

**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**

GENECI CAVALCANTI MOURA DE MEDEIROS

**REFLEXÕES E CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE GRAVITAÇÃO
CLÁSSICA NO NÍVEL MÉDIO**

Natal–RN

2005

GENECI CAVALCANTI MOURA DE MEDEIROS

**REFLEXÕES E CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE GRAVITAÇÃO
CLÁSSICA NO NÍVEL MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito para a obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Jafelice

GENECI CAVALCANTI MOURA DE MEDEIROS

**REFLEXÕES E CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE GRAVITAÇÃO
CLÁSSICA NO NÍVEL MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito para a obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luiz Carlos Jafelice – UFRN
Orientador

Prof. Dr. Marcílio Colombo Oliveros
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Prof. Dr. João Batista Garcia Canalle
Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ

A meus filhos Luizinho e Rafinha, pela compreensão das inúmeras ausências.

AGRADECIMENTOS

Todo trabalho de pesquisa e de reflexão teórica, por mais que seja um percurso particular, nunca é solitário, mas socialmente construído. São necessários a colaboração e o companheirismo de muitos que, direta ou indiretamente, participam. Nesse sentido, aproveito o momento para agradecer, especialmente,

ao professor Luiz Carlos Jafelice, meu orientador, pelo apoio intelectual no processo de orientação desta dissertação, pelos questionamentos e, acima de tudo, pela confiança e amizade;

ao professor José Ferreira Neto, pelos momentos de discussão e comentários, pelo carinho e zelo com a minha formação como profissional;

ao professor Marcílio Colombo Oliveros, pelos questionamentos, sugestões e caminhos apontados;

à colega Márcia Gorette Lima da Silva, companheira deste caminhar, pelos comentários e sugestões feitas durante a elaboração desta dissertação;

ao colega Jorge Trindade que gentilmente cedeu suas turmas para a realização dessa pesquisa, o meu muito obrigada pela sua colaboração;

aos integrantes do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, companheiros que partilharam as angústias e as descobertas,

apoiando o crescimento mútuo e individual, amigos e amigas com quem tive o privilégio de conviver;

ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pelo excelente trabalho que se propõe desenvolver com a formação de pesquisadores/professores em exercício;

aos professores do Colégio Estadual Francisco Ivo Cavalcanti, pela participação nesta pesquisa, socializando tão prontamente suas idéias;

aos alunos do Ensino Médio, grandes interlocutores desta pesquisa, que, entre erros, acertos e tropeços, muito me ensinaram e muito ainda ensinarão;

ao Colégio Marista de Natal, pela oportunidade que me foi dada e pela cessão do espaço para a realização da pesquisa. Aos colegas professores com quem tive o privilégio de conviver, partilhando angústias, vitórias e desejos na luta pela melhoria do ensino. Em particular, à professora Maria Ilka Soares da Silva (in memoriam), pelo incentivo constante em nossa busca (professores) de crescimento acadêmico e profissional; e à professora Tânia Leiros, pela colaboração durante o processo de desenvolvimento desta pesquisa;

à equipe pedagógica e professores do Colégio Marista de Natal, pela colaboração e pela participação das atividades realizadas durante a pesquisa;

à minha família, pelo apoio e pela manifestação de seus sentimentos fraternos, de carinho e de respeito;

a meu marido, Walter Eugênio, amigo, colaborador incansável, por sua eterna paciência com minhas ausências tão freqüentes e por seu apoio irrestrito.

RESUMO

O tema Gravitação Clássica faz parte do currículo vigente para o Ensino Médio, sendo ministrado na 1ª série desse nível de ensino. Esta dissertação apresenta uma pesquisa a respeito do tema Gravitação Clássica no Ensino Médio baseada em dois eixos norteadores e complementares de pesquisa e ação. O primeiro eixo apóia-se na análise de 21 livros didáticos de Física, que são mais comumente utilizados no Ensino Médio na cidade de Natal/RN. O segundo eixo, trabalhado após serem verificadas as deficiências mais comuns presentes nos livros didáticos, corresponde à elaboração, seguida da aplicação prática, de um curso sugerindo como abordar o tema em sala de aula. Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) advogam que esse tema é muito importante para a formação dos alunos e que o seu estudo auxilia na compreensão de diversos fenômenos da natureza. Considerando essa visão do tema pelos PCNEM, os 21 livros analisados foram separados em dois grupos: o primeiro grupo, com 10 livros, foi editado antes da divulgação dos PCNEM, e o segundo grupo, com 11 livros, após a sua divulgação. Independentemente de pertencer ao primeiro ou ao segundo grupo, a grande maioria dos livros didáticos relega o tema para um segundo plano; dois deles chegam ao extremo de sugerir, nas orientações aos professores, que o conteúdo Gravitação seja omitido, caso o “tempo seja insuficiente”. Essa constatação sinaliza no sentido de que os PCNEM não produziram nenhuma mudança na concepção dos autores dos livros a respeito do tema. Para a análise dos livros didáticos, utilizou-se como instrumento um roteiro que elaboramos, por meio do qual se procurou evidenciar a importância relativa da contextualização histórica e filosófica do tema, da experiência cotidiana dos alunos e da interdisciplinaridade, entre outros pontos. Constatou-se que os livros didáticos pouco enfatizam os aspectos históricos da construção do conhecimento, a relação com as questões do cotidiano e o caráter interdisciplinar do tema Gravitação. Chama a atenção a não concordância entre os autores a respeito do conhecimento anterior ou dos pré-requisitos necessários aos alunos para iniciarem o estudo da Gravitação. O curso que elaboramos foi ministrado tanto para professores como para alunos, sendo abordados aspectos teóricos e práticos, com ênfase em questões históricas e em questões relacionadas com o cotidiano das pessoas. O curso para professores foi realizado como uma atividade de extensão da UFRN e foi ministrado, pela autora desta dissertação, na Escola Estadual Francisco Ivo Cavalcanti (Natal/RN). Fizeram-se presentes a esse evento 23 professores de várias escolas da rede pública e de várias áreas do conhecimento. O orientador e os colegas mestrandos da autora desta dissertação atuaram como colaboradores, registrando opiniões e relatos dos participantes. O curso para alunos contou com a participação de 300 alunos regularmente matriculados em seis diferentes turmas do 1º ano do Ensino Médio da Escola Marista de Natal/RN, onde a autora desta dissertação atua como professora de Física. Esse curso para alunos foi realizado como parte das atividades curriculares normais, ficando três turmas sob responsabilidade direta da autora desta dissertação e três outras a cargo de outro professor da escola, que atuou como colaborador. Tanto o curso para professores como o curso para alunos constou de

duas etapas, cada uma de 5 horas. A primeira etapa foi desdobrada em dois momentos, sendo o primeiro centrado no levantamento das concepções espontâneas sobre Gravitação, trabalhando-se basicamente com os experimentos de lançamento livre e pêndulo; o segundo momento centrou-se em apresentações teóricas e discussões sobre os modelos de universo. A segunda etapa do curso foi um aprofundamento sobre as Leis de Kepler e a Lei da Gravitação Universal de Newton, sendo utilizadas, como instrumentos motivadores, práticas envolvendo construções do sistema solar em escala. Como instrumentos de avaliação de ambos os cursos, foram utilizados questionários e relatos de opiniões, além de avaliações usuais, na versão do curso para alunos. Os professores participantes demonstraram disponibilidade para realizar práticas interdisciplinares; todavia, segundo seus próprios relatos, eles freqüentemente esbarravam na dificuldade do “como fazer”. Da experiência vivida nos dois cursos, verificou-se que a abordagem aqui proposta para o tema Gravitação Clássica, apoiada no tripé teoria, prática e aspectos históricos e filosóficos, é viável e efetiva. Espera-se que essa pesquisa possa contribuir na formação de uma opinião, entre os professores, a respeito de como abordar o tema Gravitação Clássica, e possa fornecer subsídios para que os interessados desenvolvam práticas em sala de aula visando aprimorar o ensino desse tema, que é de importância ímpar na formação dos alunos do Ensino Médio.

Palavras-chave: Gravitação Universal. Ensino de Física. Livros didáticos. Material didático. Ensino de Gravitação Clássica.

ABSTRACT

The subject of Classic Gravitation is part of the actual curriculum for High School in Brazil, and it is taught in the first year of that education level. This master thesis presents a research regarding the subject Classic Gravitation in High School. This research was based in two complementary guidelines of research and action. The first guideline was the analysis of 21 didactic books of physics which are the more frequently used in High School, in the city of Natal/RN. The second guideline, worked after being verified the most common deficiencies presents in the didactic books, was the elaboration, followed by a practical application, of a course suggesting how to “approach” that subject in the classroom. The “Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio” (National Curricular Parameters for High School – PCNEM) defend that Classic Gravitation is very important in the student’s formation and that its study helps the comprehension of many nature’s phenomena. Because of this vision of that subject by the PCNEM, the 21 analyzed books were separated in two groups: the first one, containing 10 books, was edited before the spreading of PCNEM, and the second, with 11 books, after that spreading. Whatever the group to which the didactic books belonged, the great majority of them let that subject in a second plan; two of them even suggesting, in the teacher’s orientations, that the subject Gravitation can be suppressed in case of “insufficient time”. These analyses points that the PCNEM had produced no changes in the conception of the authors that wrote books regarding that subject. To analyze the didactic books, we elaborated a script which was used as an analysis tool, in which we put in evidence the relative importance of the historic and philosophic contextualization of the subject, the quotidian experience of the students and the interdisciplinary approach, among other aspects. It became evident that the didactic books give very little emphasis to historic aspects of the knowledge construction, to the relations with the day-by-day questions and to the interdisciplinary character of the subject Gravitation. It calls attention the non concordance among the authors’ opinions regarding the necessary previous knowledge or prerequisites the students should fulfill in order to begin to study Gravitation. The course we elaborated was given to a group of teachers as well as to students. In those courses we treated theoretical and practical aspects and emphasized historical questions and the ones which are related to people’s daily life. The course for teachers was realized as an extra-mural activity of the UFRN and was given by the author of this thesis at the “Escola Estadual Francisco Ivo Cavalcanti” (a state public school in Natal/RN). There were 23 teachers present, from several public schools and several fields of knowledge. The thesis supervisor and the master degree’s colleagues of the author acted as “collaborators”, reporting the participants opinions and speeches. The course to the students, on the other hand, had the participation of 300 regular students who belonged to 6 different 1st year classes of the High School “Escola Marista de Natal” (RN), in which the author acts as a physics teacher. The student’s course was realized as part of the regular curriculum activities, in which three classes stood under the responsibility of the author and other three classes in charge of another Marista’s teacher, who participated as a “collaborator”. The teacher’s course as well as the

students one were given in two stages, with five hours each. The first stage was divided in two moments, the first one focused on the survey of the spontaneous' conceptions about gravitation, in which we worked basically with experiments of free throwing and pendulum, and the second one focused in theoretical presentations and quarrels about universe's models. In the second stage of the course we improved the study of Kepler's laws and the Newton's Universal Gravitation law, and we used as motivating tools some practices involving the construction of the solar system in scale. As instruments for evaluating both courses we used questionnaires and reported the speeches with participants opinions, beyond usual written evaluations in the course for the students. The teachers who participated in the course showed very good wills in realizing interdisciplinary practices; nevertheless, according their own speeches, they frequently came across the difficulty of "how to do". From the experience we had in both courses, we conclude that the approach we propose hear to the teaching of the subject "Classic Gravitation", supported on the tripod theory, practice and historical and philosophical aspects, is viable and effective. One hopes that this research may contribute in the formation of a opinion, among the teachers, concerning how to approach the subject of Classic Gravitation, and may offer suggestions in order those who want to apply that approach may develop classroom practices aiming to improve the teaching of that subject, which has a singular importance in the formation of High School students.

Key-words: Universal Gravitation, Physics Teaching, Didactic Books, Didactic Material, Classic Gravitation Teaching.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES, QUADROS E FOTOGRAFIAS

Quadro 1:	Roteiro 1 de análise do livro didático – primeira elaboração	27
Quadro 2:	Roteiro 2 de análise do livro didático – reformulado.....	29
Quadro 3:	Roteiro final de análise do livro didático	30
Quadro 4:	Relação entre as questões de estudo e os itens abordados no roteiro de análise do livro didático.....	32
Esquema 1:	Percurso metodológico da pesquisa	55
Fotografia 1:	Lançamento de corpos de massas diferentes	59
Fotografia 2:	Exposição histórica dos modelos de Universo	62
Fotografia 3:	Determinação do valor da gravidade local	63
Fotografia 4:	Professores realizando a prática do “bar de Kepler”	65
Figura 1:	Exemplos dos exercícios para a visualização gráfica da lei da Gravitação Universal	66
Fotografia 5:	Professores realizando a prática da 2 ^a lei de Kepler na balança	68
Fotografia 6:	Professores com o sistema solar em escala de tamanho	70
Fotografia 7:	Professores realizando a “Dança dos Planetas”	71
Esquema 2:	As respostas e os respectivos números de citações dos professores com relação aos aspectos positivos do curso	72
Esquema 3:	As respostas e os respectivos números de citações dos professores com relação aos aspectos negativos do curso	73
Esquema 4:	As respostas e os respectivos números de citações dos professores com relação à metodologia utilizada no curso	73
Fotografia 8:	Alunos realizando a prática da determinação da gravidade local	78
Fotografia 9:	Alunos realizando a prática do “Bar de Kepler”	79
Fotografia 10:	Alunos realizando a prática da 2 ^a lei de Kepler na balança	79
Fotografia 11:	Alunos construindo com argila o sistema solar em escala de	

tamanho	81
Fotografia 12: Exposição de alguns conteúdos relacionados com a atividade	82
Fotografia 13: Explicação antes da atividade “Dança dos Planetas”	83
Fotografia 14: Alunos realizando a “Dança dos Planetas”	84
Fotografia 15: Aula sobre as aplicações da força gravitacional envolvendo as marés	84
Gráfico 1: Relação entre percentuais de alunos e acertos de cada grupo Avaliação elaborada pelo professor-colaborador	86
Gráfico 2: Relação entre percentuais de alunos e acertos de cada grupo – Avaliação elaborada pela professora-pesquisadora	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Livros didáticos de Física para o Ensino Médio publicados antes dos PCNEM	34
Tabela 2: Um modelo em escala do Sistema Solar	37
Tabela 3: Livros didáticos de Física para o Ensino Médio publicados após os PCNEM	41
Tabela 4: Percentuais dos modelos categorizados nos desenhos dos professores	61
Tabela 5: Planetas em escala de tamanho e distâncias médias ao Sol	69
Tabela 6: Percentual dos modelos categorizados nos desenhos dos alunos	76

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

LDB – Leis de Diretrizes e Bases da Educação

DCNEM – Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

CEB/CNE – Câmara de Educação Básica do Conselho Nacional de Educação

RN – Rio Grande do Norte

GRAF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
.....	
CAPÍTULO 1 O TEMA GRAVITAÇÃO CLÁSSICA NO ENSINO MÉDIO	
1.1 Os Parâmetros Curriculares Nacionais e o Ensino de Física: algumas reflexões	21
.....	
1.2 A abordagem do tema Gravitação Clássica em livros didáticos de Física para o Ensino Médio	25
.....	
1.2.1 Resultados da análise dos livros didáticos antes dos PCNEM	33
.....	
1.2.1.1 Os aspectos históricos	35
.....	
1.2.1.2 A contextualização	36
.....	
1.2.1.3 Com relação ao aspecto interdisciplinar	38
.....	
1.2.1.4 A forma de abordagem: matemática ou fenomenológica	39
.....	
1.2.1.5 Os exercícios	39
.....	
1.2.1.6 O manual do professor	40
.....	
1.2.2 Resultados da análise dos livros didáticos após os PCNEM	41
.....	
1.2.2.1 Os aspectos históricos	42
.....	
1.2.2.2 A contextualização	43
.....	
1.2.2.3 Com relação ao aspecto interdisciplinar	44
.....	
1.2.2.4 A forma de abordagem: matemática ou fenomenológica	45
.....	
	64

.....	
1.2.2.5 Os exercícios	45
.....	
1.2.2.6 O manual do professor	46
.....	
CAPÍTULO 2 ABORDAGEM DO TEMA GRAVITAÇÃO CLÁSSICA: UMA PROPOSTA ALTERNATIVA PARA O ENSINO MÉDIO	
2.1 Elementos motivadores do estudo	50
2.2 Percurso metodológico	53
.....	
2.2.1 O contexto da pesquisa	56
.....	
2.2.2 As atividades e os recursos didático-pedagógicos propostos para o conteúdo Gravitação Clássica: o curso para professores e alunos do Ensino Médio	57
.....	
2.2.3 Avaliação do curso para professores em exercício no Ensino Médio	72
2.2.4 O tema Gravitação Clássica abordado em aulas de física com alunos do Ensino Médio	74
2.2.4.1 Relatando as atividades	75
CAPÍTULO 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
.....	
REFERÊNCIAS	91
APENDICES	94
.....	
ANEXO Questão da Olimpíada Brasileira de Astronomia – 2004	135
.....	

INTRODUÇÃO

Apresentar um trabalho, às vezes, remete-nos a reviver o caminho percorrido. Então, percebemos quantas portas foram batidas, quantas trilhas pensadas. A vontade de agarrar toda e qualquer informação que nos chega gera a ansiedade peculiar de querer fazer muitas pesquisas numa só. Enfim, consegue-se enxergar, muito embora com dificuldade (e com os auxílios incansáveis de professores e do orientador), que é necessário buscar um caminho com traçados expressivos, que nos aproximem do tema. Tais traçados não significam o estacionar num ponto, mas o reconhecimento de que ainda muito se tem a aprender e a fazer. Expressam, também, a intenção de se continuar a caminhar, talvez, quem sabe, evitar caminhos mais longos, mas sempre abrindo outras portas.

Faz-se necessário assinalar que muitas vezes o trabalho se torna nosso dia-a-dia; em outras, é o nosso dia-a-dia que se incorpora ao trabalho. É nesse sentido que são reforçadas aqui a fala de alguns professores que fizeram parte desse caminhar e, nessa perspectiva, ressaltar o quão relevante são os saberes da experiência e as histórias de vida, elegendo como prioridade o não afastamento do campo de atuação como professora. Essas particularidades, tão expressivas, colaboram com o prazer de mergulhar no que se vem estudando e se pretende continuar a estudar.

Atuando como professora de Física há muitos anos e vivenciando as mudanças recentes, em particular aquelas ocorridas no desenho curricular do ensino médio, é muito angustiante para nós que lecionamos essa disciplina escutar muitas vezes comentários (feitos por alunos) do tipo: “[...] a Física não entra na minha cabeça [...]”; “Para que preciso estudar Física?”; “[...] não irei precisar saber disso na minha vida adulta [...]”. Observam-se alguns de nossos alunos desestimulados, desinteressados, alheios a tudo, apenas se preocupando em “decorar e aplicar” os conteúdos em exercícios, sem consciência crítica ou qualquer preocupação social. E nos perguntamos: como mudar essa situação? Que recursos podemos utilizar? Que saberes precisamos possuir? Quais precisamos resgatar em nós e neles? Quais outros precisamos construir em nós e com eles para contribuirmos na sua formação? Como fazer para que nossos alunos possam desenvolver uma visão crítica, compreender a Física e saber como utilizá-la de forma sensata em prol de uma sociedade mais justa e humana? Em outras palavras, como dar vida aos conteúdos da Física?

Dessa nossa experiência de 25 anos de ensino de Física no nível médio, constatamos que um dos temas de mais difícil abordagem e compreensão por parte dos alunos é o da Gravitação Universal. O nosso objetivo geral é contribuir para melhorar o ensino desse tema, porque consideramos que ele é extremamente importante para a formação do aluno, uma vez que envolve aspectos múltiplos de tomada de consciência cosmológica, entendimento de como se processam historicamente os avanços científicos, de como podem ocorrer choques ou conflitos com aspectos religiosos e filosóficos, entre outros. Em

resumo, entendemos que uma boa abordagem sobre o tema Gravitação Universal revela o real valor que a Física pode ter na formação cultural do aluno.

A nosso ver, esse quadro, reflexo de questões muito mais complexas na conjuntura da Educação, envolve pontos cruciais, como a formação de professores, o excesso de conteúdos no currículo do ensino médio, entre tantos outros que contribuem para o desinteresse dos alunos pelo ensino de Física.

Neste trabalho, assume-se que é possível promover abordagens contextualizadas, que possam dialogar com outras áreas do conhecimento; em outras palavras, que dêem significado ao aluno. A questão é: como trabalhar nessa perspectiva? Que materiais ou recursos didáticos utilizar? Em síntese, como fazer?

Para tanto, optou-se pelo tema Gravitação Clássica, por ter a potencialidade de explicar boa parte da natureza como um todo. Quer dizer, a lei da Gravitação é um assunto essencial e não limitado ou restritivo. Nesse sentido, esta pesquisa tem como principal objetivo desenvolver procedimentos, materiais instrucionais e texto final para o ensino de Gravitação Clássica no nível médio via contextualização com elementos culturais e sociais e conteúdos de história e filosofia da ciência. Como objetivos conseqüentes incluem-se: despertar em professores e alunos o interesse para leituras, ou melhor, novos olhares sobre os aspectos históricos, sociais, culturais e filosóficos associados aos temas estudados; contribuir para a efetiva realização de um ensino interdisciplinar e contextualizado no dia-a-dia escolar; e contribuir com a melhoria da prática docente, elaborando e apresentando um material didático-pedagógico para ser

disponibilizado na forma impressa e/ou em página de internet para uso geral de eventuais interessados.

É importante esclarecer que não se intenciona, nesta pesquisa, defender ou criticar a reforma educativa, envolvida em questões muito mais complexas e estruturais, mas ressaltar o registro legal de tal orientação. O que se pretende é discutir a sugestão apresentada para trabalhar o tema gravitação.

No capítulo 1, procura-se discutir o tema Gravitação Clássica no Ensino Médio, analisar as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCNEM – e conhecer como os livros didáticos de Física para o Ensino Médio – antes e após a publicação dos PCNEM – vêm abordando o tema, que servirá de eixo orientador para esta pesquisa.

No Capítulo 2, intitulado “A abordagem do tema Gravitação Clássica: uma proposta alternativa para o Ensino Médio”, serão apresentadas as bases motivadoras para o estudo do tema em questão. Apresentar-se-á uma forma de abordagem que promova a contextualização com o cotidiano, ressaltando os aspectos históricos da construção do conhecimento. Será referenciado também o percurso metodológico da pesquisa, o curso realizado para professores de diversas disciplinas do Ensino Médio, acompanhando a discussão dos materiais didáticos elaborados para esse fim, como experimentos, textos, entre outros. Por fim, serão mencionados os resultados da utilização dos materiais didáticos com alunos da 1ª série do Ensino Médio.

No Capítulo 3, são apresentadas as considerações finais da pesquisa. Em seguida, listam-se as referências e os anexos. Nestes, estão explicitados os

roteiros do curso, o material didático utilizado, os instrumentos, tais como as avaliações, tanto do curso com os professores como da opinião dos alunos sobre as atividades, entre outros.

CAPÍTULO 1 O TEMA GRAVITAÇÃO CLÁSSICA NO ENSINO MÉDIO

1.1 Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio e o Ensino de Física: algumas reflexões

Mudanças educacionais aconteceram em todos os níveis da Educação Básica no Brasil, influenciadas por fatores de naturezas distintas e decorrentes da terceira revolução técnico-industrial. Essa revolução ocasionou modificação na forma de produção e comunicação, globalização e mundialização das economias, originando “uma verdadeira revolução do conhecimento, alterando o modo de organização do trabalho e das relações sociais” (BRASIL, 1999b, p.16).

A reforma brasileira está materializada em documentos oficiais como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) nº 9.394/96, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional (BRASIL, 1999a); o parecer da Câmara de Educação Básica do Conselho Nacional de Educação – CEB/CNE nº 15/98 –, que regulamenta as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM); a resolução da CEB/CNE nº 03/98, que institui as DCNEM e, em particular (BRASIL, 1998), os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNEM), que apresentam orientações dos princípios da

reforma curricular para o professor, na busca de novas abordagens e metodologias.

Cabe ressaltar também que a reforma educacional brasileira causou, e ainda causa, forte resistência e crítica de todo o tipo, dentro e fora do sistema educativo, o que é de certa forma saudável, já que a pluralidade de idéias sugere discussões e reflexões sobre o tema. Entretanto, para que essas importantes propostas sejam verdadeiramente implantadas e não se tornem *letras mortas*, são necessárias mudanças que perpassem por diversas questões, abrangendo aspectos de caráter político, econômico, valorização profissional, formação inicial e continuada de professores, ambiente físico, carga horária, entre tantas outras.

A proposta dos PCNEM traz elementos que podem subsidiar os professores em suas escolhas e práticas (BRASIL, 2003, p. 60). Esta pesquisa pretende sinalizar para a importância da abordagem do tema Gravitação Clássica na disciplina de Física no Ensino Médio.

Segundo os PCNEM, na maioria das escolas, o conhecimento da Física é apresentado como “produto acabado, fruto da genialidade de mentes como Galileu, Newton ou Einstein, contribuindo para que os alunos concluam que não resta nenhum problema significativo a resolver” (BRASIL, 1999b p.48). De fato, observamos, pela nossa experiência como professora do Ensino Médio, que muitos dos conteúdos de Física para esse nível de ensino são apresentados, com freqüência, ora pelo professor, ora pelo livro didático, como sendo o resultado final da atividade de alguns cientistas. Como assinalam Nardi e Teodoro (2001), não há um consenso no que diz respeito à utilização da

Histórica da Ciência no ensino, sendo mesmo possível evidenciar algumas críticas, entre elas a que faz referência à quantidade de conteúdos presente no currículo sem levar a discussões adequadas de questões históricas.

De modo geral, os conteúdos são ministrados de forma expositiva, mediante a apresentação de conceitos, fórmulas e leis, na maioria das vezes desarticulados, sem vida; em síntese, distanciados da realidade vivida pelos alunos. Essa sistemática de ensino-aprendizagem pode reforçar opiniões distorcidas com relação à própria construção do conhecimento científico, levando o aluno a aceitá-lo sem questionamento e/ou sem despertar interesse.

Dentre as justificativas para tal procedimento incluem-se desde a formação dos professores – que *ensinam como aprenderam ou como lhes foi ensinado nas escolas formadoras e durante toda sua vida escolar* – à forma como os conteúdos são apresentados no livro didático, passando pelas condições físicas da escola e pelas questões políticas, bem como os poucos ou até inexistentes espaços coletivos para a discussão dessas questões no ambiente escolar, entre tantas outras.

Os PCNEM propõem mudanças curriculares no sentido de reverter o quadro configurado anteriormente, afirmando que “não se trata, portanto, de elaborar novas listas de tópicos de conteúdo, mas sobretudo de dar ao ensino de Física novas discussões. Isso significa promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada jovem” (BRASIL, 1999b p. 49). Ou seja, os documentos legais sinalizam para que se dê vida aos conteúdos de Física, por vezes fechados no contorno da sala de aula. O que importa é propor

aos alunos situações que sejam significativas, interessantes, motivadoras e mais próximas ao seu dia-a-dia, como ressaltam os PCNEM:

Apresentar uma Física que explique a queda dos corpos, o movimento da lua ou das estrelas no céu, o arco-íris e também os raios laser, as imagens da televisão e as formas de comunicação [...] uma Física que discuta a origem do universo e sua evolução [...] uma Física cujo significado o aluno possa perceber no momento em que aprende, e não em um momento posterior ao aprendizado (BRASIL, 1999b p. 49).

Outro aspecto importante a ser ressaltado é a sugestão dos PCNEM no sentido de que o trabalho pedagógico tenha como eixo organizador as competências, entendendo que, ao considerá-las durante o desenvolvimento das unidades de ensino a serem trabalhadas pelo professor, possam constituir uma “garantia para impedir o retorno ao simples tratamento dos temas do ponto de vista unicamente de seus conteúdos programáticos” (BRASIL, 2003, p. 62).

Assim, os PCNEM relacionam as competências a serem desenvolvidas pelos alunos no Ensino de Física em três grupos: investigação e compreensão dos fenômenos físicos, linguagem física e sua comunicação e contextualização histórica e social. Dessa forma, a título de exemplo, no grupo referente à investigação e compreensão, os PCNEM sugerem que sejam desenvolvidas ações pedagógicas pelos professores no sentido de levar o aluno a “articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas do conhecimento” (BRASIL, 2003, p. 66), com o objetivo de levar

o aluno a estabelecer relações entre conhecimentos disciplinares, interdisciplinares e interáreas, como, por exemplo, “adquirir uma compreensão cósmica do Universo, das teorias relativas a seu surgimento e evolução [...]” (BRASIL, 2003, p.66).

Diante do exposto, este estudo concorda com a relevância da proposta apresentada pelos PCNEM com relação à abordagem do tema Gravitação Clássica.

Na seção a seguir, será realizada uma discussão sobre como o tema Gravitação Clássica vem sendo abordado em alguns livros didáticos de Física do Ensino Médio. A intenção é evidenciar que os livros didáticos se distanciam da proposta sugerida pelos PCNEM com relação à abordagem do tema em questão.

1.2 A abordagem do tema Gravitação Clássica em livros didáticos de Física para o Ensino Médio

A presente análise de livros didáticos de Física para o Ensino Médio objetiva conhecer como o tema Gravitação Clássica vem sendo trabalhado. Essa análise leva em consideração dois aspectos, quais sejam: um como eixo orientador para a elaboração de uma proposta para trabalhar esse tema no Ensino Médio e outro reforçando a idéia defendida neste trabalho, que se traduz na

potencialidade da abordagem histórica do tema Gravitação Clássica como recurso para promover a contextualização.

Os professores, ao destacarem os aspectos qualitativos relacionados com o tema Gravitação, reproduzem, em grande medida, não somente o modo como aprenderam ou como foram formados nos cursos superiores – universidades – mas também retratam a maneira pela qual o tema vem sendo trabalhado nos livros didáticos. Assume-se, portanto, nesta pesquisa, que o livro didático é a principal e, muitas vezes, a única fonte de conteúdos (para o professor) e ferramenta (para ensinar) de trabalho. Dessa forma, é de fundamental importância que os livros didáticos estejam de acordo com a proposta dos PCNEM. Não parece, pois, haver dúvidas quanto ao fato de que tais livros constituem-se interlocutores entre o saber produzido pela ciência e o saber escolar¹, geralmente orientados pela prescrição curricular oficial. Nesse sentido, os livros didáticos não podem ser considerados como meros coadjuvantes, pois, como afirma Wu (2000, p. 36), “além de organizar os conteúdos do saber a serem ensinados sugerem ao professor e aos alunos diversas atividades pedagógicas para trabalhar tais conteúdos”.

Com base nesses argumentos, nessa etapa da pesquisa, procura-se analisar se os livros didáticos apresentam o tema Gravitação relacionando-o com os aspectos históricos, se procuram contextualizar esse conteúdo, se dialogam com outras áreas do conhecimento ou mesmo as relacionam com outros conteúdos da física, ou se apresentam propostas nos manuais para o professor

¹ Entendendo o conhecimento científico, o saber popular e o conhecimento do senso comum como as bases da formação do saber escolar (LOPES, 1999).

trabalhar esse conteúdo em sala de aula. Esses pontos que norteiam a análise dos livros didáticos seguem as orientações dos PCNEM, o que justifica o critério adotado de dividir os livros em dois grupos: um antes e outro após tais documentos terem sido publicados.

Optou-se por analisar 21 livros didáticos de Física para o Ensino Médio de maior circulação da cidade do Natal – RN. A opção pela seleção dos livros teve como critério o fato de estes serem muito utilizados tanto nas escolas do Ensino Médio em Natal como pelos professores, visto que as editoras fornecem esses livros gratuitamente.

Para tanto, foi elaborado primeiro um roteiro de análise inicial, sendo feito um primeiro teste com alguns livros. Esse roteiro inicial é apresentado no quadro a seguir:

CRITÉRIOS	
Aborda o tema?	Sim () Não ()
Maneiras de abordar:	
a) contextualizada?	Sim () Não ()
b) textos complementares?	Sim () Não ()
c) cotidiano?	Sim () Não ()
d) aplicações tecnológicas?	Sim () Não ()
e) uso em profissões?	Sim () Não ()
f) enraizado nos princípios fundamentais/equações fundamentais da física?	Sim () Não ()
Formas de abordagem:	
a) fenomenológica?	Sim () Não ()
b) matemática?	Sim () Não ()
c) gráficos?	Sim () Não ()
Com relação à interdisciplinaridade, dialoga:	
a) entre diferentes conteúdos da física?	Sim () Não ()
b) entre a física e outras áreas do conhecimento?	Sim () Não ()
Outros aspectos:	
a) visual?	Bom () Médio () Inadequado ()

b) gráficos	Sim () Não ()
c) leituras paralelas	Sim () Não ()
d) quem é o aluno típico?	
Os exercícios:	
a) favorecem o entendimento dos aspectos fundamentais?	Sim () Não ()
b) favorecem o treino para vestibulares?	Sim () Não ()
c) são muito repetitivos?	Sim () Não ()
d) possuem qual percentual de exercícios semelhantes?	

Quadro 1: Roteiro 1 de análise do livro didático – primeira elaboração

Esse roteiro visava abordar os pontos norteadores da pesquisa, tais como aspectos históricos, contextualização e interdisciplinaridade. Por outro lado, incluem-se ainda outros aspectos, como os exercícios, a intencionalidade formativa do aluno, o aspecto visual, os gráficos e o uso desse conteúdo para relacioná-lo às profissões. Foram selecionados 5 livros didáticos e analisados segundo o Roteiro 1. Observou-se que algumas modificações eram necessárias, como, por exemplo, a ausência de um item sobre o manual do professor, ou ainda se o livro havia sido editado antes ou após os PCNEM. Assim, posteriormente a essa primeira análise, algumas modificações – as quais serão apresentadas no quadro a seguir – foram feitas no Roteiro 1:

Ano do livro:	
1. Aborda a temática?	Sim () Não ()
2. Título do capítulo:	
3. Aborda a História da Ciência? (Fazer breve síntese)	Sim () Não ()
4. Faz a contextualização no texto do próprio capítulo ou com textos complementares?	
5. Aborda o conteúdo relacionando com	
a) o cotidiano?	Sim () Não ()
b) os satélites?	Sim () Não ()
c) as marés?	Sim () Não ()
d) o uso em profissões?	Sim () Não ()
6. É enraizado nos princípios fundamentais?	
7. A abordagem do tema é feita de forma	
a) fenomenológica?	Sim () Não ()
b) matemática?	Sim () Não ()
c) a utilizar gráficos?	Sim () Não ()
d) a utilizar figuras?	Sim () Não ()
8. Faz diálogo interdisciplinar	
a) entre os diferentes conteúdos da física?	Sim () Não ()
b) entre a física e outras áreas do conhecimento?	Sim () Não ()
9. Como vem apresentado com relação ao(s) aspecto (s)	
a) visual	
b) gráficos	
c) leituras paralelas	
10. Os exercícios	
a) levam à aplicação de equações ou ao entendimento de aspectos fundamentais?	Sim () Não ()
b) treinam resolução de exercícios matemáticos?	Sim () Não ()
c) são repetitivos?	Sim () Não ()
11. Que sugestões apresenta o Manual do professor?	

Quadro 2: Roteiro 2 de análise do livro didático – reformulado

Esse novo roteiro incluía novos itens, tais como o ano de publicação, já que os PCNEM traziam recomendações sobre esse conteúdo e os livros poderiam fazer menção a essas sugestões. Assim, o roteiro foi novamente aplicado em 5 livros didáticos de física, sendo então retirados os itens relativos aos aspectos visuais e à abordagem do conteúdo relacionado com as profissões, visto que não

se observou nos livros analisados qualquer referência a esses aspectos. A versão final do Roteiro é apresentada a seguir no quadro 3.

Itens	Ano do livro:	
1	Aborda a temática?	Sim () Não ()
2	Título do capítulo:	
3	Aborda a História da Ciência?	Sim () Não ()
4	Faz a contextualização no texto do próprio capítulo ou com textos complementares?	
5	Aborda o conteúdo relacionando-o com	
a)	o cotidiano?	Sim () Não ()
b)	os satélites?	Sim () Não ()
c)	as marés?	Sim () Não ()
6	É enraizado nos princípios fundamentais?	Sim () Não ()
7	A abordagem do tema é feita de forma	
a)	fenomenológica?	Sim () Não ()
b)	matemática?	Sim () Não ()
8	Faz diálogo interdisciplinar	
a)	entre os diferentes conteúdos da física?	Sim () Não ()
b)	entre a física e outras áreas do conhecimento?	Sim () Não ()
9	Os exercícios	
a)	levam à aplicação de equações ou ao entendimento de aspectos fundamentais?	Sim () Não ()
b)	treinam resolução de exercícios matemáticos?	Sim () Não ()
c)	são repetitivos?	Sim () Não ()
10	Que sugestões o Manual do professor apresenta?	

Quadro 3: Roteiro final de análise do livro didático

O roteiro final que seria adotado para a análise do tema Gravitação Clássica nos livros didáticos de Física para o Ensino Médio abordava as seguintes questões de estudo:

- a) Como os livros didáticos contemplam os aspectos históricos?
- b) Os livros didáticos relacionam o conteúdo com questões do cotidiano?
- c) Como os livros didáticos abordam a inter-relação entre outros conteúdos da Física e com conteúdos de outras áreas do conhecimento?

- d) Como é a forma de abordagem (fenomenológica e/ou matemática) nos livros didáticos?
- e) As atividades e exercícios propostos nos livros didáticos contemplam aspectos fundamentais do conteúdo ou apenas levam à memorização?
- f) Que sugestão pedagógica o manual do livro didático oferece aos professores para trabalhar o tema Gravitação Clássica?

Os itens 1, 2 e 3 do roteiro de análise relacionam-se à caracterização dos livros didáticos e os demais foram organizados segundo as questões de estudo, conforme o quadro 4 a seguir.

Questões de estudo	Itens no roteiro
Como os livros didáticos contemplam os aspectos históricos?	3
Os livros didáticos relacionam os conteúdos com questões do cotidiano?	4; 5a; 5b; 5c; 5d;5e
Como os livros didáticos abordam a inter-relação entre outros conteúdos da Física e com conteúdos de outras áreas do conhecimento?	8a; 8b
Como é a forma de abordagem (fenomenológica e/ou matemática) nos livros didáticos?	6; 7a; 7b
As atividades e exercícios propostos nos livros didáticos contemplam aspectos fundamentais do conteúdo ou apenas levam à memorização?	9a; 9b; 9c
Que sugestão pedagógica o manual do livro didático oferece aos professores para trabalhar o tema Gravitação Clássica?	10

Quadro 4: Relação entre as questões de estudo e os itens abordados no roteiro de análise do livro didático

Na tabulação dos resultados, os livros foram organizados em 2 grupos: um antes dos PCNEM (grupo 1) e outro após os PCNEM (grupo 2). Tal orientação visava apreender até que ponto os PCNEM influíram na abordagem do tema Gravitação Clássica nos livros didáticos. Outro ponto observado é que apesar de os livros selecionados pertencerem a coleções diferentes, seja na forma de volumes individuais (com Gravitação comumente apresentada no volume 1) ou na forma condensada (volume único), a distribuição dos conteúdos no respectivo capítulo não diferenciou, sendo por esse motivo analisados de forma conjunta. Esse aspecto foi observado em ambos os grupos.

1.2.1 Resultados da análise dos livros antes dos PCNEM

A seguir, serão apresentados os resultados da análise dos livros didáticos para cada questão de estudo. Os resumos das análises das categorias foram agrupadas e organizadas em uma única tabela (ANEXO A). Cabe ressaltar que os livros serão referenciados pelo nome de um dos autores, visto que esse é o modo pelo qual estes são conhecidos pelos professores do Ensino Médio (a referência formal completa destes encontra-se na seção Referências). A tabela a seguir apresenta a relação dos livros didáticos analisados que foram publicados antes dos PCNEM:

Ano	Autor	Apelido	Título	Volume
1993	GRAF ²	GRAF	Física 1 – Mecânica	1
1995	Amaldi	Amaldi	Imagens da Física – Curso Completo	único
1995	Ramalho; Nicolau; Toledo	Ramalho	Os Fundamentos da Física	1
1996	Chiquetto; Valentim; Pagliari	Chiquetto	Aprendendo Física	1
1997	Bonjorno; Clinton	Bonjorno	Temas de Física	1
1997	Herskowitz; Penteado; Scalfaro	Scalfaro	Curso Completo de Física	único
1998	Calçada; Sampaio	Calçada	Física Clássica: Dinâmica e Estática	2
1998	Fuke; Kazuhito; Carlos	Fuke	Os Alicerces da Física	1
1998	Fonte Boa; Guimarães	Fonte Boa	Física para o 2º Grau	1
1998	Paraná	Paraná	Física	1
1998	Penteado	Penteado	Física: Conceitos e Aplicações	1

Tabela 1: Livros didáticos de Física para o Ensino Médio publicados antes dos PCNEM

Observou-se que nesse grupo todos os livros abordam o tema Gravitação Clássica em um determinado capítulo, distribuídos da seguinte forma: seis livros têm para esse capítulo o título “Gravitação Universal”, um como “O movimento dos Astros”, um como “Teoria da Gravitação”, dois como “Gravitação” e um como “Condições de equilíbrio”, sendo que esse último possui três tópicos sobre campo gravitacional. Em todos os livros, esse tema vem depois das leis de Newton. No

² O GREF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física – é formado por vários autores.

livro de Chiquetto, o assunto é tratado depois de quantidade de movimento e antes de energia. Nos livros de Amaldi e Fonte Boa, antes de energia e quantidade de movimento. E nos livros de Ramalho, Bonjorno, Scalfaro, Calçada, Fuke, Paraná e Penteado, ao contrário, o tema é abordado depois desses conteúdos.

1.2.1.1 Os aspectos históricos

Com relação à abordagem dos aspectos históricos, observa-se que o livro do GREF (1993) salienta apenas o aspecto do campo gravitacional. Apesar dessa observação, é necessário destacar que essa obra apresenta aspectos especiais. Esse argumento vem fundamentado no estudo realizado por Wuo (2000), no qual afirma que este livro tem um caráter inovador, além de trabalhar os problemas de forma mais elaborada. Outro aspecto destacado pelo autor é que nesse livro, geralmente, assuntos que envolvem o cotidiano não são discutidos ou apresentados em leituras complementares, mas no transcurso do texto, ao discutir os conceitos procurando fazer uma ponte entre a abordagem teórica e questões do dia-a-dia.

Já os livros de Bonjorno (1997) e de Calçada (1998) fazem uma introdução muito superficial dos aspectos históricos, e os livros de Ramalho (1995), Penteado (1998), Paraná (1998) e Fuke (1998) apresentam uma evolução histórica resumida. O livro de Chiquetto (1996) também faz um resumo da evolução

histórica, mas é preciso ressaltar o fato de que este dá ênfase aos gregos. Outro ponto interessante a merecer destaque é que Paraná (1998), no início do seu livro, apresenta uma visão geral da história da Ciência, reservando um tópico específico adicional para o tema Gravitação. Apenas o livro de Amaldi (1995) apresenta uma evolução que procura contextualizar aspectos históricos e sociais da construção do conhecimento. O livro de Scalfaro (1997) não aborda a história da Ciência. Já o livro de Fonte Boa (1998) apresenta uma evolução histórica incluindo as idéias dos cientistas e discute um pouco a mudança de paradigma entre Aristóteles e Newton.

Como afirma Wu (2000), essa desconsideração de aspectos relacionados à construção do conhecimento científico não é exclusiva dos livros de Ensino Médio, mas também de outros manuais (MORIN, 2001).

1.2.1.2 A contextualização

Observou-se que os livros de Amaldi (1995) e Fonte Boa (1997) fazem referência no texto do capítulo Gravitação Clássica aos aspectos do cotidiano. Pode-se afirmar que a maioria dos livros didáticos não relaciona o tema Gravitação com questões do cotidiano, ao passo que o livro de Amaldi (1995), por exemplo, compara as dimensões e as distâncias dos planetas em relação ao Sol com objetos, ressaltando que esta escala refere-se a um modelo cujas dimensões reais foram divididas por $4,4 \times 10^9$, como é mostrado na tabela a seguir.

<i>Corpos celestes</i>	<i>Objetos neste modelo</i>	<i>Distâncias ao Sol neste modelo</i>
Sol	uma bola de basquete	
Mercúrio	meia cabeça de alfinete	13 m
Vênus	uma semente de maçã	25 m
Terra	uma semente de maçã	34 m
Marte	uma semente de maçã	52 m
Júpiter	uma bola de golfe	180 m
Saturno	uma bola de ping-pong	320 m
Urano	uma bola de bilhar	650 m
Netuno	uma bola de bilhar	1,0 km
Plutão	um grão de areia	1,3 km
A estrela mais próxima	uma bola de basquete	8 km

Tabela 2: Um modelo em escala do Sistema Solar (Amaldi, 1995, p. 102)

Apesar do texto fazer uma aproximação comparativa com objetos do cotidiano do aluno, a tabela acima apresenta um equívoco com relação à estrela mais próxima. De acordo com a escala proposta pelo autor deveria ser de 80 km e não 8km como é apresentado.

Outros livros apresentam em textos complementares ou em boxes de curiosidades temas como planetas, trajetórias elípticas, cometas, meteoritos e os movimentos da Terra.

Com relação às aplicações tecnológicas, como os satélites, apenas os livros de Fuke (1998), de Bonjorno (1997) e de Scalfaro (1997) fazem alguma referência. Por outro lado, o assunto *marés* não é contemplado em nenhum dos livros, sendo que o livro de Paraná (1998) apresenta algumas informações complementares para a solução de um único exercício sobre este assunto no final do capítulo. É interessante ressaltar que o livro de Fuke (1998) inicia o capítulo

com algumas perguntas sobre marés e satélites, entretanto esses assuntos não são contemplados no decorrer do capítulo.

1.2.1.2 Com relação ao aspecto interdisciplinar

Dos livros analisados, apenas os de Fonte Boa (1998), Penteado (1998), Fuke (1998) e Calçada (1998) procuram fazer uma interface com outros conteúdos da física, como, por exemplo, a energia. Não obstante, nenhum dos livros analisados procura dialogar, no capítulo referente à Gravitação Clássica, com outras áreas do conhecimento.

1.2.1.3 A forma de abordagem: matemática ou fenomenológica

Quanto à forma de abordagem, os livros de Ramalho (1995), Scalfaro (1997), Bonjorno (1998) e Fuke (1998) não abordam os aspectos fenomenológicos, mas direcionam para a aplicação de fórmulas. Por outro lado, os livros de Chiquetto (1996), Paraná (1998) e Penteado (1998), apesar de abordarem aqueles aspectos, fazem-no de forma superficial. Já os livros de Fonte Boa (1998) e Amaldi (1995) discutem os fenômenos de maneira um pouco mais aprofundada. Em contrapartida, observou-se que todos os livros analisados enfatizam a abordagem matemática.

1.2.1.4 Os exercícios

A forma de abordagem restrita aos aspectos matemáticos reflete-se nas atividades e exercícios propostos pelos livros. O que se observou é que apesar de alguns livros abordarem os aspectos fenomenológicos, a maioria deles não proporciona atividades ou propõe exercícios que levem o aluno ao entendimento dos aspectos fundamentais do conteúdo Gravitação Clássica. O livro de Amaldi (1995), por exemplo, dá ênfase às implicações conceituais qualitativas. Os demais livros reforçam o ensino baseado na memorização e na aplicação de fórmulas, apresentando atividades e problemas que primam pela resolução de exercícios matemáticos, sendo a maioria destes muito repetitivos.

1.2.1.5 O Manual do professor

Com relação à questão de estudo que visa conhecer as sugestões dos manuais para os professores trabalharem o tema Gravitação Clássica, observou-se que os livros de Paraná (1998), Bonjorno (1997), Calçada (1998) e Fuke (1998) trazem apenas as respostas aos exercícios. Por sua vez, o livro de Penteado apresenta uma sugestão surpreendente (no sentido negativo): “caso o tempo disponível seja restrito, o professor deverá centralizar sua atenção nas leis de Kepler e na lei da Gravitação Universal de Newton, dentre toda a teoria desenvolvida nesse capítulo” (Penteado, 1998, pág 38). Nessa condição de tempo restrito, esse autor sugere que o professor faça uma explanação rápida

sobre as forças de campo e sua variação com o inverso do quadrado da distância e cite a lei de Coulomb da eletrostática. Entende-se que fazer uma analogia com a lei de Coulomb não ajuda na compreensão do tema gravitação, por parte dos alunos, pelo fato de esta lei envolver conceitos mais abstratos, que não fazem parte do cotidiano do aluno, além do fato de que tal conteúdo será trabalhado somente na 3ª série do Ensino Médio (dois anos após o tema gravitação). Por outro lado, Penteado (1998) não faz qualquer sugestão ao professor, no caso em que houver tempo suficiente. Tomadas em conjunto, as sugestões de Penteado (1998) ao professor evidenciam seu menosprezo ao tema Gravitação.

1.2.2 Resultados da análise dos livros didáticos após os PCNEM

No grupo 2, foram analisados 10 livros, sendo cinco volumes únicos, quatro volumes 1 e um volume 2, conforme tabela a seguir:

Ano	Autor	Apelido	Título	Volume
2000	Alvarenga; Máximo	Beatriz	Física	Único
2000	Alvarenga; Máximo	Beatriz	Curso de Física	1
2000	Gaspar	Gaspar	Física	1
2001	Gaspar	Gaspar	Física	único
2001	Nicolau; Penteado; Toledo; Torres	Nicolau	Física, Ciência e Tecnologia	único
2002	Newton; Helou; Gualter	Gualter	Tópicos de Física	1
2001	Calçada; Sampaio	Calçada	Universo da Física	2

2002	Carron; Guimarães	Carron e Guimarães	As faces da Física	único
2002	Filho; Toscano	Toscano	Física para o Ensino Médio	único
2003	Ramalho; Nicolau; Toledo	Ramalho	Os fundamentos da Física	1

Tabela 3: Livros didáticos de Física para o Ensino Médio publicados após os PCNEM

Desses livros, cinco intitulam o capítulo referente ao tema Gravitação Clássica de “Gravitação Universal”, quatro como “Gravitação” e um como “Movimento Curvilíneo”.

Observou-se que todos os livros abordam o conteúdo depois das leis de Newton. O livro de Gualter (2002) aborda o tema Gravitação Clássica antes de energia e quantidade de movimento. O volume único de Beatriz (2000) segue a mesma abordagem de Gualter (2002). Por outro lado, o livro da coleção Beatriz (2000) – volume 1, embora tenha os mesmos autores que o livro de Beatriz (Alvarenga e Máximo, 2000) no volume único, tratam do tema gravitação antes de energia e, posteriormente a quantidade de movimento. Os livros de Gaspar, volume 1 (2000) e único (2001), Nicolau (2001), Carron e Guimarães (2002), Calçada (2001) e Ramalho (2003) abordam esse tema depois de energia e de quantidade de movimento. Já o livro de Toscano (2002) inicia o conteúdo de mecânica com os conceitos de força, inclusive força gravitacional, depois retoma a teoria de gravitação em um capítulo posterior às leis de Newton e quantidade de movimento e antes de energia. Isso demonstra que os pré-requisitos conceituais para o tema gravitação não estão claros para os autores de livros didáticos, nem mesmo quando se trata de uma só dupla de autores que publica seu texto em dois

formatos distintos – como no caso dos livros (coleção e volume único) de Alvarenga e Máximo (2000).

1.2.2.1 Os aspectos históricos

Com relação à questão de estudo referente aos aspectos históricos, observa-se que o livro de Carron e Guimarães (2002) não aborda a História da Ciência, apenas apresenta fotos e figuras dos cientistas com uma pequena síntese de seus feitos. Os livros de Beatriz (2000), tanto o volume 1 da coleção como o volume único apresentam uma abordagem resumida da evolução histórica com relação ao tema Gravitação Clássica, mas esses autores reconhecem, no capítulo de gravitação, que a sua abordagem histórica a este tema é modesta. Mesmo assim, convém explicitar que, tanto no volume 1 como no volume único, e não só no tema gravitação, esses autores apresentam a construção histórica da Física, o desenvolvimento de suas idéias, os traços do pensamento e personalidade dos cientistas, os aspectos sociais e econômicos que de uma forma mais direta estão ou estiveram mais ligados à Física (WUO, 2000). Neste sentido, acredita-se, portanto, que, tomada no seu conjunto, a visão de história da ciência apresentada por Beatriz (2000), volumes 1 e único, é a melhor dentre os livros analisados, apesar de ela ser proporcionalmente mais restrita quando se trata do tema gravitação, em particular.

Os aspectos históricos nos demais livros analisados deixam a desejar. As menções históricas, quando ocorrem, tratam mais da biografia dos cientistas,

eximindo-se de abordar os conflitos entre as concepções e argumentações que definiram a construção do conhecimento, como, por exemplo, os modelos de Universo.

1.2.2.2 A contextualização

Com relação à questão de estudo relativa ao cotidiano, alguns dos livros analisados fazem uma tentativa de relacioná-lo com conteúdos afeitos ao tema em questão, muitas vezes com curiosidades, como, por exemplo, as estações do ano, o buraco negro, a estrela gigante vermelha, o lixo espacial. Com relação aos satélites artificiais, observou-se que os livros de Beatriz (2000), volume 1, Carron e Guimarães (2002), Ramalho (2003), Toscano (2002), Gualter (2002) e Nicolau (2001) abordam o assunto em alguma medida, enquanto que o de Gaspar (2000; 2001), volume 1 e único, faz menção a esse tema apenas em exercícios, como um aspecto a ser estudado, seja como exemplificação ou como aprofundamento do conteúdo. Já com relação ao assunto marés, os livros de Beatriz (2000), volume 1 e Calçada (2001) abordam tal temática no decorrer do texto; já Carron e Guimarães (2002) fazem o mesmo com textos complementares. Sobre esse mesmo assunto, o livro de Nicolau (2001) questiona, no início, a relação que existe entre o fenômeno das marés com o conteúdo Gravitação, mas no decorrer de todo o capítulo não se propõe discutir tal relação.

1.2.2.3 *Com relação ao aspecto interdisciplinar*

Na questão de estudo que se refere aos aspectos interdisciplinares, apenas os livros de Beatriz (2000), volume 1 e único, e Gaspar (2000; 2001) procuram fazer uma interface do tema com outros conteúdos da Física por meio de textos complementares. Por outro lado, o livro de Calçada (2001) sugere, no manual, que o tema seja relacionado com outros conteúdos da Física, solicitando que o professor recorde “conceitos de mecânica que foram apresentados no volume anterior como o efeito estilingue e a explicação das marés” (CALÇADA; SAMPAIO, 2001, p. 3). Os autores justificam ainda que, para o aluno compreender tais assuntos, são necessários os conceitos de choque elástico e cálculo de coeficiente de restituição. Nesse caso, entende-se que os autores perdem a oportunidade de propor ao professor que apresente durante o estudo do assunto choque elástico uma discussão sobre a aplicação do efeito estilingue. Do mesmo modo, os autores poderiam propor que o professor, ao trabalhar os conceitos de força centrípeta e centro de massa, poderia utilizar a explicação das marés como uma forma de aplicação. Apenas no livro de Toscano, os autores sugerem, no manual do professor, um projeto³ para ser desenvolvido em conjunto com professores de outras áreas do conhecimento.

³ Outras informações sobre o projeto serão apresentadas no item 1.2.2.6.

1.2.2.4 A forma de abordagem: matemática ou fenomenológica

Quanto à questão de estudo que se refere à forma de abordagem – fenomenológica e/ou matemática –, os livros de Toscano (2002), Nicolau (2001) e Gaspar (2000;2001) fazem uma mescla entre os dois aspectos; já os livros de Beatriz (2000), volume 1 e único, aprofundam um pouco mais a questão dos aspectos conceituais dos fenômenos, sendo esse aprofundamento mais detalhado no volume 1. Os livros de Ramalho (2003), Carron e Guimarães (2002), Calçada (2001) e Gualter (2002) não abordam os fenômenos, mas priorizam os aspectos matemáticos.

1.2.2.5 Os exercícios

Os livros de Ramalho (2002), Nicolau (2001), Calçada (2001) e Gualter (2002) enfatizam o treinamento dos alunos para a resolução de exercícios; os demais trabalham tanto aspectos conceituais como matemáticos, sendo que o livro de Toscano (2002) quase não apresenta exercícios de abordagem matemática. Essa observação pode levar a pensar que esse livro teve influência das recomendações dos PCNEM, considerando que estes alertam para a importância do tratamento conceitual do fenômeno e não para a ênfase na aplicação de fórmulas, o que se viu em maior quantidade nos livros do grupo 1.

1.2.2.6 *O Manual do professor*

Com relação a essa questão de estudo, observou-se que, apesar de todos os livros possuírem manual, as sugestões variam bastante.

Na edição de Beatriz (2000), tanto no volume 1 como no volume único, os autores, no Manual do Professor, alertam para que este discuta com os alunos o fato de a lei da gravitação relacionar-se com várias questões do cotidiano, como, por exemplo, o lançamento de satélites artificiais. Propõem que sejam discutidos aspectos históricos, como o trabalho de Tycho Brahe, de Kepler, de Newton e outros na construção do conhecimento. Esses autores ainda propõem 17 aulas para todo o capítulo de Movimento Curvilíneo. Como o conteúdo Gravitação vem inserido como um dos tópicos do referido capítulo, os autores sugerem dois planejamentos: quatro aulas para o conteúdo Gravitação, quando o professor de Física dispuser de duas aulas semanais, e nove aulas, para o caso de ele ter três aulas semanais. Por outro lado, assinalam que é importante o estudo do tema Gravitação Clássica, mas não o justificam. Limitam-se a esclarecer porque se deve trabalhar com os alunos os dois modelos de universo (Ptolomeu e Copérnico) e a aplicação aos satélites, ressaltando que o efeito da rotação da Terra sobre o valor efetivo de “g” é muito complexo para esse nível de ensino. Não sugerem práticas pedagógicas, ou melhor, não sugerem como fazer para facilitar a aprendizagem dos alunos sobre o referido assunto e temas correlatos. A re-edição de 2001 do livro Beatriz (2000) – volume único, em que o manual do professor foi atualizado, não apresenta nenhuma modificação.

O livro de Toscano (2002) traz uma seção de assessoria pedagógica e no *site* da editora há um *link* de apoio pedagógico ao professor. Nesse *site*, há uma proposta para que o conteúdo Gravitação seja trabalhado em quatro semanas e uma sugestão para que o projeto “O Sol nosso de cada dia” seja trabalhado junto com outros professores de geografia, história, artes, biologia e literatura, durante 16 semanas (praticamente um semestre). Há ainda a recomendação de que esse projeto seja desenvolvido antes de o professor de física trabalhar os conceitos de energia e gravitação universal. Apresentam, além disso, atividades introdutórias, de motivação inicial, questionamentos, sugestões de livros para os alunos – apesar de alguns serem de uma linguagem muito difícil para estes. Tal proposta parece, numa primeira análise, constituir um elemento desencadeador de interesse para os temas que serão abordados posteriormente, como Gravitação Clássica.

O manual do livro de Ramalho (2003) propõe quatro aulas para o conteúdo Gravitação e sugere sua omissão no caso de o tempo disponibilizado para as aulas ser reduzido. Assinala, por outro lado, que alguns itens do conteúdo venham a ser realizados como trabalho de pesquisa por parte dos alunos e propõe que estes façam leituras complementares em livros como Astronáutica, Cosmo (Carl Sagan), Astronomia a seu alcance, Fundamentos da Astronomia e o Livro de Ouro.

No manual do livro de Carron e Guimarães (2002), os autores sugerem que os alunos façam uma pesquisa sobre o sistema Geocêntrico e Heliocêntrico antes de o professor trabalhar o conteúdo Gravitação.

O livro de Gualter (2002) sugere que “se [o professor] dispuser de tempo discorra sobre os aspectos históricos da Gravitação e também sobre as novas concepções do Universo” (GUALTER; NEWTON; HELOU, 2002, p. 45).

No manual do livro de Toscano (2002), os autores justificam porque o conteúdo Gravitação foi deslocado para o volume 2, afirmando que, assim, o professor poderá “trabalhar com calma a parte fundamental da mecânica” (TOSCANO; FILHO, 2002, p. 2). Ressaltam também que, sempre que possível, seria interessante o professor trabalhar temas históricos e aplicações tecnológicas, salientando que os primeiros deverão ter uma atenção especial, dada a sua importância.

No livro de Nicolau (2001), o manual apenas sugere que o tema seja trabalhado em 7 aulas.

O que surpreendeu foi o comentário apresentado no manual do professor para o volume 1 do livro de Gaspar (2000, pág 137), especialmente quando esse autor afirma que o tema Gravitação Clássica

tem muita história o que, muitas vezes, dificulta o trabalho do professor de física, nem sempre habituado com esse tipo de abordagem. Alguns alunos não se interessam muito por essas histórias, enquanto muitos outros têm verdadeira fascinação pelo assunto

Após a descrição dos dois grupos de livros, segundo as questões de estudo adotadas, pode-se concluir que todos os livros abordam o tema Gravitação⁴. De certa forma, há uma sinalização no grupo 2 (livros após os PCNEM) para que sejam enfatizados mais os aspectos fenomenológicos relacionados com o cotidiano dos alunos. Ressalta-se também que alguns autores acenam para a importância do tratamento dos aspectos históricos enquanto que outros sugerem que todo o tema seja suprimido. Esta última posição está em conflito com o destaque dado pelos PCNEM ao afirmarem que no Ensino Médio seria interessante que fosse trabalhado o tema Astronomia. Com efeito, concorda-se com os documentos legais e alerta-se para o fato de que esse tema é abordado indiretamente no capítulo sobre Gravitação. Todavia, sendo o tema em questão suprimido, como sugere, por exemplo, o livro de Ramalho (2003), o tema Astronomia não será trabalhado nesse nível de ensino (e isso, infelizmente para a formação dos estudantes, é o que se tem observado, de um modo geral).

A análise dos livros didáticos reforça a idéia que se está defendendo com relação à importância do tema Gravitação para ser trabalhado com alunos do Ensino Médio. Outro aspecto que alerta para a relevância desse estudo é que, na maioria dos livros, os autores não fazem propostas efetivas de como os professores irão desenvolver tal conteúdo na sala de aula. Assim, no próximo tópico desta dissertação, será apresentada uma proposta objetiva e concreta de como trabalhá-lo.

⁴ Com exceção do livro GREF, já discutido em páginas anteriores.

CAPÍTULO 2 ABORDAGEM DO TEMA GRAVITAÇÃO CLÁSSICA: UMA PROPOSTA ALTERNATIVA PARA O ENSINO MÉDIO

2.1 Elementos motivadores do estudo

No transcurso desta pesquisa, percebeu-se uma certa rejeição pelo ensino de gravitação clássica no nível médio. Esse descaso é notado não só por parte dos professores, dos alunos e de outros que participam, direta ou indiretamente, das atividades escolares desse nível de ensino, mas também no que concerne ao material didático. Diante dessa realidade, levantamos alguns questionamentos que podem sinalizar para uma possível resposta a esse quadro, quais sejam:

- Será que a pouca atenção a esse conteúdo se dá pelo fato de este não ser exigido nas avaliações de processos seletivos, como, por exemplo, o vestibular?
- O professor de física desse nível de ensino tem uma formação adequada para trabalhar esse conteúdo? Ou será que o professor acredita que esse conteúdo é conceitualmente difícil para ser abordado com alunos do ensino médio?
- Em que medida os livros didáticos de física influenciam no trabalho do professor quando este aborda esse conteúdo?

Esses questionamentos, apesar não termos a intenção de respondê-los diretamente, conduzem a uma reflexão sobre os elementos que motivam o estudo

do tema Gravitação Clássica e justificam sua importância. Primeiramente, ressalta-se que das quatro forças na natureza – gravitacional, eletromagnética, nuclear forte e nuclear fraca – a gravitacional é a de mais fácil entendimento e acesso para as pessoas. Outro aspecto a ser destacado é que a Gravitação é a força mais dominante no dia-a-dia, sendo verificada por meio da força peso. Por outro lado, o reconhecimento da força peso com o mesmo significado que a força gravitacional leva a aspectos que a caracterizam como uma lei física da natureza, ou seja, de validade supostamente universal. Além disso, a Gravitação proporciona um excelente campo para o estudo/conhecimento de idéias interdisciplinares juntamente com a História, a Filosofia, a Religião, a Cosmologia, entre outras. Outro ponto a destacar é que a Gravitação proporciona um excelente exemplo da evolução das idéias humanas/choques de opiniões. É, assim, um tema muito importante e rico, tanto em termos históricos e culturais como conceituais, para seu ensino ser tão relegado ao segundo plano, ou mesmo omitido, muitas vezes, no nível médio.

Esses argumentos justificam-se, ainda mais, quando relacionados à História da Ciência. Nesse caso, ao se apresentar ao aluno o contexto histórico da construção do conhecimento, quer dizer de caráter social, não isolado ou específico de um determinado cientista, o professor pode esclarecer o embate de idéias vivenciado, retratando, por exemplo, que por volta de 1666, houve uma primeira intuição para a formulação da lei da gravitação universal. Newton entendeu que “a mesma força que atrai corpos próximos à superfície da Terra,

fazendo-os cair, é a que atrai a lua à Terra, mantendo-a em órbita”. Isto é, não são forças de mesma intensidade, mas o tipo de força é o mesmo.

Essa intuição de que duas situações tão distintas podiam ser explicadas devido à ação de uma força de mesma origem e caráter em ambos os casos, envolvendo, de um lado, situações terrestres e, de outro, situações celestes, teve implicações significativas na superação definitiva do já combatido pensamento aristotélico, entre outras conseqüências, inclusive no nível filosófico, para o pensamento ocidental e a consolidação da ciência como a entendemos hoje.

Aquela idéia era baseada em argumentos apontados por Galileu Galilei ao constatar que Júpiter possuía satélites próprios. Sem dúvida, os argumentos de Galileu foram criticados, em parte por colocarem em cheque a autoridade da Igreja. E no caso de Newton, há indícios históricos de que seus argumentos foram inspirados, entre outras influências, em suas atividades alquímicas, depreciadas na sociedade da época. O elemento revolucionário nessa idéia é que ela vem “unir definitivamente o céu e a Terra”. Assim, a visão unificada pela física newtoniana se transforma em um novo paradigma.

A explicação que Newton propõe para a causa dos movimentos da lua, dos planetas, de cometas, das marés, do movimento de queda dos corpos é a mesma. Por outro lado, a aceitação dessa lei não foi unânime e tampouco imediata. Quase dois séculos após sua formulação ainda havia cientistas de renome, como Airy, astrônomo real britânico do século XIX, que não acreditava na universalidade da lei da Gravitação de Newton. O descrédito da lei e outras posturas de caráter

arrogante impediram que aquele astrônomo fosse um dos responsáveis pela descoberta do planeta Netuno (JAFELICE, 2003).

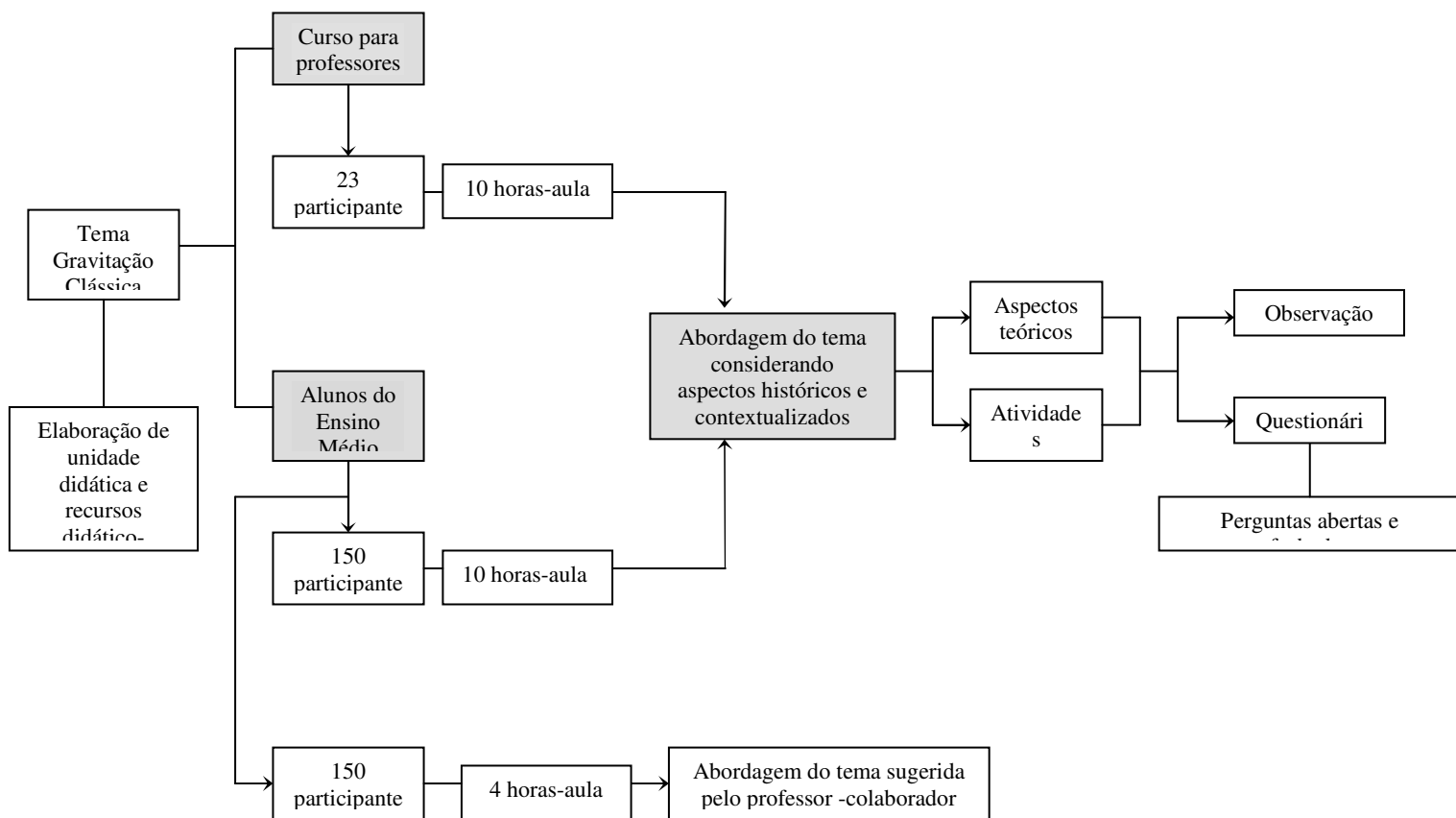
2.2 O percurso metodológico

Diante do que foi exposto nos capítulos anteriores, podem-se destacar alguns aspectos que forneceram elementos orientadores para a organização do percurso metodológico, quais sejam: a relevância dada ao estudo do tema Gravitação Clássica por alunos do Ensino Médio; a apresentação do tema Gravitação Clássica por livros didáticos de física para o Ensino Médio; a importância de se considerar a perspectiva histórica na construção do conhecimento e a necessidade de se realizar abordagens interdisciplinares. Cabe ressaltar que a pesquisa teve como objetivo, além de destacar os aspectos citados, elaborar também uma seqüência de atividades para trabalhar o tema Gravitação Clássica, podendo tal seqüência ser utilizada pelos professores com seus alunos do Ensino Médio, tendo como referência outras propostas de cursos sobre o tema, desenvolvidas por outros autores (NARDI; TEODORO, 2001). Dessa forma, as questões de estudo derivam orientações como:

- elaborar atividades e recursos didático-pedagógicos para uma proposta de abordagem contextualizada para o tema Gravitação Clássica, considerando a perspectiva histórica;

- organizar um curso para professores em exercício de diversas áreas do conhecimento sobre a proposta de abordagem do tema Gravitação Clássica;
- desenvolver a proposta de abordagem do tema Gravitação Clássica com alunos do Ensino Médio.

Para alcançar tal objetivo, propõe-se o seguinte percurso metodológico:



2.2.1 O contexto da pesquisa

A pesquisa foi organizada em duas etapas: um curso para professores do nível médio, na modalidade Extensão Universitária, e outro, na escola, com alunos do Ensino Médio. Para tanto, foi elaborada a proposta de abordagem contextualizada, segundo a perspectiva histórica para o estudo do tema Gravitação Clássica, com uma seqüência de atividades e recursos didático-pedagógicos. Do curso participaram professores de várias disciplinas da Escola Estadual Professor Francisco Ivo Cavalcanti (Natal–RN), com formações acadêmicas distintas e que atuavam em diferentes áreas do conhecimento, como história, geografia, física, inglês e matemática. O curso ofereceu a possibilidade de inserir o tema gravitação no Ensino Médio e de descobrir e explorar áreas de interseção com outras disciplinas, a fim de promover uma efetiva interdisciplinaridade. Outra perspectiva importante também foi a chance de formar agentes multiplicadores.

Na segunda etapa, a proposta de abordagem foi desenvolvida com 150 alunos da 1^a série do Ensino Médio do Colégio Marista de Natal. O critério adotado para a seleção da escola pautou-se no fato de a pesquisadora atuar como professora nessa instituição e, portanto, ter facilidade de dialogar com a equipe pedagógica e com o professor-colaborador.

2.2.2 As atividades e os recursos didático-pedagógicos propostos para o conteúdo de Gravitação Clássica: o curso para os professores e para alunos do Ensino Médio

Como relatado anteriormente, os cursos foram realizados, separadamente, com dois grupos de participantes: um formado somente com professores, ao qual foram ministrados dois módulos, cada um com 5 horas de duração, e outro curso ministrado somente a alunos da 1^a série do Ensino Médio, com apenas um módulo de duração de 10 horas. Neste item, serão apresentadas em conjunto as atividades desenvolvidas em ambos os grupos, pelo fato de haver considerável superposição das abordagens utilizadas nos dois cursos, bem como pelo fato de que muitos resultados obtidos foram semelhantes.

O primeiro curso realizado foi com os professores. Neste, a intenção era trabalhar o conteúdo Gravitação Clássica em seus aspectos teóricos e, paralelamente, apresentar e discutir as atividades e os recursos didático-pedagógicos elaborados para trabalhar com o grupo de alunos do Ensino Médio. Objetivava-se apresentar e discutir a proposta com professores de diferentes áreas do conhecimento, no sentido de verificar, validar e fornecer elementos para a reflexão, levando à reformulação do curso, na versão para os alunos. Após a experiência prévia com os professores, foi realizado o curso com os alunos. Agora, objetivava-se verificar a viabilidade das atividades, procurando reformulá-las, se necessário, e diagnosticar, a partir das opiniões destes alunos, o quanto

tais atividades lhes eram interessantes e motivadoras no processo de aprendizagem.

Tanto o curso com os professores como aquele realizado com os alunos tinham a mesma filosofia: a construção de uma abordagem teórica embasada na vivência de atividades práticas.

A abordagem teórica englobou diferentes temas, historicamente mais representativos, como as visões dos modelos de Universo para o sistema solar, as leis de Kepler e a lei da Gravitação Universal. As atividades didáticas incluíam: a) a determinação do valor local de “g”, b) a verificação da excentricidade da órbita dos planetas, c) a verificação da segunda lei de Kepler, d) o estudo das marés e) a verificação da lei de Gravitação Universal, entre outros.

A seqüência de atividades desenvolvida no curso com os professores incluía discussões durante as atividades, sendo as opiniões destes registradas por bolsistas e outros colegas da pós-graduação que também assistiam ao curso. Devido ao grande número de pessoas envolvidas, não foi possível registrar as intervenções individualmente, mas apenas as colocações feitas de modo geral. Já as opiniões gerais dos alunos eram registradas pela professora-pesquisadora após a aula.

No primeiro módulo do curso com os professores, foi feito um levantamento das idéias dos participantes sobre a força da gravidade em corpos de massa diferentes. Durante o desenvolvimento dessa atividade, questionavam-se os professores se eles já haviam ouvido falar da força da gravidade, e solicitava-se que explicassem, na opinião deles, o que é essa força. Em resposta a essas

questões, todos os professores afirmaram ter conhecimento da força da gravidade, embora nenhum deles a tenha relacionado com a força peso. Para que não houvesse interferência da opinião dos professores com formação em Física, solicitou-se que opinassem primeiramente os professores das demais áreas do conhecimento, depois os professores de Física. Foram, então, apresentadas aos professores duas esferas de mesmo tamanho, sendo uma de gude (maciça de vidro) e a outra de isopor, perguntando-se: o que está exercendo força gravitacional sobre elas? A força gravitacional que a Terra exerce sobre cada uma dessas bolinhas é igual nos dois casos?

Essa atividade de levantamento das opiniões foi desenvolvida durante a prática ilustrada pela fotografia a seguir.

Fotografia 1 - Abandono de corpos de massas diferentes

Nessa atividade, os professores afirmaram que a força exercida sobre as bolas era a da Terra. Observou-se também que a maioria dos professores entende que a força gravitacional que a Terra exerce sobre cada uma das bolas é igual. Apenas dois professores afirmaram serem forças diferentes. Foi então solicitado

que eles esclarecessem melhor sua opinião. Em resposta, afirmaram que a força na bola de gude era maior. Entretanto, ao serem solicitados para sugerir formas de provar que a força da gravidade da Terra sobre a bola de gude era maior, eles disseram que não sabiam responder. Assim, foi proposto aos professores que lançassem as esferas em uma caixa contendo areia, como uma atividade investigativa (com duração de 45 minutos), com o lançamento de esferas da mesma altura e no mesmo instante.

Antes de realizar a atividade, questionou-se sobre quais possibilidades de eventos (i.e., resultados dos experimentos) aconteceriam quando lançassem: a) esferas de tamanhos iguais e massas diferentes; b) esferas de tamanhos diferentes e massas iguais; c) esferas de tamanhos diferentes e massas diferentes; e d) esferas de tamanhos iguais e massas iguais. Nesse caso, houve uma diversidade de opiniões, de tal modo que os professores-participantes não chegaram a um consenso sobre as possibilidades dos eventos.

Durante a atividade, foram feitas as seguintes perguntas aos professores:

- Após as experiências é possível descobrir em qual “bola” a atração gravitacional é maior?
- Se afirmativo, como determinar? Se não, por quê?

A atividade seguinte visava conhecer a opinião dos participantes sobre a atuação da força da gravidade. Aos professores foi solicitado que desenhassem a trajetória de uma pedra sendo abandonada, de uma certa altura, por uma

pessoa nos seguintes pontos da superfície terrestre: Pólo Norte, Pólo Sul e Equador. Os desenhos feitos pelos professores foram categorizados (Apêndice A) e agrupados, em percentuais, conforme a tabela a seguir.

Modelo	quantidade	percentual
Orbitando em qualquer posição	01	7,14%
Para dentro da superfície	04	28,57%
Para o centro	02	14,28%
Diferente de todos os desenhos	01	7,14%
Direção preferencial na superfície	06	42,86%
Total	14	100,0%

Tabela 4: Percentuais dos modelos categorizados nos desenhos dos professores

A seguir, foi realizada uma aula teórica destacando aspectos históricos dos modelos de Universo, ilustrada por transparências, partindo dos modelos de mundo dos gregos até a formulação da teoria da gravitação universal por Isaac Newton. Tal exposição durou aproximadamente 90 minutos, conforme ilustra a fotografia a seguir.

Fotografia 2 – Aula teórica dos aspectos históricos dos modelos de Universo

No final da exposição, propôs-se aos professores que, se desejassem, poderiam modificar seus desenhos (realizado no início do curso) sobre uma pessoa lançando uma pedra nos pólos, entretanto ninguém quis retomá-los para fazer qualquer modificação.

A seguir, sugeriu-se que fosse determinado o valor da gravidade local usando um pêndulo. Após a obtenção dos valores pelos professores foi sugerido que eles comparassem estes com os valores tabelados (Anexo A) para algumas cidades do Rio Grande do Norte (MOREIRA, 1999). A fotografia a seguir mostra a determinação de “g” experimental.

Fotografia 3 – Determinação do valor da gravidade local

Novamente foi realizada outra aula expositiva em que se discutiam as leis de Kepler e a importância destas para a elaboração quantitativa da lei da gravitação universal proposta por Newton.

A atividade seguinte foi a do “Bar de Kepler”, que constitui uma inovação nossa – uma prática que a professora-pesquisadora idealizou e construiu para

essa pesquisa –, já que as demais atividades foram desenvolvidas por outros autores e, algumas vezes, adaptadas para nossa proposta.

Essa prática visava à verificação da excentricidade das órbitas dos planetas por meio da medição em figuras. Assim, foi feito o desenho das órbitas dos planetas (Apêndice B) que constituem o sistema solar, com suas respectivas excentricidades, usando o programa de computador CorelDraw. Nesses desenhos, cada elipse aproximava-se do tamanho de um “porta-copos” usado em mesa de bar, daí o nome da prática. Os professores foram divididos em grupos e se distribuiu um conjunto completo de “porta-copos” para cada grupo. Quando se apresentaram esses “porta-copos”, perguntou-se aos participantes que figura geométrica representava o objeto que eles tinham em mãos, sendo que todos os professores responderam que se tratava de um círculo. Em seguida, foi solicitado que determinassem as medidas dos diâmetros (em duas direções perpendiculares) daquelas figuras e conferissem se estas eram, de fato, circulares. Cada grupo de professores concluiu que os “porta-copos” não eram circulares. A professora informa, então, que se tratam de elipses, com excentricidades muito pequenas. A seguir, foi solicitado que associassem as figuras dos porta-copos às órbitas de cada planeta, respectivamente, entretanto os professores só conseguiram identificar a órbita do planeta Plutão, cuja excentricidade é a maior de todas as órbitas dos planetas do sistema solar. A fotografia a seguir mostra alguns dos professores desenvolvendo esta atividade.

Fotografia 4 – Professores realizando a prática do “Bar de Kepler”

Outra atividade proposta foi a visualização da força gravitacional. Para que a lei da gravitação universal fosse “visualizada” pelos professores (i.e., para que pelo menos os vetores dos pares de forças gravitacionais atuando entre dois corpos fossem representados proporcionalmente, em tamanho, aos seus valores – módulos – relativos), foram apresentadas as seguintes figuras:

Figura 1 – Exemplos de exercícios para a “visualização gráfica” da lei da gravitação universal:

Durante essa atividade era solicitado aos professores que a partir do primeiro exemplo fossem desenhados os vetores F em cada uma das situações seguintes.

Além dessas possibilidades apresentadas no mesmo exercício expresso na figura acima, foram utilizadas outras figuras variando a distância e as massas (Apêndice C). Essa atividade tinha como objetivo “concretizar” graficamente o comportamento da força gravitacional, ou seja, sua dependência com as grandezas massa e distância. Para isso, era solicitado aos professores que eles desenhassem, a partir de uma dada situação inicial, as novas forças existentes entre as massas, nas diversas variações, tanto de massa como de distância. Logo após, procurou-se fazer uma discussão sobre os desenhos comparando-os com o que havia sido apresentado na aula expositiva.

Associada a essa atividade, foi discutida a influência da força gravitacional entre a Terra e a lua e como esta influi nas marés. Para tanto, foi construído um “relógio de maré”⁵ usando um disco de vinil e cartolina e apresentado aos professores.

A seguir, foi desenvolvida uma atividade prática denominada de “2ª Lei de Kepler na balança”⁶. Esta consistia em pesar as partes de um quebra-cabeça, que representava a varredura do raio vetor ligando o centro do planeta ao centro do Sol, dividida em intervalos de tempo iguais. O Sol fazia uma órbita completa em torno deste, para a comparação entre as áreas de cada peça do quebra-cabeça. Ou seja: essa situação corresponde a uma representação “concretizada” da 2ª lei de Kepler, em que “áreas iguais” ficam “equivalentes em massas” (para um material do quebra-cabeça de espessura constante e densidade uniforme). A

⁵ Teve como referência uma atividade proposta pelo Guia Prático de Ciências: como o Universo funciona. Rio de Janeiro: Globo, 1994.

⁶ Fonte: CANALLE, 1997, comunicação particular ao professor orientador.

balança foi construída artesanalmente com pedaços de madeira, fios e latas de refrigerante cortadas ao meio. A fotografia a seguir mostra os professores realizando a atividade com a balança.

Fotografia 5 – Professores realizando a prática “2ª lei de Kepler na balança”

Como atividade seqüencial, foi realizada a construção do sistema solar em escala de tamanho e de distância. Essa prática tem como finalidade mostrar as dimensões do sistema solar por comparação relativa, representando os planetas e o Sol por esferas em escala reduzida, assim como a escala das distâncias médias dos planetas em relação ao Sol. Para construir os planetas, utilizou-se argila, uma bexiga de tamanho gigante, cujo diâmetro era de 80,0 cm que representava o Sol, e um barbante marcado com “nós” os quais indicavam as distâncias médias dos planetas com relação a este.

A construção do sistema solar em escala de tamanho e de distância obedece à escala apresentada na tabela abaixo.

Astro	diâmetro (mm)	Distâncias médias ao Sol em escala em centímetros	
		Para quadra de esporte	Para a sala de aula
Mercúrio	2,9	5,8	2,9
Vênus	7,0	10,8	5,4
Terra	7,3	15,0	7,5
Marte	3,9	22,8	11,4
Júpiter	82,1	77,8	38,9
Saturno	69,0	143,0	71,5

Urano	29,2	287,0	143,5
Netuno	27,9	405,0	202,5
Plutão	1,3	590,0	295,0

Tabela 5: Planetas em escala de tamanho e de distâncias médias ao Sol (quando este é considerado com diâmetro de 80,0 cm) (Extraída e adaptada de CANALLE, 1995, p.30)

A fotografia a seguir mostra, de forma bem descontraída, cada professor com seu sistema solar em escala.

Fotografia 6 – Professores com o sistema solar em escala de tamanho.

A atividade posterior à construção do sistema solar era a realização da “Dança dos Planetas” (CANALLE, 1997), que consistia em representar corporalmente o movimento de cada planeta em suas respectivas órbitas e fazer a verificação da duração dos dias e anos. Para traçar as órbitas, utilizou-se o barbante descrito anteriormente. Assim, uma vez traçadas as órbitas⁷ no chão,

⁷ Duas observações eram feitas aos participantes antes da atividade, para garantir informações corretas sem por isso desfavorecer a prática. A primeira é que, embora as órbitas reais sejam elípticas, as excentricidades destas (com exceção da de Plutão e de Mercúrio) são relativamente pequenas e, portanto, a aproximação delas por

usando a escala, alguns alunos encenaram o movimento dos planetas caminhando (com velocidades diferentes) sobre as linhas desenhadas. Enquanto isso discutiam-se questões como o tempo de duração dos movimentos orbitais dos planetas, comparando-os com os demais. Durante essa atividade, perguntou-se aos professores: o ano em Plutão é maior ou menor do que na Terra? E o ano em Mercúrio?

A “Dança dos Planetas” procurava representar de forma lúdica o movimento de cada um deles em suas respectivas órbitas e fazer a verificação da duração dos dias e dos anos. A fotografia a seguir mostra esta atividade sendo feita.

Fotografia 7 – Professores realizando a “Dança dos Planetas”

Até o momento, foram apresentadas as atividades e recursos didático-pedagógicos sobre o conteúdo Gravitação Clássica trabalhados no curso para os professores. No próximo tópico, serão detalhados os instrumentos avaliativos e os resultados obtidos na opinião dos professores sobre o curso e as atividades.

circunferências, para o objetivo didático desta prática, não constitui problema maior, desde que se esteja ciente do fato. E a segunda é que os planos de cada órbita não são coplanares, porém o ângulo entre eles é bastante pequeno; analogamente ao caso anterior, considerá-los todos no mesmo plano (no caso, o chão) não é grave para o objetivo da prática, uma vez feita esta advertência.

2.2.3 Avaliação do curso para professores em exercício no Ensino Médio

Após a realização de todas as atividades do curso e dos momentos de discussão, foi solicitado aos professores que respondessem um questionário com 4 perguntas abertas (Apêndice D). Esse instrumento intencionava verificar a avaliação que os professores faziam sobre o curso com o intuito de buscar elementos que pudessem identificar aspectos positivos e negativos da proposta, da metodologia utilizada e da possibilidade de reproduzir tais atividades na sala de aula com um conteúdo relacionado com a disciplina que o professor ministra na escola. Nos quadros a seguir, são apresentadas as respostas dos professores para essas questões.

Aula dinâmica/interativa	03 (14,3%)
Didática motivadora	02 (9,5%)
As aulas levam à participação e envolvimento	03 (14,3%)
As práticas	07 (33,3%)
Os textos	06 (28,6%)
<hr/>	
Número de citações	21 (100%)

Esquema 2 – Respostas e respectivos números de citações dos professores com relação aos aspectos positivos do curso

Aspectos negativos	Não houve aspectos negativos	01 (4,8%)
	Pouco tempo	08 (30,1%)
	Respostas em branco	12(57,21%)
Número de citações		21 (100%)

Esquema 3 – Respostas e respectivos números de citações dos professores com relação aos aspectos negativos do curso

Metodologia	Dinâmica/interessante/motivadora	6 (28,6%)
	Passa grande volume de informações	1 (4,8%)
	Cria atmosfera prazerosa	2 (9,5%)
	Deu embasamento teórico-metodológico para a prática na sala de aula	5 (23,8%)
	Respostas em branco	7 (33,3%)
Número de citações		21 (100%)

Esquema 4 – Respostas e respectivos números de citações dos professores com relação à metodologia utilizada no curso

Os esquemas acima apresentam um resultado bastante animador. Da avaliação reproduzida acima e das conversas com os participantes, durante e ao final do curso, constata-se que todos acharam que este trouxe uma grande contribuição para a sua formação geral e também acreditaram ser possível trabalhar essa proposta na sua sala de aula. Apenas os professores de geografia ressaltaram que os assuntos “distância e massas dos planetas poderiam ser trabalhados conjuntamente com os conteúdos de geografia na sala de aula”. Ainda avaliaram como pontos positivos do curso a dinâmica das aulas, a didática motivadora, a aula interativa, a diversidade dos recursos utilizados, o envolvimento com o conteúdo proposto e os textos de boa qualidade. Um aspecto negativo avaliado pelos professores foi o tempo insuficiente para um maior aprofundamento do tema.

2.2.4 O tema Gravitação Clássica abordado em aulas de Física com alunos do Ensino Médio

Na escola do Ensino Médio, segundo o calendário escolar, o conteúdo Gravitação Clássica é trabalhado com os alunos da 1ª série desse nível de ensino, no segundo semestre letivo. A instituição onde aplicamos a abordagem conta com 6 turmas de alunos da 1ª série do Ensino Médio. No ano de 2003, optou-se por organizar os alunos participantes da pesquisa em dois grupos: 150 alunos teriam aulas com a professora-pesquisadora (grupo 1), que adotaria a abordagem

proposta nesta dissertação, e os outros 150 alunos teriam aulas com o professor-colaborador (grupo 2) sobre o mesmo conteúdo, para que fosse cumprido o programa curricular da escola. O professor-colaborador faz parte do quadro regular de professores da escola onde foi realizada essa etapa da pesquisa e não participou das atividades já relatadas sobre o curso de Gravitação para professores em exercício.

Para trabalhar esta abordagem no grupo 1, foram utilizadas dez aulas, com duração de 50 minutos cada uma, distribuídas em duas semanas e meia. O professor-colaborador optou por trabalhar o conteúdo em quatro aulas com duração de 50 minutos cada uma, em uma semana.

Com o grupo 1 foram desenvolvidas as mesmas atividades e utilizados os mesmos recursos didático-pedagógicos propostos no curso para os professores⁸, conforme discutido acima. É interessante ressaltar que o professor-colaborador solicitou o material didático que foi trabalhado com o grupo 1. Entretanto, posteriormente, ele informou que não poderia utilizar tais recursos por desconhecê-los.

2.2.4.1 Relatando as atividades

Como já dissemos anteriormente, as atividades desenvolvidas com os alunos da 1ª série do Ensino Médio foram as mesmas atividades propostas para

⁸ Entende-se que não é necessário repetir o detalhamento das atividades, já que estas foram relatadas no item 2.2.2 desta pesquisa.

os professores. As atividades com os alunos foram realizadas em dez aulas. A seguir, apresenta-se a descrição das aulas referidas.

1ª aula:

Inicialmente, solicitou-se que os alunos fizessem desenhos da trajetória de uma pedra sendo abandonada, de uma certa altura, por uma pessoa nos seguintes pontos da superfície terrestre: Pólo Norte, Pólo Sul e Equador. Posteriormente, foram feitas algumas questões relacionadas com queda livre, a exemplo de tempos de queda e magnitudes das forças, mudando os aspectos condicionantes (diferentes massas, composições, alturas etc.). O propósito dessa atividade era conhecer as idéias prévias dos alunos sobre a força gravitacional. Todos eles afirmaram ter ouvido falar em gravidade, mas não sabiam explicar, tampouco relacionar com a força peso. Os desenhos feitos pelos alunos foram categorizados (Apêndice E), agrupados e determinados os percentuais, conforme a tabela a seguir.

Modelo	Quantidade	percentual
Fora da Terra	06	4,0%
Orbitando em qualquer posição	06	4,0%
Dentro da superfície	03	2,0%
Para o centro	15	10,0%
Não tem direção preferencial	34	22,6%
Direção preferencial na superfície	75	50,0%
Diferentes	09	6,0%
Em branco	02	1,4%
Total	150	100,0%

Tabela 6 – Percentual dos modelos categorizados nos desenhos dos alunos

2ª aula:

Foi ministrada uma aula expositiva de aspectos históricos sobre alguns modelos de Universo, iniciando com modelos dos gregos.

3ª aula:

Continuação da aula teórica com aspectos históricos sobre alguns modelos do Universo seguida de discussão com os alunos.

4ª aula:

Consistia em realizar uma atividade experimental e discussão dos resultados obtidos nas medições. Os alunos foram divididos em dez grupos de quatro componentes, sendo entregue a cada grupo um cronômetro e um pêndulo, para que fosse determinado o valor da aceleração da gravidade, g , naquele local. Os valores encontrados variaram para cada grupo, ficando entre $9,1 \text{ m/s}^2$ e $10,2 \text{ m/s}^2$ (MOREIRA, 1999). Em seguida, foram comparados com os valores tabelados para o RN. A fotografia a seguir apresenta os alunos realizando a atividade de determinação experimental do valor de g .

FOTOGRAFIA 8 – ALUNOS REALIZANDO A PRÁTICA DA DETERMINAÇÃO DO VALOR DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE LOCAL

5ª aula:

Foi realizada uma aula expositiva de aspectos históricos sobre as leis de Kepler e a lei da Gravitação Universal.

6ª aula:

Foram realizadas duas atividades experimentais, o “Bar de Kepler” e a “segunda lei de Kepler na balança”⁹. As fotografias a seguir apresentam os alunos fazendo as atividades:

Fotografia 9 – Alunos realizando a prática do Bar de Kepler

Fotografia 10 – Alunos realizando a prática da 2ª lei de Kepler na balança

No ano seguinte ao qual o nosso curso foi aplicado com os alunos da 1ª série de Ensino Médio do Colégio Marista de Natal, houve a realização da VII Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA – versão 2004). Participaram desta

⁹ Ver descrição das atividades nas páginas 63 e 67.

Olimpíada, no Colégio Marista, um total de 63 alunos no nível 4 (Ensino Médio), dentre os quais 17 alunos que haviam participado do nosso curso. Eu fui a professora responsável pela correção das provas da Olimpíada no Colégio Marista (aplicando o gabarito fornecido pela coordenação nacional da OBA).

A prova da OBA – 2004 (Anexo B) apresentava uma questão relacionada à excentricidade da órbita da Terra, solicitando que os participantes circulassem a figura que melhor ilustrava o movimento da Terra (translação) ao redor do Sol. O ponto crítico da questão era testar o conhecimento do aluno sobre o fato de que a excentricidade da órbita é muito pequena e a figura que melhor representava esta órbita era um círculo, e não uma elipse de grande excentricidade (como muitas vezes sugerem os livros didáticos). Dentre os 63 participantes no nível 4 (Ensino Médio – Colégio Marista), apenas 13 alunos acertaram a questão, 11 deles tendo participado do nosso curso.

Quatro dos alunos que participaram do nosso curso e da OBA – 2004 me procuraram espontaneamente para discutirem a prova da Olimpíada e fizeram os seguintes comentários:

só consegui acertar essa questão porque eu lembrei da sua aula sobre as leis de Kepler.

Professora, eu estava na dúvida, porque o livro diz que as órbitas são elípticas, mas aí eu lembrei do que a senhora fez um negócio de medir e era quase um círculo.

Professora, essa questão é uma pegadinha, porque o livro diz que as órbitas são elípticas, então, se a senhora não tivesse dito que a excentricidade da elipse era pequena, que se aproxima de um círculo eu tinha errado essa questão de graça.

Professora, eu errei essa questão porque apesar da senhora ter feito aquele negócio de medir as órbitas, eu acabei estudando pelo livro e vi elas bem compridas, aí fiquei na dúvida, pois não é possível que a senhora seja mais sabida que o livro.

7ª aula:

Atividade experimental na qual os alunos foram divididos em grupos para construir o sistema solar em escala, utilizando argila. A fotografia a seguir ilustra um dos grupos de alunos realizando a atividade.

Fotografia 11 – Alunos construindo com argila o sistema solar em escala de tamanho

8ª aula:

Nessa aula, os alunos foram para o pátio da escola para realizar a atividade lúdica da “Dança dos Planetas”. Antes desta, foi realizada uma pequena discussão explicando alguns aspectos referentes ao conteúdo Gravitação Universal. A fotografia a seguir ilustra as atividades.

Fotografia 12 – Exposição de alguns conteúdos relacionados com a atividade

Uma vez desenhadas as órbitas de cada planeta, obedecendo à escala de distribuição em relação ao Sol, conforme visto no item anterior, solicitamos a 5 alunos que representassem os planetas e girassem ao redor do ponto que estava representando o Sol.

Fotografia 13 – Alunos realizando a “Dança dos Planetas”

9ª aula:

Nessa aula, discutimos algumas aplicações da força gravitacional, como, por exemplo, as marés, mostrando por meio de um recurso didático (ver fotografia a seguir) como estas acontecem.

Fotografia 15 – Aula sobre as aplicações da força gravitacional envolvendo as marés

10^a aula:

Durante essa aula, também foi realizada uma atividade de visualização gráfica sobre a lei da gravitação universal. Assim, foram entregues aos alunos algumas figuras, as quais representavam algumas massas, separadas por uma determinada distância (figura 1, no capítulo 2), com o objetivo de mostrar-lhes, de uma maneira um pouco mais “concreta”, visual, a dependência da força gravitacional com as massas e com a distância. Nessa atividade, não foi dado nenhum valor numérico para as massas, tampouco para as distâncias, mas algumas situações para que eles pudessem identificar as forças. Logo depois, foi solicitado aos alunos que desenhassem a força atuante em cada massa para cada uma das situações.

Em discussão na sala, solicitou-se aos alunos que fizessem uma avaliação sobre as atividades desenvolvidas durante cada aula, sendo suas respostas orais registradas pela professora. A maioria respondeu que gostou das aulas. Alguns destacaram: “[...] era bom porque saíam de sala de aula”; “a aula só foi boa porque o assunto era interessante”; “o que mais gostei foi de fazer os planetas com a argila... fiquei impressionada com o tamanho dos planetas, não tinha a menor idéia que fosse desse jeito”; “[...] foi legal porque nós participamos bastante”.

Além dessa discussão, foi também realizada uma avaliação escrita sobre o conteúdo disciplinar do tema Gravitação Clássica. Cabe ressaltar que a verificação do aprendizado desse conteúdo foi feita em uma avaliação bimestral da escola (Apêndice F), sendo esta aplicada aos dois grupos. Merecem ainda destaque os fatos de que foram elaborados dois instrumentos de avaliação, sendo um feito pelo professor-colaborador e outro pela professora-pesquisadora, e de que os dois instrumentos foram aplicados a ambos os grupos. Os resultados dessas duas avaliações encontram-se nos gráficos a seguir.

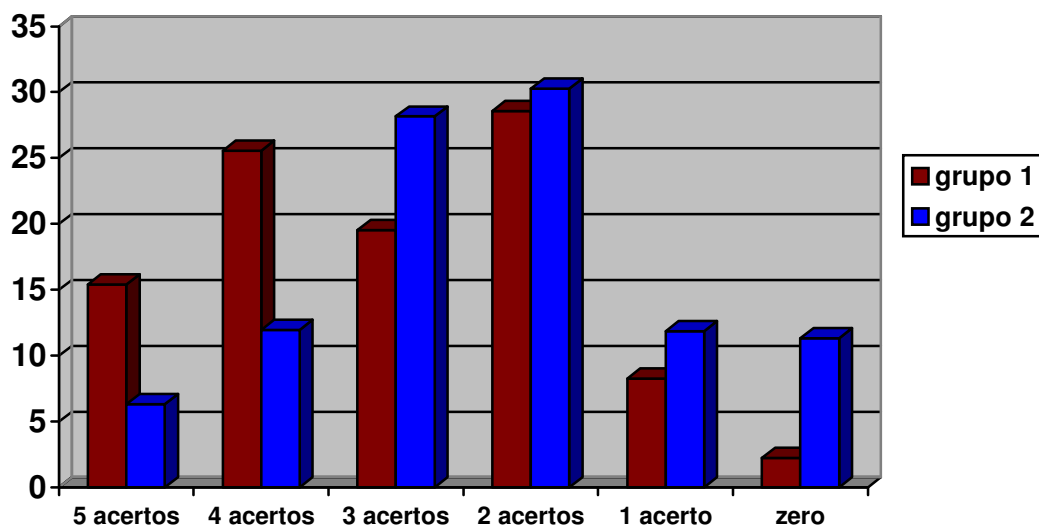


Gráfico 1 – Relação entre percentuais de alunos e acertos de cada grupo¹⁰ – Avaliação elaborada pelo professor-colaborador

¹⁰ Lembrando que com o grupo 1 foram utilizados a abordagem e os recursos didáticos elaborados nesta pesquisa, enquanto o grupo 2 assistiu às aulas expositivas tradicionais com o professor-colaborador.

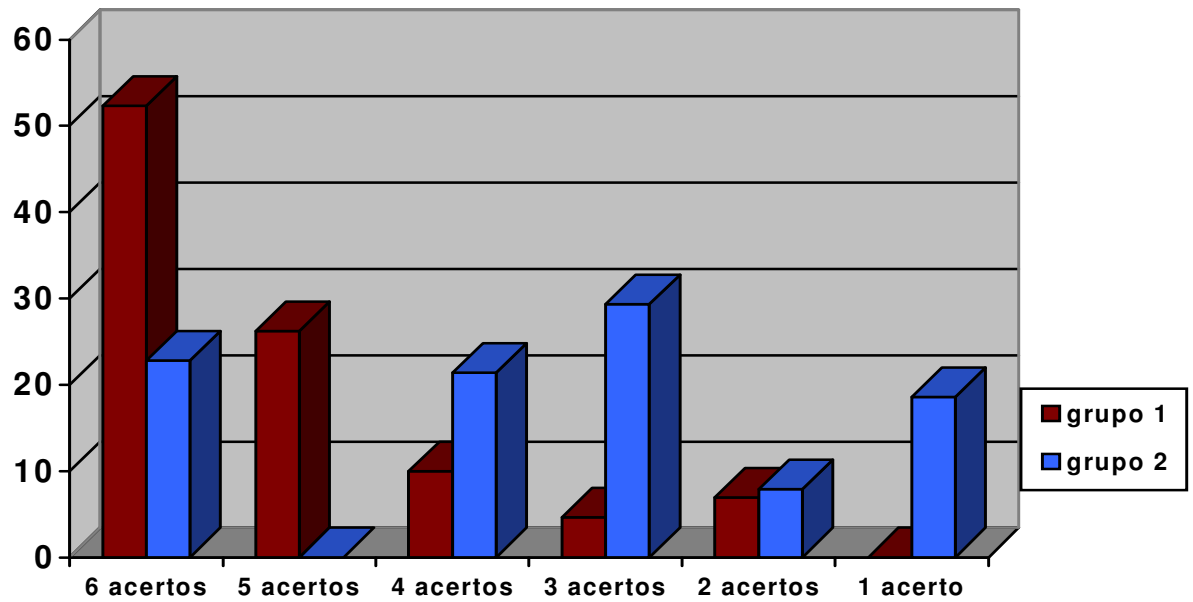


Gráfico 2 – Relação entre percentuais de alunos e acertos de cada grupo – Avaliação elaborada pela professora-pesquisadora

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa, foram evidenciados vários aspectos concernentes ao Ensino de Gravitação Clássica no nível médio, os quais procuraremos agora recuperar construindo mais uma reflexão. Da mesma forma que se procedeu na descrição do percurso metodológico, far-se-á uma síntese das principais considerações relativas aos dois objetos de estudo que se interligam, a saber: a análise do livro didático e o curso para os professores e para os alunos do Ensino Médio.

Observou-se na análise dos manuais didáticos que, apesar das orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), esses livros pouco enfatizam os aspectos históricos da construção do conhecimento, a relação com as questões do cotidiano e o caráter interdisciplinar. Por outro lado, reforçam a idéia da aprendizagem por memorização nos exercícios. Mesmo quando retratam os fenômenos, os volumes analisados sugerem atividades de abordagem matemática. Cabe destacar que, no grupo de livros editados após a divulgação dos PCNEM, houve uma sinalização discreta, nas atividades propostas e exercícios de alguns poucos livros, de seguir as suas orientações.

Outro ponto que merece reflexão é a organização dos conteúdos nesses compêndios. Em ambos os grupos de livros analisados (antes e após os PCNEM), observou-se que não há uma concordância na visão dos autores quanto aos pré-requisitos ou aos conceitos que os alunos deveriam possuir para facilitar o processo de ensino e aprendizagem. Entende-se que o conteúdo Gravitação

Clássica na 1ª série do Ensino Médio deveria vir logo após os seguintes conteúdos: cinemática (movimento circular), leis de Newton, conservação de energia, conservação de momento linear, torque e conservação de momento angular.

O curso tanto para professores como para alunos abordou aspectos teóricos e práticos, com ênfase nas questões históricas e algumas relacionadas com o cotidiano das pessoas, como, por exemplo, as marés. Verificou-se que a realização do curso além de favorecer a participação efetiva dos alunos e professores, apresentou elementos motivadores para que esses participantes pudessem melhor relacionar teoria e prática. Além disso, merece ressaltar que os professores foram bastante enfáticos ao afirmar a importância das atividades práticas para uma melhor introdução do embasamento teórico-metodológico na sua prática docente.

No curso para professores, faz-se relevante registrar que houve a intenção de formar um grupo interdisciplinar unindo docentes de diferentes áreas do conhecimento. Entende-se ser essa uma ação que deveria apropriadamente desenvolver-se nos ambientes escolares. Os professores participantes do curso apresentaram boa intenção para realizar a prática interdisciplinar, mas, segundo eles próprios, muitas vezes esbarravam no impedimento com relação ao “como fazer”. Acredita-se que aliadas a essa questão encontram-se outras dificuldades, tais como o não conhecimento disciplinar e o pouco tempo disponível para se formar uma equipe ou grupo de professores para estudar e desenvolver trabalhos nessa perspectiva. Sem dúvida que estes são elementos que merecem não

somente uma reflexão mas também uma postura dos atores envolvidos na prática escolar. Os documentos legais sugerem propostas que, muitas vezes, na prática, não são desenvolvidas, seja por questões que historicamente depreciam o trabalho do professor, a exemplo da pouca motivação e formação didático-pedagógica que estes possuem, seja pela escassez de material didático adequado às finalidades que a sociedade atual exige.

Esperamos que este trabalho possa, em alguma medida, contribuir como sugestão aos professores quanto à forma de como se abordar um tema de importância ímpar na formação dos alunos do Ensino Médio e ainda valer como um alerta a todos (professores e alunos) com relação ao uso da ferramenta que é o livro didático.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, Beatriz; MÁXIMO, Antônio. **Física**. São Paulo: Scipione, 2000. v. único.

_____. **Curso de Física**. São Paulo: Scipione, 2000. v.1.

AMALDI, Ugo. **Imagens da Física**: curso completo. São Paulo: Scipione, 1995. v. único.

BRASIL, Ministério da Educação. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) nº. 9.394/96**. Brasília, 1999a.

_____. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: novo Ensino Médio**. Brasília, 1999b.

_____. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília, 1998. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br>> Acesso em: 31 abr. 2001.

_____. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais Mais**.
Brasília, 2003.

BONJORNO, José Roberto; CLINTON, Márcico Ramos. **Temas de Física**. São
Paulo: FTD, 1997. v 1.

CANALLE, João Batista. **Oficina de Astronomia**. Rio de Janeiro: UERJ, 1995.

CALÇADA, Caio Sérgio; SAMPAIO, José Luis. **Física clássica**: dinâmica/estática.
São Paulo: Atual, 1998. v 2.

_____. **Universo da Física**, São Paulo: Atual, 2001. v.2.

CARRON, Wilson; GUIMARÃES, Osvaldo. **As faces da Física**. São Paulo:
Moderna, 2002. v. único.

CHASSOT, Attico. **A Ciência através dos tempos**. 9. ed. São Paulo: Moderna.
2000.

CHIQUETTO, Marcos; VALENTIM, Bárbara; PAGLIARI, Estéfano. **Aprendendo Física**. São Paulo: Scipione, 1996. v 1.

COHEN, B.; WESTFALL, R. **Newton**: textos, antecedentes, comentários. Tradução Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2002.

FILHO, Aurélio Gonçalves; TOSCANO, Carlos. **Física para o Ensino Médio**. v. único, São Paulo: Scipione, 2002.

FONTE BOA, Marcelo; GUIMARÃES, Luis Alberto Mendes. **Física para o 2º Grau - Mecânica**, São Paulo: Harbra, 1998. v. 1.

FUKE, Luiz Felipe; KAZUHITO, Yamamoto; SHIGEKIYO, Carlos Tadashi. **Os alicerces da Física**. 12. ed, São Paulo: Saraiva, 1998. v. 1.

GASPAR, Alberto. **Física**. São Paulo: Ática, 2001. v.1.

_____. **Física**. São Paulo: Ática 2001. v.único.

GRAF, Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. **Física 1 – Mecânica**. 3. ed. São Paulo: EDUSP, 1993.

Guia prático de Ciências: **Como o universo funciona**. Rio de Janeiro: Globo, 1994.

HERSKOWICZ, Gerson; PENTEADO, Paulo César Martins; SCALFARO, Valdemar. **Curso completo de Física**. São Paulo: Moderna, 1997. v. único.

JAFELICE, Luis Carlos. **As Leis de Kepler**: informações e práticas básicas. Natal: Notas de aula, out/nov, 2002.

_____. **A lei da Gravitação Universal**. Natal: notas de aula, mar, 2003.

JUNIOR, Francisco Ramalho; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Os Fundamentos da Física**, 8. ed, São Paulo: Moderna, 1995. v.1.

KUHN, Thomas. **A Revolução Copernicana**. Lisboa: edições 70. 1990.

LOPES, Alice Casimiro. **Conhecimento Escolar**: ciência e cotidiano. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999.

LUCIE, Peter. **Física Básica**. Rio de Janeiro: CESGRANRIO, 1975.

MEDEIROS, A. **A invisibilidade dos pressupostos e das limitações da teoria copernicana nos livros didáticos de física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.19, n.1, p. 29-52, 2002.

MILONE, A.; WUENSCHÉ, C.; RODRIGUES, C. **Curso de introdução à Astronomia e Astrofísica**. São José dos Campos: INPE, 1998.

MOREIRA, J. A. M. **Prociências/Física**. Natal: UFRN. 1999.

MORIN, Edgar. **Ciência com Consciência**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2001.

NARDI, Roberto; TEODORO, Sandra Regina. **A história da ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional.** In: NARDI, Roberto. Educação para a Ciência. p. 57-68. São Paulo: Escrituras, 2001. v.3.

NICOLAU, Gilberto Ferraro et al. **Física, Ciência e Tecnologia**, São Paulo: Moderna, 2001. v. único.

PARANÁ, Djalma Nunes da Silva. **Física**, São Paulo: Ática, 1998. v. 1.

PENTEADO, Paulo César. **Física: conceitos e aplicações**, São Paulo: Moderna, 1998. v. 1.

_____. **Os Fundamentos da Física**, São Paulo: Moderna, 2003. v.1.

VILLAS BOAS, Newton; DOCA, Ricardo Helou; GUALTER, José Biscuola. **Tópicos de Física**, 2002. v.1.

WUO, Wagner. **A física e os livros: uma análise do saber físico nos livros didáticos adotados para o Ensino Médio.** São Paulo: EdPuc/Fapesq, 2000.

