussões que promovam a compreensão da ciência como construção humana.” [leitura de trecho disponível na página do FNDE] Então esse exemplar ele tem alguns momentos (né?) que caminham pra essa direção tem discussões sobre CTS, ciência, sociedade e ambiente, né? Então há essa resenha e ela de certo modo ajuda. Comenta sobre o manual do professor, agora infelizmente o professor costuma desconhecer esse material e não olha ao fazer essa, esse momento aí que o P1 citou, esse momento que tem na escola pra escolha do, do livro didático então isso não chega ao professor, tá? E é claro que também tem um ponto que, essa análise que aparece aí, ela é geral. Ninguém vai fazer o trabalho que a gente fez aqui de pegar o princípio de Arquimedes e aí comentar sobre como ele aparece, se tem abordagem histórica, se tá adequado. É uma análise geral de como aparece a História da Ciência, mas também pega outros pontos como a experimentação aparece nesse livro? Que tipo de experimentação tem? Então que tipo de atividades são propostas ao aluno? Então é interessante visualizar essa, essa ficha. Agora nada como professor olhar o próprio livro (né?) e notar o que aparece ali, ter uma visão crítica sobre esse livro pra escolher (né?) o livro que ele gostaria que adotasse na... Pois é P1 existem essas resenhas, existem. Olha a proposta de atividade experimentais, então cada um desses exemplares (né?) a MINISTRANTE 1 mostrou aí as capas se você clicar na capa vai pra análise daquele exemplar (tá?), então todos eles aparecem. No caso do Bonjorno diz que realmente a ênfase é, é... a ênfase é matemática, tá?

MINISTRANTE 1 – fala logo no começo aqui. “A principal ênfase está atribuída aos exercícios quantitativos.”

MINISTRANTE 2 – então por aí você já tem uma cara de como é esse material didático. Aquele professor que prefere o material com ênfase em História da Ciência já pode, pela cara aí do, por essa resenha já escolher um que tenha alguma ênfase então e olhar como a História da Ciência se apresenta nesse material, ou o professor muito interessado em experimentação pode olhar essas resenhas, né? E de repente: - Eu quero um livro que tem uma experimentação interessante. Eu vou olhando o exemplar as resenhas que aparecem daí eu já vou buscando quais seriam os de mais interesse para mim. O quê que acontece então quando o professor não escolhe? Que aí é um outro ponto se o professor não escolher, se aquela escola não escolher é repassado pra escola aquele que é o mais adotado na região, então pode-se até explicar (né?) com isso o fato de um livro ser tão adotado porque muitas escolas não mandam o resultado da análise que foi feita na própria escola, ou ainda acontecem casos em que os professores de uma escola selecionam material e não é esse que é informado à secretaria de educação. Alguma coisa acontece no meio do caminho que a gente não vai comentar o que é, mas a gente já pode pensar o que, né? Mas alguma situação acontece aí no meio do caminho que o professor seleciona o material e o informado é outro, que ruído aconteceu aí no meio do caminho fica na nossa imaginação, né? Diga aí MINISTRANTE 3.

MINISTRANTE 3 - só contando um pouquinho da minha experiência, né? Foi o PNLD 2018, eu iniciei a lecionar em 2016, né? Então eu não fiz a escolha no PNLD anterior o primeiro em que eu fiz a escolha foi o PNLD de 2018 e, a gente aguarda as editoras virem com o material de distribuição gratuita, material específico para os professores conhecerem as obras né? Eu lembro de uma editora que chegou com material no dia anterior a escolha final quando a gente já estava há um tempo fazendo análise. Eu simplesmente nem toquei no material mais poderia ter sido melhor possível, mas eu não teria condições de fazer análise de um dia pro outro, a análise de material em si. O que foi que eu fiz? Eu recorri a todas as resenhas e já tinha em mente a partir da, do meu interesse (né?), da formação que eu estava buscando seguir, orientado pela MINISTRANTE 2 no mestrado também a partir de 2016 já tinha interesse em um material que trouxesse uma abordagem histórica e, eu percebi que o material de Pietrocola e colaboradores era o que traria melhor benefício a abordagem que eu adote. Não que seja do início ao fim, somente inserção de História da Ciência, certo gente? A gente tem buscar também equilíbrio nas nossas inserções, nas nossas abordagens. Bem, então aí eu li os, os, as resenhas e eu não precisei olhar detalhadamente... imagine são 12 coleções, são 36 livros, 3 livros de cada coleção, que professor dá conta disso em duas semanas? Não tem como ver detalhadamente gente e já houve uma equipe de profissionais especialistas que fez a análise geral, então a gente olha primeiro a resenha, como a MINISTRANTE 2 disse a maioria dos professores sequer conheciam que existiam essas resenhas, eu busquei lá no, no portal do FNDE e eu só fui buscar aqueles que pelos quais eu já tinha tido interesse (né?) com a concordância também da minha colega, né? Nós somos dois, eu e a Sueli, lá não Ateneu e nós olhamos apenas aqueles materiais dentro dos quais nós já tínhamos interesse, não dá conta de ver tudo e aí pode ser que a editora não chegue, como uma chegou no dia anterior, a todas as escolas. E aí vai ser encaminhado... e não tem como a escola fazer uma escolha do livro que ela sequer tem, tem acesso (né?) e os professores também não sabem que existe a resenha pra fazer uma escolha (né?) mesmo que sem, sem, sem... tenha visto o material didático. Bem, são muitas variáveis agora isso pode, pode ser ah.... pode-se dizer categoricamente que o que tem chegado é uma abordagem histórica porque o Bonjorno é o mais adotado? Não, não necessariamente, né? É o mais adotado, mas pensa vocês estão, vocês tiveram acesso a 12 recortes de livro didático por que? Porque eu tive acesso a esses doze recortes por ocasião do PNLD, então quando a gente tem acesso a gente vai ter acesso a todos os livros e, às vezes, um aspecto que não está bem trabalhado, por exemplo, ênfase na matemática em um conteúdo do Pietrocola, eu recorro ao Gaspar, por exemplo. Porque eu acho que um determinado conteúdo abordagem lá é mais adequada, vetores é um exemplo disso, eu recorro ao Gaspar. Então porque é mais adotado o Bonjorno não necessariamente significa que tudo que está assim em maioria, na quase totalidade do Brasil que se chega a uma abordagem ahistórica, mas há um indício forte disso. Há um indício muito forte disso, mas bem existem muitos materiais a disposição, é preciso reconhecer que o professor é um sujeito leitor, que não se vive também uma ditadura de livro didático (né?) que a gente precisa se limitar somente aquilo que nós adotamos e nada mais. Estamos presos agora na adoção lá do PNLD 2018. [*faz gesto como se estivesse usando antolhos*] Será que a gente não pode levar para o chão da escola um produto educacional de mestrado, por exemplo? Percebem? Então nós temos indícios muito fortes, mas o que está chegando efetivamente? Nós não fizemos pesquisa nesse sentido, o que está chegando efetivamente no Brasil como

um todo? Não podemos afirmar, mas há indícios muito fortes de que uma abordagem ahistórica esteja alcançando os nossos estudantes de um modo geral.

MINISTRANTE 2 – pois é MINISTRANTE 3, acho que aí você já deu alguns, algumas dicas, já fez alguns comentários (né?) no sentido de que, do que, daquela resposta, né? O quê que a gente pode fazer enquanto professor a partir desse panorama né? Talvez o livro didático que a gente esteja usando seja um livro que traz alguma abordagem do princípio de Arquimedes com a qual a gente não concorda. Talvez a gente use uma apostila que traga uma abordagem do princípio de Arquimedes que a gente tenha visto que não seja não é legal né? Então quem sabe a gente não pode recorrer a outros materiais? Recorre (né?) a alguma mescla de coisas que saem de diferentes livros didáticos aí pra construir então uma abordagem do princípio de Arquimedes? E é claro que como a gente falou aqui, a gente não vai conseguir fazer isso em relação a todos os conteúdos físicos de uma hora pra outra e além do que não é só abordagem histórica que a gente tem que se preocupar (né?) existem outros aspectos. Então como professor são muitos aspectos que interessam e a gente vai então construindo isso ao longo de uma carreira, de repente eu quero usar uma experimentação interessante pra um determinado assunto de Física, meu livro didático não tem, e aí eu vou em busca de outros materiais. Em busca, como MINISTRANTE 3 colocou aí, de produtos educacionais de mestrados profissionalizantes (né?) que trazem sequências didáticas, propostas interessantes pra sala de aula. Talvez seja uma alternativa pra gente pensar no que fazer como professor diante desse, desse panorama que a gente tem tá? Então vocês (né?) que participaram dessas discussões têm alguma sugestão? Então como é que a gente deve lidar com um esse panorama que a gente viu? Alguma sugestão aparece?

P1 – eu acho que pra cumprir tudo que a gente já discutiu várias vezes, livro não é tudo né? Eu acho que, eu vou refletir, de novo, vou ter que ver sobre esse texto da matemática como linguagem, né? Porque eu acho que existem dois sistemas hoje (né?), existem pessoas que são muito boas com matemática e existem pessoas que são muito boas com português e que, normalmente, são excludentes, né? Não gostam muito da outra, né? E às vezes eu me vejo numa situação que eu prefiro tá passando mais com o português (né?), mais escrito, mais com histórias porque os alunos têm uma repulsa por Física acho que talvez seja natural, mas que não faz sentido deixar de lado a parte matemática (né?) ela tem que vir, ela é uma linguagem, ela faz parte da linguagem que descreve a Física, né? Eu acho que tem que ser buscar o equilíbrio nessas duas coisas (né?) tentando ponderar qual parte é mais cabível cobrar aqui, qual parte não.

MINISTRANTE 2 – pois é, isso também vai, vai caber, esse tipo de análise, para cada conteúdo, né? A resposta também não é a mesma pra cada, pra todos os conteúdos de Física, né? De repente a gente vai, vai pender pra um lado em relação a um conteúdo, pra um conteúdo a gente vai achar que cabe uma abordagem histórica pra outro a gente vai achar que essa abordagem não é tão relevante assim, (né?) tão fundamental assim e, por aí a gente vai (né?) tentando se equilibrar nessa carreira de professor.

P1 – é, pois é veja por exemplo... por exemplo o meu foi que nessa pandemia é... começou em meados da unidade que eu ia trabalhar leis de Newton, né? Trabalhei, e haja vetor e haja pessoa pra chorar com vetor porque é pra chorar mesmo, né? Pro pessoal é uma linguagem nova, a pessoa chora. Eu sei, eu entendo (né?), mas foi dado. Eu tentei cobrar menos (tá?), mas eu não posso deixar uma pessoa chegar zerado em Física 3, que ela vá dizer: -Força elétrica? Campo elétrico? Vetor? Que isso? Que seta é essa? Não dá para deixar uma pessoa chegar zerado disso de... pelo menos eu digo: - Olhe, eu falei. Eu falei. Vocês fizeram exercício. Teve uma questão desafio, né?

Você tem que tentar falar pro lado emocional do aluno (né?), mas acho que não dá pra deixar ele chegar zerado nem em uma, nem outra coisa né?

MINISTRANTE 2 - P1 você dá aula onde?

P1 – eu dou aula em uma escola particular, escola de bairro. Eu tô em Recife, Pernambuco.

MINISTRANTE 2 – ah, você está em Recife, legal. Vejam que engraçado que o ensino remoto possibilitou pra gente esse tipo de oportunidade, né? Você tá aí em Recife, a gente tá aqui em Natal. Acho que P4 tá em Natal também, né? E a gente tá podendo conversar a respeito de tanta coisa.

P4 – imagina nessa pandemia essas aulas virtuais deram até mais brecha pra gente trabalhar mais com a parte histórica da ciência do que com essa parte mais matemática, né? Dá pra dar uma, uma aliviada vamos

ver assim, né? Como P1 falou (né?), não tem como cobrar com toda aquela exigência, mas dá pra encaixar muito a História da Ciência nessa parte, trazer uma parte mais, mais humanizada da Física, acho que dava mais certo. É uma oportunidade boa, uma oportunidade massa.

MINISTRANTE 2 – é nesse contexto tivermos nossos aspectos positivos e negativos, né? A gente tá tentando avaliar tudo isso que tá acontecendo, né? Bom, gente mais algum aspecto que a gente queira comentar?

Eu acho que o resultado das discussões aqui foi muito bom, muito produtivo, tá? Acho que a gente conseguiu fazer uma boa análise de todo esse material, de todos esses 12 exemplares eu acho que a gente conseguiu, realmente, ter alguma noção de como o princípio de Arquimedes vem aparecendo nesse, nesse, nesse livro didático (né?) que era o nosso objetivo aqui, tá? Esse tipo de análise, é claro, que a gente pode fazer pra outros conteúdos, recentemente, a gente tem feito pro princípio de Pascal também, né MINISTRANTE 3? A gente tem feito também pro princípio de Pascal. A gente estudou os originais do Pascal (né?) e o contexto, os originais do Pascal e a gente fez... ah! eu posso...

P4 – eu acho que a senhora já me falou alguma vez sobre isso, até a parte da medição (né?) em certas alturas que não rolava muito certo. Era esse?

MINISTRANTE 2 – é tem esse também, a gente fez uma... a gente fez uma análise (né?) recentemente sobre o princípio de Pascal agora nos livros didáticos do PNLD 2018, mas a gente também fez uma análise do princípio de Pascal nos livros de ensino superior em inglês das universidades que é... os livros mais adotados fora do Brasil, tá? Pro ensino superior, pra engenharia, pro bacharelado de Física então a gente estudou o princípio de Pascal nesses livros. Vou ver se eu mando o artigo pra eles MINISTRANTE 3, pra eles darem uma olhada no princípio de Pascal no ensino superior, no caso do PNLD ainda não saiu não.

P4 - vai dar curso de extensão? [risos]

MINISTRANTE 2 – é, é uma boa.

P4 – é uma ideia.

MINISTRANTE 2 – no caso, no caso do Princípio de Pascal... aí P1 também ia gostar, viu P1? A gente contou com a participação de um físico que analisou a parte conceitual então foi o que...

P1 – eu acho que esse foi o terceiro curso de extensão (né?) que eu acho por aqui e vem a pergunta: - Qual é o próximo? Estou catando cursos, né? Olha curso EAD. Maravilha! No começo a gente não gosta, mas depois a gente faz e faz e faz com gosto.

MINISTRANTE 2 – então vou ver se a gente monta um sobre Princípio de Pascal, acho que o professor... P4 você foi aluno do professor Dory Hélio?

P4 – fui, do Dory Hélio sim.

MINISTRANTE 2 – ele fez com a gente a análise do princípio de Pascal. Ele fez a parte conceitual e a gente fez a parte histórico-filosófica nos livros didáticos, ficou bem, ficou bem interessante.

P4 – que ideia massa.

MINISTRANTE 2 – então é isso pessoal. Não sei se MINISTRANTE 3 quer comentar alguma coisa? MINISTRANTE 1? Mas eu queria agradecer a participação de todos vocês, tá? Foi muito bom, a gente também aprendeu bastante com os comentários de vocês, muito joia e foi bom. Então vamos ver se a gente repete em outras oportunidades.

P1 – ok, eu queria só fazer uma pergunta sobre os textos que foram passados. Eu tenho aqui a apresentação do dia 1, no dia 2, aí tem os quatro textos (né?), os dois primeiros da história do Arquimedes, os outros dois, as fontes originais de Galileu e Arquimedes. Tem mais algum fora os recortes? Que vocês...

MINISTRANTE 2 – eu vou fazer o seguinte P1, eu vou pegar os arquivos das apresentações e vou passar novamente pra vocês (tá?) por e-mail, aí vocês conferem o que vocês têm e o que vocês não têm, tá? E vocês veem direitinho, mas eu passo todos os dias, tá? De todos os encontros, tá bom?

P1 – tá ok, tá certo.

MINISTRANTE 2 – tá joia?

P4 – outra coisa professora, se tiver ideia de próximos cursos de extensão é porque meu e-mail nem sempre recebe os do, do... os e-mails da UFRN não estão chegando automaticamente (né?) o do SIGAA. Esse grupo, por exemplo, vai ficar recebendo algum e-mail informativo sobre qualquer outra, outro curso de extensão que vocês organizarem?

MINISTRANTE 2 - eu posso fazer isso, posso conservar essa lista de e-mails e mandar informações sobre cursos de extensão.

P4 – tá bom, aceito.

MINISTRANTE 2 – tá joia? Tá bom, eu vou mandar pra vocês também que eu já comentei aqui e depois eu não mandei a referência é... desse, desse episódio (né?) da narrativa do Vitruvius e da narrativa do Galileu transformados em peça de teatro, vou mandar pra vocês a referência do artigo na, da Física na Escola também (tá?) pode ser interessante.

MINISTRANTE 3 – tem o da Física na Escola (né?) e também do European, não é? Os dois, tem mais né gente? Eu não sei a P2 pediu pra mandar não sei se são esses dois ou se mais... [risos]

P4 – pode mandar tudo que tiver aí, ela vai usar na página no Instagram aí a gente vai...

[vários participantes riem]

MINISTRANTE 3 – agora assim....

MINISTRANTE 2 – depois a gente vai entrar na página do Instagram da P2 pra ver. Legal.

MINISTRANTE 3 – me doe o coração, vou dizer assim, ouvir o P1 dizendo que trabalha as leis de Newton só com vetores [risos]

P4 – vetores, era...[faz gesto como se estivesse recebendo uma facada no peito]

MINISTRANTE 3 – P1 tem um texto que foi um divisor de águas na minha vida, a MINISTRANTE 2 até comenta que... Bem, quando eu era aluno e falava sobre esse texto (né?) parece que nenhum outro aluno foi tão tocado por esse texto como eu. Então eu tô enviando... [risos]

[vários participantes riem]

MINISTRANTE 2 - Eu acho que só eu e MINISTRANTE 3 fomos tão tocados por esse texto. Eu para mim quando li esse texto P1 parece que eu descobri a luz. MINISTRANTE 3 acho que teve a mesma coisa, né?

[vários participantes riem]

P4 – depois do que MINISTRANTE 3 falou, P1 disse: - Deixa logo eu pegar o link agora. [faz gesto de estar digitando rapidamente]

MINISTRANTE 3 – [sorrindo] vou fazer isso agora, esse é o link (tá?) pro livro, né? Uma das organizadoras é a professora MINISTRANTE 2, o principal organizador o Peduzzi lá da federal do Santa Catarina, né? Então lá no Capítulo 11 você encontra um texto do Professor Roberto de Andrade Martins

tratando historicamente sobre a primeira lei de Newton. [*sorrindo*] Vamos dizer que é a primeira lei de Newton, não vamos estragar a surpresa, né? Leia aí o capítulo 11, abrace essa história, leva aí pra sala de aula...

P4 – ano que vem já é uma nova pessoa, né? Ano que vem já está convertido, uma nova pessoa... [*em tom de brincadeira*]

MINISTRANTE 3 – amanhã, amanhã ele já será uma nova pessoa [*em tom de brincadeira*]

P4 – pras turmas do ano que vem, né?

MINISTRANTE 3 – sim.

P4 - já vai ser um pregador diferente, né? [*em tom de brincadeira*]

MINISTRANTE 2 - uma coisa assim, você, você vai ter o antes e o depois da primeira lei de Newton pra você. Você vai passar a enxergá-la com outros olhos, não é MINISTRANTE 3?

MINISTRANTE 3 – pois é, encantador.

P4 - rapaz deu uma girada tão grande na coisa que meu Deus, gerou até uma curiosidade em todo mundo o, eu acho.

MINISTRANTE 2 – interessante que não só pela questão histórica, mas pra a gente entender porque o aluno tem tanta dificuldade pra entender essa lei. Acho que abriu os olhos assim [*gesticula simulando uma explosão*] pra mim deu uma luz assim porque que o aluno tem tanta dificuldade pra entender essa lei. Na hora que eu entendi a questão histórica e vi a repercussão disso o quê que essa lei significa, o que ela tentava responder aí falei: - Nossa é isso!

P4 - eu acho que é isso que falta muito não só na formação quanto na continuação da, da nossa formação eu acho que falta mais, justamente, essas coisas sobre história, sobre a filosofia da ciência, sobre natureza da ciência... eu acho que falta muito isso pra que a gente possa trabalhar com essa ferramenta, usar essa ferramenta. Eu creio, acredito que falta muito isso, P1 por exemplo. P1 já pode ter olhado um milhão de materiais, mas eu acho, acredito que ele não tenha visto isso que o MINISTRANTE 3 vai passar, passou agora, tá? Então acho que falta muito dessa ferramenta ainda chegar até nós.

MINISTRANTE 2 – mas a gente também P4, a gente fica quando a gente vê... quando eu vejo um caso desses aí eu fico pensando: - Quanta coisa da História da Física eu não sei? E eu gostaria de ter oportunidade de saber, entendeu? Quanta coisa eu desconheço, né? Quando eu vejo um caso desse eu fico pensando: - Nossa...

P4 – se a senhora desconhece, imagina nós?

[*vários participantes riem*]

P4 – que é pesquisador já tem aquela ânsia, aquela coisa, aquele desejo. A gente fica ali querendo uma migalhinha também. [*faz gesto que sugere ter algo na ponta dos dedos*]

MINISTRANTE 1 – a P2 quer falar.

P2 – é porque eu acho também que a gente é muito bombardeado (né?) de muita informação, é muita informação, muita informação o tempo todo então é muito difícil filtrar tudo isso. Então quando chega uma equipe assim como vocês que já olhou muita coisa, já tem um filtro e mostra ó: - Começa por aqui. Então é mais fácil porque se a gente pegasse mesmo aquele primeiro texto que foi Arquimedes e começasse por ele talvez a gente se frustrasse e parasse por ali mesmo e aí assim dissesse: - Poxa não tô entendendo nada, não sei o que esse cara quer dizer. Vou continuar com a minha história aqui que meu professor me contou,

tá no livro, tudo certo. Então, às vezes, a gente tem muito isso, sabe? De você não saber como trilhar esse caminho se frustrar e voltar. Eu acho que isso acontece.

P4 – P2, tu é da onde? Que não é da minha conta...

P2 – do mesmo lugar que P1

P4 – pronto, mesmo sotaque

P2 – eu tô na mesma sala que ele.

P4 – sotaque igualzinho, vocês são do Recife. Na universidade vocês estudaram, vocês graduaram tem História da Ciência? História e Filosofia da ciência? Alguma disciplina nesse sentido?

P2 - tem na minha... é porque a gente se formou (né?) em grades diferentes porque ele entrou e quando eu entrei o formato do curso já tenha mudado. Aí a gente tem essa cadeira, não lembro se ele teve, mas a gente... eu tive (né?) a minha turma teve só que o professor ele não tinha como dar, inclusive a cadeira que fica sobrando pro professor, o último professor dá ela porque ninguém quer pegar...

P4 – tá escutando MINISTRANTE 2? A gravidade da coisa...

[sobreposição de vozes]

P2 – pra dar aquilo e, aí chega é uma aula de slide onde não tem um texto passado antes pra gente porque eu acho que quando você dá um texto pro aluno pra ele lá em casa e, aí você chega na sala de aula e passa o slide, o slide não se torna aquela coisa cansativa porque você já viu aquilo e sua memória tá revisitando, (né?) então você vai ter que falar. Mas quando você vê o professor passando um bocado de slide com coisas que você nunca viu, histórias e mais histórias, nomes e mais nomes, lugares e mais lugares você fica: - Meu Deus do céu como é que vai ser essa prova? Porque você só pensa nisso, você só pensa como vai ser a prova? Aí P4 foi uma disciplina assim, mal aproveitada

P4 – mandar o currículo da professora MINISTRANTE 2.

P2 – pois é mal aproveitada, teve uma outra disciplina também que foi muito mal aproveitada que é sobre instrumentação pro ensino de Física, super mal aproveitada porque os professores... tem professores que nem deu aula em sala de ensino médio. Tem professor de que vieram dali do Bacharel, aí já quebra um pouco (né?) porque Bacharel e, aí não passou pelo ensino médio e foi direto pra universidade. Então esse professor, ele não sabe o quê que a cabeça do adolescente tem e como é que a gente vai trazer esse mundo todo pra eles. Tem várias coisas ali no departamento que eu fico bem triste, mas a gente vai fazendo uns cursos aqui, conhecendo uma equipe ali e vai se ajustando.

MINISTRANTE 2 – legal.

P4 – e são duas disciplinas que servem de munição pra gente, né?

MINISTRANTE 2 – sem instrumentação também fica complicado, né?

P4 – duas munições que a gente precisava: Instrumentação e História da Ciência, hoje... você sai lá desarmado, né?

P1 – ó gente, de novo, né? Eu acho que eu sou um contador de história de terror, que eu vim aqui pra fazer isso. Instrumentação para o ensino de Física é você pegar e dizer: - Vamos programar em Python! Fazer as equações em Python

P4 – ensino de que Física é essa? [risos]

P1 – aí eu fico: - os alunos são sabem Física e Matemática quer aprender em inglês com programação?

P4 – eu imagino o que é falar alguma coisa desse jeito em sala de aula...

[*sobreposição de vozes*]

MINISTRANTE 2 – foi em Instrumentação que vocês viram?

P1 – em Instrumentação pra o Ensino de Física I e II, você aprende Python, você aprende Matlab e qual foi o outro? O outro eu até esqueci.

P4 - é porque é Ensino de Física na universidade, (né?) que eles tão ensinando.

MINISTRANTE 2 – eu acho que eles esqueceram o... para o ensino aí, né?

[*vários participantes riem e ocorre sobreposição de vozes*]

P4 – isso.

MINISTRANTE 2 - e ficou só Instrumentação de Física, né?

P1 – meu Deus do céu.

MINISTRANTE 2 – tirou o para e ficou o de, né?

P1 – e agora eu lembrei, né? Eu tive História da Física Clássica que eu acho que dava para abordar boa parte desse conhecimento daqui, mas história se resumia a pegar uns recortes históricos de alguma coisa da antiguidade, que perdoe-me o professor, mas o professor gostava de astronomia mesmo. Ele gostava muito de astronomia e nem essa parte pra pegar e fazer umas ressalvas e trabalhar isso... no final era assim: - Apresente um slide, procure um tema e faça assim. Só, né? Então foi uma parte bem pobre, bem triste quase que eu me bandiava pra Física aplicada, mas eu não gosto de fazer conta não.

[*vários participantes riem*]

MINISTRANTE 2 – engraçado.

P2 - e tem quando o professor, ele não tem domínio e nem só domínio, (né?) mas ele também não, não gosta daquilo você sente que o professor tá ali na sala de aula forçado. Porque primeiro que ele tá com a vizinha bem baixa, ele não demonstra nenhuma entonação quando vai contar as histórias que ele...

P4 – a hora não passa, né?

P2 – é, a hora não passa porque...

MINISTRANTE 2 – aquele desespero.

P4 – é, meu Deus que horas são? Que horas são? [*gesticula como se estivesse olhando a hora no relógio de pulso*]

[*vários participantes riem e ocorre sobreposição de vozes*]

P2 - então é coisa difícil, sabe? Eu acho que quando você tá contando essas histórias você tem que mostrar entonação, você tem que mostrar os pontos que são importantes porque é ali que o aluno vai prestar atenção. Quando eu tô dando aula os alunos ficam dizendo que eu sou muito agitada que eu fico contando assim umas piadas no meio da história, mas é justamente pra ver se ele tá ali, principalmente, aqui (né?) no ensino remoto. Se eu conto uma besteirinha e o meu aluno não ri, ele não faz nada eu fico: - Hum, será que ele tá aqui mesmo?

MINISTRANTE 2 – às vezes ele nem tá aí, né? Tá só com a câmera fechada lá e...

P2 - isso porque eu tô, eu tô fazendo estágio (né?) então tô dando aula igual a P1, preparando a aula e tudo mais. Eu auxilio o professor nas atividades que ele passa, então os alunos que entram na minha aula eles são alunos que tão entrando porque querem porque a minha aula também, ela não é uma aula obrigatória. Então também tem essa vantagem (né?) os alunos que entram eles são muito participativos, muito participativos mesmo e todos me perguntam por que Física P2? Como se fosse a pior coisa do mundo, sabe? Como se eu tivesse tido que escolher...

MINISTRANTE 2 – não entendessem porque escolheu isso, né?

P2 – exatamente. Aí eu explico (né?) conto toda história pra eles e aí eles ficam: - Ah! Legal. Massa, não tinha pensado desse jeito. Porque, primeiro que professor é uma profissão desvalorizada, né? E Física todo mundo diz que é um bicho de sete cabeças.

MINISTRANTE 2 – as duas coisas, né? Desvalorizado e como é que é? Você é uma pessoa boa pra ter feito Física. *[sorrindo do comentário no chat]*

[vários participantes riem]

MINISTRANTE 2 – acho que todos nós enfrentamos isso. Todos, todos nós.

P4 – ou escutar o velho:- Tu é formado em que?

- Física.

- Xiiii.

MINISTRANTE 2 - Educação Física?

P4 – é Educação Física, ou então escuto aquele: - Vixe. Vixe é o pior que tem.

- Formou em que? – Física. – Vixe!

MINISTRANTE 3 - eu acho que a MINISTRANTE 1 queria falar, não era? MINISTRANTE 1?

MINISTRANTE 1 – não, não. Eu só tava prestando atenção no que P2 tava falando porque eu acho que é assim, pra mulher ainda é pior. Porque homem ainda tem aquele estereótipo do homem cientista, agora a mulher tá querendo se embrenhar numa área que não é dela... ainda é vista ainda mais com esse preconceito. Além de estar, além de ser professor escolheu essa disciplina? Física que já é difícil. Durante o estágio uma aluna falou pra mim, do nono ano, eu tentei fugir o quanto pude da Física, mas agora não tem mais jeito. No nono ano já tinha essa concepção de Física.

P4 – eu tenho um aluno no nono ano que eu pergunto: - Por que tu não gosta de Física? Tu nem conhece a matéria, a disciplina em si, você conhece a Física de verdade, mas você nunca teve aula. Como você fala que não gosta de uma coisa que você não viu? Que não experimentou? Aí ele diz:- Pelo que eu ouço falar. – Tá bom, fecha o ouvido, tá errado.

MINISTRANTE 1 – é...

MINISTRANTE 2 – no nono ano já começa a Física e eles já começam a assustar, né MINISTRANTE 3? Aqui em casa, o meu exemplo, meu filho detesta tá no nono ano.

[vários participantes riem]

P4 – isso dá maior tristeza, né? O filho não gostar. Mas essa parte de não ter uma, uma cadeira na, no curso, na graduação acho que é uma falha enorme, enorme e acaba colaborando com essas historinhas repassando, repassando e repassando ... *[faz gesto como se fosse algo girando]*

MINISTRANTE 2 – agora essa disciplina da História da Ciência é dada como vocês colocaram aí, né? Por gente que não é da área, que não gosta, que não entende, principalmente, que não gosta, né? Acaba desvalorizando porque quem tá, quem tá a volta acaba pensando assim: - Mas pra que essa disciplina né?

Se é isso, pra quê né? Qual a finalidade de uma disciplina dessas né? Se a pessoa não conhece outra possibilidade acaba achando que é inútil, né? Então eu tenho... eu tô dando um curso no mestrado de ensino de ciências e lá tem professores de Matemática, Física, Química e Biologia, com todas essas disciplinas, com todas essas áreas a parte de História da Ciência é precária e eles ficam muito chocados quando a gente começa a discutir os textos e começa a notar as coisas, eles ficam assim... Os de Matemática, ontem a gente teve na aula que foi um seminário na verdade, um aluno deu um seminário sobre geometrias não euclidianas, a parte histórica, né? E ele não tinha a menor ideia, na formação dele, de onde é que aquilo tinha surgido historicamente, de onde surgiram as geometrias não euclidianas. Aí eles me contaram que eles aprendem a euclidiana, passa pra não euclidiana sem nenhuma ponte entre uma e outra, são completamente desconectadas. Aí eles viram no seminário ontem o contexto (né?) como é que sai de uma pra outra, o questionamento do quinto postulado de Euclides e eles, já professores de matemática há um bom tempo, ficaram chocadíssimos com o que viram: - Não acredito que nós não sabemos isso e que nós nunca ouvimos falar a respeito disso.

P4 – e, às vezes, nem sequer criticavam, pensavam no como aconteceu. Simplesmente aceitavam e pronto, né?

MINISTRANTE 2 - Pois é, diga P1.

P1 – pois é eu sou do ponto, eu acho que é muito importante o professor guiar a gente, sabem? Por onde o professor me guiar, eu vou. Então dê texto pra ler, dê instrução. Olha você pode me encher de texto, pode encher de informação a aula, mas não venha cobrar coisas muito... acho que são atitudes... muito pesquisador, muito investigativa, muito questionadora, sabe? Minha de que é um escopo difícil de eu perceber, sabe? Porque uma pergunta que você diz:- Ah! Foi assim porque viu-se a necessidade e talvez é pare por ali, né? Então tem perguntas que dá pra passar aí cortando isso, de novo, eu vou contar mais uma história de terror aqui, né? Nesse texto que MINISTRANTE 3 mandou ele fala do pedágio matemático que a gente paga, disse que esse pedágio matemático é quando você tem na sua formação e... e enchem você de matemática. Enche você de matemática, matemática (né?), cadeiras de matemática e enche você de matemática nas cadeiras de Física, né? A física... teve um professor meu que tava dando Física 1, beleza (né?) a gente tava vendo integral na hora que tava dando Física 1 e, ele perguntou: - Vocês já viram integral de linha agora? A gente disse: - Não. Ele: - Pois vou dá agora, é aula de integral de linha agora. E deu integral de linha no meio da aula de Física pra ensinar Física. E assim loucura você poder dá outros assunto (né?) que não esses que cabia em outro momento, mas é isso sabe? Eu escutei uma história que o professor me contou que o micro-ondas funcionava por ressonância da água e, eu plenamente contei a mesma história pros meus alunos. Ano passado o aluno disse: - Professor não funciona assim. Eu disse: - Como não? Fui pesquisar, tem o artigo lá, eu esqueci até acho que é da UFRN, contestando do porquê não funciona assim, explicando como funciona. Eu disse: - Pronto, passado! O professor me ensinou errado, eu aceitei e só repassei ó. Eu achei fantástico você diz: - ressonância, entrou, frequência, vibrou, pronto. Aí depois um outro professor disse: - Sabe aquela ponte de Tacoma que a gente vai, a ponte entrou em ressonância balançou, balançou e a ponte quebrou? Eu disse: - Sei. Passei tudo pros meus alunos. Tudo mentira! Lí três artigos e ó. Aí você.... ai Jesus!

P4 - mas eu acho que se todas as disciplinas trabalhassem com a sua própria história (né?) com a História da Ciência no caso da matemática, eu acho que até na hora da aula seria mais interessante porque como o aluno ia ter uma bagagem de cada uma. [faz gesto com a mão indicando estar carregando algo] Eu acho que no final ia tornar mais interessante a união de todas elas, creio eu né?

MINISTRANTE 2 - pois é, mas aí a gente tem que investir na formação do professor, né? Coisa que é tão precária.

P4 - P1 e P2 já podem começar a queimar os colchão lá na universidade e exigir uma melhoria aí na, nessa disciplina aí viu?

MINISTRANTE 3 – concurso específico aí.

P2 - a gente queria muito, viu? Quando tem plena a gente sempre fala, mas é aquela coisa (né?) lá é muito olhado a pesquisa e não... e uma coisa que eu acho muito feia é que quando você diz que tá fazendo algo

na área de educação, eles o departamento (né?) todo, ele não entende isso como pesquisa. Eu não tô fazendo uma pesquisa, sabe? Eu trabalho atualmente (né?) com aprendizado baseado em problema, mas eu não sou vista como pesquisadora porque eu trabalho, justamente, com isso. Quando eu trabalhava com física computacional todo mundo dizia que eu fazia pesquisa, mas atualmente eu não faço. Então a gente tem essa primeira imagem que tem que ser quebrada porque todo mundo do departamento trabalha na área de física aplicada, a gente não tem professores pra recorrer, pra trabalhar na área de educação. Eu e P1 a gente tá trabalhando com uma professora de química da UFRPE porque a gente não tem professora de física. A gente tem dois que são formados em físicas, mas não são lá do departamento de educação...

MINISTRANTE 3 – o Alexandre de Medeiros, tá lá né?

P2 – isso, ele é do departamento de educação, e ele é muito [pausa] Alexandre, né que tu fala?

MINISTRANTE 3 - Alexandre Medeiros o coautor daquele artigo que vocês leram Fernando Lang da Silveira e Alexandre Medeiros, ele é daí.

P2 – Pronto. Eu vou abrir aqui pra P1 falar. Fala P1.

P1 - não é porque eu vi esse nome, né? Alexandre, Alexandre Medeiros e tem um professor da gente acho que Alexandre Tenório, não sei se eu tô confundindo os nomes..

MINISTRANTE 3 – não, não é esse não.

P1 – é, é. Eu vou confirmar depois porque se tem esse realmente, se tem esse professor lá.

MINISTRANTE 3 - vocês são da Rural, não é isso?

P1 – isso.

MINISTRANTE 3 - Ele é daí.

P2 – nós não achamos ele não.

MINISTRANTE 3 – procurem.

P2 - vamos procurar. Vamos procurar.

MINISTRANTE 2 – não sei em qual departamento ele tá, mas que é é.

P1 – o professor que tem lá é Alexandre Cardoso Tenório esse eu tive aula com ele, eu tentei fazer pesquisa com ele, só que ele teve muito problema com a família, né? E aí ele acabou não tendo tempo pra me ter como aluno. Esse aí nunca vi e nem ouvi falar.

MINISTRANTE 2 – pelo visto MINISTRANTE 3 tá olhando o Lattes aí.

MINISTRANTE 3 – anote o nome todo dele Alexandre José Gonçalves Medeiros. Vocês vão localizar.

[vários participantes riem e ocorre sobreposição de vozes]

MINISTRANTE 3 – Ah! Desculpa gente. Ele tá no campo de Garanhuns, é isso?

P1 – ah!

MINISTRANTE 2 – eles estão em Recife.

P2 – a por isso , a gente chega ficou animado.

P4 - é porque os meninos são igual a mim, se você perguntar: - Você já pagou com fulano? Eu: -Já. Já paguei com quase todo mundo você tem que perguntar com quem eu não paguei na verdade.

[vários participantes riem]

MINISTRANTE 2 – então é isso que acontece, então ele tá lá.

P1 – pois é aí veja como é, né? No departamento de Física o edital só deixa entrar pessoas formadas em Física como, normalmente, bacharel com mestrado e doutorado com ênfase em pesquisa de Física aplicada, né? Todos os professores que são do departamento, eles têm essa linha de pesquisa. Os professores (né?) que são do departamento de educação, acho que tem dois ou três (né?), normalmente eles estão coordenando a residência pedagógica, né? Na época que eu estava no PIBID, infelizmente não tinha um coordenador pro PIBID, era um professor que dizia que interdisciplinaridade não existia (tá?) você não consegue trazer aprendizado baseado em problemas, você não consegue trazer coisas que a gente vivenciava lá. Foi uma experiência, infelizmente, frustrante. De novo, histórias de terror, né? E aí, partindo pro mestrado de ensino de ciências não tem nenhum professor de física lá, o único que tem é esse Alexandro que é melhor, mas ele não tá podendo por causa de problemas familiares. Não tem ninguém de física pra dar suporte a formação que se necessita de Física.

MINISTRANTE 2 – nossa, que coisa né?

P4 – tá complicado.

MINISTRANTE 2 – panorama, né? E tudo isso pela rejeição a área de ensino de física, né? começa e vai... Bom, mas enfim não é só aí não viu? Brasil inteiro tem esse tipo de problema, pelo jeito aí tá mais drástico, né? Mas não é só aí não. Bom, gente vamos lá então, já são dez pras nove, tem gente que tá quietinha. A gente vai finalizar aqui. Agradece muita a participação de todos vocês (tá?) e espera se encontrar nas próximas oportunidades e assim que tiver a questão de emissão de certificados pra vocês que participaram do curso a gente avisa pra vocês (tá?) por aquele e-mail, joia?

MINISTRANTE 3 - eu vou fazer o *upload* das duas conversas, dos dois grupos e farei a exclusão, certo? Mas ficam os nossos contatos (né?) a gente pode permanecer em comunicação. Muito obrigado!

P4 - quando aquela pandemia passar eu passo lá na UFRN pra falar com todo mundo e qualquer dia eu passo aí em Recife, P1 e P2 quando for abrir o provoque eu passo aí...

[vários participantes riem]

MINISTRANTE 2 – prazer em conhecer vocês ou rever vocês e esperamos encontra-los novamente, tá bom? Com certeza a gente vai se encontrar. Então até mais pessoal obrigada.

MINISTRANTE 1 – tchau, gente obrigado pela participação.

[todos os participantes se despedem]