



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
DEPARTAMENTO DE FÍSICA TEÓRICA E EXPERIMENTAL
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 51**

Janilson Simões de Azevedo Filho

**A astronomia observacional no ensino médio integral: uma proposta para o ensino de
física**

Natal/RN

2025

Janilson Simões de Azevedo Filho

A astronomia observacional no ensino médio integral: uma proposta para o ensino de física

Dissertação apresentada ao Polo 51 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Educação Básica.

Orientador: Prof^ª Dr^ª Flávia Polati Ferreira.

Natal/RN
2025

Janilson Simões de Azevedo Filho

A astronomia observacional no ensino médio integral: uma proposta para o ensino de física

Dissertação apresentada ao Polo 51 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Educação Básica.

Aprovado em 27 de fevereiro de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Dra. Flávia Polati Ferreira - Orientadora
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Dr. Jefferson Soares da Costa – Examinador 1
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Dra. Tassiana Fernanda Genzini de Carvalho – Examinadora 2
Universidade Federal de Pernambuco



Universidade Federal do Rio Grande do Norte
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA -

ATA Nº 44

Ao vigésimo sétimo dia do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte cinco, às 14h00, na sala virtual do Google Meet <meet.google.com/pqt-iuta-bvq>, instalou-se a banca examinadora da dissertação de mestrado do aluno JANILSON SIMÕES DE AZEVEDO FILHO. A banca examinadora foi composta pelos professores, Dra. TASSIANA FERNANDA GENZINI DE CARVALHO, UFPE, examinadora externa à instituição; Dr. JEFFERSON SOARES DA COSTA, UFRN, examinador interno ao programa; e Dra. FLAVIA POLATI FERREIRA, UFRN, orientadora. Deu-se início a abertura dos trabalhos por parte do professor JEFFERSON SOARES DA COSTA, coordenador do programa, que, após apresentar os membros da banca examinadora e esclarecer a tramitação da defesa, de imediato solicitou ao candidato que iniciasse a apresentação da dissertação, intitulada “**A astronomia observacional no ensino médio integral: uma proposta para o ensino de Física**”, marcando um tempo de 45 minutos para a apresentação. Concluída a exposição, a Profa. FLAVIA POLATI FERREIRA, presidente, passou a palavra à examinadora externa, Profa. TASSIANA FERNANDA GENZINI DE CARVALHO, para arguir o candidato, e, em seguida, ao examinador interno ao programa, Prof. JEFFERSON SOARES DA COSTA, para que fizesse o mesmo; após o que fez suas considerações sobre o trabalho em julgamento; tendo sido APROVADO o candidato, conforme as normas vigentes na Universidade Federal do Rio Grande do Norte. A versão final da dissertação deverá ser entregue ao programa, no prazo de 90 dias, contemplando orientações constantes na folha de correção anexa.

Dra. TASSIANA FERNANDA GENZINI DE CARVALHO, UFPE

Examinadora Externa à Instituição

Dr. JEFFERSON SOARES DA COSTA, UFRN

Examinador Interno ao Programa

Dra. FLAVIA POLATI FERREIRA, UFRN

Presidente

JANILSON SIMÕES DE AZEVEDO FILHO

Mestrando



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO Nº 7/2025 - MNPEF (11.25.00.03)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 28/02/2025 09:53)

FLAVIA POLATI FERREIRA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DFTE/CCET (12.03)
Matrícula: ###573#1

(Assinado digitalmente em 28/02/2025 12:05)

JEFFERSON SOARES DA COSTA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
ECT (11.25)
Matrícula: ###576#9

(Assinado digitalmente em 28/02/2025 16:55)

JANILSON SIMÕES DE AZEVEDO FILHO
DISCENTE
Matrícula: 2022#####2

(Assinado digitalmente em 28/02/2025 10:07)

TASSIANA FERNANDA GENZINI DE CARVALHO
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ###.###.358-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrn.br/documentos/> informando seu número: 7, ano: 2025, tipo: **ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**, data de emissão: 28/02/2025 e o código de verificação: **afad1d6562**

FICHA CATALOGRÁFICA

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca
Setorial Prof. Ronaldo Xavier de Arruda - CCET

Azevedo Filho, Janilson Simões de.

A astronomia observacional no ensino médio integral:
uma proposta para o ensino de física / Janilson Simões de
Azevedo Filho. - 2025.

176 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio
Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra,
Escola de Ciência e Tecnologia, Mestrado Nacional
Profissional em Ensino de Física. Natal, RN, 2025.

Orientação: Profa. Dra. Flávia Polati Ferreira.

1. Astronomia observacional - Dissertação. 2. Três
momentos pedagógicos - Dissertação. 3. Ensino médio em
tempo integral - Dissertação. I. Ferreira, Flávia Polati.
II. Título.

RN/UF/CCET

CDU 521(043.3)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter iluminado meu caminho ao longo desta jornada.

À minha querida esposa, Maria Patrícia de Araújo Souto Azevedo, pelo amor, apoio incondicional e paciência em todos os momentos. Aos meus filhos, Jan Pedro e Júlia Manuella, por serem minha maior inspiração e motivação para persistir e superar os desafios.

À minha orientadora, Prof^ª Dr^ª Flávia Polati Ferreira, por ter aceitado o convite de orientar esta pesquisa, dedicando seu tempo, conhecimentos e generosidade intelectual, fundamentais para a construção desta dissertação.

À Professora Dra. Tassiana Fernanda Genzini de Carvalho e ao Professor Dr. José Pedro da Silva Júnior, que participaram da banca de qualificação deste trabalho acadêmico, como examinadores externos à instituição, e que também deram muitas recomendações relevantes e esclarecedoras.

Aos docentes do Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Polo 51, pela excelência acadêmica, ensinamentos valiosos e contribuições ao meu desenvolvimento profissional e pessoal.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), código de financiamento 001, pelo apoio financeiro que tornou possível a realização deste trabalho.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização desta etapa, minha eterna gratidão.

RESUMO

Desde os primórdios, a observação do céu despertou fascínio em diversas civilizações, unindo perspectivas filosóficas, históricas e científicas. No entanto, a astronomia observacional na educação básica enfrenta desafios, como a formação de professores e a falta de materiais acessíveis. Esta pesquisa teve como objetivo desenvolver, implementar e avaliar um produto educacional baseado em atividades práticas para o ensino de física por meio da astronomia observacional. Inspirado nos pressupostos de Paulo Freire e na metodologia dos Três Momentos Pedagógicos, o material inclui atividades que seguem as etapas de problematização, organização do conhecimento e aplicação prática, envolvendo a observação do céu e promovendo uma vivência guiada dos fenômenos celestes. O produto foi aplicado em uma turma da segunda série do ensino médio em tempo integral, com a participação de 25 estudantes. Os dados foram coletados por meio de questionários, que indicaram elementos capazes de demonstrar que a abordagem da observação do céu, por meio de atividades práticas, favoreceu o engajamento dos estudantes, estimulando a curiosidade epistemológica e relacionando conceitos de física com elementos do cotidiano. Espera-se que o produto educacional contribua para novas práticas de ensino de astronomia vivenciáveis, que fortaleçam o aprendizado de conceitos científicos, bem como o desenvolvimento de habilidades críticas e observacionais por meio de atividades práticas.

Palavras-chave: Astronomia Observacional, Três Momentos Pedagógicos, Ensino Médio em Tempo Integral.

ABSTRACT

Since ancient times, sky observation has fascinated various civilizations, bringing together philosophical, historical, and scientific perspectives. However, observational astronomy in basic education faces challenges, such as teacher training and the lack of accessible materials. This research aimed to develop, implement, and evaluate an educational product based on hands-on activities for teaching physics through observational astronomy. Inspired by the principles of Paulo Freire and the methodology of the Three Pedagogical Moments, the material includes activities that follow the stages of problematization, knowledge organization, and practical application, involving sky observation and promoting a guided experience of celestial phenomena. The product was implemented in a second-year full-time high school class, with the participation of 25 students. Data were collected through questionnaires, which revealed elements that demonstrated how the approach of sky observation through practical activities fostered student engagement, stimulated epistemological curiosity, and connected physics concepts with everyday elements. It is expected that the educational product will contribute to new feasible astronomy teaching practices, strengthening the learning of scientific concepts as well as the development of critical and observational skills through practical activities.

Keywords: Observational Astronomy, Three Pedagogical Moments, Full-Time High School.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ATD	Análise Textual Discursiva
BNCC	Base Nacional Curricular Comum
CEPE	Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão
EMTI	Ensino Médio de Tempo Integral
FMC	Física Moderna e Contemporânea
IAG	Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ISBN	International Standard Book Number
LED	Light Emitting Diode
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
RN	Rio Grande do Norte
SBF	Sociedade Brasileira de Física
SEEC/RN	Secretaria de Estado da Educação, da Cultura, do Esporte e do Lazer do RN
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
USP	Universidade de São Paulo
XVI	Século 16
XVII	Século 17
XXI	Século 21
3MP	Três Momentos Pedagógicos

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - As curvas da radiação emitida por corpos negros de diferentes temperaturas.	38
Figura 02 - Representação dos espectros eletromagnéticos	43
Figura 03 - Representação do equilíbrio hidrostático em uma estrela.	45
Figura 04 – Composição da estrutura do Sol.	46
Figura 05 - Diagrama Hertzsprung-Russel (HR), que relaciona a luminosidade de uma estrela e sua temperatura superficial.	48
Figura 06 - Os três tipos de espectros na classificação de Kirchhoff: o contínuo, o de emissão e o de absorção.	52
Figura 07 - Espectro solar com linhas de Fraunhofer, indicando a absorção de elementos químicos no Sol e na atmosfera terrestre.	52
Figura 08 - Representação do funcionamento de um telescópio refrator.	55
Figura 09 - Representação do funcionamento de um telescópio refletor.	57
Figura 10 - Representação do funcionamento de um telescópio catadióptrico	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Classes espectrais e temperaturas.	49
Quadro 02 - Luminosidade e classes de luminosidade de estrelas.	49
Quadro 03 - Relação das atividades do produto educacional com os três momentos pedagógicos.	88
Quadro 04 - Identificação dos estudantes que responderam os questionários, pelas letras iniciais dos seus nomes completos.	90
Quadro 05 - Questões propostas em cada um dos três Momentos Pedagógicos (3MP) da atividade 1.	92
Quadro 06 - Categorias e subcategorias elencadas das respostas dos estudantes ao questionário da atividade 1.	94
Quadro 07 - Questões sobre as percepções e aprendizagens construídas pelos estudantes em cada um dos três momentos pedagógicos (3MP) da atividade 2.	97
Quadro 08 - Categorias e subcategorias elencadas das respostas dos estudantes ao questionário da atividade 2.	99
Quadro 09 - Questões sobre as percepções e aprendizagens construídas pelos estudantes em cada um dos três momentos pedagógicos (3MP) da atividade 3.	103
Quadro 10 - Categorias e subcategorias elencadas das respostas dos estudantes ao questionário da atividade 2.	106
Quadro 11 - Questões sobre as percepções e aprendizagens construídas pelos estudantes em cada um dos três momentos pedagógicos (3MP) da atividade 4.	110
Quadro 12 - Categorias e subcategorias elencadas das respostas dos estudantes ao questionário da atividade 4.	113

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
CAPÍTULO 1 - A IMPORTÂNCIA DA OBSERVAÇÃO: Filosofia, Ciência e Ensino de Ciências	21
1.1 O SIGNIFICADO DA OBSERVAÇÃO NA FILOSOFIA	21
1.2 OS SIGNIFICADOS DA OBSERVAÇÃO NA CIÊNCIA	23
1.3 OS SIGNIFICADOS DA OBSERVAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS	24
CAPÍTULO 2 - OBSERVAÇÃO ASTRONÔMICA AO LONGO DA HISTÓRIA	27
2.1 A IMPORTÂNCIA HISTÓRICA E SOCIAL DA OBSERVAÇÃO	27
2.2 HISTÓRIA DOS INSTRUMENTOS PARA A OBSERVAÇÃO ASTRONÔMICA: DO OLHO NU AOS TELESCÓPIOS AVANÇADOS	29
CAPÍTULO 3 - EXPLORANDO AS FUNDAMENTAÇÕES FÍSICAS DA ASTRONOMIA OBSERVACIONAL	35
3.1 ASTRONOMIA ÓPTICA	35
3.2 A NATUREZA DA LUZ E SUA IMPORTÂNCIA NA ASTRONOMIA OBSERVACIONAL	36
3.2.1 Luz como onda eletromagnética	37
3.2.2 Propriedades da Luz: reflexão, refração, difração e dispersão	42
3.3 ESTRELAS: ESTRUTURA, LUMINOSIDADE, DISTÂNCIAS E ESCALAS ASTRONÔMICAS	46
3.3.1 Estrutura e Composição Estelar	46
3.3.2 Luminosidade, Emissão e Absorção da luz estelar	48
3.3.3 Distâncias estelares e escalas astronômicas	54
3.4 INSTRUMENTOS DE OBSERVAÇÃO ASTRONÔMICA	56
3.4.1 Telescópios Refratores	56
3.4.2 Telescópios Refletores	58
3.4.3 Telescópios Catadióptricos	60
3.5 ASTRONOMIA DE POSIÇÃO	62
3.5.1 Sistema Equatorial de Coordenadas	62
3.5.2 Relação com as Leis da Gravitação e Kepler	64
CAPÍTULO 4 - CONCEITOS DA PEDAGOGIA FREIREANA: EM BUSCA DA PRÁXIS E DA CURIOSIDADE EPISTEMOLÓGICA	67
4.1 FREIRE E A EDUCAÇÃO POPULAR TRANSFORMADORA	67
4.2 A OBSERVAÇÃO ASTRONÔMICA ATRAVÉS DOS CONCEITOS DA PEDAGOGIA FREIREANA	71
4.3 CONECTANDO CONHECIMENTO CIENTÍFICO E CURIOSIDADE	73
CAPÍTULO 5 - METODOLOGIA	77
5.1 METODOLOGIA DA PESQUISA	77
5.2 METODOLOGIA DO PRODUTO: OS 3 MOMENTOS PEDAGÓGICOS	78
5.3 A ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA (ATD)	80
5.4 CONTEXTO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	82
5.5 UM OLHAR PARA A CONSTRUÇÃO DO “COSMOS EM FOCO”	83

5.5.1 Construção e uso de luneta de baixo custo	85
5.5.2 Elaboração de mapas celestes	86
5.5.3 Construção de relógio solar de papel	87
5.5.4 Medição da altura máxima do sol	88
CAPÍTULO 6 - RESULTADOS	91
6.1 IDENTIFICAÇÃO DOS ESTUDANTES	91
6.2 ANÁLISES DO QUESTIONÁRIO DA ATIVIDADE 1 - DESVENDANDO O CÉU: MONTAGEM DE UMA LUNETAS CASEIRA	93
6.3 ANÁLISES DO QUESTIONÁRIO DA ATIVIDADE 2 - ELABORAÇÃO DE MAPAS CELESTES	97
6.4 ANÁLISES DO QUESTIONÁRIO DA ATIVIDADE 3 - CONSTRUÇÃO DE RELÓGIO SOLAR DE PAPEL	104
6.5 ANÁLISES DO QUESTIONÁRIO DA ATIVIDADE 4 - MEDIÇÃO DA MÁXIMA ALTURA DO SOL	111
6.6 UMA ANÁLISE À LUZ DE PAULO FREIRE	117
CONSIDERAÇÕES FINAIS	121
REFERÊNCIAS	124
APÊNDICE - PRODUTO EDUCACIONAL	132
INTRODUÇÃO	5
OBJETIVOS	7
GERAL	7
ESPECÍFICOS	7
ATIVIDADE 1 - CONSTRUÇÃO E USO DE LUNETAS COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO	8
1. PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL	8
2. ORGANIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS	8
3. APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO - CONSTRUÇÃO DA LUNETAS	8
4. QUESTIONÁRIO AVALIATIVO	10
ATIVIDADE 2 - CONFECÇÃO E USO DE MAPAS CELESTES	12
1. PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL	12
2. ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO	12
4. QUESTIONÁRIO AVALIATIVO	14
ATIVIDADE 3 - CONSTRUÇÃO DE RELÓGIO SOLAR DE PAPEL	15
1. PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL	15
2. ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO	15
3. APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO - CONSTRUÇÃO DO RELÓGIO SOLAR	16
ATIVIDADE 4 - MEDIÇÃO DA ALTURA MÁXIMA DO SOL	18
1. PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL	18
2. ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO	18
3. APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO - MEDIÇÃO DE SOMBRAS	19
4. QUESTIONÁRIO AVALIATIVO	20
CONSIDERAÇÕES FINAIS	21

REFERÊNCIAS	22
ANEXO A	24
ANEXO B	30
ANEXO C	36
ANEXO D	42

INTRODUÇÃO

A astronomia é uma das ciências mais belas e complexas desenvolvidas pela humanidade, permitindo expandir a compreensão sobre o Universo e sua vasta peculiaridade. Ao observar o céu, por exemplo, pode-se investigar não apenas as características dos corpos celestes, mas também refletir sobre questões fundamentais relacionadas à origem, evolução e destino do cosmos.

Esse campo de conhecimento oferece uma compreensão sobre o lugar da Terra no Universo, por meio de iniciativas que ampliam os horizontes do saber e incentivam reflexões sobre as relações entre nós, o planeta e o cosmos. Além disso, há potencial para estimular a curiosidade e o pensamento crítico, aspectos importantes em pesquisas voltadas ao desenvolvimento científico, buscando uma compreensão mais integrada da natureza e de seus fenômenos.

A observação do céu, seja a olho nu ou por meio de instrumentos ópticos, desempenhou e continua desempenhando um papel crucial na evolução das ideias da astronomia. Desde a antiguidade, registros históricos mostram o fascínio humano pelo céu estrelado. Essa prática ancestral não apenas desperta a curiosidade e fascínio sobre o universo em que vivemos, mas também tem sido essencial para o avanço do conhecimento astronômico ao longo dos séculos.

A observação do cosmos desempenha um papel fundamental na descoberta de novos corpos celestes e fenômenos cósmicos. Tanto astrônomos amadores quanto profissionais contribuem para essa constante busca por conhecimento. Com telescópios cada vez mais sofisticados e técnicas avançadas de processamento de dados, novas descobertas são feitas regularmente. Conforme constam nas obras de Lima e Santos (2019), e Santos (2020), desde a detecção de exoplanetas até a identificação de supernovas distantes, a observação continua a surpreender e a expandir o acervo de informações sobre o Universo.

Além disso, a observação mediada por equipamentos avançados, como sondas e telescópios espaciais equipados com múltiplos sensores, utilizados por agências de pesquisa espacial, oferece valiosos subsídios para a compreensão de processos cósmicos que impactam a Terra. A capacidade de monitorar essas atividades em tempo real é essencial para a proteção da nossa tecnologia e sociedade.

A astronomia também se beneficia das colaborações internacionais e do compartilhamento de dados oriundos da observação. Observatórios em todo o mundo e até

mesmo no espaço trabalham juntos para obter observações mais abrangentes e detalhadas. Essa cooperação global é essencial para a expansão de nosso conhecimento sobre o Universo.

Por outro lado, atualmente, poucas atividades voltadas à observação e contemplação do céu, especialmente à noite, são realizadas ou incentivadas, sobretudo nas áreas urbanas. Isso se deve a fatores como a poluição luminosa, proveniente de lâmpadas de postes, residências e edificações de diferentes naturezas econômicas e sociais, que comprometem a visibilidade dos corpos celestes, conforme destacam Marques (2022) e Araújo e Picazzio (2021).

Apesar dos avanços científicos e tecnológicos, que permitiram o desenvolvimento de telescópios sofisticados, satélites e sondas espaciais para a exploração do universo, a observação e a contemplação do céu a olho nu têm sido cada vez menos incentivadas. Atualmente, são poucas as atividades voltadas para essa prática, especialmente à noite, o que reduz a conexão direta das pessoas com o cosmos. Esse afastamento contrasta com a importância histórica da astronomia observacional, que por séculos despertou curiosidade, inspirou descobertas e serviu como base para o desenvolvimento do conhecimento astronômico.

De acordo com Langhi e Nardi (2014), pesquisas evidenciam que o ensino da astronomia requer uma abordagem pedagógica que estimule a curiosidade dos alunos, possibilitando-os a compreenderem fenômenos muitas vezes abstratos que só podem ser entendidos por meio de atividades práticas, experimentais e observacionais. Essa constatação ressalta a importância de promover uma educação científica que busque a superação da transmissão de conceitos teóricos, engajando os estudantes em experiências concretas que os conectem com o universo ao seu redor.

Huaman e Leite (2021), destacam também como os aspectos históricos e o avanço dos estudos astronômicos podem contribuir nas aprendizagens dos objetos de conhecimentos dessa ciência da natureza:

A atividade de observação do céu é uma das práticas mais importantes na história da Astronomia. O conhecimento de sua história e do seu desenvolvimento pode ser um importante tema para a apresentação de outros conteúdos correlatos ao ensino da Física. No entanto, não basta apenas olhar o céu, a observação requer um propósito maior. É importante que a observação do céu seja feita a partir de questionamentos, que se aprenda a acompanhar e a interpretar os fenômenos celestes. (Huaman e Leite, 2021, p. 12)

Além disso, trabalhar com a observação astronômica nas aulas de física também pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades de observação crítica, ou seja, uma observação de fenômenos no céu e na Terra que permita analisar e interpretar de forma reflexiva e questionadora. Isso vai além de simplesmente observar e descrever eventos ou fenômenos, pois requer uma análise profunda, avaliação dos pontos fortes e fracos, identificação de tendências e conexões, e a capacidade de formular opiniões fundamentadas.

A inclusão de instrumentos de observação celeste e fenômenos astronômicos em abordagens pedagógicas de ensino pode desencadear o desenvolvimento de uma ampla gama de habilidades e competências nos estudantes. Isso engloba aprimoramento da capacidade de observação e análise, o estímulo ao raciocínio lógico e crítico, a compreensão do método científico e o fomento do interesse pela ciência, juntamente com uma compreensão mais profunda da dinâmica dos astros e fenômenos celestes.

Nesse mergulho intelectual, adentramos não apenas os confins dos textos e materiais didáticos, mas também nos elevamos aos céus estrelados, explorando as leis fundamentais que regem o universo e sua relação intrínseca com os princípios físicos que permeiam nossa realidade.

Durante o decorrer deste trabalho, será abordada a importância das observações celestes, tanto no passado como no presente, como pilares fundamentais no estudo da astronomia. Neste trabalho dissertativo também será tratado como essas observações podem trazer contribuições relevantes para o ensino de física no ensino médio.

No contexto da *práxis* educacional, as contribuições de Paulo Freire oferecem uma direcionamento teórico-pedagógico para o ensino de física e astronomia no ensino médio, valorizando a transição da curiosidade ingênua para a epistemológica, incentivando uma visão crítica do trabalho científico. A dialogicidade, central na pedagogia freireana, promove uma construção coletiva do conhecimento, aproximando a observação do céu, ao longo da história, dos saberes populares e das perspectivas científicas. Conforme constam nas obras de Oliveira, Gevonese e Gevonese (2023), Ferreira e Cajueiro (2023) e Ghilardi Cancian et al. (2024), esse processo pedagógico humaniza o aprendizado, fortalecendo a autonomia e o protagonismo dos estudantes por meio do diálogo e da conscientização.

Além disso, ressaltamos a relevância de uma abordagem educacional fundamentada nos princípios de Paulo Freire para aprimorar o ensino de astronomia observacional no contexto de ensino de física no ensino médio. Tal abordagem visa promover uma formação que estimule a consciência e o pensamento crítico dos estudantes.

Dessa forma, a proposta do produto educacional desta dissertação visa, como principal objetivo, proporcionar aos estudantes atividades práticas que envolvam, de alguma maneira, a observação do céu e dos fenômenos celestes. Isso inclui familiarizá-los com os métodos de observação astronômica, por exemplo, como o uso de telescópios e instrumentação adequada, como também desenvolver habilidades de análise de dados e interpretação de observações astronômicas.

Nesta pesquisa, os objetivos específicos abrangem: apresentar a relevância histórica de algumas importantes observações feitas pela humanidade, que representaram certos avanços na astronomia; contribuir no ensino de física e astronomia no contexto do ensino médio em tempo integral; explorar os métodos e instrumentos empregados na astronomia observacional; propor estratégias pedagógicas envolvendo sensibilização, problematização e sistematização; à colaboração e à construção conjunta do conhecimento; facilitar a construção e utilização de artefatos para a observação de fenômenos celestes e astros; estimular o desenvolvimento das habilidades de observação, análise de dados e interpretação das observações astronômicas, por parte dos discentes; familiarizar os alunos com os métodos de observação astronômica e a promoção de uma compreensão prática dos princípios físicos dos fenômenos celestes; e aprimorar a capacidade de observação, análise e raciocínio lógico dos estudantes no estudo da astronomia.

A presente dissertação reforça o potencial da astronomia observacional no ensino de física como uma ferramenta pedagógica para despertar a curiosidade, promover a compreensão de elementos da prática científica, e desenvolver um conhecimento crítico acerca de nosso universo.

O primeiro capítulo explora a importância da observação em diferentes campos do conhecimento, como filosofia, ciência e ensino. Na filosofia, a observação é discutida como um elemento essencial para a construção do conhecimento, distinguindo entre a percepção sensorial simples e a análise crítica e reflexiva. No contexto científico, é apresentada como uma etapa indispensável para validar teorias, formular hipóteses e compreender fenômenos naturais. Já no ensino, enfatiza-se como a observação pode fomentar aprendizagens, ao permitir que os estudantes conectem conteúdos abstratos a experiências concretas.

O segundo capítulo trata da evolução histórica da observação astronômica, desde práticas rudimentares a olho nu, realizadas por civilizações antigas, até o desenvolvimento de instrumentos sofisticados como telescópios e sondas espaciais. Destaca-se como essas práticas influenciaram não apenas a compreensão do cosmos, mas também aspectos culturais, religiosos e práticos, como a criação de calendários e a navegação. Além disso, o capítulo

evidencia como a astronomia evoluiu, incorporando avanços tecnológicos e metodológicos que ampliaram as possibilidades de exploração do universo.

No terceiro capítulo, são abordadas as fundamentações físicas da astronomia observacional. A luz, como principal fonte de informações sobre os corpos celestes, é explorada em detalhes, incluindo suas propriedades e interações com os instrumentos de observação. Conceitos como espectro eletromagnético, distância estelar e escalas astronômicas são apresentados, mostrando como o conhecimento físico é essencial para interpretar dados coletados e desvendar os mistérios do universo. Também são descritos os diferentes tipos de telescópios e suas aplicações, evidenciando o impacto dos avanços tecnológicos na precisão e profundidade das observações astronômicas.

No quarto capítulo, a pedagogia freireana é apresentada como base teórica para a proposta educacional. Inspirada nos princípios de Paulo Freire, a metodologia promove uma educação transformadora, fundamentada na dialogicidade e no protagonismo dos estudantes. A partir desse referencial, a astronomia é utilizada como tema gerador, integrando saberes populares e científicos e fomentando uma compreensão crítica do mundo.

O quinto capítulo descreve a metodologia adotada na pesquisa e no desenvolvimento do produto educacional. Baseando-se nos Três Momentos Pedagógicos, nosso produto foi implementado em uma turma de ensino médio em tempo integral. A aplicação prática incluiu atividades como a construção de lunetas, mapas celestes e relógios solares, além de medições relacionadas à altura do sol. Ele também aprofunda a descrição do produto educacional intitulado “Cosmos em Foco”. As atividades propostas foram planejadas para engajar os estudantes em práticas de observação do céu. Cada atividade foi elaborada para integrar teoria e prática, desenvolvendo habilidades como análise crítica, interpretação de dados e aplicação no cotidiano dos alunos.

O sexto capítulo apresenta os resultados obtidos com a implementação do produto educacional. A análise dos questionários aplicados aos estudantes revelou um alto nível de engajamento e aprendizado. Os resultados indicaram que as atividades propostas não apenas facilitaram a compreensão dos conceitos científicos, mas também despertaram a curiosidade e conectaram os conteúdos à realidade dos estudantes.

Ao explorar os desafios e as oportunidades pedagógicas presentes nesta dissertação, esperamos não apenas enriquecer a compreensão do cosmos por parte dos discentes que participarão das atividades, mas também incentivar os estudantes a observarem e vislumbrarem as belezas acerca de nosso Universo.

CAPÍTULO 1 - A IMPORTÂNCIA DA OBSERVAÇÃO: Filosofia, Ciência e Ensino de Ciências

A busca pelo entendimento do mundo que nos cerca é um dos pilares do progresso do pensamento humano em múltiplas áreas e situações. Desde os tempos primordiais, a humanidade tem se empenhado em desvendar os segredos da natureza e compreender os fenômenos que ocorrem ao nosso redor. Nesse sentido, a observação se mostra como uma ferramenta relevante e ubíqua para aquisição de conhecimento sobre o mundo, dos seus elementos e fenômenos. Neste capítulo, exemplificamos diferentes significados da observação, trazendo contribuições dos campos da filosofia, ciência e ensino de ciências naturais.

1.1 O SIGNIFICADO DA OBSERVAÇÃO NA FILOSOFIA

No campo da filosofia, a prática da observação emerge como um elemento importante no processo construtivo do conhecimento, dentre as fontes que contribuem para a identificação da natureza dos objetos de conhecimentos, abrindo caminho para a compreensão e a investigação do mundo como um todo.

Gava (2016) destaca a distinção entre simplesmente *observar* e alcançar a profundidade ao *observar que*. Enquanto *observar que* implica uma reflexão consciente sobre o que está sendo observado, o ato de *observar* pode se limitar à percepção sensorial inicial, sem necessariamente envolver um processo interpretativo consciente. Essa distinção destaca a intencionalidade inerente ao processo de observação no contexto filosófico.

Nesta perspectiva, através da observação consciente somos capazes de obter e reunir informações que podem subsidiar nossa interpretação sobre experiências e, eventualmente, construir conhecimento. Severino (2006) destaca que a filosofia sempre teve um profundo interesse na natureza e no significado da observação, justificando a *démarche* filosófica como exercício mais autônomo da subjetividade em relação a procedimentos metodológicos e técnicos e a abordagens empíricas dos fenômenos, objetos das ciências.

A Filosofia da Observação é um campo que suscita indagações sobre a essência da realidade e seus constituintes. Segundo Abbagnano (2007), ao longo da história, filósofos como Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.), Descartes (1596-1650) e Immanuel Kant (1724-1804) debateram o papel da observação na formação de nossas convicções e na construção do conhecimento.

Marçal (2009) exemplifica com o filósofo René Descartes, cuja famosa assertiva *cogito, ergo sum* (penso, logo existo) evidencia a relevância da observação até mesmo no domínio interno, na reflexão sobre o próprio pensamento, como um ponto de partida para a edificação de diversos entendimentos.

Filósofos como John Locke (1632-1704) defenderam que todo o conhecimento humano tem sua origem na experiência sensorial, uma perspectiva que se tornou a base do movimento filosófico conhecido como empirismo. Segundo essa visão, a mente humana nasce como uma "tábula rasa", ou seja, um papel em branco, que vai sendo preenchido ao longo da vida por meio das percepções dos sentidos. Essa abordagem marcou uma ruptura significativa com concepções anteriores que atribuíam a origem do conhecimento a ideias inatas ou à razão pura, influenciando profundamente o pensamento moderno e as ciências experimentais.

Moura e Forato (2017) destacam a significativa contribuição de Kant ao propor que a observação não é um processo puramente passivo, mas é moldada pela estrutura cognitiva da mente humana, uma abordagem conhecida como idealismo transcendental. Segundo essa perspectiva, a mente desempenha um papel ativo na organização e interpretação das informações sensoriais, criando as bases para nossa compreensão do mundo.

Complementando essa discussão, Gava (2016) enfatiza a relevância da observação no contexto do empirismo construtivo, que reconhece a ciência como uma atividade que busca construir modelos teóricos úteis em vez de retratar uma realidade absoluta. O autor argumenta ainda que a filosofia desempenha um papel indispensável na análise e compreensão dos fundamentos e limites da observação, ampliando nosso entendimento tanto do método científico quanto das condições humanas de conhecimento.

Em última análise, a filosofia da observação quando voltamos para a natureza da ciência, nos desafia a ir além da simples coleta de dados científicos, convidando-nos a refletir sobre as implicações mais profundas desse ato na compreensão do mundo e na natureza da realidade e consciência.

Ultrapassar a experiência empírica da observação lança luz sobre questões éticas, epistemológicas e metafísicas, dentre outras. Considerar a complexidade da observação vai além da superfície dos fenômenos observados, evidenciando como ela influencia e é influenciada ativamente pela construção de significado e nos conduz a uma compreensão mais profunda da experiência humana e da percepção da realidade.

1.2 OS SIGNIFICADOS DA OBSERVAÇÃO NA CIÊNCIA

A prática da observação é uma das etapas de algumas pesquisas científicas experimentais ou empíricas. Por meio da observação, muitos pesquisadores obtêm dados que são posteriormente analisados e interpretados, consolidando uma abordagem bastante comum em muitas ciências (Gaya 2016).

Para Marconi e Lakatos (2003), a observação científica pode ser definida como o ato de coletar informações por meio dos sentidos humanos ou de dispositivos específicos. Seu propósito é proporcionar uma base de informações do mundo real, ou seja, informações fundamentadas em evidências sensoriais.

O filósofo e físico Thomas Kuhn (1922 - 1996), na sua clássica obra intitulada “*A Estrutura das Revoluções Científicas*” (1962), ressalta o papel da prática da observação dentro do contexto paradigmático da ciência:

A observação e a experiência podem e devem restringir drasticamente a extensão das crenças admissíveis, porque de outro modo não haveria ciência. Mas não podem, por si só, determinar um conjunto específico de semelhantes crenças. (Kuhn, 2013, p. 23)

Conforme Kuhn (2013), a observação na ciência destaca sua importância na definição do que pode ser considerado válido, porém, enfatiza que a observação é influenciada por interpretações teóricas. Assim, a observação não apenas fornece dados, mas também desempenha um papel na evolução dos paradigmas científicos, possibilitando revisões e reformulações contínuas do conhecimento. Kuhn (2013) usa a analogia das figuras de Gestalt, do pato-coelho (pg. 127) para ilustrar como a observação científica é influenciada pelos paradigmas. Assim como a figura pode ser vista como um pato ou um coelho dependendo da percepção, os cientistas interpretam dados de acordo com o paradigma em que operam.

Para Kuhn (2013), a observação nunca é neutra e diferentes paradigmas são incomensuráveis, significando que a mudança de um paradigma para outro é uma transformação profunda na percepção científica. Essa mudança é comparável a uma conversão, onde o que era considerado uma anomalia no antigo paradigma pode ser explicado no novo, desafiando a ideia de que o progresso científico é linear e acumulativo.

Mendonça (2014) salienta que, empiricamente, a observação pode ser classificada em duas categorias: observação direta e observação indireta. A observação direta ocorre quando um observador, por exemplo, utiliza seus sentidos para coletar informações, como a

visualização de astros e fenômenos do céu noturno a olho nu. Já a observação indireta envolve o uso de dispositivos específicos para coletar informações, como o uso de telescópios espaciais e sondas espaciais. Santos (2002) destaca que ambas as formas de observação têm suas vantagens e limitações, e suas escolhas dependem da natureza do fenômeno ou objeto de estudo que se deseja investigar.

A observação científica é um processo que pode ser moldado por diversos fatores, que incluem a escolha do objeto de estudo, o ponto de vista adotado, os interesses particulares do observador e os problemas que busca resolver. Nesse sentido, as observações tendem a resultar de uma intrincada mistura entre elementos derivados da experiência sensorial direta, e precipitados teóricos, oriundos do arcabouço conceitual e interpretativo do pesquisador.

Contudo, é essencial compreender que não existem observações neutras; cada observação é permeada por uma série de influências, tanto objetivas quanto subjetivas, tanto do processo de observação quanto do observador, que moldam e direcionam o processo de investigação científica.

Feyerabend (2007) desafia as concepções tradicionais da observação ao argumentar que a distinção entre observação e teoria não é tão clara quanto frequentemente se supõe. Ele defende que as observações científicas sempre vêm acompanhadas de pressupostos teóricos, e que a aprendizagem envolve uma interação contínua entre teoria e observação.

Feyerabend (2007) também critica a visão de que a experiência pode ser separada da teoria, argumentando que ambas são interdependentes e que uma teoria não pode ser simplesmente verificada ou refutada por meio de observações isoladas. Esta perspectiva sugere que, na prática científica, há uma fusão constante entre os elementos observacionais e teóricos.

A observação na prática científica é um processo complexo e multifacetado, que vai além da mera coleta de dados brutos. Conforme defendido por autores como Kuhn (2013) e Feyerabend (2007), a observação não é neutra, e é influenciada por teorias e paradigmas, revelando-se não tão isenta de pressupostos teóricos e valores do contexto social.

Compreender essas nuances é fundamental para entender a natureza da investigação científica, e reconhecer que o progresso na ciência não é linear, envolvendo idas e vindas na interação entre observação e teoria, moldada por contextos históricos e sociais.

1.3 OS SIGNIFICADOS DA OBSERVAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

A observação é um elemento potencial no ensino de Ciências Naturais, podendo desempenhar uma função relevante no processo de construção do conhecimento científico.

Trabalhos como os de Souza et al. (2014), Costa e Batista (2017), e Almeida e Mannarino (2021) destacam a importância da observação nas atividades práticas de ensino, ressaltando sua capacidade de auxiliar os estudantes a alcançarem compreensões mais profundas nessa área do conhecimento. Esses estudos evidenciam que a observação não se limita a um simples ato de ver, mas envolve um processo ativo de coleta, interpretação e análise de dados, que pode ser potencializado em contextos educacionais..

Na análise histórico-epistemológica de Peduzzi e Raicik (2023), os cientistas frequentemente começam suas pesquisas com uma pergunta intrigante ou um problema a ser resolvido. Para abordar essas questões, estes confiam, inicialmente, em seus sentidos - visão, audição, tato, paladar e olfato - para coletar informações e dados precisos. A observação direta é muitas vezes o primeiro passo, onde os pesquisadores registram cuidadosamente o que veem, ouvem, tocam, cheiram e provam. Essas observações formam uma base da evidência empírica que sustenta que têm diferentes papéis na metodologia do trabalho científico.

Como já foi anteriormente citado, é fundamental reconhecer que as observações científicas não são neutras. Elas são influenciadas por referenciais teóricos, interesses e perspectivas específicas. No processo de aprendizagem das ciências, essa relação é ainda mais crucial, pois o sujeito que está em formação possui uma fundamentação teórica inicial e muitas vezes superficial. Compreender epistemologicamente como a construção do conhecimento ocorre permite ao estudante desenvolver um olhar mais crítico e reflexivo, percebendo que a ciência não é um mero acúmulo de fatos, mas sim um campo dinâmico, permeado por interpretações, questionamentos e transformações ao longo do tempo. Como destacam Peduzzi e Raicik (2023), a observação científica é intrinsecamente seletiva:

A observação (científica) é seletiva: exige um objeto, um ponto de vista, um interesse especial, um problema. As observações são intrincadas misturas de componentes empíricos e precipitados teóricos. Não há observações neutras (Peduzzi & Raicik, 2023, p. 130).

Esta perspectiva destacada por Peduzzi e Raicik (2023), tem implicações profundas para o ensino de Ciências Naturais. Essa visão desafia a tradicional abordagem que apresenta a ciência como um conjunto de verdades absolutas e objetivas, destacando, em vez disso, o caráter dinâmico e construído do conhecimento científico.

Essa compreensão tem implicações significativas para o ensino de Ciências Naturais. Ao reconhecer que as observações são mediadas por pressupostos teóricos e contextuais, os

educadores podem promover uma abordagem mais crítica e reflexiva no processo de ensino-aprendizagem. Conforme destacam Chalmers (1993) e Santos (2008), a ciência não é simplesmente a descrição objetiva da realidade, mas um processo interpretativo que envolve escolhas e influências sociais, históricas e culturais. Portanto, ao incorporar essa visão no ensino, os estudantes são incentivados a questionar como e por que certas observações são privilegiadas, através de abordagens que ajudam no desenvolvimento do pensamento crítico e de uma compreensão mais profunda da natureza da ciência, por parte dos educandos.

Um aspecto relevante da observação no ensino de Ciências Naturais é o de poder estar associada a uma prática de ensino que busque a contextualização do conhecimento científico no contexto dos estudantes. Ao reconhecer que as observações são influenciadas por contextos teóricos e sociais, os educadores podem criar atividades que conectem os conceitos científicos com situações reais e problemas do dia a dia. Essa abordagem, defendida por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), permite que os alunos percebam a ciência como um meio de compreender e intervir no mundo ao seu redor.

Ademais, a perspectiva de que as observações não são neutras abre caminho para a discussão de questões éticas e sociais relacionadas à produção do conhecimento científico. Conforme apontam Fourez (1995) e Santos (2008), a ciência não é uma atividade isolada, mas está intrinsecamente ligada a interesses políticos, econômicos e culturais. Ao abordar essas questões em sala de aula, os educadores podem incentivar os estudantes a refletirem sobre os impactos da ciência e da tecnologia na sociedade, bem como sobre a responsabilidade dos cientistas e cidadãos na construção de um futuro mais sustentável e justo.

É importante ressaltar também que a observação no ensino de Ciências Naturais não deve ser restrita a laboratórios ou ambientes controlados. Como sugerem Lorenzetti e Delizoicov (2001), a observação de fenômenos naturais em espaços abertos, como parques, praças e até mesmo o entorno da escola, pode enriquecer o processo de aprendizagem, permitindo que os estudantes estabeleçam conexões entre os conceitos científicos e o mundo natural. Essa prática também contribui para a valorização do meio ambiente e para a formação de uma consciência ecológica, aspectos cada vez mais relevantes em um contexto de crise ambiental global.

CAPÍTULO 2 - OBSERVAÇÃO ASTRONÔMICA AO LONGO DA HISTÓRIA

2.1 A IMPORTÂNCIA HISTÓRICA E SOCIAL DA OBSERVAÇÃO

A observação celeste desempenhou um papel essencial na história da astronomia, desde cerca de 3000 a.C., quando civilizações como os Babilônios, Assírios e Egípcios utilizavam seu conhecimentos observacionais do cotidiano para o plantio, medição do tempo, sem o uso de artefatos tão sofisticados quanto os de hoje. Assim, a observação celeste a olho nu não só facilitou a compreensão dos fenômenos astronômicos, mas também teve aplicações práticas na vida cotidiana permitindo aos antigos astrônomos traçar calendários, prever eventos e orientar-se no cosmos, destacando a simplicidade e o potencial dessa prática (Milone, 2018).

O desenvolvimento histórico da astronomia permitiu aos astrônomos construir concepções e modelos do universo e elaborarem teorias sobre a sua estrutura e funcionamento. Ao longo da história, a evolução dos instrumentos e técnicas de observação permitiu a coleta de dados mais precisos e detalhados, que foram fundamentais para a compreensão de fenômenos como a precessão dos equinócios, as manchas solares e as supernovas (Waga, 2005).

Lima dos Santos et al. (2022) destacam que desde os primórdios da observação astronômica até os avanços tecnológicos contemporâneos, que incluem ferramentas como lunetas, astrolábios e cartas celestes, bem como tecnologias avançadas como o telescópio espacial, a astronomia tem desempenhado um papel fundamental na ampliação da nossa compreensão do cosmos e do nosso lugar dentro dele.

Santiago (2015) destaca a importância da prática de observação astronômica não apenas como atividade contemplativa do céu, mas também como fonte de conhecimentos sistemáticos sobre os astros observáveis. Nos estudos e investigações sistemáticas que a astronomia realiza dos objetos celestes presentes no universo, ela busca compreender as leis da física que governam o Cosmos, a formação de estrelas, a evolução das galáxias e os processos que levam à formação de buracos negros, como exemplos, permitindo aos astrônomos compreenderem melhor a história do universo e sua evolução ao longo do tempo.

Simon (2016) e Matsuura (2014) enfatizam em suas obras que o contínuo avanço da ciência tem dado origem a novas abordagens a cosmologia e a astrofísica, que se dedicam não

apenas a investigar as origens do universo, mas também a decifrar as intrincadas características e fenômenos que permeiam os corpos celestes.

Kepler e Saraiva (2014) destacam que, ao longo da história, diversos filósofos se dedicaram ao estudo da astronomia e à sua relação com o cotidiano das sociedades em que viveram. Entre esses pensadores, destaca-se Tales de Mileto (624 - 546 a.C.), que buscou compreender a natureza a partir de um princípio unificador e lançou as bases da geometria.

Outro nome relevante é Pitágoras (570 - 495 a.C.), que desenvolveu uma cosmologia fundamentada na matemática, acreditando que os princípios numéricos governavam não apenas a geometria, mas também a estrutura do universo. De acordo com Kepler e Saraiva (2014), sua teoria da "harmonia cósmica" sugeria que os corpos celestes se moviam de acordo com relações matemáticas, emitindo uma espécie de "música cósmica" imperceptível ao ouvido humano.

Além dos filósofos da Grécia Antiga, civilizações como os maias, chineses, egípcios e babilônios observavam os astros para prever períodos de plantio e colheita, destacando a importância da astronomia na organização da vida cotidiana. Segundo Rodrigues e Leite (2020), esse conhecimento permitiu a criação de calendários que não apenas estruturam a vida social, mas também indicavam os melhores momentos para atividades agrícolas, integrando astronomia e agricultura para otimizar recursos e garantir a subsistência dessas sociedades.

Segundo Kepler e Saraiva (2014), a astronomia surge posteriormente como campo de investigação e de conhecimento sistematizado, organizado, dos fenômenos que ocorrem no Universo, elevando seus arcabouços teóricos e suas capacidades observacionais. Isso deu a ela o reconhecimento do seu papel histórico e prático como ciência necessária para o avanço na construção de tecnologias em favor da sociedade humana e de todo o planeta Terra, e na construção contínua de conhecimentos científicos tanto para si quanto para diferentes áreas de estudos.

A observação do céu, ao longo da história, tem sido uma atividade que transcende a mera contemplação, assumindo um papel central na construção do conhecimento humano. Como consta no trabalho de Carvalho (2016), sob a ótica da Teoria da Atividade de Leontiev (1978), esse processo é entendido como uma prática mediada por instrumentos, necessidades e motivos históricos e sociais, que transformam a experiência individual em uma atividade coletiva e significativa.

Na perspectiva da Teoria da Atividade aplicada à observação celeste, a interação entre o sujeito (o observador) e o objeto (o céu) é facilitada por ferramentas culturais e signos, como telescópios, mapas celestes e aplicativos de astronomia, evidenciando que a observação

do céu não é um ato isolado, mas parte de um sistema complexo de aprendizagem, comunicação e produção de conhecimento. Essa perspectiva ressalta que a astronomia, desde suas origens míticas e religiosas até os modelos científicos contemporâneos, reflete não apenas o avanço técnico, mas também as motivações e contextos socioculturais de cada época. Assim, a história da astronomia revela-se como um testemunho da evolução do olhar humano sobre o cosmos, marcada pela interação entre teoria e prática, tradição e inovação.

Dessa forma, a observação do céu não é apresentada como um processo puramente técnico ou matemático, mas como um fenômeno que atravessa diferentes níveis de compreensão e significado. Desde as primeiras civilizações que atribuíam sentidos religiosos e míticos aos corpos celestes até a formulação de modelos científicos rigorosos, a astronomia reflete tanto o avanço do conhecimento quanto às necessidades e motivações socioculturais de cada período. Conforme o que apresenta o trabalho de Carvalho (2016), isso ressalta que a ciência não se desenvolve isoladamente, mas é mediada por interesses, desafios e ferramentas disponíveis em cada momento histórico.

Além disso, ao destacar a construção do conhecimento científico por meio da observação do céu, Carvalho (2016) expõe que o progresso da astronomia resulta de um esforço coletivo e acumulativo. Cada nova teoria ou modelo astronômico se apoia nas observações e descobertas anteriores, modificando ou expandindo o entendimento do universo. Assim, a história da astronomia é também uma história de transformação do olhar humano sobre o cosmos, evidenciando a interação entre teoria e prática, bem como entre tradição e inovação no campo científico.

Através da evolução dos métodos e instrumentos para a observação dos corpos celestes e da utilização de ferramentas cada vez mais sofisticadas, a astronomia observacional tem contribuído para a compreensão do universo e do nosso lugar nele, fazendo novas descobertas e promovendo o avanço do conhecimento humano.

2.2 HISTÓRIA DOS INSTRUMENTOS PARA A OBSERVAÇÃO ASTRONÔMICA: DO OLHO NU AOS TELESCÓPIOS AVANÇADOS

A astronomia observacional é um ramo da astronomia que se dedica à observação dos corpos e fenômenos celestes. É através dela que diversos astrônomos estudam a posição, o movimento, o brilho, a temperatura, dentre outras características. Tais observações podem ser feitas com telescópios e instrumentos de observação (que vão além da capacidade do próprio olho humano), que permitem coletar muitas vezes dados mais profundos do universo.

A prática de observação celeste a olho nu remonta a milhares de anos, sendo uma atividade comum em muitas civilizações antigas (Sobrinho, 2005). Muitas dessas civilizações interpretavam os astros como divindades e observavam o céu e as estrelas em busca de significados. Porém, com o passar dos séculos, os objetivos e métodos de observação celeste se modificaram significativamente.

Caniato (2013) ressalta que a observação realizada pelos povos antigos a olho nu consistia em identificar fenômenos naturais que se repetiam, formando padrões específicos ao longo das estações do ano. Essa prática permitia a compreensão e a previsão de ciclos naturais, fundamentais para o desenvolvimento de suas atividades cotidianas e culturais.

Além disso, as constelações ganharam significados mitológicos, transmitindo tradições e conhecimentos entre as gerações. A observação das estrelas pelos povos antigos foi fundamental para a compreensão do mundo e o desenvolvimento da astronomia (Caniato, 2013).

A partir da astronomia antiga, criaram-se cosmogonias, que influenciaram diversas culturas e religiões. A contemplação dos astros gerou crenças engendradas por diferentes povos, que viam os corpos celestes como divindades ou arautos de presságios/bonanças. Essas culturas desenvolveram sistemas de observação celeste sistematizados, que serviam para fins interpretativos religiosos, para o planejamento agrícola, e para orientação na navegação marítima (Milone, 2018).

Estes sistemas permitiram aos astrônomos antigos fornecer informações para a agricultura, por exemplo, determinando o momento adequado para plantio e colheita, ou mesmo auxiliaram os navegantes a traçar rotas e se orientar nos mares com base na posição das estrelas e em outros corpos celestes.

A astronomia na Grécia Antiga é um dos exemplos mais conhecidos e referenciados nos estudos historiográficos da astronomia de observação. Segundo Kepler e Saraiva (2014), ela foi considerada um dos principais marcos históricos do desenvolvimento astronômico. Muitos filósofos da época, como Anaximandro (610 a.C. - 546 a.C.), Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.), fizeram importantes contribuições para este campo científico por meio de estudos dos corpos celestes e seus fenômenos, além de oferecerem explicações racionais e físicas para os eventos e elementos observáveis a olho nu. Eles também exploraram a correlação entre esses fenômenos e a vida na Terra (Kepler e Saraiva, 2014).

A observação celeste era fundamental para o desenvolvimento da astronomia grega, e muitos dos conhecimentos adquiridos foram baseados em observações diretas, sem a mediação de algum instrumento óptico. Milone (2018) destaca que através dos trabalhos de

alguns dos principais astrônomos da Grécia Antiga, como Anaximandro, Anaxímenes, Pitágoras e Aristóteles, foi possível construir um arcabouço de informações e definições sobre os astros que servem de referência até os dias atuais.

Kepler & Saraiva (2014) destacam que grande parte das observações das magnitudes das estrelas ainda são utilizadas na astronomia observacional. Esse campo de conhecimento atualmente tem suas origens históricas nos trabalhos de Hiparco (190 a.C. - 120 a.C.). Seus estudos pioneiros proporcionaram uma base sólida para a compreensão das propriedades das estrelas e o desenvolvimento de sistemas de classificação estelar pela magnitude delas.

Além disso, as contribuições dos antigos gregos vão além, abrangendo as nomenclaturas, representações e nomes das constelações e planetas. Esses nomes e símbolos como Órion e Júpiter, foram estabelecidos por civilizações antigas e persistem até os dias de hoje, conectando-nos a uma rica história da astronomia e permitindo que façamos referência a esses corpos celestes de forma unificada e compreensível.

A prática de observação do céu se modificou significativamente ao longo dos séculos, impulsionada pelo constante desenvolvimento de novos instrumentos e avanços técnicos (Lima, 2018). Desde os egípcios já encontramos instrumentos sofisticados de observação do céu, tais como o astrolábio e o gnômon para medir com precisão a posição das estrelas.

Um dos artefatos primordiais da observação astronômica, o Gnômon, desempenhou um papel crucial na determinação do meio-dia solar e na compreensão do fenômeno das estações do ano (Lima, 2018). Este instrumento consiste em uma haste vertical fixada no solo, que projeta uma sombra sobre uma superfície plana. Sua utilização remonta à antiguidade, sendo empregado por civilizações como os egípcios, babilônios e gregos. Na Grécia Antiga, o renomado matemático e filósofo Tales de Mileto teria recorrido ao gnômon para medir a altura das imponentes pirâmides do Egito.

O astrolábio, um antigo instrumento de medição utilizado para calcular a posição dos astros e a latitude do observador, desempenhou papel fundamental nos estudos e desenvolvimento da astronomia observacional. Sua utilidade residia na medição precisa da altura dos astros no céu. De acordo com Gesteira (2014), esse dispositivo foi inventado pelos árabes e refinado pelos gregos, inicialmente destinado ao uso em terra, mas posteriormente adotado pelos marinheiros para determinar as distâncias das rotas marítimas. Além disso, o astrolábio serviu como um artefato de orientação celeste, complementando as tábuas astronômicas.

Outro instrumento antigo de referência para observações astronômicas é o Quadrante, um aparato antigo utilizado para medir a altura dos corpos celestes acima do horizonte. De

acordo com Tossato (2022), o astrônomo dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601) desempenhou um papel significativo na evolução desse instrumento ao construir o Quadrante Mural. Esse dispositivo de medição de ângulos permitia a observação precisa da posição dos corpos celestes. Utilizando o *Quadrante Mural*, Brahe realizou observações minuciosas de estrelas e planetas, cujas medições foram fundamentais para o avanço da astronomia nos séculos XVI e XVII.

Os antigos gregos foram pioneiros no mapeamento do céu, combinando observação científica e mitologia para criar um sistema astronômico que influenciou gerações. Ptolomeu, no século II d.C., consolidou esse conhecimento em sua obra *Almagesto*, descrevendo constelações como Órion e Ursa Maior e propondo o modelo geocêntrico, que colocava a Terra no centro do universo. Essas constelações, associadas a mitos gregos, serviam tanto para navegação quanto para transmitir valores culturais. O legado grego foi preservado por estudiosos árabes e revisitado no Renascimento, influenciando figuras como Copérnico e Kepler. Apesar das mudanças na compreensão do cosmos, muitas constelações gregas permanecem reconhecidas hoje, como destaca Kepler e Saraiva (2002), mostrando como a astronomia grega uniu ciência, mitologia e cultura, deixando um legado duradouro.

Ao usar os planisférios, os navegadores e astrônomos puderam explorar e mapear com precisão os céus, desvendando os segredos do cosmos e permitindo um avanço extraordinário nessas áreas de conhecimento.

O trabalho de Las Casas (2020) menciona figuras como Zacharias Janssen (1585-1632), Thomas Harriot (1560-1621) e Galileo Galilei (1564-1642), que contribuíram significativamente para o desenvolvimento do telescópio refrator, originado no modelo de luneta. Também é discutida a produção do telescópio refrator acromático por Chester Moor Hall (1703-1771), em 1736, que buscou minimizar a aberração cromática através da combinação de lentes de diferentes materiais.

Através destes instrumentos ópticos, Galileu estudou as manchas solares, as crateras e erupções lunares, as fases de Vênus, os satélites de Júpiter, e os anéis de Saturno, por exemplo. Essas descobertas representaram um salto significativo no entendimento do universo, ampliando nossa visão e compreensão sobre a vastidão e complexidade do cosmos.

A contribuição de Isaac Newton (1643-1727) para a astronomia se deram no século XVII principalmente para com o telescópio refletor. Em vez de utilizar uma composição de lentes, Newton optou por empregar um espelho côncavo para coletar a luz e formar imagens.

Essa mudança trouxe vantagens significativas na astronomia, uma vez que os espelhos podiam ser fabricados em grandes dimensões, abrindo as portas para a observação de objetos

celestes mais tênues e distantes. Ao longo dos séculos, os telescópios refletores foram aprimorados, com espelhos cada vez mais precisos e sistemas ópticos mais eficientes, resultando em imagens de qualidade excepcional.

Esses avanços nos instrumentos de observação impulsionados por pesquisadores e cientistas ao redor do mundo, como enfatizado por Força et al. (2012), expandiram os limites da exploração espacial e permitiram a descoberta de fenômenos celestes até então desconhecidos, abrindo novos horizontes para a astronomia e desvendando os mistérios do cosmos.

Ao longo do tempo, instrumentos auxiliares da prática observacional passaram por aprimoramentos e substituições por tecnologias mais avançadas. Atualmente, os telescópios estão equipados com dispositivos complementares que vão além da observação visual, permitindo a coleta de dados em diversas faixas do espectro eletromagnético, análise espectral, processamento de dados e utilização de algoritmos avançados, com os casos dos observatórios espaciais *James Webb*, *Chandra* e *XMM-Newton*. Essas inovações transformaram os telescópios em plataformas científicas multifuncionais, capazes de obter informações detalhadas sobre os objetos celestes e impulsionar a exploração astronômica.

Apesar dos avanços tecnológicos e das descobertas proporcionadas pelos artefatos mais elaborados de observação celeste, a prática de observar o céu a olho nu ainda mantém sua relevância em iniciativas voltadas para a popularização da astronomia observacional. Essa abordagem simples e acessível permite que pessoas de todas as idades e níveis de conhecimento se conectem com o cosmos de forma direta e imediata.

Através da observação a olho nu, é possível identificar constelações, acompanhar o movimento dos astros e contemplar fenômenos astronômicos como eclipses e chuvas de meteoros. Essa prática também desempenha um papel fundamental na educação e na conscientização ambiental, pois nos conecta com o ambiente natural noturno e nos inspira a proteger e preservar a beleza do céu estrelado. Assim, a observação a olho nu continua a ser uma ferramenta valiosa para tornar a astronomia acessível e despertar o interesse público por essa ciência fascinante.

Vale salientar que este capítulo apresenta uma visão histórica e epistemológica ocidental sobre o desenvolvimento da astronomia, destacando a importância da observação celeste desde as civilizações antigas até os avanços tecnológicos contemporâneos. Essa perspectiva enfatiza como práticas observacionais, inicialmente simples e baseadas no cotidiano, evoluíram para métodos e instrumentos sofisticados, permitindo a construção de modelos teóricos e a compreensão de fenômenos complexos do universo. No entanto, é

importante ressaltar que essa abordagem não busca posicionar a visão ocidental como superior a outras tradições astronômicas ou cosmológicas. Pelo contrário, reconhece que diferentes culturas, como os maias, chineses, egípcios e babilônios, também desenvolveram conhecimentos astronômicos profundos e aplicáveis às suas realidades.

A ciência, como um empreendimento humano, é influenciada por contextos socioculturais e históricos específicos, e a diversidade de perspectivas enriquece a compreensão global do cosmos. Assim, este capítulo valoriza a contribuição histórica da astronomia ocidental sem desconsiderar ou menosprezar outras formas de conhecimento e interpretação do universo.

CAPÍTULO 3 - EXPLORANDO AS FUNDAMENTAÇÕES FÍSICAS DA ASTRONOMIA OBSERVACIONAL

A física desempenha um papel fundamental nos estudos da astronomia observacional, fornecendo as bases teóricas e orientações metodológicas essenciais para as pesquisas e compreensões dos fenômenos celestes. Através da aplicação dos princípios físicos, somos capazes de interpretar os sinais cósmicos captados pelos telescópios e instrumentos observacionais, decifrando a natureza das radiações eletromagnéticas provenientes das estrelas, galáxias e outros corpos celestes.

Ao unir os fundamentos da física com a investigação empírica da astronomia observacional, este capítulo não apenas expõe os conhecimentos sobre o cosmos visível, mas também traz informações sobre os processos físicos que moldam a observação de corpos celestes. Por meio dessa abordagem, almeja-se contribuir para um melhor entendimento da física presente na astronomia observacional, trazendo conhecimentos que ampliam as informações e aprendizagens dos objetos astronômicos observáveis.

3.1 ASTRONOMIA ÓPTICA

A astronomia óptica é a forma mais antiga de astronomia e está diretamente ligada ao desenvolvimento da óptica e da mecânica, permitindo a observação de astros e fenômenos celestes. Além disso, a luz natural, como a emitida pelo Sol, desempenha um papel fundamental na organização das atividades sociais, econômicas e culturais na Terra. Portanto, a luz é essencial para a compreensão do universo e para o desenvolvimento da sociedade moderna (Silva e Hetem, 2022).

No campo astronômico, a importância da luz é inegável, uma vez que ela é a principal fonte de informação sobre os corpos celestes. Através da análise da luz emitida, refletida ou absorvida pelos objetos no espaço, os astrônomos podem determinar a energia que carregam, a composição química, a temperatura, à distância e o movimento dos corpos emissores/refletores. Silva e Hetem (2022) descrevem a relevância dos estudos ópticos na astronomia moderna:

Tão importante quanto à eficiência em se coletar a luz é a análise de suas características, fundamental para entender os fenômenos astrofísicos. Assim, com o auxílio da Física Moderna e Contemporânea (FMC) passamos ao estudo do espectro eletromagnético, que causou grande transformação na

forma de se fazer astronomia, proporcionando avanços para a melhor compreensão dos corpos celestes. (Silva e Hetem, 2022, p. 02).

A análise detalhada das características da luz é essencial para compreender os fenômenos astrofísicos observáveis. A colaboração entre astronomia observacional e física moderna e contemporânea permitiu avanços significativos ao estudar o espectro eletromagnético, transformando a forma como entendemos os corpos celestes. Essa abordagem revolucionária impulsiona nossa capacidade de desvendar os mistérios do cosmos e expande os horizontes da astronomia observacional.

3.2 A NATUREZA DA LUZ E SUA IMPORTÂNCIA NA ASTRONOMIA OBSERVACIONAL

Caruso (2020) destaca que a luz tem sido um elemento de orientação, contemplação e desenvolvimento fundamental na jornada da humanidade desde os primórdios da civilização. Dos primeiros raios de sol que acordam as manhãs até a iluminação artificial que permeia nossas noites, a luz desempenha um papel crucial em praticamente todos os aspectos de nossa existência. Além de fornecer visibilidade e orientação, ela tem uma influência profunda em nossas emoções, saúde e até mesmo em nossas conquistas científicas (como na astronomia e física óptica). Neste contexto, explorar a importância da luz para a humanidade revela não apenas sua função pragmática, mas também seu impacto transcendental em nossa experiência coletiva e individual.

A luz é um fenômeno físico que tem sido estudado e utilizado pela humanidade há milênios e continua a desempenhar um papel crucial em nossa compreensão e interação com o mundo ao nosso redor. De acordo com Martins e Porto (2018):

A luz está ligada diretamente à sobrevivência dos seres humanos. O primeiro controle desse fenômeno foi quando nossa espécie deteve o domínio do fogo e isso foi fundamental, pois é uma importante fonte de calor, proteção contra animais selvagens e fonte de luz. O seu controle foi crucial para obtermos vantagens à noite e em locais de baixa visibilidades, pois nosso sistema de visão perde a sua eficiência com a baixa de luminosidade nos deixando mais vulneráveis e fazer fogo e utilizá-lo com fins produtivos foi alicerçador para caminharmos em direção à civilização. (Martins e Porto, 2018, p. 16).

Além do domínio do fogo, ao longo da história, os seres humanos têm buscado formas cada vez mais avançadas de controlar a luz para garantir sua sobrevivência e prosperidade. Desde a invenção da lâmpada até a tecnologia moderna de iluminação *LED*, a capacidade de

estudar e utilizar a luz tem desempenhado um papel fundamental em diversas áreas da vida humana. Assim, a busca contínua pela compreensão e controle da luz reflete não apenas a necessidade básica de iluminação, mas também o desejo humano de explorar e dominar seu ambiente para melhor conhecê-lo e também garantir um futuro mais cômodo.

No vasto e fascinante cosmos, os objetos astronômicos emitem uma ampla gama de radiações eletromagnéticas, entre elas as do espectro visível ao olho humano, fornecendo uma janela crucial para auxiliar na compreensão da natureza e comportamento. Cada forma de radiação presentes no espectro de radiação eletromagnética revela informações únicas sobre os processos físicos em curso nos corações estelares, nas galáxias distantes e em todo o universo.

3.2.1 Luz como onda eletromagnética

Sob a perspectiva da radiação eletromagnética, a luz é constituída por campos elétricos e magnéticos oscilantes, perpendiculares entre si e à direção de propagação. Nussenzveig (1998) e Griffiths (2017) destacam em suas obras que o entendimento da luz como onda foi consolidado por contribuições científicas fundamentais: a teoria ondulatória, proposta pelo físico neerlandês Christiaan Huygens (1629–1695) e posteriormente confirmada pelos experimentos do britânico Thomas Young (1773–1829), e a unificação entre eletricidade e magnetismo, realizada pelo matemático e físico escocês James Clerk Maxwell (1831–1879) por meio de suas célebres Equações de Maxwell. Essas equações não apenas descrevem os fenômenos eletromagnéticos, mas também permitiram calcular a velocidade da luz no vácuo, confirmando definitivamente sua natureza como uma onda eletromagnética.

De acordo com Griffiths (2017), as equações do eletromagnetismo são, respectivamente, a Lei de Gauss para o campo elétrico (1), a Lei de Gauss para o campo magnético (2), a Lei de Faraday da indução (3), e a Lei de Ampère-Maxwell (4). As mesmas são representadas a seguir em suas formas diferenciais:

$$\nabla \cdot E = \frac{\rho}{\epsilon_0}, \quad (1)$$

$$\nabla \cdot B = 0, \quad (2)$$

$$\nabla \times E = - \frac{\partial B}{\partial t}, \quad (3)$$

$$\nabla \times B = \mu_0 J + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}. \quad (4)$$

Uma importante contribuição de Maxwell para o cálculo da velocidade da luz foi a modificação da Lei de Ampère, com a introdução do termo da corrente de deslocamento, que possibilitou a previsão de ondas eletromagnéticas e o cálculo de sua velocidade (Griffiths, 2017).

A Lei de Ampère original (5), formulada por André-Marie Ampère (1775-1836), relaciona o campo magnético (B) à densidade de corrente elétrica (J):

$$\nabla \times B = \mu_0 J. \quad (5)$$

onde μ_0 é a permeabilidade magnética do vácuo ($4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$).

No entanto, Maxwell percebeu que essa forma da lei era incompleta em situações onde o campo elétrico varia no tempo, como em um capacitor em processo de carga ou descarga. Conforme destaca Griffiths (2017), para corrigir isso, Maxwell introduziu o termo da corrente de deslocamento, $\epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$, onde ϵ_0 é a permissividade elétrica do vácuo ($8,854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$) e E é o campo elétrico. Esse termo adicional foi crucial para garantir a consistência das Equações de Maxwell e permitir a descrição de ondas eletromagnéticas.

No vácuo, onde não há cargas livres ($\rho = 0$), e nem correntes ($J = 0$), as Equações de Maxwell se simplificam. Aplicando o rotacional às leis de Faraday e Ampère-Maxwell, obtêm-se as equações de onda para os campos elétrico (6) e magnético (7):

$$\nabla^2 E = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 E}{\partial t^2}, \quad (6)$$

$$\nabla^2 B = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 B}{\partial t^2}, \quad (7)$$

sendo ∇^2 o operador laplaciano e t o tempo.

Essas equações são de segunda ordem e descrevem a propagação de ondas eletromagnéticas no vácuo (Griffiths, 2017). Cada componente cartesiano de E e B satisfaz a equação de onda tridimensional (8):

$$\nabla^2 f = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2}, \quad (8)$$

sendo c a velocidade da onda eletromagnética.

A velocidade de propagação de uma onda eletromagnética é dada pela seguinte equação:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}. \quad (8)$$

Substituindo os valores conhecidos de μ_0 e ϵ_0 , chega-se ao seguinte resultado:

$$c = \frac{1}{\sqrt{(4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2)(8,854 \times 10^{-12} \text{ F/m})}} \approx 2,998 \times 10^8 \text{ m/s}. \quad (9)$$

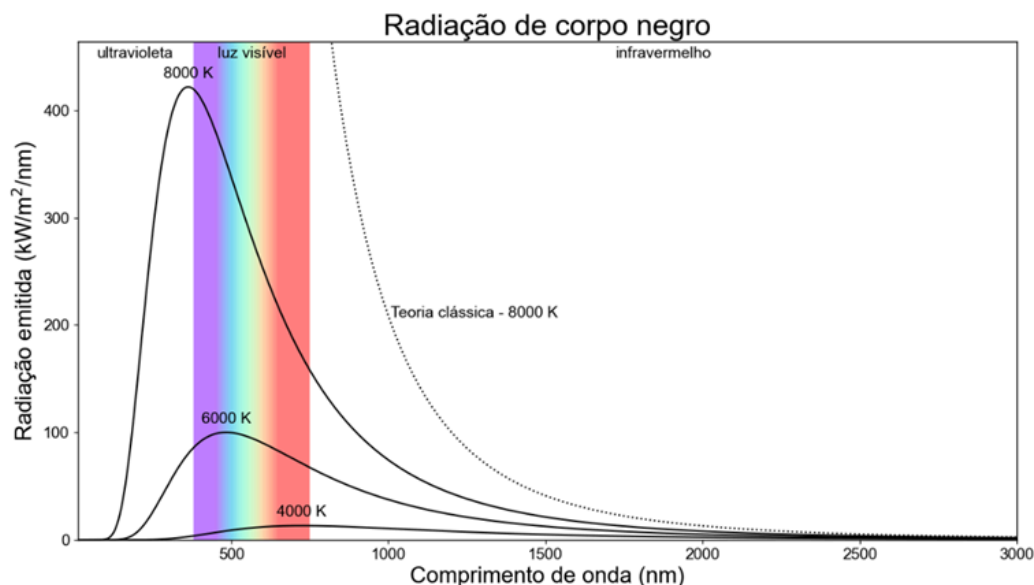
Esse valor coincide com medições experimentais da velocidade da luz no vácuo, realizadas pelos físicos Hippolyte Fizeau (1819-1896) e Léon Foucault (1819-1868). Portanto, Maxwell concluiu que a luz é uma onda eletromagnética e que sua velocidade é uma constante universal.

3.2.2 Luz como partícula quantizada

No final do século XIX, a física clássica enfrentava um desafio significativo ao tentar explicar a radiação emitida por um corpo negro, um objeto ideal que absorve toda a radiação incidente e emite energia térmica em um espectro contínuo. Conforme destacam Eisberg e Resnick (1979), a teoria clássica previa que a intensidade da radiação emitida deveria aumentar indefinidamente com a frequência, especialmente na região do ultravioleta, resultando em uma divergência infinita de energia.

No entanto, observações experimentais mostravam que a intensidade da radiação atingia um pico em uma determinada frequência e, em seguida, diminuía em frequências mais altas, comportamento que contradizia diretamente as previsões da física clássica. Essa discrepância, conhecida como "catástrofe do ultravioleta", evidenciou as limitações da física clássica para descrever fenômenos em escalas atômicas e subatômicas.

Figura 01 - As curvas da radiação emitida por corpos negros de diferentes temperaturas.



Fonte: IAU OAE/Niall Deacon (2024).

A Lei de Wien, formulada pelo físico alemão Wilhelm Wien (1864-1928), em 1893, desempenhou um papel importante na compreensão da radiação do corpo negro e na resolução da catástrofe do ultravioleta. Conforme Kepler & Saraiva (2014), ela estabelece uma relação entre a temperatura de um corpo negro e o comprimento de onda no qual a emissão de radiação atinge seu pico. Matematicamente, a Lei de Wien é expressa por:

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T}, \quad (10)$$

onde λ_{max} é o comprimento de onda de máxima emissão, T é a temperatura absoluta do corpo negro, e b é a constante de Wien ($b \approx 2,898 \times 10^{-3} \text{ m}\cdot\text{K}$).

Segundo Kepler & Saraiva (2014), essa lei mostra que, à medida que a temperatura de um corpo negro aumenta, o pico de emissão se desloca para comprimentos de onda menores (frequências mais altas). Isso implica que, em temperaturas finitas, a radiação ultravioleta não pode dominar indefinidamente, pois o pico de emissão se move para regiões de maior energia, mas não de forma divergente. A Lei de Wien, portanto, fornece uma indicação de que a radiação do corpo negro deve ter um limite superior em frequências altas, o que já sugeria que a catástrofe do ultravioleta era um artefato da teoria clássica.

No entanto, a Lei de Wien por si só não resolveu completamente o entendimento da catástrofe do ultravioleta. Foi a introdução da quantização da energia, criada pelo físico alemão Max Planck (1858-1947), que contribuiu para uma melhor explicação do fenômeno. De acordo com Eisberg & Resnick (1979), Planck propôs que a energia emitida por um corpo negro não era contínua, mas sim quantizada, ou seja, emitida em pacotes discretos de energia chamados quanta (ou *quantum*). A energia E de um quantum é dada pela equação de Planck (11):

$$E = h\nu, \quad (11)$$

onde h é a constante de Planck ($6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$) e ν é a frequência da luz. Essa equação mostra que a energia de um *quantum* é diretamente proporcional à sua frequência.

Com base nessa ideia, Planck derivou uma fórmula para a distribuição espectral da radiação de um corpo negro, conhecida como Lei de Planck:

$$B(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{(h\nu/kT)} - 1}, \quad (12)$$

onde $B(\nu, T)$ é a densidade espectral de energia por unidade de frequência, k é a constante de Boltzmann ($1,381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$), e T é a temperatura absoluta do corpo negro. De acordo com Kepler & Saraiva (2014), essa equação descreve a distribuição da radiação emitida por um corpo negro em todas as frequências, incluindo a região do ultravioleta, resolvendo assim a catástrofe do ultravioleta.

A Lei de Planck incorpora implicitamente a Lei de Wien, pois conforme consta na obra de Eisberg & Resnick (1979), o termo exponencial no denominador ($e^{h\nu/kT}$) garante que a densidade espectral de energia diminua rapidamente em frequências muito altas (ultravioleta), evitando a divergência prevista pela teoria clássica. Assim, a Lei de Wien fornece uma pista importante sobre o comportamento da radiação do corpo negro, enquanto a Lei de Planck oferece a descrição completa e quantitativa que resolve a catástrofe do ultravioleta.

Dessa forma, o trabalho de Planck não apenas resolveu a catástrofe do ultravioleta do corpo negro, mas também lançou as bases para a mecânica quântica. Sua ideia de quantização da energia foi fundamental para o desenvolvimento posterior da física moderna, influenciando diretamente o trabalho de Einstein e outros cientistas. A constante de Planck h tornou-se uma

das constantes fundamentais da natureza, e sua descoberta marcou o início de uma nova era na física (Eisberg & Resnick, 1979).

Como consta na obra de Nussenzveig (1998), o físico alemão Albert Einstein (1879-1955), em seu artigo revolucionário de 1905 sobre o efeito fotoelétrico, baseou-se diretamente no trabalho pioneiro de Max Planck para propor que a luz, além de seu comportamento ondulatório, também poderia ser entendida como partículas discretas de energia, chamadas *fótons*. Essa ideia inovadora foi crucial para o desenvolvimento da mecânica quântica, pois estabeleceu a dualidade onda-partícula, um dos pilares da física moderna. Einstein demonstrou que a energia dos fótons é quantizada e proporcional à frequência da luz, conforme a equação de Planck. Esse trabalho rendeu a Einstein o Prêmio Nobel de Física em 1921.

Além disso, no mesmo ano de 1905, Einstein publicou outro artigo revolucionário, no qual introduziu a teoria da relatividade. Nessa teoria, ele propôs a famosa equação que relaciona massa e energia:

$$E = mc^2, \quad (13)$$

onde E é a energia, m a massa e c a velocidade da luz. Essa equação demonstra que massa e energia são intercambiáveis e que uma pequena quantidade de massa pode ser convertida em uma enorme quantidade de energia, como ocorre em reações nucleares. A velocidade da luz, c , desempenha um papel central nessa equação, não apenas como uma constante fundamental, mas também como um limite para a velocidade para qualquer corpo ou informação no universo (Kepler & Saraiva, 2014).

3.2.2 Propriedades da Luz: reflexão, refração, difração e dispersão

A luz apresenta uma diversidade de propriedades que são relevantes para a física (óptica) e outras áreas de conhecimentos que utilizam conhecimentos físicos, como a astronomia. Essas características não só elucidam o comportamento da luz, como também servem de alicerce para o desenvolvimento de instrumentos astronômicos e técnicas de análise que transformaram profundamente nossa compreensão do Universo.

A reflexão é um dos fenômenos mais simples e conhecidos da óptica. Quando a luz incide sobre uma superfície, ela pode ser devolvida ao meio original, um processo descrito pela Lei da Reflexão, que estabelece que o ângulo de incidência (θ_i) é igual ao ângulo de reflexão (θ_r), ou seja:

$$\theta_i = \theta_r, \quad (14)$$

Na astronomia, a reflexão é crucial para o funcionamento dos telescópios refletoras, que utilizam espelhos para coletar e focalizar a luz proveniente de estrelas, galáxias e outros objetos celestes. A formação de imagens nesses telescópios é descrita pela equação de Gauss (14), que serve para lentes e espelhos, correlacionando a distância focal (f), a distância do objeto (p) e a distância da imagem (q):

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}. \quad (15)$$

Espelhos grandes e precisos, como os do telescópio *Hubble*, nomeado em homenagem ao astrônomo norte-americano Edwin Hubble (1889-1953), permitem capturar imagens detalhadas de objetos distantes no Universo. Como destaca a obra de Hecht (2017), a qualidade desses espelhos e sua capacidade de refletir a luz com precisão são fundamentais para a obtenção de imagens nítidas e ricas em detalhes.

Outro fenômeno importante é a refração, que ocorre quando a luz passa de um meio para outro com diferentes índices de refração, mudando sua direção. Esse comportamento é descrito pela Lei de Snell-Descartes (15):

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2, \quad (16)$$

onde n_1 e n_2 são os índices de refração dos meios, e θ_1 e θ_2 são os ângulos de incidência e refração, respectivamente.

Na astronomia, a refração é explorada em telescópios refratores, que utilizam lentes para focalizar a luz. No entanto, a refração também causa aberrações cromáticas, que podem distorcer as imagens. Por isso, muitos telescópios modernos combinam lentes e espelhos para minimizar esses efeitos (Kepler & Saraiva, 2014). A refração também é responsável por fenômenos atmosféricos, como a cintilação das estrelas, que ocorre devido à variação do índice de refração da atmosfera terrestre.

Já a difração é o espalhamento da luz quando ela encontra um obstáculo ou fenda comparável ao seu comprimento de onda. Esse fenômeno é descrito pela equação:

$$a \operatorname{sen} \theta = m\lambda, \quad (17)$$

onde a é a largura da fenda, θ é o ângulo de difração, m é a ordem do máximo de difração e λ é o comprimento de onda da luz.

Esse fenômeno limita a resolução dos telescópios, pois a luz de uma estrela distante, ao passar pela abertura do telescópio, cria um padrão de difração conhecido como *disco de Airy* (Hecht, 2017). O ângulo θ para o primeiro mínimo de difração é dado por:

$$\theta \approx \frac{1,22\lambda}{D}, \quad (18)$$

onde λ é o comprimento de onda da luz e D é o diâmetro da abertura do telescópio. Quanto maior o diâmetro do telescópio, menor o ângulo de difração e maior a resolução.

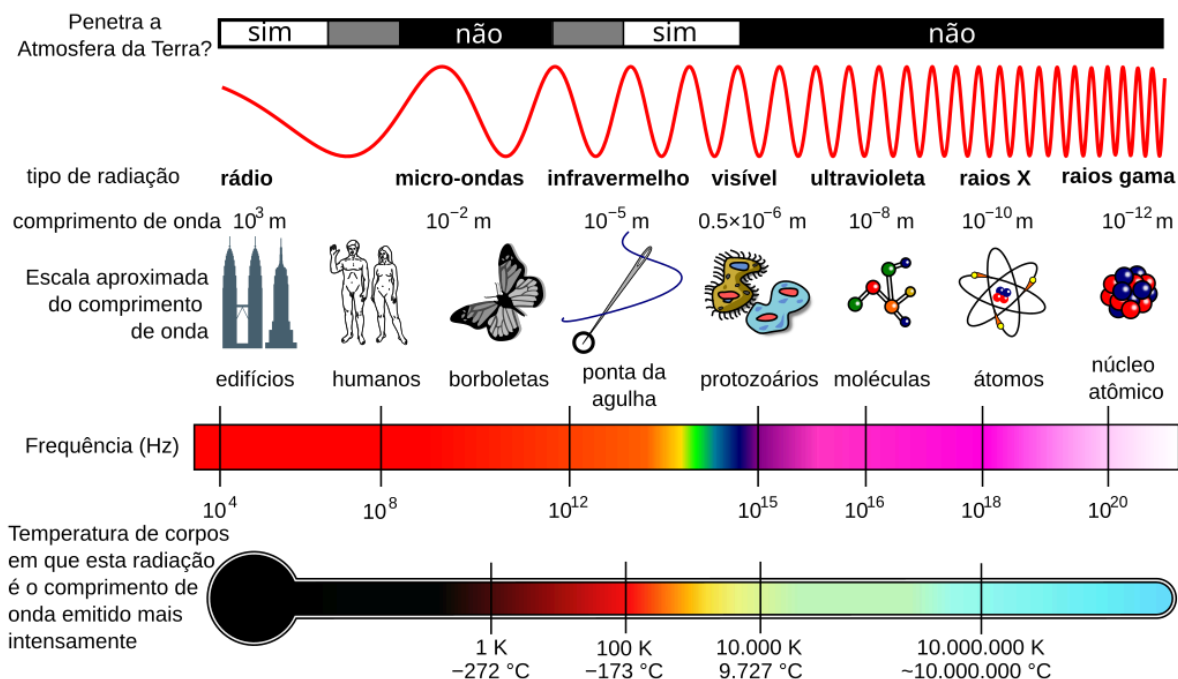
A dispersão é a separação da luz em suas diferentes cores (comprimentos de onda), como ocorre em um prisma. Na astronomia, a dispersão é a base da espectroscopia, técnica que permite analisar a composição química, temperatura, densidade e movimento de estrelas e galáxias. Conforme discutido por Hecht (2017), a dispersão ocorre porque a velocidade da luz em um meio material depende do comprimento de onda. Isso pode ser descrito pela relação:

$$v(\lambda) = \frac{c}{n(\lambda)}, \quad (19)$$

onde $v(\lambda)$ é a velocidade da luz no meio, c é a velocidade da luz no vácuo, e $n(\lambda)$ é o índice de refração do material, que varia com o comprimento de onda λ .

A luz e outras radiações, como ondas de rádio, micro-ondas, raios-X e raios gama, são caracterizadas por sua frequência (ν), comprimento de onda (λ) e energia (E). Essas grandezas estão intrinsecamente relacionadas e são fundamentais para entender o comportamento da radiação eletromagnética em diferentes contextos, desde aplicações tecnológicas até o estudo do Universo.

Figura 02 - Representação dos espectros eletromagnéticos



Fonte: Wikipédia, 2024.

Sobre a luz visível, ela constitui a porção do espectro eletromagnético perceptível aos nossos olhos, caracterizada por uma faixa específica de comprimentos de ondas eletromagnéticas compreendidos aproximadamente entre 400 e 700 nanômetros. Essa gama de cores, que vai do violeta ao vermelho, permite a percepção visual do mundo ao nosso redor, sendo fundamental para a experiência humana da luz e das cores.

A frequência (ν) e o comprimento de onda (λ) de uma onda eletromagnética estão relacionados pela velocidade da luz (c):

$$c = \lambda \nu, \quad (20)$$

Substituindo $\nu = \frac{c}{\lambda}$ na equação de Planck (10), obtemos uma expressão para a energia em função do comprimento de onda:

$$E = \frac{hc}{\lambda}. \quad (21)$$

Por exemplo, a energia de um fóton de luz ultravioleta ($\lambda=100$ nm) é:

$$E = \frac{(6,626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})}{100 \times 10^{-9}} \approx 1,99 \times 10^{-18} \text{ J}. \quad (22)$$

Cálculo como esse são importantes para compreender os efeitos da radiação eletromagnética na matéria, como a excitação eletrônica em átomos e moléculas, fenômeno essencial em áreas como espectroscopia, fotônica e nanotecnologia.

As propriedades da luz são fundamentais para a compreensão de fenômenos ópticos e astronômicos. Esses princípios não apenas explicam o comportamento da luz, mas também permitem o desenvolvimento de instrumentos e técnicas que ampliam nossa capacidade de explorar o Universo.

Desde a construção de telescópios de alta precisão até a análise espectroscópica de estrelas e galáxias, o estudo da luz permanece como um pilar central da física e da astronomia. Como destacado por Caruso (2020), a compreensão da luz e de seus fenômenos correlatos desempenhou um papel crucial no desenvolvimento dessas ciências, a ponto de questionamentos sobre sua natureza terem impulsionado duas das maiores revoluções científicas do século XX: o surgimento da mecânica quântica e da teoria da relatividade. Esses avanços não apenas transformaram nossa visão do mundo microscópico e macroscópico, mas também consolidaram a luz como uma ferramenta essencial para desvendar os mistérios do cosmos.

3.3 ESTRELAS: ESTRUTURA, LUMINOSIDADE, DISTÂNCIAS E ESCALAS ASTRONÔMICAS

3.3.1 Estrutura e Composição Estelar

De acordo com Kepler e Saraiva (2014), as estrelas são esferas autogravitantes de gás ionizado, cuja energia é gerada pela transmutação de elementos através de reações termonucleares, principalmente a fusão de hidrogênio em hélio e, posteriormente, em elementos químicos mais pesados. Sua estrutura e composição são determinadas por um equilíbrio complexo entre forças gravitacionais e pressões internas, enquanto sua evolução é guiada por processos físicos que ocorrem em seus núcleos e camadas externas.

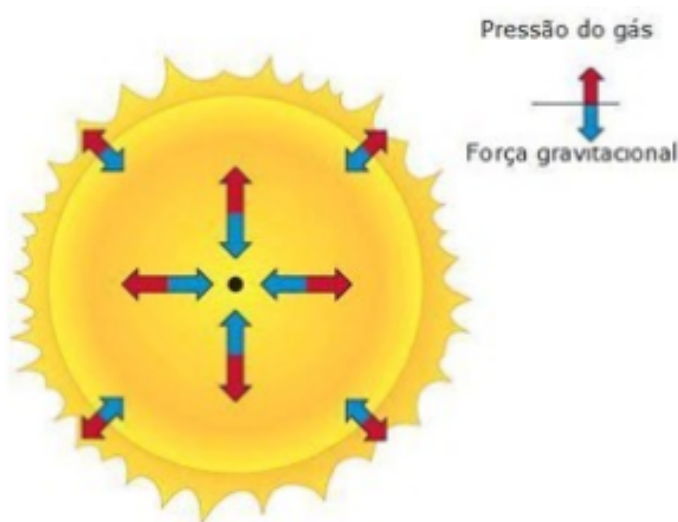
Uma estrela, em um processo estável de sua evolução, possui um sistema em equilíbrio hidrostático, onde a força gravitacional, que tende a comprimir a estrela, é equilibrada pela pressão interna, que tende a expandi-la. Conforme exposto na obra de Kepler & Saraiva (2014), esse equilíbrio é descrito pela seguinte equação:

$$\frac{dP}{dr} = -\rho \frac{GM_r}{r^2}, \quad (23)$$

com P sendo a pressão no raio r , G a constante gravitacional ($6,674 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$), M_r sendo a massa estelar de raio r , ρ a densidade, e r o raio da estrela.

Essa equação mostra que, para uma estrela permanecer estável, a pressão interna deve aumentar com a profundidade para contrabalançar a força gravitacional. No núcleo, onde a temperatura e a densidade são extremamente altas, a pressão é mantida pela energia liberada nas reações nucleares. Como destacado por Carroll e Ostlie (2017), o equilíbrio hidrostático é a condição fundamental que permite que uma estrela mantenha sua forma e estabilidade ao longo de milhões ou bilhões de anos.

Figura 03 - Representação do equilíbrio hidrostático em uma estrela.



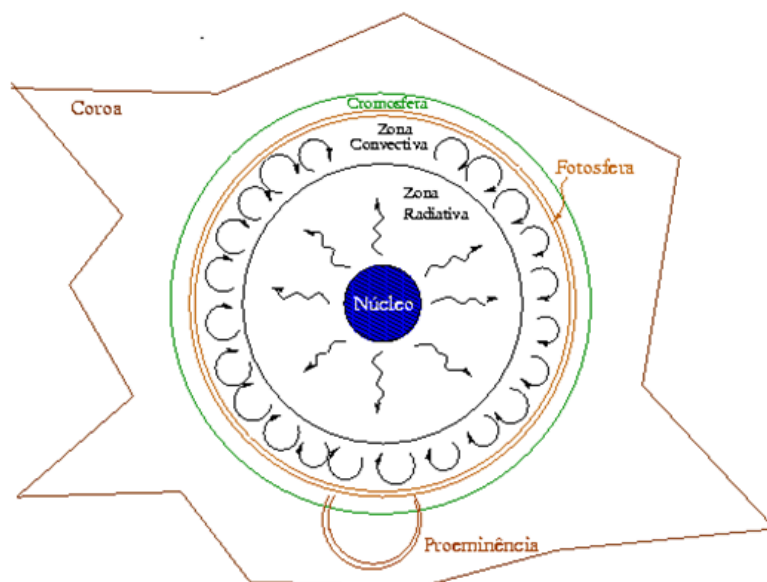
Fonte: C. D. C. Silva et al. Cadernos de Astronomia, vol. 4, nº 1, 143-155 (2023), pg. 148

De acordo com Kepler & Saraiva (2014), a estrutura interna de uma estrela pode ser dividida em várias camadas, cada uma com características físicas e químicas distintas. As principais regiões de uma estrela são:

- Núcleo: O coração da estrela, onde ocorrem as reações nucleares que produzem energia. No núcleo, a temperatura e a pressão são extremamente altas, permitindo a fusão de hidrogênio em hélio e, posteriormente, de elementos mais pesados.
- Zona radiativa: Região onde a energia gerada no núcleo é transportada para o exterior principalmente por radiação. Os fótons são absorvidos e reemitidos repetidamente, levando milhões de anos para atravessar essa camada em estrelas como o Sol.

- Zona convectiva: camada onde a energia é transportada por convecção, com movimentos de gás quente subindo e gás frio descendo. Em estrelas menos massivas que o Sol, a zona convectiva pode estar localizada próxima à superfície.
- Fotosfera: a "superfície" visível da estrela, de onde a maior parte da luz é emitida. A fotosfera é a camada mais fria da estrela, com temperaturas que variam de 4.000 K em estrelas frias a mais de 30.000 K em estrelas quentes.
- Cromosfera e coroa: Camadas externas da atmosfera estelar, onde a temperatura aumenta novamente, atingindo milhões de graus na coroa. Essas regiões são observáveis durante eclipses solares ou com instrumentos especiais.

Figura 04 – Composição da estrutura do Sol



Fonte: Kepler e Saraiva (2014).

A composição química das estrelas é dominada por hidrogênio (H) e hélio (He), os elementos mais abundantes no Universo (Kepler & Saraiva, 2014). No caso do Sol, por exemplo, aproximadamente 71% de sua massa é composta por hidrogênio, 27% por hélio e 2% por elementos mais pesados, como carbono, oxigênio e ferro.

3.3.2 Luminosidade, Emissão e Absorção da luz estelar

As estrelas apresentam uma ampla diversidade em termos de massa, temperatura e luminosidade, características que influenciam diretamente sua evolução ao longo do tempo.

Esse processo pode ser analisado de maneira sistemática, permitindo a classificação das estrelas com base em suas propriedades físicas e fases evolutivas.

De acordo com Kepler & Saraiva (2014), a luminosidade de uma estrela está intrinsecamente ligada à sua massa e temperatura, uma relação que pode ser descrita matematicamente pela Lei de Stefan-Boltzmann (24). Essa lei estabelece que a luminosidade da estrela L , medida em Watt (W), é proporcional à quarta potência de sua temperatura T , mensurada em Kelvin (K), conforme a equação a seguir:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4, \quad (24)$$

onde R é seu raio (em m), e σ é a constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$).

Tomando como exemplo o Sol, podemos calcular sua luminosidade, com base nos dados fornecidos pela obra de Kepler e Saraiva (2014):

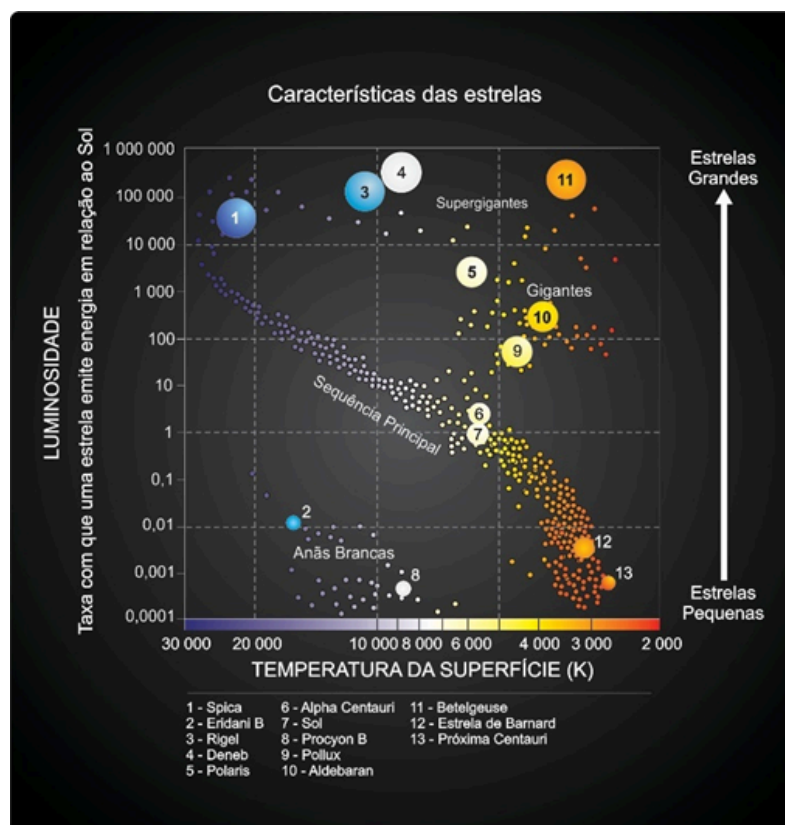
$$L = 4\pi(6,960 \times 10^8)^2(5,67 \times 10^{-8})(5785)^4 \approx 3,86 \times 10^{26} \text{ W}. \quad (25)$$

Essa informação da luminosidade, quando associada a outras propriedades físicas (como temperatura superficial, cor e tamanho), fornece subsídios para a classificação das estrelas em um sistema organizado. Esse sistema permite que astrônomos e astrofísicos categorizem e estudem as estrelas, bem como seus estágios evolutivos, de maneira sistemática.

O Diagrama de Hertzsprung-Russell (HR), desenvolvido por Ejnar Hertzsprung (1873-1967) e Henry Norris Russell (1877-1957) no início do século XX, relaciona a luminosidade das estrelas com sua temperatura superficial. Esse diagrama tornou-se uma ferramenta fundamental para a classificação estelar, permitindo identificar diferentes fases evolutivas das estrelas e compreender melhor sua estrutura e dinâmica. Como destacado por Carroll e Ostlie (2017), o Diagrama HR é a espinha dorsal da astrofísica estelar, fornecendo também *insights* sobre a vida e a morte das estrelas.

No referido diagrama, a luminosidade é representada no eixo vertical, enquanto a temperatura superficial é representada no eixo horizontal, com a temperatura aumentando para a esquerda.

Figura 05 - Diagrama Hertzsprung-Russel (HR), que relaciona a luminosidade de uma estrela e sua temperatura superficial



Fonte: Kepler e Saraiva (2014).

A maior parte das estrelas no Diagrama HR está localizada ao longo de uma faixa diagonal chamada *sequência principal*, onde as estrelas passam a maior parte de suas vidas convertendo hidrogênio em hélio em seus núcleos. Estrelas mais massivas são mais quentes e luminosas, enquanto estrelas menos massivas são mais frias e menos luminosas. Além da sequência principal, o Diagrama HR também inclui estrelas gigantes, supergigantes e anãs brancas, cada uma representando diferentes fases da evolução estelar.

A classificação espectral é baseada na temperatura superficial da estrela, que determina a cor da luz que ela emite e as linhas espectrais observadas em seu espectro. As estrelas são organizadas em sete classes principais, identificadas pelas letras O, B, A, F, G, K, M, em ordem decrescente de temperatura (Kepler & Saraiva, 2014).

Quadro 01 - Classes espectrais e temperaturas.

Classe Espectral	Temperatura Superficial (K)	Cor Típica	Exemplos de Estrelas
O	30.000 - 50.000	Azul	<i>Zeta Orionis</i>
B	10.000 - 30.000	Azul-branco	<i>Rigel</i>
A	7.500 - 10.000	Branco	<i>Sirius</i>
F	6.000 - 7.500	Amarelo-branco	<i>Procyon</i>
G	5.000 - 6.000	Amarelo	<i>Sol</i>
K	3.500 - 5.000	Laranja	<i>Arcturus</i>
M	2.500 - 3.500	Vermelho	<i>Betelgeuse, Proxima Centauri</i>

Fonte: Kepler e Saraiva (2014)

Já a luminosidade de uma estrela é a quantidade total de energia que ela emite por unidade de tempo. Ela depende tanto da temperatura quanto do raio da estrela. Para classificar as estrelas de acordo com sua luminosidade, Kepler & Saraiva (2014) destacam que os astrônomos usam as classes de luminosidade, que são indicadas por algarismos romanos, conforme o quadro seguinte.

Quadro 02 - Luminosidade e classes de luminosidade de estrelas.

Classe de Luminosidade	Descrição	Exemplos de Estrelas
I	Supergigantes	Betelgeuse, Rigel
II	Gigantes brilhantes	Canopus
III	Gigantes	Aldebaran

Classe de Luminosidade	Descrição	Exemplos de Estrelas
IV	Subgigantes	Polaris
V	Sequência principal	Sol, Sirius
VI	Subanãs	Estrelas de baixa luminosidade
VII	Anãs brancas	Sírius B

Fonte: Kepler e Saraiva (2014)

As supergigantes (I), como Betelgeuse e Rigel, são extremamente luminosas e grandes, em fases avançadas de evolução. As gigantes brilhantes (II) e gigantes (III), como Canopus e Aldebaran, são menos luminosas que as supergigantes. As subgigantes (IV), como Polaris, estão em transição entre a sequência principal e a fase de gigante. As estrelas da sequência principal (V), como o Sol e Sirius, fundem hidrogênio em hélio em seus núcleos. As subanãs (VI) são menos luminosas que as da sequência principal, e as anãs brancas (VII), como Sirius B, são pequenas e densas, remanescentes de estrelas que esgotaram seu combustível nuclear.

A luz das estrelas também carrega informações sobre sua composição, densidade e dinâmica, bem como sobre corpos celestes que absorvem ou refletem essa luz. Conforme Kepler & Saraiva (2014), às linhas espectrais atuam como "impressões digitais" dos elementos químicos presentes em estrelas, nebulosas e galáxias, permitindo identificar elementos e estudar processos cósmicos. A interação entre radiação eletromagnética e átomos, por meio de emissão e absorção de fótons, resulta em linhas espectrais características, ligadas a transições eletrônicas entre níveis de energia quantizados.

No modelo atômico proposto pelo físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962), os níveis de energia de um átomo de hidrogênio são dados por:

$$E_n = - \frac{13,6 \text{ eV}}{n^2}. \quad (26)$$

onde n é o número quântico principal ($n = 1, 2, 3, \dots$). Essa fórmula também se aplica a elementos mais complexos, conforme a distribuição eletrônica proposta por químico estadunidense Linus Pauling (1901-1994).

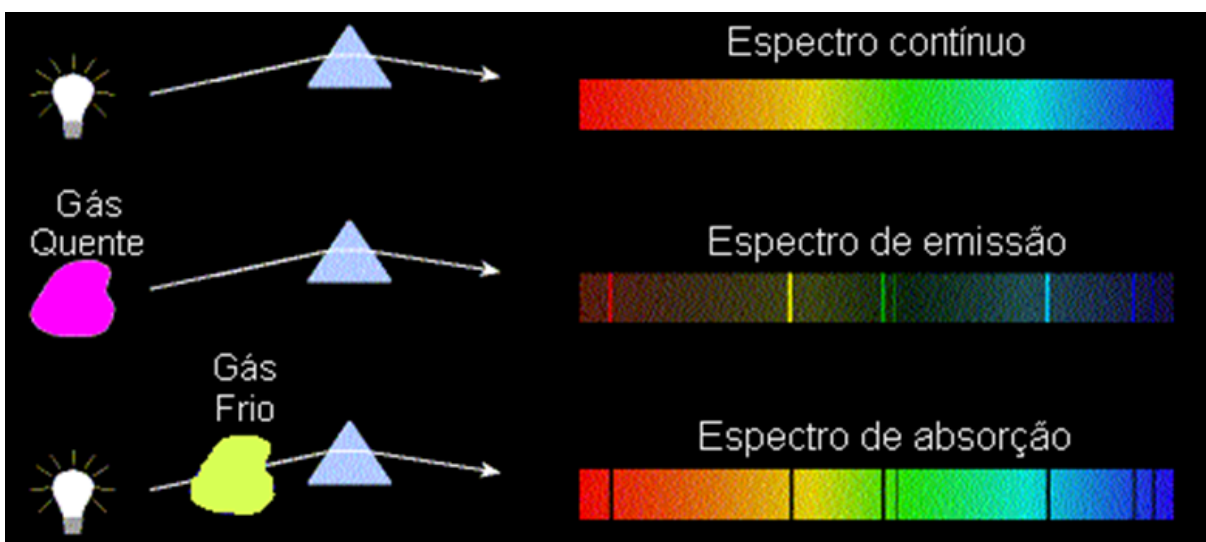
Carroll & Ostlie (2017) explicam que, quando um elétron transita de um nível n_i para um nível n_f , a energia do fóton emitido ou absorvido é:

$$E_f = hf = |E_{n_f} - E_{n_i}| \quad (27)$$

Essa relação define as linhas espectrais únicas de cada elemento, observadas como emissão (brilhantes) ou absorção (escuras). Eisberg e Resnick (1985) destacam que as transições são regidas por regras de seleção quântica, que determinam quais linhas espectrais são possíveis.

As leis de Kirchhoff, proposta pelo físico alemão Gustav Kirchhoff (1824-1887) descrevem a relação entre emissão e absorção de luz, sendo essenciais para a interpretação dos espectros observados na astronomia. A primeira lei estabelece que corpos sólidos, líquidos ou gases densos emitem um espectro contínuo, como o observado na fotosfera de estrelas. A segunda lei afirma que gases em baixa pressão emitem luz em comprimentos de onda específicos, produzindo um espectro de emissão com linhas brilhantes características dos elementos presentes. Já a terceira lei descreve o espectro de absorção, que ocorre quando a luz de um espectro contínuo passa por um gás em baixa pressão, resultando em linhas escuras nos comprimentos de onda absorvidos pelos átomos do gás.

Figura 06 - Os três tipos de espectros na classificação de Kirchhoff: o contínuo, o de emissão e o de absorção.

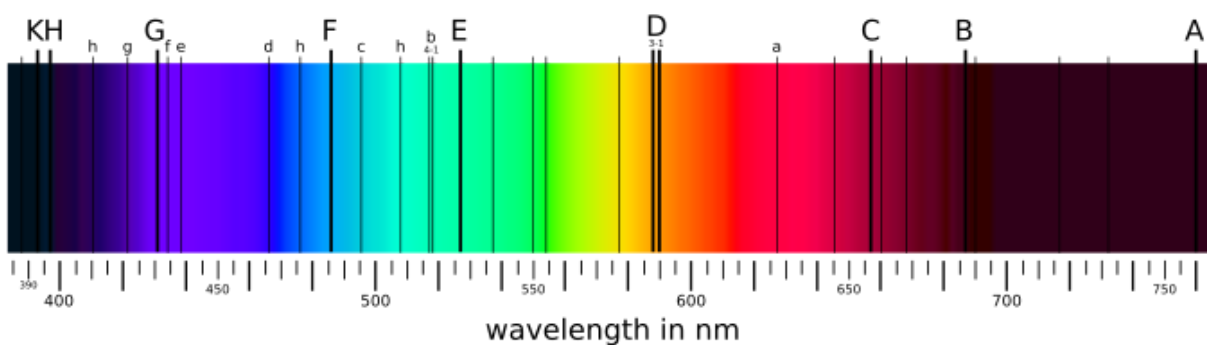


Fonte: Kepler e Saraiva (2014)

Um exemplo clássico é o espectro do Sol, que apresenta as chamadas linhas de Fraunhofer, linhas de absorção causadas por elementos como hidrogênio, hélio e entre outros

presentes na atmosfera solar. Essas linhas são cruciais para determinar a composição química da atmosfera solar, como discutido por Carroll e Ostlie (2017).

Figura 07 - Espectro solar com linhas de Fraunhofer, indicando a absorção de elementos químicos no Sol e na atmosfera terrestre.



Fonte: Wikipédia, 2024

Por meio da análise das linhas espectrais, os astrônomos e astrofísicos não apenas identificam os elementos químicos presentes em estrelas e outros corpos celestes, mas também determinam propriedades físicas cruciais, como temperatura, densidade e movimento. Essas informações permitem compreender a estrutura, a evolução e a dinâmica dos objetos astronômicos, oferecendo insights valiosos sobre os processos que moldam o universo. Assim, a espectroscopia se consolida como uma ferramenta indispensável para desvendar os segredos do cosmos e ampliar nosso conhecimento sobre a natureza das estrelas e galáxias.

3.3.3 Distâncias estelares e escalas astronômicas

A medição de distâncias no Universo é uma das tarefas mais fundamentais da astronomia, e a luz desempenha um papel central nesse processo. Para estrelas relativamente próximas, o método da paralaxe estelar é uma das técnicas mais precisas e diretas para determinar distâncias. Esse método, combinado com o conceito de ano-luz, permite aos astrônomos mapear o cosmos em escalas que vão além do Sistema Solar.

O ano-luz é uma unidade de distância amplamente utilizada em astronomia para descrever distâncias interestelares e intergalácticas. Ele representa a distância que a luz percorre no vácuo no período de um ano. Um ano-luz equivale a $9,461 \times 10^{12}$ quilômetros. Essa

unidade é particularmente útil porque relaciona distâncias astronômicas com o tempo que a luz leva para percorrê-las, oferecendo uma perspectiva intuitiva sobre a vastidão do Universo.

Já a paralaxe (p) é definida como metade do ângulo total de deslocamento observado ao longo de seis meses, quando a Terra está em lados opostos de sua órbita (Kepler & Saraiva, 2014). A distância (d) à estrela é dada pela seguinte equação:

$$d = \frac{1}{p} \quad (28)$$

sendo o parsec (p) uma unidade de distância amplamente utilizada em astronomia, definida como a distância de uma estrela que apresenta uma paralaxe de 1 arcosegundo. Um parsec equivale a aproximadamente $3,086 \times 10^{13}$ quilômetros, ou 3,26 anos-luz.

De acordo com Kepler & Saraiva (2014), a estrela *Proxima Centauri*, a mais próxima do Sol, tem uma paralaxe de aproximadamente 0,76 arcosegundos. Usando a fórmula da paralaxe, sua distância é:

$$d = \frac{1}{p} \approx 1,3 \text{ pc}. \quad (29)$$

Convertendo para anos-luz (1 parsec = 3,26 anos-luz):

$$d \approx 1,3 \times 3,26 \approx 4,24 \text{ anos} - \text{luz}. \quad (30)$$

Isso significa que a luz de *Proxima Centauri* leva aproximadamente 4,24 anos para chegar até a Terra. Esse cálculo ilustra como a paralaxe permite medir distâncias estelares com precisão para objetos relativamente próximos.

Embora a paralaxe seja um método eficaz, ela tem limitações para estrelas muito distantes, pois o resultado da medida do ângulo torna-se extremamente pequeno, dificultando sua medição com precisão. Atualmente, satélites como o Gaia, da Agência Espacial Europeia (ESA), medem paralaxes com precisão de microarcosegundos, permitindo determinar distâncias para estrelas a até cerca de 10.000 parsecs (32.600 anos-luz) da Terra. Para objetos além dessa distância, métodos indiretos, como a relação período-luminosidade de estrelas variáveis, são necessários.

A medição de distâncias estelares através da paralaxe e a utilização do ano-luz como unidade de distância são fundamentais para a astronomia. Esses conceitos não apenas permitem determinar distâncias para estrelas próximas, mas também fornecem a base para métodos mais avançados que exploram o Universo em escalas cada vez maiores. Através

dessas ferramentas, continuamos a desvendar os mistérios do Universo, desde as estrelas mais próximas até as galáxias mais distantes.

3.4 INSTRUMENTOS DE OBSERVAÇÃO ASTRONÔMICA

A observação do cosmos sempre fascinou a humanidade, impulsionando o desenvolvimento de instrumentos cada vez mais avançados. Desde os telescópios rudimentares de Galileu, no século XVII, até os modernos observatórios espaciais, como Hubble e James Webb, a tecnologia revolucionou nossa compreensão do universo. Kepler e Saraiva (2014) destacam que a astronomia depende da evolução dos instrumentos de observação, que ampliam nossa visão do cosmos. Telescópios ópticos, como refratores, refletores e catadióptricos, são essenciais para captar luz visível e estudar astros, desde planetas e galáxias distantes.

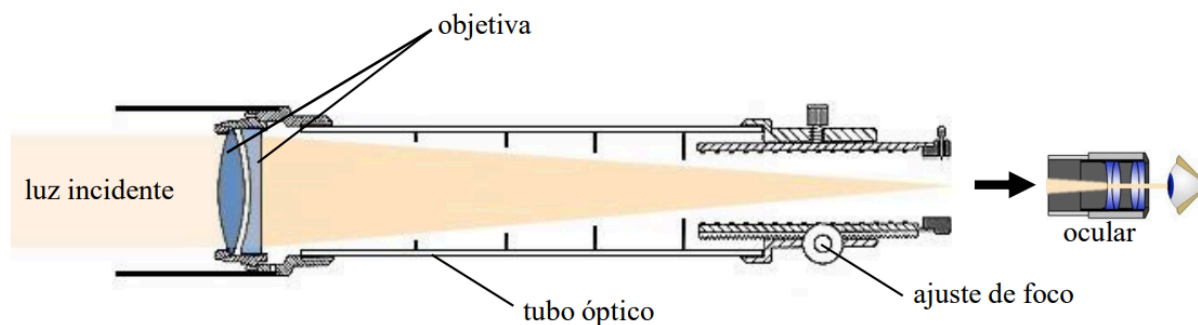
Além deles, radiotelescópios, telescópios de raios-X e infravermelho permitem observar fenômenos invisíveis, como buracos negros e a radiação cósmica de fundo. Essas tecnologias possibilitaram descobertas como exoplanetas, ondas gravitacionais e dados relevantes sobre os primórdios do universo.

Assim, o uso e desenvolvimento dos instrumentos de observação astronômicos não apenas ampliou nosso conhecimento sobre o cosmos, mas também transformou a astronomia em uma ciência profundamente multidisciplinar, integrando áreas como física, química, engenharia e computação. Esses avanços impulsionam continuamente o desenvolvimento do conhecimento astronômico e a criação de novas tecnologias, que, por sua vez, retroalimentam a pesquisa científica. Dessa forma, a observação astronômica consolida-se como uma das ferramentas mais poderosas para desvendar os mistérios do universo, ao mesmo tempo em que impulsiona o progresso científico e tecnológico da humanidade.

3.4.1 Telescópios Refratores

Os telescópios refratores são equipamentos que utilizam lentes para coletar e focalizar a luz, sendo um dos modelos mais antigos e ainda amplamente utilizados na astronomia (Kepler & Saraiva, 2014). A formação de imagens nestes telescópios é baseada na refração da luz, que ocorre quando a luz passa através de uma lente e muda de direção.

Figura 08 - Representação do funcionamento de um telescópio refrator.



Fonte: Kaschny (2011).

Como retratam Kepler & Saraiva (2014), a formação de imagens em telescópios refratores ocorre quando a luz proveniente de um objeto distante (como uma estrela ou planeta) passa através de uma lente objetiva, que refrata a luz e a focaliza em um ponto chamado plano focal. A ocular, posicionada após o plano focal, amplia a imagem para observação. A lente objetiva é geralmente uma lente convergente, que direciona os raios de luz paralelos (provenientes de objetos astronômicos distantes) para o foco.

Carroll & Ostilie (2017) descrevem a magnificação (M) de um telescópio refrator, que está relacionado ao quanto um objeto observado parece maior quando visto através deste instrumento óptico, em comparação com a observação a olho nu. Isso é obtido pela razão entre a distância focal da lente objetiva (f_{objetiva}) e a distância focal da ocular (f_{ocular}):

$$M = \frac{f_{\text{objetiva}}}{f_{\text{ocular}}} \quad (31)$$

Por exemplo, para f_{objetiva} de 1000 mm e f_{ocular} de 25 mm, tem-se:

$$M = \frac{1000}{25} = 40, \quad (32)$$

ou seja, o objeto observado aparecerá 40 vezes maior em diâmetro angular do que quando visto a olho nu.

Contudo, os telescópios refratores apresentam algumas aberrações ópticas (Hecht, 2017). Uma delas é a aberração cromática, causada pela dispersão da luz ao passar pela lente objetiva, resultando em bordas coloridas nas imagens. Ela pode ser minimizada com lentes acromáticas ou apocromáticas.

Hecht (2017) destaca que outro tipo de aberração é a esférica, que ocorre quando os raios luminosos não convergem para um único ponto focal. Sua atenuação pode ser feita utilizando lentes com superfícies asféricas (sem curvatura uniforme).

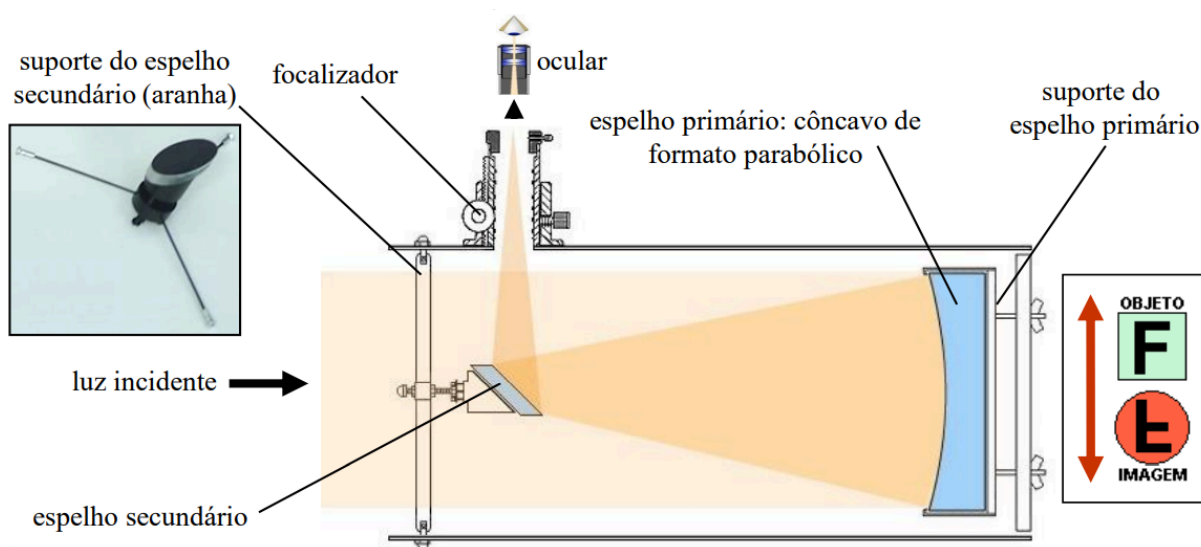
Já o astigmatismo, um outro tipo de aberração óptica, pode ocorrer em telescópios refratores caso a lente objetiva não estiver perfeitamente alinhada com a lente ocular, causando imagens desfocadas em diferentes direções (Hecht, 2017).

Apesar de desafios como a aberração cromática, os telescópios refratores continuam sendo uma escolha popular para astrônomos amadores e profissionais devido à sua confiabilidade, preço de aquisição, manutenção e qualidade de imagem.

3.4.2 Telescópios Refletores

Como consta na obra de Kepler & Saraiva (2014), os telescópios refletores são instrumentos ópticos que utilizam espelhos para coletar e focalizar a luz, além de uma lente ocular, sendo amplamente utilizados na astronomia devido à sua capacidade de captar grandes quantidades de luz e minimizar aberrações cromáticas. A formação de imagens nestes telescópios é baseada na reflexão da luz, e o modelo mais comum é o newtoniano, que emprega um espelho primário parabólico e um espelho secundário plano.

Figura 09 - Representação do funcionamento de um telescópio refletor.



Fonte: Kaschny (2011).

O espelho primário é o maior espelho do telescópio e tem a função de coletar a luz dos objetos celestes. Ele é geralmente fabricado com uma superfície parabólica ou esférica, dependendo do modelo do telescópio. A forma parabólica é preferida em telescópios de alta qualidade, pois elimina a aberração esférica, garantindo que todos os raios de luz paralelos ao eixo óptico sejam refletidos para um único ponto focal.

A superfície do espelho primário parabólico pode ser descrita pela equação da parábola (33):

$$y = \frac{x^2}{4f}, \quad (33)$$

onde y é a medida da profundidade do espelho em relação ao eixo óptico (distância vertical a partir do vértice do espelho), x é a distância horizontal a partir do vértice do espelho, e f é a distância focal do espelho (distância do vértice ao ponto focal).

Já o espelho secundário está posicionado em um ângulo de 45 graus em relação ao feixe de luz refletido pelo espelho parabólico primário. Ele desvia a luz para fora do caminho óptico principal do telescópio, permitindo que um observador posicione um detector ou ocular no foco sem bloquear a luz. O espelho secundário pode ser plano ou curvo, dependendo do design específico do telescópio.

De acordo com Hecht (2017), a magnificação de um telescópio refletor é dada pela razão entre a distância focal do espelho primário ($f_{\text{primário}}$) e a distância focal da ocular (f_{ocular}), conforme consta na equação a seguir:

$$M = \frac{f_{\text{primário}}}{f_{\text{ocular}}}, \quad (34)$$

Por exemplo, para f_{objetiva} de 1200 mm e f_{ocular} de 12 mm, tem-se:

$$M = \frac{1200}{12} = 100, \quad (35)$$

ou seja, o objeto observado aparecerá 100 vezes maior em diâmetro angular do que quando visto a olho nu.

Embora os telescópios refletores sejam livres de aberração cromática, eles podem sofrer com outros tipos de aberrações, como constam na obra de Hecht (2017). Uma delas é a coma, um tipo de distorção das imagens fora do eixo óptico, comum em espelhos parabólicos. Outra é a aberração esférica, que ocorre quando um espelho esférico é usado em vez de um parabólico, pois os raios refletidos nas bordas não convergem para o mesmo ponto do foco. E também há o astigmatismo, semelhante ao caso dos telescópios refratores, mas no caso dos refletores está atrelado ao desfoque da imagem devido à assimetria presente no(s) espelho(s).

Essas aberrações podem ser minimizadas com o uso de espelhos parabólicos de alta qualidade e corretores ópticos. De acordo com Carroll & Ostile (2017), em modelos avançados, como o telescópio Ritchey-Chrétien, não ocorrem esses tipos de aberrações.

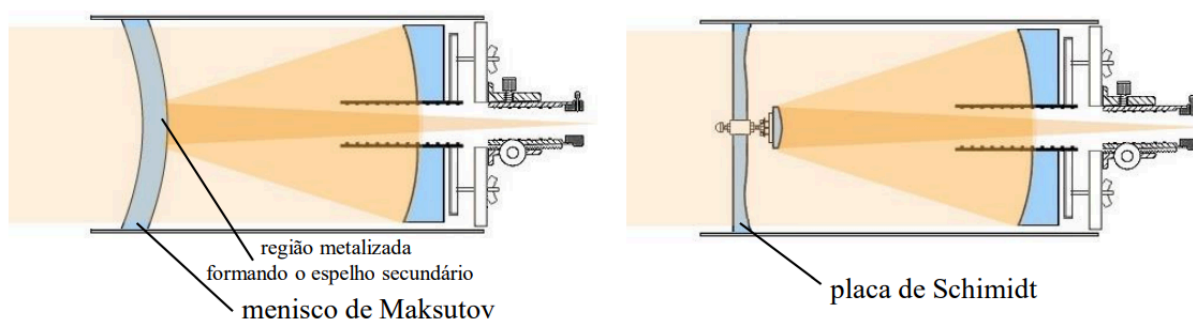
3.4.3 Telescópios Catadióptricos

Os telescópios catadióptricos (ou compostos) são um tipo de telescópio que combina elementos ópticos refrativos (lentes) e refletores (espelhos) em seu desenho. Esses telescópios oferecem uma série de vantagens em termos de compactação do sistema óptico, correção de aberração e versatilidade. Existem dois tipos principais desse artefato óptico, segundo Kepler e Saraiva (2002):

Para grandes campos, os telescópios mais utilizados são os catadióptricos (espelho mais lente corretora) do tipo Schmidt-Cassegrain, desenvolvido em 1934 pelo estoniano Bernhardt Voldemar Schmidt (1879-1935), ou Maksutov, desenvolvido pelo russo Dmitri Maksutov (1896-1964). Os Maksutovs são muito parecidos com os Schmidts, mas têm placa de correção curvada, permitindo maior campo e maior contraste. (KEPLER E SARAIVA, 2002, p. 623).

Como descreve Hecht (2017), a luz coletada pelo telescópio catadióptico é inicialmente refletida pelo espelho primário côncavo, concentrando-a para formar uma imagem real próxima ao ponto focal. Esta luz é então redirecionada pelo espelho secundário convexo através de um orifício central no espelho primário, refletindo-a para o lado e para trás, onde é focada por uma abertura central na lente corretora. A lente corretora, localizada no centro do espelho primário, desempenha o papel crucial de corrigir as aberrações ópticas introduzidas pelos espelhos, resultando em uma imagem mais nítida e na correção da curvatura do campo.

Figura 10 - Representação do funcionamento de um telescópio catadióptico



Fonte: Observatório Lunar Vaz Tolentino (2009)

A magnificação de um telescópio catadióptico (M) é obtida pela razão entre a distância focal do sistema óptico principal, que é a soma da distância focal do espelho

primário e da lente corretora ($f_{sistema}$), e a distância focal da ocular (f_{ocular}), conforme equação a seguir:

$$M = \frac{f_{sistema}}{f_{ocular}}. \quad (36)$$

Se um telescópio catadióptrico tem uma distância focal do sistema de espelhos de 2000 mm e está sendo usado uma ocular com distância focal de 20 mm, sua magnificação será na ordem de:

$$M = \frac{2000}{20} = 100, \quad (37)$$

ou seja, o objeto observado parecerá 100 vezes maior do que seria visto a olho nu.

Um grupo de telescópios com um elevado grau de importância para os estudos do Cosmos são os que estão acima da superfície do nosso planeta, denominados como telescópios espaciais. Eles são instrumentos fundamentais para o avanço da astronomia, pois como resalta Hecht (2017) permitem a observação do Universo sem a interferência da atmosfera terrestre, que pode distorcer a luz e limitar o alcance das observações. Entre os telescópios espaciais mais importantes estão o *Hubble*, o *Chandra* e o *James Webb*, cada um com objetivos e características próprias que ampliaram significativamente nosso conhecimento sobre o cosmos.

O Telescópio Espacial *Hubble*, lançado em 1990 pela NASA, é um dos mais icônicos instrumentos astronômicos da história. Seu objetivo principal é realizar observações em luz visível, ultravioleta e infravermelha próxima, permitindo uma visão extremamente detalhada do universo. Na obra de Kepler & Saraiva (2014) fica evidente que com o Telescópio *Hubble* os astrônomos conseguiram medir a expansão do universo, investigar a formação de estrelas e galáxias, estudar a composição atmosférica de exoplanetas e observar eventos cósmicos, como explosões de supernovas e colisões galácticas. A ausência de distorções atmosféricas possibilitou imagens de altíssima resolução, mudando a forma como entendemos o universo. Além disso, o *Hubble* proporcionou dados cruciais sobre a energia escura e a matéria escura, elementos ainda pouco compreendidos na cosmologia.

O Telescópio Espacial *Chandra*, lançado em 1999, foi projetado especificamente para observar o universo em raios X. Como consta na obra de Hecht (2017), o principal objetivo do *Chandra* é estudar fenômenos extremamente energéticos, como buracos negros, estrelas de nêutrons, supernovas e galáxias ativas. Graças ao *Chandra*, os astrônomos conseguiram detectar sinais de buracos negros supermassivos em galáxias distantes e mapear a distribuição

de gases quentes no universo, contribuindo para o estudo da formação de grandes estruturas cósmicas. O Chandra também revelou detalhes sobre as interações de partículas em ambientes extremos e as condições físicas em aglomerados de galáxias.

O mais recente e tecnologicamente avançado dos telescópios espaciais é o *James Webb Space Telescope (JWST)*, lançado em 2021. Ele foi projetado para observar o universo principalmente no infravermelho médio e distante, permitindo estudar objetos extremamente distantes, como as primeiras galáxias formadas após o Big Bang. Com o *JWST*, os cientistas pretendem investigar a formação das primeiras estrelas e galáxias, bem como a evolução de sistemas estelares e planetários. Além disso, o telescópio é capaz de estudar atmosferas de exoplanetas, buscando sinais de componentes químicos que possam indicar condições favoráveis à vida. O *JWST* foi concebido como o sucessor do *Hubble* e tem a capacidade de ver além das limitações do espectro visível, fornecendo dados relevantes sobre os processos de formação e evolução do universo.

3.5 ASTRONOMIA DE POSIÇÃO

Segundo Neto (2018), a astronomia de posição, também conhecida como astronomia geodésica, é um ramo altamente especializado da astronomia dedicado à determinação das dimensões, forma e campo gravitacional da Terra, por meio de observações celestes. Este campo, como ressaltado por Soares (2018), desempenha um papel fundamental em diversas áreas, incluindo cartografia, navegação, geodésia e estudos geofísicos. Além de fornecer medidas precisas das coordenadas geográficas, a astronomia geodésica também contribui significativamente para a compreensão da estrutura e dinâmica do nosso planeta, permitindo uma visão mais abrangente e precisa de sua complexidade e funcionamento.

3.5.1 Sistema Equatorial de Coordenadas

O sistema equatorial de coordenadas possui duas variáveis principais: Ascensão Reta (AR) e Declinação (DEC). A Ascensão Reta é equivalente à longitude, sendo medida em horas, minutos e segundos ao longo do equador celeste, enquanto a Declinação equivale à latitude, medida em graus, variando de -90° (Polo Sul Celeste) a $+90^\circ$ (Polo Norte Celeste).

Um dos cálculos mais comuns na astronomia de posição é o da *Hora Sideral Local (HSL)*, que é a ascensão reta de um astro no momento em que ele cruza o meridiano de um observador. Para calcular a *HSL*, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$HSL = HSG + longitude \text{ do observador,} \quad (38)$$

onde a *Hora Sideral no Meridiano de Greenwich (HSG)* pode ser obtida a partir de tabelas de efemérides. Se, por exemplo, a HSG for 12h30m e o observador estiver a uma longitude de 45° Oeste (equivalente a 3 horas, pois 360° correspondem a 24 horas), o cálculo da *HSL* será:

$$HSL = 12h30m + 3h = 15h30m, \quad (39)$$

assim, a Hora Sideral Local será de 15h 30m para esse observador.

Outro cálculo importante é o do *Ângulo Horário (AH)*, que indica o tempo decorrido desde que o astro cruza o meridiano do observador. Ele é determinado pela diferença entre a *HSL* e a *AR* do astro:

$$AH = HSL - AR. \quad (40)$$

Por exemplo, se a *HSL* for 15h 30m e a Ascensão Reta de uma estrela for 10h 15m, o *Ângulo Horário* será:

$$AH = 15h30m - 10h15m = 5h15m. \quad (41)$$

Isso significa que a estrela cruzou o meridiano há 5 horas e 15 minutos.

Além disso, podemos calcular a elevação de um astro, ou seja, o ângulo entre o horizonte e o astro observado, utilizando a *Declinação (DEC)*, a latitude do observador (φ) e o *Ângulo Horário (AH)* com a fórmula:

$$\text{sen}(h) \approx \text{sen}(20^\circ) \cdot \text{sen}(30^\circ) + \text{cos}(20^\circ) \cdot \text{cos}(30^\circ) \cdot \text{cos}(45^\circ). \quad (42)$$

Realizando as operações, obtemos uma elevação aproximada de 48° acima do horizonte.

Um outro conceito importante na astronomia de posição é o cálculo da latitude de um local por meio da observação da altura máxima do Sol em determinado momento. Conforme destacam Bedaque e Bretones (2016), esse método é fundamentado em princípios de geometria esférica e astronomia. Para calcular a latitude, é necessário medir a altura máxima do Sol no céu no instante de sua culminação, juntamente com a declinação solar do dia, que varia conforme a posição da Terra em sua órbita ao longo do ano. A latitude é calculada pela fórmula:

$$\varphi = 90^\circ - (h - \delta), \quad (43)$$

onde h é a altura máxima do Sol e δ é a declinação solar. Para ilustrar o cálculo da latitude com base na altura máxima do Sol, podemos usar um exemplo prático para um observador em Nova Cruz/RN, situada a aproximadamente $6,5^\circ S$ de latitude. Considerando que Nova Cruz está no hemisfério sul, a declinação solar varia ao longo do ano, sendo especialmente importante durante os solstícios e equinócios.

Durante o equinócio de março ou setembro, a declinação solar é 0° , pois o Sol está diretamente sobre o equador. Nesse momento, a altura máxima do Sol em Nova Cruz pode ser medida. Suponhamos que, em um desses dias, a altura máxima observada do Sol seja $83,5^\circ$. Inserido as informações anteriores na equação da latitude, tem-se o seguinte resultado:

$$\varphi = 90^\circ - (83,5^\circ - 0) = 6,5^\circ. \quad (44)$$

Esses exemplos ilustram como a astronomia de posição utiliza cálculos matemáticos para determinar a localização e o comportamento dos objetos celestes. Essa precisão é essencial para uma série de atividades, como observações astronômicas, navegação e o planejamento de missões espaciais.

3.5.2 Relação com as Leis da Gravitação e Kepler

A astronomia de posição, ao lidar com a localização e o movimento dos corpos celestes, está diretamente relacionada às leis da gravitação universal e às leis de Kepler. A interação gravitacional entre os astros é um dos principais fatores que determinam as coordenadas e os deslocamentos dos corpos no espaço, sendo essencial para o cálculo de órbitas e previsões astronômicas. Kepler & Saraiva (2014) destacam que a Lei da Gravitação Universal, formulada por Isaac Newton, estabelece que dois corpos se atraem com uma força proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}, \quad (45)$$

onde F é a força gravitacional entre os corpos, G é a constante gravitacional ($6,674 \times 10^{-11} \text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$), m_1 e m_2 são as massas dos corpos em interação e d é a distância entre os centros de massa dos corpos. Essa equação é fundamental na astronomia de posição, pois permite calcular o efeito gravitacional de planetas, estrelas e satélites sobre outros corpos celestes, influenciando suas órbitas e coordenadas no espaço.

As Leis de Kepler, formuladas pelo astrônomo alemão Johannes Kepler (1571-1630), descrevem o movimento dos planetas ao redor do Sol, sendo importantes para a compreensão das trajetórias dos corpos celestes. Como consta na obra de Kepler & Saraiva (2014), essas leis são amplamente aplicadas na astronomia, permitindo a previsão exata da localização de astros em diferentes momentos e auxiliando na determinação de suas órbitas e eventos astronômicos.

A Primeira Lei (Lei das Órbitas) estabelece que os planetas se movem em órbitas elípticas ao redor do Sol, com o Sol ocupando um dos focos da elipse. Essa lei explica por que os corpos não seguem trajetórias perfeitamente circulares, o que influencia os cálculos da posição aparente de um astro no céu (Kepler & Saraiva, 2014).

De acordo com Kepler & Saraiva (2014), a Segunda Lei (Lei das Áreas) afirma que um planeta percorre áreas iguais em tempos iguais ao longo de sua órbita. Seu cálculo é obtido através da equação a seguir:

$$\frac{dA}{dt} = \text{constante}. \quad (46)$$

Isso significa que a velocidade orbital de um corpo não é constante, sendo maior quando está mais próximo do foco principal (periélio) e menor quando está mais distante (afélio). Essa variação deve ser considerada na astronomia de posição para cálculos mais precisos da localização de astros.

Já a Terceira Lei (Lei dos Períodos) estabelece que o quadrado do período orbital de um planeta é proporcional ao cubo do semi-eixo maior de sua órbita:

$$P^2 = ka^3. \quad (47)$$

onde P é o período orbital, a é o semi-eixo maior da órbita e k é uma constante de proporcionalidade dependente do sistema estudado. Conforme destacam Kepler & Saraiva (2014), essa equação permite prever a posição de um planeta em sua órbita em um momento específico, auxiliando na astronomia de posição para prever trânsitos e conjunções astronômicas.

A partir da Lei da Gravitação Universal e da Segunda Lei de Kepler, pode-se determinar a velocidade orbital de um corpo celeste ao redor de um centro gravitacional:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}. \quad (48)$$

com M sendo a massa do corpo central (como o Sol para um planeta ou a Terra para um satélite), e r a distância entre os centros de massa dos corpos. Kepler & Saraiva (2014) destacam em sua obra como esse cálculo é importante para determinar a posição dos astros em um dado instante, e como ele é amplamente utilizado na astronomia para prever eclipses, trânsitos planetários e passagens de asteroides próximos à Terra.

A astronomia de posição, ao determinar coordenadas e calcular trajetórias celestes, depende diretamente das leis da gravitação universal e das leis de Kepler. A precisão dessas equações matemáticas permite prever fenômenos astronômicos com alto grau de exatidão, contribuindo para áreas como navegação, geodésia e missões espaciais. Assim, a compreensão desses princípios físicos é fundamental para aprimorar a precisão dos cálculos astronômicos e garantir a confiabilidade das previsões astronômicas e geográficas.

CAPÍTULO 4 - CONCEITOS DA PEDAGOGIA FREIREANA: EM BUSCA DA PRÁXIS E DA CURIOSIDADE EPISTEMOLÓGICA

4.1 FREIRE E A EDUCAÇÃO POPULAR TRANSFORMADORA

Paulo Reglus Neves Freire (1921-1997), patrono da educação brasileira e um dos mais influentes educadores do Século XX, deixou um legado além da educação formal. Suas ideias impactaram profundamente as práticas pedagógicas, a formulação de políticas educacionais inclusivas e a mobilização de movimentos sociais em busca de justiça e equidade.

A abordagem de Paulo Freire, conhecida como educação popular, a conscientização dos alunos, capacitando-os a compreender criticamente o mundo ao seu redor. Em sua obra *Pedagogia do Oprimido* (Freire, 1987), ele destaca a importância de uma educação que não transmita conhecimento, mas que também promova a formação de uma consciência crítica coletiva. Essa perspectiva pedagógica enxerga a educação como uma ferramenta poderosa para a construção de um mundo mais justo. Freitas e Forster (2016) observam que a influência freireana serve como guia para o desenvolvimento de práticas emancipatórias e a formação de educadores críticos e reflexivos.

O pensamento freireano está profundamente enraizado na convicção de que o ser humano possui a capacidade de se libertar das estruturas opressivas que limitam sua existência. Para Freire (1987), a educação é um ato político e um caminho para tal emancipação. Sua visão crítica desafia as abordagens tradicionais de ensino, que ele caracterizou como "educação bancária", onde os alunos são tratados como receptores passivos de informações.

A educação que se impõe aos que verdadeiramente se comprometem com a libertação não pode fundar-se numa compreensão dos homens como seres "vazios" a quem o mundo "encha" de conteúdos; não pode basear-se numa consciência especializada, mecanicistamente compartimentada, mas nos homens como "corpos conscientes" e na consciência como consciência intencionada ao mundo. Não pode ser a do depósito de conteúdos, mas a da problematização dos homens em suas relações com o mundo. (Freire, 1987, p. 94).

Paulo Freire argumenta que essas práticas anti libertárias não só falham em promover o aprendizado, mas também mantêm o status quo, perpetuando a alienação, a passividade e a desigualdade social (Freire, 1987). Freire propõe uma abordagem dialógica, na qual o

estudante é visto como um sujeito ativo e crítico, capaz de transformar sua realidade. Em sua visão, o papel do educador não é impor conhecimento, mas atuar como um facilitador que co-constrói o saber em conjunto com os educandos, valorizando suas experiências, vivências e saberes.

Para Freire (1987), a conscientização, que surge do diálogo, é necessária para que os indivíduos reconheçam as formas de opressão ao seu redor e se mobilizem para superá-las. Souza e Vaz de Mello (2020) complementam que a educação fundamentada nos princípios freireanos promove a liberdade, fortalecida pelo diálogo, e pode substituir o autoritarismo da escola tradicional por uma abordagem baseada no pensamento democrático.

Freire (1996) destaca a do educando como sujeito pleno de sua própria aprendizagem, atuando como um agente crítico e transformador, capaz de questionar, interpretar e intervir na realidade que o envolve.

Chiarella et al. (2015) destacam que a educação se torna um processo dialético, em que tanto o educador quanto os educandos são transformados pela interação.

Em busca da autonomia na educação, Freire preconiza a estratégia da ação-reflexão-ação, utilizando como ferramentas o estímulo à curiosidade, à postura ativa e à experimentação do aluno, fomentando a análise crítica da realidade durante a formação. Na concepção freireana, o professor deve atuar de forma problematizadora, questionadora, mas com postura respeitosa e gentil, desestimulando qualquer forma de discriminação e respeitando a diversidade entre os alunos. Para Freire, ensinar é uma especificidade humana e ele prioriza a necessidade de o professor saber escutar o educando, sendo o diálogo a sua principal ferramenta de ensino (Chiarella et al, 2015, p. 419).

Freire (1987) defende que a educação deve ser um processo de emancipação, no qual os educandos desenvolvem a reflexão sobre suas condições de vida, identificando as estruturas de opressão que nos afetam e, a partir dessa reflexão, agirem para transformá-las. Assim, ele não apenas enfatiza a importância do conhecimento crítico, mas também a necessidade de que esse conhecimento seja articulado com a ação concreta, em um processo contínuo de *práxis*, onde teoria e prática se entrelaçam para promover mudanças sociais, como consta na obra “Pedagogia do Oprimido” (Freire, 1987).

Segundo Freire (1987), a educação é um ato político e não pode ser neutra. Ele defende ao longo de sua obra que os alunos devem ser incentivados a questionar e refletir sobre o mundo ao seu redor, através do desenvolvimento da criticidade e de ações transformadoras. Além disso, Paulo Freire destaca a importância da autonomia do aluno no

processo de aprendizagem, afirmando que: *ninguém educa ninguém, ninguém se educa sozinho, os homens se educam em comunhão, mediatizados pelo mundo* (Freire, 1987, p.95).

A relevância da pedagogia freireana se estende a todas as modalidades da educação, e hoje encontramos centenas de pesquisas que se debruçam nas ideias do educador pernambucano. Freire valoriza o papel do educando como sujeito ativo e participante no processo de aprendizagem, promovendo uma educação que estimula a reflexão crítica, a ação transformadora e a conscientização sobre as injustiças sociais. Essa abordagem, ao se aplicar em diversas áreas do saber, possibilita que o ensino se torne um verdadeiro instrumento de emancipação e desenvolvimento humano, essencial para a construção de uma sociedade mais justa e democrática.

Souza e Santos (2021) argumentam que, ao adotar os princípios da pedagogia freireana, como a problematização e a contextualização, o ensino de física pode transcender a mera transmissão de conhecimentos técnicos, promovendo, ao mesmo tempo, a conscientização crítica dos estudantes. Essa abordagem permite que os alunos compreendam e questionem o mundo ao seu redor, tornando-se agentes de transformação social.

A pedagogia freireana, ao estimular a curiosidade e a problematização das contradições sociais, pode contribuir no desenvolvimento da criticidade nos estudantes, que passam a interpretar a realidade física de forma contextualizada, conectando o aprendizado teórico à sua vivência prática e ao impacto social dessas descobertas.

A curiosidade ingênua, como descrita por Freire (1996), é uma percepção inicial e superficial dos fenômenos, onde o indivíduo se contenta com explicações simples, sem questionar profundamente a realidade. Embora seja um ponto de partida natural no aprendizado, essa forma de curiosidade precisa evoluir para a curiosidade epistemológica, que busca compreender de maneira crítica e profunda os fenômenos ao redor.

Na verdade, a curiosidade ingênua que, “desarmada”, está associada ao saber do senso comum, é a mesma curiosidade que, criticizando-se, aproximando-se de forma cada vez mais metodicamente rigorosa do objeto cognoscível, se torna curiosidade epistemológica. (Freire, 1996, p. 15).

A curiosidade ingênua e epistemológica fomentam o interesse inicial e a investigação profunda, respectivamente, dos fenômenos astronômicos, enquanto a dialogicidade promove a troca de ideias e reflexões entre alunos e professores.

A dialogicidade é fundamentada na ideia de que o conhecimento é construído por meio da interação e do diálogo entre educador e educando (Freire, 1987). Para Ferreira (2013), o

diálogo permite a troca de conhecimentos de forma colaborativa, indo além da simples transmissão de informações. Filosoficamente, essa abordagem reconhece o ser humano como um ser relacional, cuja aprendizagem se dá de maneira colaborativa.

Diferente do ensino monológico, onde o educador transmite informações de forma unilateral e o estudante é um receptor passivo, o ensino dialógico promove uma relação horizontal, em que ambos participam ativamente da construção do saber. Esse processo valoriza as experiências e conhecimentos prévios dos educandos, permitindo que o aprendizado se torne mais relevante e contextualizado (Freire, 1987).

Para Freire (1987), práxis é a integração dinâmica entre teoria e prática, onde o conhecimento não é apenas aplicado, mas também prevê uma reflexão contínua sobre a própria práxis.

Esta busca nos leva a surpreender, nela, duas dimensões: ação e reflexão, de tal forma solidárias, em uma interação tão radical que, sacrificada, ainda que em parte, uma delas, se resente, imediatamente, a outra. Não há palavra verdadeira que não seja práxis. (Freire, 1987, p. 50).

A práxis freiriana é um processo de intervenção na realidade fundamentado em uma teoria crítica, que permite que a prática educativa seja continuamente moldada e ajustada com base nas experiências e vivências reais. Esse conceito enfatiza a importância da reflexão crítica sobre a ação, assegurando que a prática educacional esteja sempre alinhada com os princípios teóricos e as necessidades reais dos educandos.

A educação problematizadora contrasta profundamente com o modelo de educação bancária. Freire (1987) descreve que enquanto a educação bancária trata o educando como um recipiente passivo, no qual o educador deposita informações sem estímulo à reflexão crítica, a educação problematizadora vê o educando como um sujeito ativo no processo de aprendizagem.

Neste sentido, o conhecimento é construído a partir da problematização da realidade, onde o educador não apenas transmite conteúdos, mas instiga o diálogo e o questionamento, levando os educandos a refletirem e a co-criarem o saber de forma crítica e contextualizada.

No contexto freireano, a autonomia do educando se dá com o desenvolvimento da capacidade de pensar e agir de forma crítica e independente, construindo sua própria consciência política e social acerca do mundo em que vive. Freire (1996) enfatiza a autonomia do educando como parte essencial para uma educação que forma sujeitos críticos e conscientes.

O educador, por sua vez, deve respeitar a dignidade e a identidade do educando, e envolvendo os alunos na avaliação do processo educativo. Freire (1996) alerta ainda para a importância de uma educação ética que se oponha à desumanização, criando condições que favoreçam a autonomia e a participação dos educandos.

4.2 A OBSERVAÇÃO ASTRONÔMICA ATRAVÉS DOS CONCEITOS DA PEDAGOGIA FREIREANA

Quando combinado com os princípios pedagógicos de Paulo Freire, o ensino da astronomia observacional não apenas pode facilitar a assimilação de conceitos da astronomia, mas também pode promover o desenvolvimento de habilidades essenciais, como observação epistemológica, a práxis sobre a observação, dentre outras.

Quando aplicados ao ensino da astronomia observacional, conceitos freireanos como curiosidade ingênua, curiosidade epistemológica, dialogicidade, práxis, educação problematizadora e autonomia do educando ganham especial relevância. A curiosidade ingênua, que marca o interesse inicial pelos fenômenos astronômicos, evolui para a curiosidade epistemológica, incentivando uma investigação mais profunda e crítica.

Schivani (2010) explora como a curiosidade ingênua pode ser transformada em curiosidade epistemológica no ensino de astronomia, destacando que atividades práticas, como a observação do céu são fundamentais para despertar essa curiosidade ingênua e, por meio do diálogo e da reflexão, promover uma compreensão mais crítica e fundamentada do conhecimento astronômico.

Essa transição é especialmente relevante no aprendizado de física, onde a observação do céu pode despertar um interesse inicial, mas é através da investigação e problematização que os estudantes desenvolvem uma melhor compreensão do céu, enriquecendo o aprendizado e contribuindo para a formação de uma postura crítica e transformadora.

A pedagogia freireana vem ao encontro da integração entre teoria e prática, sustentando que o conhecimento se torna relevante e contextual quando os alunos aplicam conceitos teóricos em atividades práticas (Freitas & Foster, 2016). No ensino de astronomia observacional, a práxis é crucial, pois permite que os estudantes consolidem o aprendizado teórico através de práticas como o manuseio de telescópios e a observação dos astros, promovendo uma aprendizagem mais concreta e contextualizada, além de desenvolver habilidades críticas e analíticas essenciais (Langhi & Oliveira, 2014).

A autonomia dos estudantes pode ser desenvolvida por meio de atividades que permitam se envolverem em investigações de fenômenos do cotidiano, assumindo a

responsabilidade pelo próprio aprendizado. Nesse processo, os estudantes formulam hipóteses, conduzem observações e refletem sobre os resultados, o que não só fortalece a compreensão dos conceitos físicos, mas também os capacita a aplicar o pensamento crítico em outras áreas de suas vidas, permitindo que se tornem agentes de transformação em suas próprias realidades.

A pedagogia freiriana enfatiza a importância da contextualização social e política do conhecimento, um princípio que pode ser aplicado no ensino de astronomia observacional. Isso envolve a discussão das implicações sociais da exploração espacial, por exemplo, como nos impactos ambientais e éticos da busca por vida em outros planetas, o acesso equitativo aos recursos espaciais e a responsabilidade humana em relação ao universo (Teixeira, 2013).

Gama e Henrique (2010) sugerem que, ao explorar temas da astronomia, os educadores podem facilitar discussões que não apenas ampliam o entendimento científico, mas também promovem uma conscientização crítica sobre questões sociais e históricas. Assim, a astronomia se torna um meio para desenvolver habilidades de pensamento crítico e uma compreensão mais profunda do mundo, alinhando-se à visão freiriana de uma educação transformadora e libertadora.

Teixeira (2013) também destaca a necessidade de abordar elementos de política acerca da exploração espacial e suas implicações econômicas e sociais, com ênfase na interação humana e no diálogo, que são fundamentais para a construção do conhecimento e a transformação social.

A dialogicidade se revela especialmente eficaz em atividades de astronomia observacional, onde o diálogo estimula os estudantes a compartilhar observações e questionamentos, colaborando na exploração dos conceitos físicos e promovendo uma postura crítica e investigativa, essencial para o desenvolvimento de um conhecimento sólido e transformador.

Para que o processo de ensino-aprendizagem seja eficaz, é crucial considerar as diferentes realidades dos estudantes, respeitando suas experiências e conhecimentos prévios (Freire, 1996). A pedagogia freiriana valoriza o diálogo entre professor e estudantes, em que ambos colaboram na construção do conhecimento (Gadotti & Romão, 2004). Isso garante que os alunos tenham voz ativa na sala de aula, compartilhando suas vivências, fazendo perguntas, levantando hipóteses e contribuindo para a construção coletiva do saber.

Na educação em astronomia, a pedagogia freiriana é utilizada por outras pesquisas para promover a reflexão sobre questões sociais e ambientais relacionadas ao espaço, como a poluição luminosa e a preservação do patrimônio astronômico, por exemplo (Silva, 2021;

Langhi & Oliveira, 2014). A problematização no ensino de astronomia observacional envolve os alunos ativamente, conectando suas experiências à ciência, incentivando questionamentos críticos e uma compreensão mais profunda dos fenômenos astronômicos.

O ensino da astronomia observacional embasado nas ideias de Paulo Freire é mais do que uma simples abordagem educacional. Trata-se de um método com potencial transformador que vai além da mera transmissão de conhecimento científico. Ao adotar essa perspectiva, os estudantes têm a oportunidade não apenas de ampliar seus conhecimentos sobre o universo, mas também de desenvolver habilidades cognitivas, sociais e críticas fundamentais para seu crescimento pessoal e para o exercício pleno da cidadania.

O ensino da astronomia observacional baseado na pedagogia de Paulo Freire proporciona um ambiente de aprendizado estimulante e enriquecedor. Os estudantes são encorajados a questionar, investigar e explorar os fenômenos celestes, levando-os a um profundo entendimento das leis que regem o universo.

Em suma, a integração das ideias de Paulo Freire com o ensino de astronomia observacional revela-se uma abordagem poderosa para a educação científica. Ao promover o diálogo, a reflexão crítica e a práxis, essa metodologia não apenas enriquece o aprendizado dos conceitos astronômicos, mas possibilita uma conexão entre os conhecimentos teóricos com a vivência cotidiana desses fenômenos. Assim, os estudantes não apenas compreendem as complexidades do universo, mas também desenvolvem habilidades essenciais para enfrentar os fenômenos vivenciados, tornando-se protagonistas de suas próprias trajetórias de aprendizado e transformação social.

4.3 CONECTANDO CONHECIMENTO CIENTÍFICO E CURIOSIDADE

O ensino de astronomia desempenha um papel essencial na formação científica dos estudantes. Conforme menciona a Base Nacional Comum Curricular do Ensino Médio (Brasil, 2019), a abordagem de objeto de conhecimentos astronômicos visa ampliar o conhecimento sobre o Universo, a Terra e os fenômenos astronômicos, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades como o pensamento crítico, a análise e a interpretação de fenômenos naturais. A astronomia é vista como uma forma de conectar diferentes áreas do conhecimento, integrando conceitos de física como também de outros componentes curriculares, como matemática, geografia e biologia, e promovendo uma compreensão mais ampla do mundo natural.

De acordo com um estudo realizado por Neto (2011), o ensino da astronomia também contribui para o entendimento da interação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) pelos

alunos. Corroborando com esta proposta, Rosa (2012) ressalta a indispensabilidade do ensino da astronomia na educação básica, visando proporcionar aos estudantes uma compreensão mais ampla do mundo em que estão inseridos.

À medida que os estudantes se aprofundam no conhecimento astronômico, observa-se um aumento no interesse e na fascinação pela disciplina. Para Soler (2012), esse entusiasmo é particularmente evidente em atividades como a identificação das estrelas mais brilhantes no céu noturno e a compreensão de suas magnitudes em comparação com outras.

Nesse contexto, a astronomia observacional exerce um papel significativo no ensino de ciências naturais, possibilitando a investigação de um universo vasto e repleto de fenômenos que podem ser analisados sob o crivo do trabalho de investigação científica. Essa subárea da astronomia não se limita à observação direta, mas inclui o estudo detalhado de objetos celestes como estrelas, planetas, galáxias e outros fenômenos cósmicos, com base em dados observacionais, tanto através de observações a olho nu quanto na utilização de instrumentos de precisão e técnicas avançadas, aplicando métodos científicos para investigar os processos e estruturas presentes no universo (Oliveira e Leite, 2018).

Ao integrar a astronomia observacional no contexto educacional, é possível proporcionar aos alunos a oportunidade de explorar e compreender o cosmos visível, bem como os conhecimentos que deles podem ser extraídos. Essa abordagem transcende o conteúdo dos livros didáticos e as aulas teóricas, ampliando os horizontes cognitivos dos estudantes. Raffa (2020) destaca, em seu estudo, uma vasta gama de pesquisas que evidenciam a relevância da observação astronômica como uma ferramenta pedagógica valiosa no ensino de ciências, matemática e tecnologia, ressaltando seus amplos benefícios educacionais além da mera transmissão de conteúdos.

No entanto, mesmo considerando o importante papel desempenhado pela astronomia no ensino de ciências, é lamentável constatar sua presença mínima nas salas de aula, com muitos educadores ainda não a integrando em seus currículos (Zanone, 2018).

Hansen (2021), por meio de suas pesquisas e análises, evidencia a possibilidade de aprofundar a compreensão das inúmeras oportunidades e desafios relacionados à inclusão de temas astronômicos nas aulas de física. Seu trabalho destaca a importância de despertar a curiosidade dos estudantes e promover um ensino mais envolvente e motivador, visando proporcionar uma experiência educacional enriquecedora.

Uma abordagem possível dentro dessa proposta de incorporação da astronomia observacional no ensino de ciências naturais, por exemplo, envolve a exploração direta do céu noturno a olho nu, proporcionando aos estudantes um trabalho didático com potencial de

estimular suas curiosidades sobre os corpos celestes e suas particularidades. Além disso, essas observações podem auxiliar na abordagem de diversos conteúdos, como luz e movimentos.

Uma outra proposta didática com grande potencial é a utilização de telescópios e lunetas para uma observação mais detalhada dos corpos celestes (Alcântara e Freixo, 2016). Além disso, o ensino da astronomia pode ser enriquecido através de atividades práticas e construtivas, como a criação de maquetes do sistema solar. Um exemplo interessante é a projeção de constelações em caixas de suco, conforme apresentado no trabalho de Munhoz (2012). Essas abordagens proporcionam experiências tangíveis e visuais, contribuindo para uma compreensão mais profunda e envolvente dos conceitos astronômicos por parte dos estudantes.

Vale ressaltar que as propostas de abordagens astronômicas observacionais buscam, como previamente mencionado, não apenas fornecer conhecimento sobre os corpos celestes observáveis e suas peculiaridades, mas também auxiliar na construção do entendimento de determinados objetos de conhecimento no campo das ciências da natureza. A observação dos movimentos planetários, por exemplo, pode oferecer aos alunos a oportunidade de testemunhar a espetacular dança cósmica que se desenrola em nosso sistema solar, podendo auxiliá-los na compreensão dos conceitos da mecânica celeste envolvidos nesse fenômeno.

Outro exemplo é o estudo de Darroz et al. (2013), que analisa as fases da Lua como um fenômeno que une ciência e fascínio, relacionando seu ciclo às forças gravitacionais que regem o cosmos. Ao observar suas transformações, os alunos não apenas compreendem os princípios astronômicos, mas também desenvolvem uma reflexão sobre os ritmos naturais da vida. Essa abordagem combina rigor científico com inspiração, despertando tanto o pensamento crítico quanto a admiração pela harmonia do universo.

Conforme constatado nos trabalhos acadêmicos analisados por Leite et al (2021), essas experiências astronômicas proporcionam uma sensação de proximidade com o espaço sideral, aproximando-nos de mundos distantes e de uma imensidão que ultrapassa a nossa compreensão. Ao conectar-se diretamente com os objetos celestes, os alunos podem desenvolver uma apreciação profunda pela ciência e pela beleza do cosmos, incentivando-os a explorar ainda mais os mistérios do universo em constante expansão.

Além das observações diretas, seja a olho nu ou por meio de equipamentos ópticos, Costa de Freitas et al. (2023) ressalta que as tecnologias digitais desempenham um papel crucial na astronomia observacional. Notadamente, os avanços nas câmeras digitais oferecem aos estudantes a oportunidade de capturar imagens do céu noturno e analisá-las posteriormente. Essa prática não apenas proporciona a exploração visual, mas também oferece

a chance de aprender técnicas avançadas de processamento de imagens, como aprimoramento de contraste e remoção de ruídos. Assim, os alunos podem realizar uma análise mais aprofundada dos objetos astronômicos, ampliando sua compreensão por meio da integração da tecnologia no estudo da astronomia.

A astronomia observacional no ensino não se limita apenas ao estudo dos corpos celestes, mas também contribui para o desenvolvimento de habilidades científicas essenciais, como a coleta e análise de dados, a formulação de hipóteses e a elaboração de relatórios (Hansen, 2021). Os estudantes aprendem a trabalhar com métodos científicos, a interpretar resultados e a comunicar suas descobertas de maneira clara e concisa. Além disso, a astronomia é uma ciência que afeta, direta ou indiretamente, o cotidiano de milhares de pessoas, principalmente pelos avanços tecnológicos que ela proporciona.

Ao incorporar a astronomia observacional no ensino, estamos nutrindo uma geração de estudantes curiosos, críticos e apaixonados pelo conhecimento científico. Eles desenvolvem uma compreensão mais profunda do nosso lugar no universo, além de estimular o pensamento criativo e a resolução de problemas.

Conforme as informações anteriormente expostas, a abordagem pedagógica da astronomia observacional no ensino e no desenvolvimento de habilidades dos discentes revela-se como uma experiência verdadeiramente impactante no âmbito educacional. Nesse contexto, constatamos não apenas a riqueza de conhecimentos astronômicos que enriquecem o currículo educacional, mas também a possibilidade dessa área de conhecimento em despertar a curiosidade, o encantamento e o pensamento crítico nos estudantes. A astronomia, ao se tornar mais do que uma simples observação do céu noturno, oferece oportunidades concretas de exploração do cosmos, indo além dos limites dos livros didáticos e da aula tradicional.

CAPÍTULO 5 - METODOLOGIA

5.1 METODOLOGIA DA PESQUISA

A educação é um campo dinâmico e complexo que exige abordagens de pesquisa igualmente multifacetadas. Seguindo as tradições da pesquisa em educação, nossa pesquisa se dá numa abordagem da pesquisa qualitativa em educação. Ludke e André (2013) defendem que a importância da mesma reside na sua capacidade de fornecer uma compreensão mais profunda das pesquisas educacionais, focando no contexto, nas experiências e nos significados das pessoas envolvidas.

A pesquisa qualitativa oferece uma oportunidade para mergulhar na experiência dos participantes, considerando nuances, perspectivas e contextos. Bogdan e Biklen (1994) destacam que, no contexto educacional, essa abordagem permite uma compreensão mais rica das dinâmicas ocorridas a, olhando os processos de aprendizagem dos alunos e das interações entre o conteúdo curricular e a prática pedagógica.

Para Bogdan e Biklen (1994) a pesquisa qualitativa é um método descritivo e interpretativo que busca compreender fenômenos sociais e culturais no contexto natural dos participantes, privilegiando o significado das experiências humanas. É caracterizada por um processo indutivo, onde teorias emergem dos dados coletados, e pelo foco em narrativas detalhadas em vez de números. O pesquisador atua como instrumento principal, interagindo diretamente com os sujeitos e o ambiente para captar os sentidos atribuídos às vivências.

Nesta dissertação, adotamos uma metodologia qualitativa que combinou elementos de ensino prático, observacional, com abordagens dos *Três Momentos Pedagógicos* fundamentados nos pressupostos de Paulo Freire.

A pesquisa promoveu uma integração entre atividades teóricas e práticas, com ênfase em uma perspectiva que fortalecesse o protagonismo dos estudantes e que conectasse os conteúdos de física a fenômenos do cotidiano. Todas as atividades foram planejadas em conformidade com as diretrizes curriculares, priorizando atividades práticas. As práticas foram planejadas para envolver os alunos em experiências concretas, como a construção de lunetas, observação das horas através de relógios solares ou mesmo com a leitura de mapas. Essas atividades buscaram não apenas ampliar o entendimento dos conceitos científicos, mas também desenvolver competências gerais, tais como: análise crítica, trabalho em equipe e interpretação de mapas.

As atividades buscam incentivar os alunos a levantarem hipóteses e relacionarem fenômenos reais aos conteúdos teóricos. A integração das temáticas a atividades práticas de astronomia observacional com o ensino de física proporcionou aos estudantes uma oportunidade de explorar conceitos científicos de forma tangível e simples. Essa abordagem criou um ambiente em que os estudantes participaram ativamente, experimentaram e observaram os conceitos em ação, o que favoreceu um maior envolvimento com os conteúdos abordados.

Foi elaborado e distribuído, por meio da plataforma virtual *Google Formulários*, um questionário com perguntas abertas aos estudantes que participaram das atividades do produto educacional. O objetivo foi identificar as aprendizagens e o nível de engajamento dos participantes em diferentes etapas da realização das atividades, em conformidade com a proposta dos três momentos pedagógicos. Os dados coletados foram analisados com base nas perspectivas da Análise Textual Discursiva (ATD), permitindo uma compreensão das percepções e aprendizagens ao longo do processo.

5.2 METODOLOGIA DO PRODUTO: OS 3 MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Atividades de observação do céu desempenham um papel importante no aprendizado da astronomia, tanto por propiciar uma percepção visual daquele fenômeno, quanto por permitir uma compreensão mais profunda do universo. Dessa forma, torna-se importante propor estratégias para sua vivência junto ao aprendizado em astronomia.

A proposta dos Três Momentos Pedagógicos (3MP), de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), estrutura o ensino em três etapas interligadas que promovem a construção do conhecimento de forma contextualizada e crítica. O primeiro momento, *problematização inicial*, explora questões relevantes e procura associá-las, sempre que possível, a situações concretas vivenciadas pelos alunos. O segundo momento, *organização do conhecimento*, sistematiza e aprofunda os conteúdos científicos relacionados às questões levantadas, ampliando a compreensão teórica. Por fim, o terceiro momento, *aplicação do conhecimento*, direciona os saberes construídos para a resolução de problemas práticos, conectando teoria e prática, estimulando a autonomia e contribuindo para transformar a realidade.

Conforme análise de experiências didáticas envolvendo os 3MP por Giacomini & Muenchen (2015), essa abordagem tem demonstrado relevância educacional, sendo elogiada tanto por professores quanto por alunos, por promover uma participação ativa no processo

educativo e contribuir para a construção de conhecimentos contextualizados com a realidade dos discentes.

Segundo Gehlen et al. (2012), os três momentos pedagógicos enriquecem o ensino de ciências ao promover uma aprendizagem fundamentada na contextualização e no pensamento crítico. A problematização inicial estimula a reflexão crítica, tornando os alunos protagonistas de seu aprendizado. A organização do conhecimento estabelece conexões entre conceitos científicos e experiências cotidianas, enquanto a aplicação do conhecimento permite que os alunos interpretem e resolvam situações práticas à luz da ciência. Essa abordagem integrada fortalece o processo educativo, na formação que estimule a conscientização e criticidade dos estudantes.

A problematização inicial é vista, na perspectiva de Schivani (2023) como um dos momentos pedagógicos essenciais no ensino de física. Ela é importante para engajar os estudantes e contextualizar os conceitos de física em situações do cotidiano. Além disso, a problematização inicial serve como ponto de partida para a organização do conhecimento e a aplicação dos conceitos estudados, contribuindo para a construção do conhecimento de forma ativa e participativa

Para Delizoicov e Lorenzetti (2001) a organização do conhecimento é fundamental para a compreensão dos temas e problematizações, sendo orientada para desenvolver a conceituação física necessária para uma compreensão científica das situações abordadas.

Já no terceiro momento da sistematização ou aplicação do conhecimento, que constitui o último momento do processo, os conhecimentos previamente adquiridos são não apenas reforçados, mas também organizados e integrados (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, (2002).

Schivani (2023) destaca a aplicação do conhecimento como um momento essencial no ensino de física, no qual os alunos avaliam a amplitude dos novos conhecimentos, adquirem uma sistematização mais aprofundada e estendem esses conhecimentos para outras situações similares. Nesse processo, o conhecimento deixa de ser apenas um exemplo do conteúdo ensinado e passa a ser uma ferramenta de pensamento para reflexão, permitindo aos alunos consolidar e utilizar ativamente os conceitos físicos aprendidos em diferentes contextos.

A aplicação do conhecimento não se restringe à resolução de problemas, mas busca capacitar os alunos a articular os conceitos físicos com situações reais, explorando o potencial explicativo das teorias físicas e preparando-os para uma aplicação reflexiva do conhecimento aprendido.

Assim, os estudantes são orientados a consolidar e apresentar de forma coesa e articulada, através de relatórios escritos, apresentações orais, debates enriquecedores em grupo ou até mesmo a criação de modelos didáticos. Essencialmente, essa fase não se limita a uma mera recapitulação do que foi aprendido, mas sim incentiva uma profunda reflexão sobre o processo de aprendizagem em si. Nesse sentido, é fundamental que os estudantes sejam encorajados a examinar de maneira crítica os conceitos-chave assimilados e a compartilhar os insights e epifanias que emergiram durante sua jornada de descoberta.

Além de consolidar o conhecimento adquirido, essa etapa oferece uma valiosa oportunidade para avaliar e identificar eventuais lacunas ou áreas que demandam aprimoramento, proporcionando também um ponto de partida sólido para futuras atividades de aprendizagem.

Conforme a perspectiva de Polati (2013), os Três Momentos Pedagógicos (3MP) oferecem uma abordagem dialógica relevante ao ensino de astronomia, conectando vivências cotidianas aos modelos científicos. No ensino desse tema, os 3MP permitem explorar contradições observacionais, como a percepção da Terra plana versus sua forma esférica, promovendo problematização inicial, organização do conhecimento e síntese reflexiva. Essa metodologia favorece a formação de um pensamento crítico, ao dialogar entre experiências sensoriais e conceitos astronômicos, proporcionando uma compreensão mais integrada dos fenômenos estudados e desafiando a superficialidade das percepções ingênuas (Polati, 2013).

Com a adoção dessa abordagem integrada ao ensino de astronomia observacional, constatamos um maior envolvimento dos estudantes com os objetos de conhecimento da astronomia, conectando-os aos saberes e vivências dos próprios alunos. Essa prática ajudou os estudantes a explorarem detalhes observáveis do cosmos e promoveu um ambiente educacional dialógico e contextualizador.

Além disso, ao refletirem sobre a astronomia observacional, os estudantes foram instigados a formarem uma consciência crítica sobre as questões relacionadas ao espaço e ao nosso lugar na Terra e no cosmos.

5.3 A ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA (ATD)

A Análise Textual Discursiva (ATD), de acordo com Moraes e Galiuzzi (2016), constitui um referencial para análise dos dados e amplamente reconhecido não apenas explora as nuances semânticas e os sentidos subjacentes aos textos, mas também promove uma compreensão holística e interpretativa das complexas interações entre texto e contexto,

possibilitando a construção de novos saberes e perspectivas em diferentes campos de pesquisa.

No âmbito deste trabalho, a ATD foi escolhida como metodologia central para explorar as percepções dos alunos diante das atividades propostas, com o objetivo de compreender os avanços, dificuldades e experiências relatadas durante o processo de ensino-aprendizagem.

Esta metodologia ofereceu uma perspectiva construtivista-interpretativa que valoriza a singularidade das vozes e experiências dos participantes. Por meio das etapas de unitarização, categorização e produção de metatextos, foi possível identificar e organizar os elementos essenciais das respostas, sintetizando as percepções dos alunos em categorias que refletem diferentes trajetórias de aprendizagem. Essa abordagem permitiu não apenas identificar padrões discursivos, mas também evidenciar os significados subjetivos e contextuais que permeiam cada experiência.

Como destacam Moraes e Galiuzzi (2016), a relevância da ATD no contexto educacional reside na sua capacidade de integrar análises qualitativas em um campo tradicionalmente dominado por abordagens quantitativas. Isso é especialmente significativo para a investigação de temas relacionados à aprendizagem, onde os processos subjetivos e contextuais desempenham um papel crucial.

A Análise Textual Discursiva foi fundamental para a interpretação e categorização das respostas dos estudantes, permitindo identificar as nuances e transformações ocorridas ao longo do processo de aprendizagem. A ATD, enquanto metodologia de análise qualitativa, possibilitou a organização das respostas em categorias e subcategorias, destacando não apenas os conteúdos aprendidos, mas também as mudanças nas percepções e atitudes dos estudantes. Essa abordagem metodológica permitiu captar a complexidade do processo de aprendizagem, evidenciando como os estudantes passaram de uma visão fragmentada e acrítica para uma compreensão mais integrada e reflexiva dos fenômenos estudados (Moraes & Galiuzzi, 2016).

A ATD se mostrou particularmente eficaz ao captar a complexidade dos desafios enfrentados pelos alunos, especialmente aqueles que não obtiveram êxito, revelando pontos de atenção para futuras intervenções pedagógicas. Além disso, destacou os percursos de superação de dificuldades, identificando estratégias pedagógicas e ferramentas como elementos centrais na transformação do aprendizado. Também evidenciou os êxitos e avanços dos alunos, ressaltando como a prática educativa contribuiu para o desenvolvimento de competências críticas, reflexivas e investigativas.

Por meio dessa abordagem, foi possível mapear diferentes perspectivas dos alunos, desde aqueles que apresentaram total engajamento e êxito, até os que enfrentaram

dificuldades ou permaneceram com lacunas no aprendizado. A análise também possibilitou identificar como fatores como mediação pedagógica, uso de recursos tecnológicos (como o *Stellarium*) e a integração entre teoria e prática impactaram os resultados.

A aplicação da ATD neste trabalho vai além da análise das respostas; ela oferece um diagnóstico valioso para aprimorar práticas pedagógicas. Por meio da dialética entre as experiências dos alunos e os objetivos das atividades, esta metodologia contribui para construir estratégias mais inclusivas, acessíveis e alinhadas às necessidades individuais e coletivas dos educandos.

Assim, o uso da ATD neste trabalho reflete o compromisso com uma educação que valoriza a diversidade de percursos e perspectivas, promovendo uma reflexão crítica não apenas sobre o processo de ensino-aprendizagem, mas também sobre o papel do educador na construção de um ambiente educacional mais equitativo e transformador.

5.4 CONTEXTO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O propósito deste trabalho de mestrado foi elaborar e aplicar um produto educacional, com foco na abordagem de objetos de conhecimento da astronomia observacional no ensino de física, na modalidade de Ensino Médio em Tempo Integral.

Este projeto foi desenvolvido como um estudo de caso na turma da 2ª série do Ensino Médio em Tempo Integral da Escola Estadual Rosa Pignataro, localizada no município de Nova Cruz, na Região Agreste Potiguar. Essa iniciativa tem como fundamentação a proposta educacional dos três momentos pedagógicos (Delizoicov, Angotti & Pernambuco, 2007), visando uma aprendizagem com potencial educacional relevante, contextual e problematizadora.

A escolha desta turma específica se deu por diferentes fatores. Primeiramente, como destacam Maia Santos e Oliveira (2023) e a SEEC/RN (2021), o Ensino Médio em Tempo Integral é considerado uma modalidade de ensino relevante para promoção de uma educação integral, que vai além da formação acadêmica e busca o desenvolvimento humano multifacetado dos estudantes. A estrutura curricular diversificada do Ensino Médio, na modalidade em Tempo Integral, oferece uma oportunidade ideal para explorar conteúdos além do componente tradicional da física, especialmente em componentes curriculares da parte diversificada.

Além disso, observou-se entre os estudantes um interesse maior em relação aos conceitos e fenômenos da astronomia, dentro do conjunto de temas propostos pelos professores e estudantes da escola a serem abordados nas disciplinas dos itinerários formativo

do currículo escolar, o que sugere um ambiente propício para uma proposta de atividades de astronomia observacional.

Para desenvolver atividades que efetivamente entrelaçassem as temáticas astronomia observacional a partir de uma perspectiva vivencial e freireana, usamos como abordagem metodológica os três momentos pedagógicos: Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento. Urel (2022) destaca a relevância do trabalho de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007), que busca envolver os alunos ativamente na construção do conhecimento.

No contexto de aplicação do produto educacional, foram propostas atividades práticas que abrangem desde a exploração de conhecimentos físico-astronômicos quanto a análise de dados obtidos por meio de observações astronômicas, até a montagem de instrumentos, como uma luneta com materiais de baixo custo, para observar objetos celestes, com o objetivo de desvendar os princípios físicos fundamentais que permeiam a astronomia.

A incorporação da metodologia dos três momentos pedagógicos possibilitou o incentivo dos estudantes a explorarem conceitos físicos e astronômicos, por meio da reflexão sobre a prática. Essa integração, proposta por Delizoicov, Angotti & Pernambuco (2002), não apenas enriqueceu a experiência de aprendizagem dos alunos, mas também contribuiu para o desenvolvimento de habilidades científicas e críticas essenciais para sua formação acadêmica e pessoal.

Essa abordagem não apenas busca incentivar os estudantes a compreenderem os fenômenos celestes sob uma nova perspectiva, vivenciável e sensorial, mas também pode contribuir para que os estudantes compreendam o céu ao nosso redor.

5.5 UM OLHAR PARA A CONSTRUÇÃO DO “COSMOS EM FOCO”

No contexto educacional, conforme apontam Dias (2020) e Farias (2017), a integração da astronomia ao ensino de física no ensino médio não apenas enriquece o desenvolvimento de habilidades conceituais e experimentais dos estudantes, mas também tem o potencial de despertar o interesse pelo conhecimento científico, ao estabelecer conexões entre fenômenos observáveis e os conteúdos curriculares.

As atividades realizadas no âmbito do produto educacional intitulado *Cosmos em foco: atividades de astronomia observacional para o ensino médio em tempo integral* foram planejadas e implementadas com base em metodologias em que buscamos aliar experimentação a teoria. Essa abordagem promoveu um aprendizado no qual os estudantes

podem assumir o protagonismo, conectando-se de maneira concreta e reflexiva aos fenômenos que permeiam seu cotidiano.

O produto também teve como objetivo promover uma abordagem mais aprofundada da astronomia no ensino de física, não apenas expandindo o conhecimento dos estudantes sobre fenômenos naturais, mas também reforçou sua compreensão de conceitos físicos fundamentais, como gravitação, óptica e movimento.

As atividades práticas, como o estudo do movimento do Sol e a leitura de relógios solares durante o dia, juntamente com propostas para a observação noturna de estrelas, Lua, planetas e constelações, buscaram ampliar a compreensão sobre os corpos celestes e os conceitos fundamentais da física. Essas iniciativas incentivaram o desenvolvimento de uma postura investigativa, baseada na observação direta e na formulação de hipóteses, em estreita conexão com os conteúdos de física trabalhados em sala de aula.

As atividades práticas alinham-se às diretrizes curriculares atuais do ensino de ciências da natureza, (Brasil, 2019). Aqui tem que trazer quais competências em específico da BNCC que abordam as atividades práticas e experimentação, ou a astronomia, embora não tenha uma específica sobre a observação.

As práticas desenvolvidas foram além do âmbito científico, integrando discussões sobre conceitos históricos e culturais. Por meio da abordagem de temas que tratavam, dentro dos seus escopos de objetos de conhecimentos, a evolução do conhecimento astronômico, o impacto da tecnologia nas descobertas científicas e a relação entre cultura e ciência, os estudantes foram desafiados a enxergarem o aprendizado como parte de um todo maior e conectado.

Inspiradas na pedagogia freireana, as atividades foram com os Três Momentos Pedagógicos — problematização, organização do conhecimento e aplicação prática (Delizoicov, Angotti & Pernambuco, 2002).

A problematização inicial despertou a curiosidade e o senso crítico, convidando os alunos a questionarem e refletirem sobre os fenômenos astronômicos. Na organização do conhecimento, conceitos teóricos foram apresentados de forma acessível e integradora, permitindo uma compreensão mais aprofundada e contextualizada. Por fim, a aplicação prática consolidou o aprendizado por meio de experimentos e vivências, conectando teoria e prática de maneira transformadora.

Cada atividade foi desenvolvida com o objetivo de engajar os estudantes, promover a autonomia intelectual, incentivar a colaboração no sentido da construção coletiva do

conhecimento, reforçando o papel do educando como agente ativo em seu próprio processo de aprendizagem.

5.5.1 Construção e uso de luneta de baixo custo

A primeira atividade foi uma vivência prática para os estudantes compreenderem os conceitos de óptica geométrica, por meio da discussão sobre a luz e os artefatos ópticos com a construção de uma luneta com materiais acessíveis e de baixo custo. O processo começou com a *problematização* da proposta da atividade, visando despertar a curiosidade e estimular reflexões iniciais a partir de questões como: "*Como podemos observar objetos a grandes distâncias?*" e "*Quais eram os desafios enfrentados por cientistas antes do desenvolvimento de instrumentos ópticos modernos?*".

Nesse contexto, a trajetória de Galileu Galilei foi apresentada como um marco na história da observação do céu evidenciando o impacto revolucionário de suas observações para a astronomia e a compreensão do Universo. Essa abordagem histórica e contextualizada promoveu um debate sobre como as inovações tecnológicas transformaram a observação astronômica e ampliaram as fronteiras do conhecimento humano.

Durante a *organização do conhecimento*, foram explorados conceitos fundamentais da óptica, como os princípios de funcionamento das lentes convergente e divergente, a distância focal e a formação de imagens. Essa etapa foi planejada de forma a garantir que os conceitos em aplicações concretas, por meio de demonstrações interativas e observação direta do comportamento da luz ao passar pelas lentes.

Na etapa de *aplicação do conhecimento*, os estudantes tiveram a oportunidade de utilizar as lunetas que construíram em um ambiente real. Realizaram observações diurnas, devido aos horários das aulas, analisando objetos próximos e distantes do ponto de observação e comparando as visões a olho nu com as proporcionadas pelas lunetas. Além disso, exploraram o uso noturno do instrumento (atividade extraclasse), observando as crateras da Lua e o planeta Júpiter com suas luas galileanas. Essa experiência despertou entusiasmo e engajamento nos alunos, que registraram suas impressões e constataram, na prática, como a ampliação proporcionada pelas lunetas revelou detalhes antes invisíveis de objetos distantes.

Dessa forma, a atividade encerrou-se com uma discussão sobre as aplicações contemporâneas de instrumentos ópticos em diversas áreas, incluindo astronomia, a medicina e a fotografia. Os estudantes foram incentivados a refletir sobre como a tecnologia

desenvolvida para a exploração astronômica influencia o avanço de outras ciências, como no uso de endoscópios na medicina ou em lentes fotográficas de alta precisão.

5.5.2 Elaboração de mapas celestes

Essa atividade proporcionou aos estudantes uma experiência no campo da cartografia estelar, integrando ciência, história e cultura. O momento da *Problematização inicial* destacou a importância da observação das estrelas para a navegação, organização de calendários e práticas agrícolas em civilizações antigas, como os egípcios e os maias, por exemplo. Para engajar os alunos, foram feitas perguntas como: "As estrelas que vemos no céu permanecem as mesmas todas as noites ao longo do ano?", "Quais constelações vocês conhecem e se há algum significado conhecido delas?" e "É possível identificar a estação ou época do ano observando o surgimento de certas estrelas ou constelações?". Essa abordagem valorizou os saberes trazidos pelos estudantes e despertou neles o interesse pelo papel histórico e cultural da astronomia.

Na etapa da *organização do conhecimentos*, conceitos essenciais como declinação, ascensão reta e esfera celeste foram apresentados de maneira resumida. Para facilitar a compreensão, foi utilizado simulações no Stellarium, que permitiu visualizar a movimentação dos astros em diferentes momentos do ano. Essa ferramenta tornou os conceitos abstratos mais acessíveis aos alunos.

A etapa prática da *aplicação do conhecimentos* foi marcada pela confecção de mapas celestes rotativos (planisférios), ajustados à latitude local e datas específicas de observação. Utilizando materiais simples, como papéis A4 impressos, os estudantes montaram seus próprios instrumentos e calibraram os mapas de acordo com os diferentes horários e períodos do ano. Esse processo não apenas reforçou o aprendizado teórico, mas também estimulou a criatividade e o trabalho colaborativo.

Durante a aplicação do produto educacional, os estudantes foram orientados a utilizá-lo em suas observações noturnas, podendo ser utilizado em diferentes dias ao longo do ano. O objetivo era verificar a correspondência entre as informações do planisfério e as constelações visíveis no céu em determinadas datas e horários.

A atividade culminou em reflexões sobre a relevância contemporânea da cartografia estelar, especialmente no contexto da exploração espacial e no desenvolvimento de tecnologias como o GPS e os sistemas de satélites. Os alunos foram desafiados a pensar em como o conhecimento acumulado ao longo da história continua a impactar áreas como geolocalização, astronomia moderna e telecomunicações. Essa abordagem interdisciplinar

ampliou a visão dos estudantes, conectando o aprendizado teórico e prático a aplicações reais e ainda reforçou a importância de ler o céu como uma ferramenta parte do processo de humanização.

5.5.3 Construção de relógio solar de papel

A atividade começou com uma *problematização inicial* baseada em perguntas que visavam despertar a curiosidade dos estudantes, tais como: "Como a humanidade desenvolveu a ideia de tempo antes da invenção dos relógios mecânicos e digitais?" e "De que forma podemos medir a passagem do tempo em um dia sem o uso de dispositivos artificiais?". Essas questões levaram os alunos a refletir sobre como civilizações antigas, como os egípcios e babilônios, utilizavam o Sol para organizar o tempo e planejar atividades cotidianas, como colheitas, festivais e eventos. A discussão inicial também abordou as vantagens e limitações dos relógios solares, destacando sua simplicidade e precisão relativa, mas também sua dependência das condições climáticas e a impossibilidade de uso à noite.

Na etapa de *organização do conhecimento*, foram apresentados conceitos teóricos essenciais para a compreensão do funcionamento do relógio solar. Os estudantes aprenderam sobre a importância dos pontos cardeais para a orientação correta do relógio, a função do gnômon (a haste que projeta a sombra) e como a posição do Sol ao longo do dia influencia a sombra projetada. Para facilitar a compreensão, foram utilizados modelos visuais e simulações, que ajudaram os estudantes a visualizar o movimento aparente do Sol e a relação entre a sombra e a medição do tempo.

Na fase de *aplicação dos conhecimentos*, os estudantes construíram seus próprios relógios solares utilizando materiais simples, como papel A4 e modelos impressos ajustados à latitude local. Eles foram orientados a posicionar os relógios corretamente em relação aos pontos cardeais, garantindo a precisão na marcação das horas. Em um ambiente externo, os alunos acompanharam as mudanças nas sombras projetadas ao longo de uma tarde, registrando os horários e analisando os padrões observados. Essa experiência prática permitiu que os estudantes vissem, em tempo real, como a sombra do gnômon se movia conforme a posição do Sol, consolidando os conceitos teóricos aprendidos.

A atividade culminou em uma comparação entre os horários estimados pelos relógios solares e os marcados por relógios modernos, fomentando discussões sobre fusos horários, padronização do tempo e a evolução tecnológica dos métodos de medição temporal. Além disso, os estudantes refletiram sobre as aplicações contemporâneas desse conhecimento, como

o aproveitamento da luz solar em arquitetura sustentável e o planejamento agrícola, onde o Sol continua a ser um elemento vital para o sucesso das safras.

Ao final da atividade, os estudantes foram incentivados a refletir sobre como o conhecimento sobre o movimento do Sol e a medição do tempo influenciaram não apenas as civilizações antigas, mas também continuam a impactar áreas como agricultura, arquitetura e até mesmo a exploração espacial. Essa abordagem interdisciplinar permitiu que os alunos conectassem o aprendizado teórico com aplicações práticas e relevantes, promovendo uma compreensão mais profunda e contextualizada dos fenômenos astronômicos e físicos envolvidos.

5.5.4 Medição da altura máxima do sol

A atividade começou com uma *problematização inicial* baseada nas seguintes perguntas: "*Por que o Sol atinge diferentes alturas no céu ao longo do ano?*" e "*Como essas variações impactam o clima, as estações e as atividades humanas?*". Essas questões levaram os estudantes a refletirem sobre a conexão entre os fenômenos astronômicos e o cotidiano, incentivando-os a investigar a dinâmica dos movimentos da Terra e as mudanças observáveis no céu. A discussão inicial também abordou a importância histórica e prática desse conhecimento para civilizações antigas, que utilizavam a altura do Sol para planejar atividades agrícolas, rituais e navegação.

Na etapa de *organização dos conhecimentos*, foram apresentados conceitos teóricos essenciais para a compreensão da medição da altura do Sol. Os estudantes aprenderam sobre a inclinação do eixo terrestre, os solstícios, os equinócios e como esses fatores influenciam a altura máxima do Sol ao longo do ano. A fórmula para calcular a altura máxima do Sol ($H = 90^\circ - |\lambda - \delta|$), onde λ é a latitude do local e δ é a declinação solar, foi explicada de forma detalhada, permitindo que os educandos entendessem como a latitude e a época do ano afetam a posição do Sol no céu. Para facilitar a compreensão, foram utilizadas simulações e exemplos práticos, que ajudaram os estudantes a visualizar a relação entre a latitude, a declinação solar e a altura do Sol.

Na fase de *aplicação dos conhecimentos*, os estudantes realizaram medições da altura do Sol utilizando estacas e fitas métricas para calcular o comprimento das sombras projetadas ao meio-dia solar. Esses dados foram então utilizados para determinar a altura do Sol com base em relações trigonométricas simples. Os resultados coletados foram analisados em sala de aula e comparados com os valores teóricos previstos, proporcionando um rico debate sobre fontes de erro, como irregularidades no terreno e variações climáticas. Essa experiência

prática permitiu que os estudantes vissem, em tempo real, como a posição do Sol varia conforme a latitude e a época do ano, consolidando os conceitos teóricos aprendidos.

A atividade culminou em discussões sobre as implicações práticas das variações sazonais, incluindo seus efeitos na agricultura, como a escolha das épocas de plantio e colheita, e na organização de atividades humanas em diferentes latitudes. Os alunos também exploraram como o conhecimento sobre a altura do Sol é aplicado nos dias atuais, como na climatologia, no planejamento urbano sustentável e na exploração espacial. Essa abordagem interdisciplinar permitiu que os estudantes conectassem o aprendizado teórico com aplicações práticas e relevantes, promovendo uma compreensão mais profunda e contextualizada dos fenômenos astronômicos e físicos envolvidos.

Ao final da atividade, os estudantes foram incentivados a refletir sobre como o conhecimento sobre a altura do Sol e suas variações influenciaram não apenas as civilizações antigas, mas também continuam a impactar áreas como agricultura, arquitetura e até mesmo a exploração espacial. Essa abordagem interdisciplinar permitiu que os alunos conectassem o aprendizado teórico com aplicações práticas e relevantes, promovendo uma compreensão mais profunda e contextualizada dos fenômenos astronômicos e físicos envolvidos.

O quadro 03 apresenta a descrição da aplicação de cada um dos três momentos pedagógicos desenvolvidos nas quatro atividades do produto educacional.

Quadro 03 - Relação das atividades do produto educacional com os três momentos pedagógicos.

Atividade	Problematização Inicial	Organização dos Conhecimentos	Aplicação dos Conhecimentos
5.4.1 Construção e uso de luneta de baixo custo	Questionamento sobre como observar objetos distantes e desafios antes dos instrumentos ópticos.	Conceitos de óptica, funcionamento de lentes e formação de imagens.	Construção e uso de lunetas para observação diurna e noturna. Comparação com visão a olho nu.
5.4.2 Elaboração de mapas cento	Aplicação prática da importância das estrelas na navegação e calendários.	Conceitos de declinação, ascensão reta e esfera celeste. Simulações no Stellarium.	Construção de mapas celestes e uso em observações noturnas. Análise da cartografia estelar.

Atividade	Problematização Inicial	Organização dos Conhecimentos	Aplicação dos Conhecimentos
5.4.3 Construção de relógio solar de papel	Discussão sobre como medir o tempo sem relógios mecânicos e digitais.	Conceitos de orientação solar, pontos cardeais e variação da sombra. Modelos e simulações.	Construção e uso de relógios solares para marcação do tempo e comparação com relógios modernos.
5.4.4 Medição da altura máxima do Sol	Perguntas sobre a variação da altura do Sol e seus impactos no clima e estações.	Conceitos de inclinação do eixo terrestre, solstícios e equinócios. Cálculo da altura solar.	Medição da altura do Sol ao meio-dia solar com estacas e cálculos trigonométricos. Comparação com valores teóricos.

CAPÍTULO 6 - RESULTADOS

6.1 IDENTIFICAÇÃO DOS ESTUDANTES

Após a realização das atividades com os estudantes, foi aplicado um questionário para avaliar alguns conhecimentos mobilizados dos participantes em diferentes etapas da implementação do produto educacional. A turma inicialmente composta por 27 alunos da 2ª série do Ensino Médio em Tempo Integral, apenas 25 responderam a todas as questões dos quatro questionários (*Anexos A, B, C e D*) sobre as atividades realizadas, disponibilizados na plataforma *Google Formulário*. Para preservar a identidade dos estudantes, seus nomes foram substituídos por letras que representam seus nomes completos, conforme apresentado na tabela a seguir.

Quadro 04 - Identificação dos estudantes que responderam os questionários, pelas letras iniciais dos seus nomes completos.

Número	Letras Iniciais dos Nomes	Idade
01	ALPS	16
02	AKLCS	17
03	ALQG	16
04	AFS	16
05	BMD	16
06	CESS	16
07	FMB	16
08	ICGS	16
09	IOS	17
10	JOP	16
11	JDOP	16

Número	Letras Iniciais dos Nomes	Idade
12	JESF	16
13	JFS	19
14	JGGF	16
15	JCPP	18
16	LEGF	16
17	MAS	16
18	MKL	16
19	PHFS	16
20	RDS	18
21	SSPJ	16
22	VDB	17
23	VHDB	16
24	VGSD	17
25	VGMS	16

Seguindo a metodologia da pesquisa qualitativa em educação proposta por Bogdan e Biklen (1994), os estudantes desempenharam um papel ativo e reflexivo, interagindo com o ambiente, se envolvendo nas dinâmicas propostas pelas atividades.

Foram elaborados e aplicados quatro questionários (*Anexos A, B, C e D*) com o objetivo de investigar a percepção dos estudantes em relação aos três momentos pedagógicos trabalhados durante as aulas e atividades desenvolvidas, bem como às aprendizagens sobre a astronomia observacional ao longo dessas etapas.

6.2 ANÁLISES DO QUESTIONÁRIO DA ATIVIDADE 1 - DESVENDANDO O CÉU: MONTAGEM DE UMA LUNETAS CASEIRA

Durante a avaliação do produto educacional "*Desvendando o Céu: Montagem de uma Luneta Caseira*", foi possível analisar as percepções dos participantes com base nas questões propostas. As respostas evidenciaram a compreensão dos estudantes sobre os objetos de conhecimentos abordados, destacando aspectos desde a fundamentação teórica sobre princípios ópticos e astronomia até a experiência prática na construção e utilização da luneta. Além disso, os relatos apontaram o impacto do material na aprendizagem, ressaltando sua contribuição para o desenvolvimento do pensamento científico, da experimentação e do engajamento dos estudantes no estudo do céu e dos fenômenos astronômicos.

Quadro 05 - Questões propostas em cada um dos três Momentos Pedagógicos (3MP) da atividade 1.

3MP	Questões
Problematização Inicial	<i>O que você achou da introdução sobre a observação de objetos distantes e a história de Galileu? Essa parte despertou seu interesse? Por quê?</i>
	<i>Durante a explicação teórica sobre lentes e distância focal, o que você aprendeu? Teve alguma dificuldade em entender os conceitos?</i>
Organização dos Conhecimentos	<i>Como foi sua experiência ao construir a luneta? Teve alguma parte que achou mais fácil ou desafiadora?</i>
	<i>Ao usar a luneta para observar, o que você percebeu de diferente em relação à visão a olho nu?</i>
Aplicação dos Conhecimentos	<i>O que você achou mais interessante sobre o tema e as atividades realizadas? Qual foi o maior aprendizado?</i>
	<i>Como você acredita que os instrumentos ópticos, como a luneta, influenciam a ciência e podem ser úteis em outras áreas?</i>

Na problematização inicial, os estudantes (em sua maioria), considerou a introdução muito interessante, enfatizando como a história de Galileu inspirou reflexões sobre ciência e superação de desafios. Um dos participantes denominado aqui como *FMB* afirmou: *"A trajetória de Galileu mostrou como a ciência pode desafiar crenças antigas e mudar nossa visão do mundo."* Para uma pequena parte deles, o tema despertou grande interesse, especialmente por conectar história e astronomia. No entanto, cinco estudantes relataram dificuldades em compreender como esse contexto histórico se relacionava com as atividades práticas, embora tenham reconhecido a relevância do tema.

Na etapa teórica, os estudantes destacaram o funcionamento das lentes convergentes e divergentes e a importância da distância focal para a formação de imagens. Uma delas, a estudante *MKL* comentou: *"Agora entendo como as lentes funcionam e porque a distância focal é tão importante"*. Apesar disso, ainda 10 estudantes indicaram dificuldades no entendimento e uso dos conceitos mais complexos de óptica, como a Equação de Gauss e Lentes Compostas.

Na organização do conhecimento, todos os estudantes relataram que a construção da luneta foi um momento desafiador, mas gratificante. Muitos a descreveram como *"uma atividade educativa e divertida"*. *JGGF* relatou: *"A parte mais fácil foi montar as peças, mas ajustar as lentes para obter uma imagem nítida foi o maior desafio"*. A orientação dos professores foi mencionada como essencial para superar as dificuldades.

Ainda nessa etapa os estudantes se mostraram impressionados com os detalhes das crateras da Lua e luzes de estrelas mais brilhantes ao utilizar a luneta. O depoimento de *ALPS* destacou: *"Com a luneta, consegui ver detalhes que nunca tinha notado antes, como a textura (superfície) da Lua."* A maioria mencionou que a experiência ampliou sua percepção sobre as limitações da visão a olho nu e a importância de instrumentos ópticos.

Na aplicação prática, os participantes enfatizaram que a parte mais interessante foi a oportunidade de observar o céu usando uma luneta construída por eles mesmos. O estudante *BMD* afirmou: *"Foi muito gratificante construir algo com nossas próprias mãos e depois usá-lo para explorar o universo."* Para todos, o maior aprendizado foi perceber como a ciência está presente em atividades cotidianas e como pode ser acessível.

Na última pergunta, a maioria dos estudantes reconheceu a importância dos instrumentos ópticos, não apenas para a astronomia, mas também para outras áreas, como medicina e engenharia. *JESF* refletiu: *"Esses instrumentos ampliam nossa visão do universo e ajudam a desenvolver tecnologias essenciais em diversas áreas."* Dezesete estudantes destacaram que a construção da luneta os fez entender a relevância prática desses dispositivos.

A análise do Questionário da *Atividade 1*, originou categorias a partir das respostas dos estudantes em categorias principais e subcategorias, destacando aspectos gerais e nuances específicas das percepções apresentadas. O processo interpretativo permitiu identificar elementos centrais que orientaram a compreensão dos diferentes momentos vivenciados.

Quadro 06 - Categorias e subcategorias elencadas das respostas dos estudantes ao questionário da atividade 1.

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS
Interesse na História de Galileu e na Conexão com a Ciência	Fascínio pelo contexto histórico
	Despertar do interesse pela astronomia
Dificuldades e Aprendizagem Relacionados à Teoria	Dificuldade inicial com conceitos abstratos
	Melhora na compreensão por meio da prática
Desafios na Construção da Luneta	engajamento com a atividade
	dificuldades técnicas específicas
Percepções Visuais e Comparação com a Visão Natural	Detalhamento percebido com a luneta
	limitações da visão natural
Interesse pelo Tema	Acessibilidade da ciência
	Despertar para o cotidiano científico
Importância e Aplicação dos Instrumentos Ópticos	Relevância deles para a astronomia
	Uso em áreas diversas

A primeira pergunta, que abordava a introdução sobre a observação de objetos distantes e a história de Galileu, gerou a categoria *Interesse na História de Galileu e na Conexão com a Ciência*. Na subcategoria *Fascínio pelo contexto histórico*, os estudantes relataram admiração por Galileu, evidenciada em respostas como "*Achei a história de Galileu*

muito inspiradora (AKLCS)" e *"A introdução sobre Galileu foi fascinante (JESF)*". Esses exemplos mostram como o legado de Galileu despertou interesse e reconhecimento de sua importância histórica.

Já na subcategoria *Despertar do interesse pela astronomia*, destacaram-se percepções como *"Conectar história e astronomia realmente despertou meu interesse (ALPS)"* e *"Aprender sobre Galileu e suas descobertas me motivou a querer saber mais (AFS)"*, revelando como a abordagem integrada entre história e ciência motivou os estudantes a explorar mais o tema.

A segunda pergunta, sobre os conceitos de lentes e distância focal, resultou na categoria *Dificuldades e Aprendizados Relacionados à Teoria*. Em *Dificuldade com conceitos de óptica de instrumentos*, os estudantes relataram alguns desafios enfrentados: *"Os conceitos de lentes foram desafiadores no início (AKLCS)"* e *"A teoria sobre distância focal foi confusa (AFS)"*.

Por outro lado, a subcategoria *Melhora na compreensão por meio da prática* evidenciou o impacto positivo das atividades práticas, com respostas como *"A prática me ajudou a visualizar melhor (FMB)"* e *"A construção da luneta facilitou a compreensão dos conceitos (JESF)"*, indicando que a aplicação prática foi essencial para superar as dificuldades teóricas.

A terceira pergunta investigou as experiências na construção da luneta, originando a categoria *Engajamento e Desafios na Construção da Luneta*. Na subcategoria *Engajamento positivo com a atividade*, relatos como *"Foi uma atividade educativa e divertida, adorei montar a luneta! (ALPS)"* e *"A atividade foi super divertida e me ensinou muito sobre óptica (VDB)"* demonstram como o envolvimento manual promoveu aprendizado relevante. Entretanto, na subcategoria *Dificuldades técnicas específicas*, os estudantes mencionaram desafios como *"Ajustar as lentes para obter uma imagem nítida foi o maior desafio (JGGF)"* e *"Montar as peças foi fácil, mas ajustar as lentes foi complicado (PHFS)"*, destacando aspectos técnicos que exigiram maior atenção.

A quarta pergunta, que explorou as percepções ao usar a luneta, gerou a categoria *Percepções Visuais e Comparação com a Visão Natural*. Em *Detalhamento percebido com a luneta*, os estudantes relataram descobertas como *"Consegui ver detalhes que nunca tinha notado antes, como as crateras da Lua (PHFS)"* e *"Com a luneta, consegui ver estrelas mais distantes e fiquei impressionado com os detalhes (FMB)"*, evidenciando o impacto da observação ampliada. Já na subcategoria *Limitações da visão natural*, respostas como *"A luneta ampliou minha percepção sobre as limitações da visão a olho nu"* e *"Percebi como a*

visão a olho nu é limitada sem instrumentos (JOP)" reforçaram a valorização dos instrumentos ópticos.

Na quinta pergunta, que investigou aprendizados gerais, emergiu a categoria *Interesse pelo Tema e Reflexão sobre o Aprendizado*. Em *Acessibilidade da ciência*, respostas como *"O maior aprendizado foi perceber como a ciência é acessível e interessante (JOP)"* e *"Aprendi que a ciência está presente em atividades cotidianas (IOS)"* destacam a proximidade entre ciência e cotidiano. Na subcategoria *Despertar para o cotidiano científico*, os estudantes afirmaram: *"Construir a luneta foi fascinante porque mostra como a ciência está ao nosso alcance (PHFS)"* e *"Aprendi que a ciência está em tudo ao nosso redor (CESS)"*, evidenciando o impacto transformador da atividade.

Por fim, a sexta pergunta tratou da relevância dos instrumentos ópticos, gerando a categoria *Importância e Aplicação dos Instrumentos Ópticos*. Na subcategoria *Relevância para a astronomia*, os estudantes relataram: *"A luneta é fundamental para a astronomia"* e *"Esses instrumentos ampliam nossa visão do universo"*, demonstrando a valorização da ciência astronômica. Em *uso em áreas diversas*, respostas como *"Percebi que esses instrumentos são essenciais para a outras ciências (BMD)"* e *"Construir a luneta me fez valorizar sua importância em áreas de conhecimento (CESS)"* destacaram a aplicação interdisciplinar dos conhecimentos adquiridos.

Essa análise revelou como as experiências vivenciadas pelos estudantes, articuladas com os momentos pedagógicos favoreceram uma compreensão mais ampla dos conceitos científicos e suas aplicações práticas.

De forma geral, as respostas analisadas parecem evidenciar que os estudantes estabeleceram conexões entre o conteúdo teórico e as aplicações práticas, promovendo reflexões sobre o papel da ciência no cotidiano e a importância dos instrumentos ópticos na história da humanidade.

6.3 ANÁLISES DO QUESTIONÁRIO DA ATIVIDADE 2 - ELABORAÇÃO DE MAPAS CELESTES

Durante a avaliação do produto educacional *Elaboração de Mapas Celestes*, os estudantes relataram no questionário da referida atividade suas percepções e aprendizados ao longo dos três momentos pedagógicos, fornecendo um panorama das reflexões e descobertas proporcionadas pela experiência.

Quadro 07 - Questões sobre as percepções e aprendizagens construídas pelos estudantes em cada um dos três momentos pedagógicos (3MP) da atividade 2.

3MP	Questões
Problematização Inicial	<i>O que você achou da introdução sobre o céu noturno e a observação de constelações? Qual foi sua primeira impressão ao pensar sobre como o céu muda ao longo do ano?</i>
	<i>Qual ideia ou curiosidade sobre as constelações e sua importância em diferentes culturas chamou mais a sua atenção?</i>
Organização dos Conhecimentos	<i>Após a explicação teórica sobre conceitos como "esfera celeste", como você descreveria a importância desse termo para entender o movimento das estrelas?</i>
	<i>O que você aprendeu sobre a influência da movimentação da Terra nas constelações que vemos no céu ao longo do ano?</i>
	<i>Na sua opinião, o uso do software Stellarium durante a construção e uso do produto educacional, para demonstrar o movimento aparente da esfera celeste, ajudou a entender melhor o tema? O que mais chamou sua atenção nessa parte?</i>
Aplicação dos Conhecimentos	<i>Durante a construção do mapa celeste rotativo, como foi sua experiência ao montar e ajustar o mapa? Teve alguma parte que achou mais fácil ou mais difícil?</i>
	<i>Como foi a atividade de simulação com o mapa para localizar constelações? O que você achou desse processo de observar as constelações de forma prática?</i>
	<i>Em geral, o que você considera que mais aprendeu sobre as constelações e o céu noturno com essa atividade?</i>

Na problematização inicial, dezesseis estudantes descreveram a introdução da atividade como instigante e reveladora. Grande parte dos participantes (vinte e um) destacou que a explicação inicial sobre o céu noturno e as constelações despertou curiosidade,

especialmente ao perceberem que o céu muda ao longo do ano. A aluna *ALQG* comentou: "*Eu nunca tinha parado para pensar que, dependendo da época, podemos ver diferentes constelações*". Treze participantes relataram surpresa ao entenderem que o movimento aparente das estrelas está ligado à rotação e translação da Terra.

Continuando o questionamento na problematização inicial, as respostas dos estudantes evidenciaram o impacto cultural das constelações. Muitos se impressionaram com o fato de diferentes civilizações, como gregos, egípcios e indígenas brasileiros, terem usado as estrelas para orientação e organização de suas vidas. *JOP* destacou: "*Foi incrível aprender como as constelações ajudaram as pessoas a se guiarem e a criarem mitos que explicavam o mundo ao seu redor*". Na terceira pergunta os estudantes compreenderam a esfera celeste como um conceito essencial para visualizar os movimentos do céu. Termos como "*fundamental*" apareceu em várias respostas, indicando que o conceito ajudou a organizar as ideias sobre o movimento das estrelas. O participante *BMD* relatou: "*Entender a esfera celeste foi como aprender um mapa para observar o céu, tornando tudo mais claro*". Quinze estudantes mencionaram que a abstração inicial foi um pouco desafiadora, mas a aplicação prática ajudou a consolidar o aprendizado.

Ainda sobre a organização dos conhecimentos, a influência dos movimentos de rotação e translação da Terra foi reconhecida pela maioria dos estudantes como determinante para a visibilidade das constelações. O relato de *PHFS* destacou: "*Agora sei que o céu noturno não é fixo; ele muda porque a Terra está sempre em movimento. Percebi isso na prática*". Vinte e um participantes afirmaram que essa descoberta mudou a forma como enxergam o céu noturno.

O *Stellarium* foi unanimemente elogiado como uma ferramenta auxiliar que contribuiu no processo de aprendizagem dos estudantes. Um quinto dos estudantes relatou que a simulação permitiu visualizar os movimentos das estrelas e constelações de forma compreensível e dinâmica. A estudante *ALQG* afirmou: "*Foi como ter um planetário na palma da mão. Ver as estrelas mudando conforme o tempo e o lugar foi incrível*". Quinze estudantes destacaram a possibilidade de observar céus de diferentes pontos do mundo como algo que ampliou seu entendimento global da astronomia, conforme a similaridade de respostas.

Durante a aplicação do conhecimento, os relatos sobre a construção do mapa celeste rotativo revelaram um misto de diversão e desafios. Muitos descreveram a montagem como intuitiva, mas a calibração dos elementos rotativos exigiu atenção e paciência. A estudante *MKL* comentou: "*Foi fácil montar as peças, mas alinhar tudo corretamente para*

que as constelações aparecessem na posição certa foi complicado no início." Dezoito estudantes relataram ainda que, apesar das dificuldades, a atividade prática consolidou o aprendizado teórico.

Ao serem questionados sobre como foi a atividade de simulação com o mapa para localizar constelações, e o que eles acharam desse processo de observar as constelações de forma prática, vinte estudantes destacaram em suas respostas algo semelhante a uma "experiência de exploração" do espaço, através de uma observação simulada que não apenas observava virtualmente a composição de corpos celestes visíveis em uma determinada localidade, em um dia e horário específico, mas também que trazia informações aproximações visuais dos corpos, como se estes estivessem muito próximos dos observadores. Todos os estudantes valorizaram a possibilidade de relacionar a teoria com a prática, afirmando que localizar constelações com o mapa foi esclarecedor. O participante *JGGF* destacou: "*Parecia um jogo. Foi muito legal apontar o mapa para o céu e encontrar as constelações que estudamos*".

No tocante à consideração dos estudantes sobre o que mais aprenderam sobre as constelações e o céu noturno com essa atividade, os 25 estudantes que responderam apontaram como principais aprendizados a compreensão dos movimentos celestes e a importância cultural e científica das constelações. Expressões como "*enriquecedor*" e "*transformador*" foram comuns nas respostas dos estudantes. Um dos relatos destacados foi o de *PHFS*: "*Agora entendo que olhar para o céu é mais do que observar estrelas*".

A análise do Questionário da Atividade 2 nos permitiu classificar as respostas dos estudantes em categorias principais e subcategorias, ilustrando as percepções e aprendizados relacionados ao céu noturno, às constelações e aos fenômenos astronômicos. Os exemplos das respostas dos estudantes revelam não apenas o conteúdo de suas impressões, mas também aspectos importantes de seus interesses e aprendizagens.

Quadro 08 - Categorias e subcategorias elencadas das respostas dos estudantes ao questionário da atividade 2.

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS
Interesse e Curiosidade sobre o Céu Noturno.	Despertar do fascínio pelas mudanças no céu.
	Percepção do dinamismo do céu.
Significado Cultural das Constelações	Influência das constelações nas culturas antigas
	Relação com o cotidiano
Compreensão do Conceito de Esfera Celeste	Esclarecimento sobre os movimentos celestes
	Organização das ideias astronômicas
Movimentação da Terra e a Visibilidade das Constelações.	Mudanças sazonais nas constelações
	Impacto da rotação e inclinação da Terra,
Uso do <i>Stellarium</i> como Ferramenta de Aprendizado.	Facilidade em visualizar os movimentos celestes
	Engajamento com a tecnologia
Engajamento e Desafios na Construção do Mapa Celeste	Facilidade em montar as peças
	Dificuldades na precisão dos ajustes
Exploração Prática do Céu Noturno	Engajamento na prática de localização
	Conexão entre teoria e prática
Reflexões sobre o Aprendizado	Compreensão científica dos movimentos celestes
	Significado cultural das constelações

Na primeira pergunta, que abordou a introdução sobre o céu noturno e a observação de constelações, foi identificada a categoria *Interesse e Curiosidade sobre o Céu Noturno*, dividida em duas subcategorias. Em *Despertar do fascínio pelas mudanças no céu*, os estudantes expressaram admiração com frases como “*Fiquei impressionado ao perceber que o céu muda ao longo do ano*” e “*A introdução foi fascinante e me motivou a observar o céu*”. Essas respostas destacam o encantamento inicial causado pela descoberta do dinamismo

do céu noturno. Já na subcategoria *Percepção do dinamismo do céu*, respostas como “*Eu nunca tinha pensado que o céu noturno poderia mudar tanto (FMB)*” e “*A ideia de que o céu é dinâmico foi uma grande descoberta para mim (ICGS)*” revelam a surpresa dos estudantes ao confrontarem uma perspectiva nova e científica sobre o céu.

Na segunda pergunta, sobre o significado cultural das constelações, emergiu a categoria *Significado Cultural das Constelações*, com duas subcategorias. Em *Influência das constelações nas culturas antigas*, os estudantes demonstraram fascínio por relatos históricos, exemplificados em respostas como “*Fiquei fascinado com a forma como as constelações eram usadas para navegação (IOS)*” e “*A conexão das constelações com mitos e histórias em várias culturas me impressionou (VGSD)*”. Esses exemplos evidenciam a valorização das contribuições culturais e científicas de civilizações passadas. Na subcategoria *Relação com o cotidiano*, os estudantes afirmaram: “*As constelações ajudavam as pessoas a organizar suas rotinas (JOP)*” e “*Aprender como diferentes civilizações usaram as estrelas foi fascinante (ALQG)*”, ressaltando a percepção prática e cultural das constelações no dia a dia das antigas sociedades.

A terceira pergunta, que tratou do conceito de esfera celeste, gerou a categoria *Compreensão do Conceito de Esfera Celeste*. Em *Esclarecimento sobre os movimentos celestes*, respostas como “*A esfera celeste é essencial para entender como as estrelas se movem (CESS)*” e “*Compreender a esfera celeste foi como aprender a ler um mapa do céu (JDOP)*” demonstram o impacto positivo desse conceito na ampliação da compreensão astronômica dos estudantes. Já na subcategoria *Organização das ideias astronômicas*, frases como “*Esse conceito me ajudou a organizar melhor as ideias sobre o movimento das estrelas*” e “*Foi fundamental para visualizar os movimentos do céu noturno*” destacam o papel central da teoria para estruturar o aprendizado.

A quarta pergunta abordou a influência da movimentação da Terra nas constelações, identificando a categoria *Movimentação da Terra e a Visibilidade das Constelações*. Em *Mudanças sazonais nas constelações*, os estudantes relataram: “*As constelações mudam de posição dependendo da época do ano (ALPS)*” e “*Apreendi que a translação da Terra altera as constelações visíveis (ALQG)*”, evidenciando a construção de conhecimento sobre os fenômenos sazonais. Na subcategoria *Impacto da rotação e inclinação da Terra*, respostas como “*A inclinação da Terra é responsável por diferentes constelações visíveis (CESS)*” e “*A rotação da Terra afeta a posição das constelações no céu noturno (AKLCS)*” destacam a compreensão mais aprofundada sobre os fatores que influenciam a observação celeste.

A quinta pergunta, sobre o uso do software Stellarium, originou a categoria *Uso do Stellarium como Ferramenta de Aprendizado*. Na subcategoria *Facilidade em visualizar os movimentos celestes*, os estudantes relataram: “*A visualização em 3D do Stellarium tornou o aprendizado mais interativo (AKLCS)*” e “*O Stellarium facilitou muito o entendimento dos movimentos das constelações (VDB)*”. Esses exemplos mostram como a tecnologia ajudou a tornar o conteúdo mais acessível. Em *Engajamento com a tecnologia*, frases como “*Foi como ter um planetário na palma da mão (ALQG)*” e “*O Stellarium ajudou a conectar a teoria com a prática de forma visual (AKLCS)*” destacam o entusiasmo dos estudantes ao utilizarem recursos digitais.

A sexta pergunta abordou a construção do mapa celeste rotativo, gerando a categoria *Engajamento e Desafios na Construção do Mapa Celeste*. Em *Facilidade em montar as peças*, os estudantes afirmaram: “*A parte mais fácil foi encaixar as peças do mapa (AKLCS)*” e “*Montar as peças foi uma experiência divertida (LEGF)*”, evidenciando o aspecto lúdico da atividade. Já em *Dificuldades na precisão dos ajustes*, relatos como “*Ajustar as constelações na posição correta foi o maior desafio (LEGF)*” e “*Alinhar tudo corretamente para obter uma imagem nítida foi complicado no início (MKL)*” destacaram os desafios técnicos enfrentados.

Na sétima pergunta, que tratou da simulação prática para localizar constelações, emergiu a categoria *Exploração Prática do Céu Noturno*. Em *Engajamento na prática de localização*, os estudantes descreveram: “*Foi uma experiência de exploração incrível (RDS)*” e “*Localizar as constelações foi esclarecedor e divertido (MAS)*”, evidenciando o entusiasmo gerado pela prática. Na subcategoria *Conexão entre teoria e prática*, exemplos como “*A prática trouxe clareza à teoria (MAS)*” e “*Foi como transformar o aprendizado teórico em uma exploração prática (SSPJ)*” mostram como a experiência prática consolidou os conteúdos aprendidos.

Por fim, na oitava pergunta, que investigou o aprendizado geral sobre constelações e o céu noturno, surgiu a categoria principal *Reflexões sobre o Aprendizado*. Em *Compreensão científica dos movimentos celestes*, os estudantes relataram: “*Aprendi muito sobre os movimentos celestes e sua importância (ALPS)*” e “*A atividade me fez entender como as constelações mudam ao longo do tempo (IOS)*”. Já em *Significado cultural das constelações*, destacaram: “*A importância cultural das constelações foi um aprendizado transformador (ICGS)*” e “*Entender como diferentes culturas usaram as constelações ampliou minha visão (JGGF)*”. Esses exemplos evidenciam um importante aprendizado, que conectou ciência, história e prática de forma integrada.

6.4 ANÁLISES DO QUESTIONÁRIO DA ATIVIDADE 3 - CONSTRUÇÃO DE RELÓGIO SOLAR DE PAPEL

Na avaliação do produto educacional "*Construção de Relógio Solar de Papel*", os 25 estudantes do Ensino Médio Integral compartilharam suas percepções ao longo das diversas etapas do processo pedagógico. Esse compartilhamento proporcionou uma análise detalhada e enriquecedora das respostas, destacando os aprendizados adquiridos através das atividades práticas. As reflexões dos estudantes revelaram não apenas o desenvolvimento de competências técnicas, mas também o aprimoramento de habilidades de observação, interpretação e conexão com conceitos científicos.

Quadro 09 - Questões sobre as percepções e aprendizagens construídas pelos estudantes em cada um dos três momentos pedagógicos (3MP) da atividade 3.

3MP	Questões
Problematização Inicial	<i>Como foi para você pensar sobre o Sol como marcador de tempo? Qual foi sua percepção inicial sobre essa ideia?</i>
	<i>Qual aspecto do uso do Sol para marcar o tempo em civilizações antigas despertou seu interesse?</i>
Organização dos Conhecimentos	<i>Após a explicação teórica, o que você entendeu sobre o funcionamento do relógio solar e o papel da sombra do gnômon?</i>
	<i>Na sua opinião, o que você mais aprendeu sobre a importância dos pontos cardeais e da orientação do relógio solar para medir o tempo?</i>
	<i>O modelo do relógio solar e as figuras usadas nas aulas ajudaram você a entender o tema?</i>
Aplicação dos Conhecimentos	<i>Durante a construção do relógio solar, qual foi sua experiência?</i>

3MP	Questões
	<i>Ao usar o relógio solar em uma área externa, como foi a experiência de observar a sombra e estimar o horário?</i>
	<i>Em geral, o que você considera que mais aprendeu sobre o uso do Sol e das sombras para marcar o tempo?</i>

Ao serem indagados sobre como foi para eles pensarem sobre o Sol como marcador de tempo, e qual foi a percepção inicial deles sobre essa ideia, os estudantes demonstraram surpresa e curiosidade ao refletirem sobre o Sol como marcador de tempo. Quase 70% deles relataram nunca terem pensado nessa possibilidade de maneira prática, embora a ideia fosse instintivamente familiar. O participante *JCPP* afirmou: *"Foi interessante perceber como algo tão presente no nosso dia a dia, como o Sol, pode ser usado para medir o tempo"*. 80% dos alunos destacaram que a proposta inicial os fez enxergar o Sol sob uma nova perspectiva, conectando fenômenos naturais à organização do tempo.

No que diz respeito ao aspecto do uso do Sol para marcar a passagem do tempo em civilizações antigas que mais lhes chamou a atenção, as respostas dos estudantes revelaram um grande interesse pela criatividade e engenhosidade dessas culturas. Aproximadamente 60% destacaram a habilidade desses povos em desenvolver métodos sofisticados para medir o tempo, mesmo sem o auxílio de tecnologias avançadas. A estudante *JOP* comentou: *"Achei fascinante como as civilizações antigas usavam a posição do Sol para organizar suas rotinas e construir monumentos como relógios solares"*.

Sobre a etapa de organização do conhecimento, foram feitas três perguntas sobre os objetos de conhecimentos tratados nesta atividade. Sobre o que eles entenderam sobre o funcionamento do relógio solar e o papel da sombra do gnômon, os estudantes demonstraram compreensão clara do papel central da sombra do gnômon no funcionamento do relógio solar. Muitos destacaram como a inclinação do Sol ao longo do dia influencia a posição e o tamanho da sombra, permitindo a estimativa do horário. A participante *VHDB* relatou: *"Aprendi que o gnômon é como um ponteiro natural, e a sombra que ele projeta é essencial para marcar o tempo com precisão."* Essa explicação consolidou o conceito básico para mais de 90% dos alunos, que reconheceram a simplicidade e a eficácia do método.

Ao serem questionados sobre o que, na opinião deles, mais aprenderam sobre a importância dos pontos cardeais e da orientação do relógio solar para medir o tempo, a importância da orientação correta do relógio solar foi amplamente destacada. Os estudantes, em sua totalidade, compreenderam que alinhar o dispositivo aos pontos cardeais é essencial para a precisão. O estudante *PHFS* comentou: *"Eu não sabia que a posição do relógio em relação ao Norte era tão importante"*. Essa etapa foi mencionada por quase 85% dos participantes como um aprendizado transformador, ampliando sua noção de localização e uso prático dos pontos cardeais.

Sobre como o modelo do relógio solar e as figuras usadas nas aulas ajudaram os estudantes a entenderem os objetos de conhecimentos da atividade, o uso de modelos e ilustrações foi elogiado como uma ferramenta indispensável para o aprendizado. Palavras como *"visual"* e *"prático"* surgiram com frequência nas respostas, indicando que os materiais contribuíram significativamente para a compreensão do tema. O estudante *FMB* destacou: *"As figuras explicaram o que seria difícil entender apenas com palavras. Foi muito mais fácil ver como a sombra se move no modelo."*

No que tange às perguntas referentes à aplicação do conhecimento da atividade de construção de relógios solares, o primeiro questionamento foi sobre a experiência de construir um artefato capaz de usar a luz do Sol e a sombra projetada por ela em uma haste para medir a passagem do tempo. Os estudantes descreveram a construção do relógio solar como uma atividade prática relevante. Muitos relataram que o processo foi um misto de diversão e desafio, especialmente ao ajustar o gnômon corretamente. O estudante *SSPJ* mencionou: *"Foi muito legal montar algo tão antigo e perceber que funciona de verdade. Ajustar o gnômon deu um pouco de trabalho, mas foi satisfatório ver o relógio funcionando."* Cerca de 75% dos alunos apontaram que a montagem reforçou os conceitos teóricos discutidos.

Sobre como foi a experiência de observar a sombra e estimar o horário, através do relógio solar em uma área externa da sala de aula, ela foi descrita como empolgante e esclarecedora. Os estudantes ficaram impressionados com a precisão do dispositivo, mesmo sendo algo tão simples. O participante *VGMS* relatou: *"Foi incrível ver como a sombra realmente indicava o horário. Nunca imaginei que fosse tão preciso."* Essa atividade foi mencionada por 80% dos participantes como o momento mais marcante do aprendizado.

A última questão teve como objetivo identificar o principal aprendizado dos estudantes sobre o uso da luz solar e das sombras na marcação da passagem do tempo. A maioria destacou a relação entre os movimentos do Sol, a projeção das sombras e a medição do tempo como o aspecto mais significativo. Um exemplo representativo é o relato da

estudante AKLCS: "*O que mais me impressionou foi como os movimentos do Sol afetam a sombra e, conseqüentemente, a medição do tempo.*"

A análise do Questionário da Atividade 3, fundamentada nas premissas da Análise Textual Discursiva, organizou as respostas dos estudantes em categorias e subcategorias que evidenciam suas percepções, aprendizados e desafios relacionados ao tema do Sol como marcador de tempo. As respostas revelaram aspectos importantes sobre como os estudantes compreenderam o tema e se engajaram com as atividades propostas.

Quadro 10 - Categorias e subcategorias elencadas das respostas dos estudantes ao questionário da atividade 2.

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS
Percepções sobre o Sol como Marcador de Tempo	Descoberta e novidade
	Reconhecimento do papel do Sol
Admiração pela Sabedoria das Civilizações Antigas	Sofisticação dos métodos antigo
	Relação cultural com o Sol
Compreensão do Funcionamento do Relógio Solar	Simplicidade e eficácia
	Função da sombra
Importância da Orientação e dos Pontos Cardeais	Crucialidade do alinhamento
	Conexão entre pontos cardeais e tempo

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS
Eficácia do Material Visual no Aprendizado	Facilidade de entendimento com figuras
	Conexão entre teoria e prática
Experiência Prática na Construção do Relógio Solar	Engajamento positivo
	Desafios no ajuste
Exploração Prática do Relógio Solar	Precisão do método
	Correlação entre a prática e os conhecimentos.
Reflexões e Aprendizados sobre o Uso do Sol	Relação entre Sol, sombra e tempo
	Valorização do conhecimento antigo

Na primeira pergunta, que investigava as percepções iniciais sobre o Sol como marcador de tempo, emergiu a categoria *Percepções sobre o Sol como Marcador de Tempo*. Na subcategoria *Descoberta e novidade*, os estudantes expressaram surpresa e aprendizado com frases como "*Nunca tinha pensado nisso de forma prática, mas sempre soube que o Sol era importante (ALPS)*" e "*Foi surpreendente perceber que o Sol pode ser usado como um relógio natural (ALQG)*", destacando como a atividade trouxe novas perspectivas sobre algo cotidiano. Já na subcategoria *Reconhecimento do papel do Sol*, respostas como "*A proposta inicial me fez refletir sobre como o Sol organiza a vida (IOS)*" e "*Percebi que o Sol sempre*

esteve conectado ao nosso dia a dia de forma essencial (JFS)" ressaltaram a importância do Sol para a organização da vida humana.

A segunda pergunta explorou o uso do Sol para marcar o tempo em civilizações antigas, resultando na categoria *Admiração pela Sabedoria das Civilizações Antigas*. Em *Sofisticação dos métodos antigos*, respostas como *"Fiquei impressionado com a capacidade dessas culturas de desenvolver métodos tão precisos (ALQG)"* e *"É incrível pensar que eles conseguiam medir o tempo sem nenhuma tecnologia moderna (JCPP)"* demonstraram o fascínio dos estudantes pela engenhosidade das civilizações. Na subcategoria *Relação cultural com o Sol*, frases como *"A forma como o Sol era usado para organizar as rotinas chamou minha atenção (AKLCS)"* e *"Achei fascinante como eles usavam o Sol na construção de monumentos (JOP)"* evidenciaram o interesse pelos aspectos culturais e práticos do uso do Sol.

A terceira pergunta abordou o funcionamento do relógio solar, gerando a categoria *Compreensão do Funcionamento do Relógio Solar*. Na subcategoria *Simplicidade e Eficácia*, os estudantes destacaram a funcionalidade do relógio solar com frases como *"Entendi que o relógio solar é um método simples e eficaz para medir o tempo (MAS)"* e *"A simplicidade e precisão do método é impressionante (JDOP)"*. Já em *Função da sombra*, respostas como *"Percebi que a sombra se move de forma previsível ao longo do dia (BMD)"* e *"A sombra é essencial para o funcionamento do relógio solar (VHDB)"* reforçaram o entendimento sobre o papel central da sombra no funcionamento do instrumento.

A quarta pergunta discutiu a importância dos pontos cardeais, resultando na categoria *Importância da Orientação e dos Pontos Cardeais*. Em *Crucialidade do alinhamento*, os estudantes relataram: *"Aprendi que alinhar o relógio solar ao Norte é fundamental para que ele funcione (ALPS)"* e *"A precisão do relógio depende diretamente de sua orientação correta (ALQG)"*, destacando a necessidade de precisão para o funcionamento correto. Na subcategoria *Conexão entre pontos cardeais e tempo*, frases como *"Agora entendo como os pontos cardeais são essenciais na navegação e na medição do tempo (AFS)"* e *"A relação entre a posição do Sol e os pontos cardeais foi um aprendizado transformador (BMD)"* demonstraram o impacto da atividade na compreensão dos estudantes.

A quinta pergunta investigou a eficácia dos materiais visuais utilizados, originando a categoria *Eficácia do Material Visual no Aprendizado*. Em *Facilidade de entendimento com figuras*, respostas como *"As figuras tornaram o tema muito mais visual e fácil de entender (CESS)"* e *"O modelo ajudou a esclarecer conceitos que seriam difíceis apenas com explicações teóricas (JDOP)"* evidenciaram como os materiais facilitaram a

compreensão. Na subcategoria *Conexão entre teoria e prática*, frases como "*Foi mais fácil ver como a sombra se move no modelo (JESF)*" e "*O uso de materiais visuais conectou a teoria à prática de forma clara (PHFS)*" reforçaram a importância de recursos visuais para consolidar o aprendizado.

A sexta pergunta abordou a experiência prática na construção do relógio solar, gerando a categoria *Experiência Prática na Construção do Relógio Solar*. Na subcategoria *Engajamento positivo*, os estudantes afirmaram: "*A construção foi uma atividade divertida e educativa (JDOP)*" e "*Gostei muito de trabalhar em grupo para montar o relógio (BMD)*", destacando o caráter colaborativo e envolvente da atividade. Em *Desafios no ajuste*, relatos como "*Ajustar o gnômon foi um pouco complicado, mas gratificante (AKLCS)*" e "*Tive dificuldades para alinhar as peças corretamente (LEGF)*" evidenciaram os aspectos técnicos que demandaram maior dedicação.

A sétima pergunta tratou da exploração prática do relógio solar, resultando na categoria *Exploração Prática do Relógio Solar*. Em *Precisão do método*, respostas como "*Foi incrível ver como a sombra indicava o horário com tanta precisão (ICGS)*" e "*Fiquei impressionado com a eficácia do relógio solar (FMB)*" mostraram a satisfação dos estudantes ao observar a funcionalidade do instrumento. Já na subcategoria *Correlação entre a prática e os conhecimentos*, frases como "*Observar a sombra se movendo foi o momento mais marcante (JDOP)*" e "*Foi interessante aplicar na prática o que aprendemos na teoria (JCPP)*" reforçaram a importância da experiência prática para consolidar o aprendizado teórico.

Por fim, na oitava pergunta, que abordou o aprendizado geral sobre o uso do Sol e das sombras, emergiu a categoria *Reflexões e Aprendizados sobre o Uso do Sol*. Em *Relação entre Sol, sombra e tempo*, os estudantes relataram: "*Entender a relação entre o Sol e a sombra foi o que mais me impactou (RDS)*" e "*Perceber como a sombra pode ser usada para medir o tempo foi fascinante (SSPJ)*", evidenciando o aprendizado técnico e conceitual. Já na subcategoria *Valorização do conhecimento antigo*, respostas como "*A atividade me fez valorizar a inteligência das civilizações antigas (RDS)*" e "*Apreendi que a natureza pode ser usada de forma surpreendente para medir o tempo (VHDB)*" destacaram o impacto cultural e histórico do tema.

6.5 ANÁLISES DO QUESTIONÁRIO DA ATIVIDADE 4 - MEDIÇÃO DA MÁXIMA ALTURA DO SOL

A avaliação da atividade do produto educacional intitulada "*Medição da Máxima Altura do Sol*" teve como objetivo analisar a perspectiva dos estudantes em relação à atividade realizada, verificando se os conceitos apresentados nas abordagens histórica, científica e prática foram bem compreendidos pelos educandos. As respostas coletadas em cada etapa pedagógica evidenciaram o progresso dos estudantes na compreensão dos movimentos solares e de suas aplicações práticas.

Quadro 11 - Questões sobre as percepções e aprendizagens construídas pelos estudantes em cada um dos três momentos pedagógicos (3MP) da atividade 4.

3MP	Questões
Problematização Inicial	<i>Por que culturas antigas precisavam compreender o movimento do Sol ao longo do ano?</i>
	<i>Como a inclinação do eixo terrestre influencia as variações na altura máxima do Sol?</i>
	<i>De que forma o conhecimento sobre a altura máxima do Sol pode ser aplicado em áreas como agricultura ou arquitetura?</i>
Organização dos Conhecimentos	<i>Explique com suas palavras a diferença entre o meio-dia solar e o meio-dia do relógio.</i>
	<i>Como a fórmula $H = 90^\circ - \lambda \pm \delta$ ajuda a calcular a altura máxima do Sol?</i>
Aplicação dos Conhecimentos	<i>Durante a atividade prática, quais dificuldades você encontrou ao medir a sombra e como resolveu essas dificuldades?</i>

3MP	Questões
	<i>Quais foram as diferenças observadas entre os valores medidos e os calculados teoricamente para a altura do Sol?</i>
	<i>Quais foram as diferenças observadas entre os valores medidos e os calculados teoricamente para a altura do Sol?</i>

Na resposta à primeira pergunta sobre a problematização inicial do tema, sobre o porquê das culturas antigas precisarem compreender o movimento do Sol ao longo do ano, os estudantes reconheceram que a compreensão do movimento do Sol era essencial para as culturas antigas organizarem atividades agrícolas, religiosas e sociais. Termos como *"necessidade de sobrevivência"* e *"calendários de plantação"* surgiram em muitas respostas, destacando a relevância desse conhecimento para o plantio, colheita e celebrações sazonais. O participante *JGGF* afirmou: *"Sem entender o movimento do Sol, as civilizações não teriam como saber a época certa para plantar ou celebrar mudanças importantes no ano."*

Em relação à pergunta sobre como a inclinação do eixo terrestre influencia as variações na altura máxima do Sol, mais de 80% dos estudantes demonstraram entender que a inclinação do eixo terrestre é responsável pelas estações do ano e pelas variações na altura máxima do Sol ao longo do tempo. Muitos destacaram que a inclinação faz com que diferentes hemisférios recebam mais ou menos luz em determinados períodos. O estudante *AKLCS* explicou: *"Em algumas regiões do planeta a inclinação do eixo (da Terra) faz com que o Sol esteja mais alto no verão e mais baixo no inverno, e também muda a duração do dia."*

Sobre as perguntas do momento de organização dos conhecimentos, foi pedido aos estudantes que explicassem com suas palavras a diferença entre o meio-dia solar e o meio-dia do relógio. As respostas indicaram que 92% dos estudantes compreenderam que o meio-dia solar é o momento em que o Sol atinge sua altura máxima no céu, enquanto o meio-dia do relógio é uma convenção ajustada a fusos horários. Muitos destacaram que o meio-dia solar varia com a posição geográfica e a época do ano. A estudante *MKL* afirmou:

"Achei interessante perceber que o relógio nem sempre reflete o movimento real do Sol, porque depende de fusos horários."

Na pergunta sobre como a fórmula $H = 90^\circ - |\lambda \pm \delta|$ ajuda a calcular a altura máxima do Sol, mesma foi interpretada como uma ferramenta essencial para relacionar latitude, declinação solar e altura máxima do Sol. Um grupo de 84% dos estudantes explicaram que λ representa a latitude, enquanto δ corresponde à declinação solar, variando ao longo do ano. O participante *PHFS* comentou: *"A fórmula mostrou como os fatores se conectam para calcular a altura do Sol em diferentes lugares e épocas."*

Sobre o momento de aplicação do conhecimento da atividade proposta, os alunos foram indagados sobre quais dificuldades eles encontraram ao medir a sombra e como resolveram essas dificuldades. As principais dificuldades relatadas foram a instabilidade dos instrumentos, a precisão na medição das sombras e as condições climáticas, como vento ou nuvens. Já 80% deles destacaram que ajustes nos equipamentos, como estabilizar o gnômon ou esperar condições melhores, ajudaram a resolver esses problemas. *BMD* afirmou: *"Tivemos que ajustar o gnômon várias vezes para garantir que a sombra estivesse reta e medir com mais precisão."*

Na pergunta sobre quais foram as diferenças observadas entre os valores medidos e os calculados teoricamente para a altura do Sol, os educandos notaram pequenas diferenças entre os valores medidos e os calculados, atribuídas principalmente a erros de medição e ao posicionamento dos instrumentos. O participante *SSPJ* explicou: *"Os valores eram próximos, mas algumas medições ficaram um pouco diferentes porque a sombra não estava perfeitamente alinhada."* Apesar disso, 76% dos alunos destacaram que a proximidade entre os resultados reforçou sua confiança nos conceitos aprendidos.

Uma pergunta foi feita aos estudantes sobre de que forma o conhecimento sobre a altura máxima do Sol pode ser aplicado em áreas como agricultura ou arquitetura. Uma parcela de 64% deles demonstraram compreender aplicações práticas do conhecimento, destacando como a altura do Sol influencia o planejamento agrícola e o design arquitetônico. Muitos mencionaram a importância de calcular a incidência solar para otimizar o crescimento de plantas e o conforto térmico de edifícios. O estudante *ICGS* afirmou: *"Na agricultura, saber a altura do Sol ajuda a entender como distribuir as plantações para aproveitar melhor a luz solar. Na arquitetura, é importante para criar sombras nos lugares certos."*

Na pergunta sobre o que mais surpreendeu os estudantes sobre a relação entre latitude, declinação solar e altura do Sol durante a atividade, 72% deles destacaram que a relação entre os três fatores foi vista como um dos aspectos mais surpreendentes pelas

conexões que estabelece entre geografia e astronomia. Muitos estudantes expressaram surpresa ao perceberem como a latitude determina a posição do Sol em diferentes locais. O participante *FMB* destacou: "*Achei incrível que, dependendo de onde estamos no planeta, o Sol nunca atinge o mesmo ponto no céu.*"

A análise textual discursiva das respostas dessa atividade destacou a construção progressiva de significados em torno dos conceitos astronômicos e suas aplicações práticas, culturais e históricas. Na problematização, os participantes reconheceram a importância do movimento solar para as culturas antigas, como base para o planejamento agrícola e festivais religiosos, e compreenderam a influência da inclinação terrestre nas variações sazonais do Sol.

Quadro 12 - Categorias e subcategorias elencadas das respostas dos estudantes ao questionário da atividade 4.

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS
<i>Importância do Sol para Sociedades Antigas</i>	<i>Uso do Sol para agricultura</i>
	<i>Uso do Sol para organização do tempo e rituais</i>
<i>Influência da Inclinação do Eixo Terrestre no Movimento Solar</i>	<i>Relação entre inclinação do eixo e estações do ano</i>
	<i>Impacto na duração dos dias</i>
<i>Aplicação do Conhecimento Solar em Diferentes Áreas</i>	<i>Uso na agricultura para otimização da produção</i>
	<i>Uso na arquitetura para aproveitamento energético</i>
<i>Compreensão da Diferença entre o Meio-Dia Solar e Convencional</i>	<i>Meio-dia solar como referência natural</i>
	<i>Influência da latitude e da declinação solar</i>
<i>Aplicação da Fórmula para Cálculo da Altura Solar</i>	<i>Representação matemática da variação solar</i>
	<i>Relação entre latitude e declinação solar</i>
<i>Desafios e Soluções na Medição da Sombra</i>	<i>Problemas de precisão na medição</i>
	<i>Influência de fatores externos</i>
<i>Discrepâncias entre Medidas e Cálculos</i>	<i>Pequenas variações e precisão dos cálculos</i>

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS
	<i>Influência de fatores externos</i>
<i>Reflexões sobre Latitude, Declinação Solar e Altura do Sol</i>	<i>Compreensão da influência da latitude</i>
	<i>Aplicação prática do conhecimento geográfico e astronômico</i>

Na primeira pergunta, que investigou a importância do conhecimento sobre o movimento do Sol para culturas antigas, emergiu a categoria *Importância do Sol para Sociedades Antigas*. Os estudantes destacaram, na subcategoria *Uso do Sol para agricultura*, que *"a compreensão do movimento do Sol era vital para determinar os melhores períodos para o plantio (ALPS)"*. Além disso, na subcategoria *Uso do Sol para organização do tempo e rituais*, relataram que *"as civilizações antigas utilizavam a posição do Sol para prever mudanças sazonais e planejar festivais (ALQG)"*. Esses relatos indicam a compreensão, por parte dos estudantes, do impacto do conhecimento astronômico no desenvolvimento social e econômico dessas culturas.

A segunda pergunta abordou a influência da inclinação do eixo terrestre sobre a altura do Sol, gerando a categoria *Influência da Inclinação do Eixo Terrestre no Movimento Solar*. Em *relação entre inclinação do eixo e estações do ano*, os estudantes afirmaram que *"a inclinação do eixo terrestre é responsável pelas estações do ano e afeta a altura do Sol (BMD)"*. Já na subcategoria *Impacto na duração dos dias*, apontaram que *"a inclinação da Terra resulta em diferentes ângulos de incidência solar ao longo do ano (CESS)"*. Esses relatos demonstram uma compreensão consolidada sobre a relação entre a posição da Terra e as variações sazonais.

Na terceira pergunta, que questionou a aplicação prática do conhecimento sobre a altura do Sol, emergiu a categoria *Aplicação do Conhecimento Solar em Diferentes Áreas*. Os estudantes destacaram, na subcategoria *Uso na agricultura para otimização da produção*, que *"o conhecimento da altura do Sol ajuda a otimizar o crescimento das plantas e no planejamento da irrigação (AKLCS)"*. Já em *uso na arquitetura para aproveitamento energético*, mencionaram que *"a incidência solar é importante para maximizar a eficiência energética e influencia o design de edifícios sustentáveis (AFS)"*. As respostas evidenciam que os estudantes compreenderam a relevância do conhecimento astronômico para a sustentabilidade.

A quarta pergunta abordou a diferença entre o meio-dia solar e o meio-dia do relógio, resultando na categoria *Compreensão da Diferença entre o Meio-Dia Solar e Convencional*. Em *Meio-dia solar como referência natural*, os estudantes explicaram que "o meio-dia solar ocorre quando o Sol está no ponto mais alto, enquanto o meio-dia do relógio é uma convenção fixa (JESF)". Já na subcategoria *Influência da latitude e da declinação solar*, destacaram que "a latitude influencia o cálculo do meio-dia solar, tornando-o mais preciso para aplicações agrícolas (RDS)". Essas respostas indicam que os estudantes assimilaram as diferenças entre tempo astronômico e tempo convencional.

A quinta pergunta questionou a aplicação da fórmula $H = 90^\circ - |\lambda \pm \delta|$ para o cálculo da altura do Sol, gerando a categoria *Aplicação da Fórmula para Cálculo da Altura Solar*. Em *Representação matemática da variação solar*, os estudantes afirmaram que "a fórmula mostra como a posição geográfica afeta a altura do Sol e sua variação ao longo do ano (BMD)". Já na subcategoria *Relação entre latitude e declinação solar*, explicaram que "a latitude influencia diretamente a altura máxima do Sol (FMB)". Os relatos demonstram a capacidade dos estudantes de utilizar ferramentas matemáticas para prever fenômenos naturais.

Na sexta pergunta, que explorou os desafios encontrados na atividade prática, emergiu a categoria *Desafios e Soluções na Medição da Sombra*. Na subcategoria *Problemas de precisão na medição*, os estudantes relataram que "a instabilidade do gnômon dificultou a medição precisa (ALPS)". Já em *Influência de fatores externos*, afirmaram que "as condições climáticas mudaram rapidamente, dificultando a medição (FMB)". Essas respostas evidenciam que os estudantes enfrentaram desafios típicos da experimentação científica e buscaram soluções para minimizá-los.

Na sétima pergunta, que investigou as diferenças observadas entre os valores medidos e os calculados teoricamente para a altura do Sol, emergiu a categoria *Discrepâncias entre Medidas e Cálculos*. Os estudantes destacaram dois aspectos principais: a precisão dos cálculos e a influência de fatores externos. Na subcategoria *Pequenas variações e precisão dos cálculos*, muitos relataram que as diferenças foram mínimas, reforçando sua confiança nos conceitos aprendidos. Um estudante afirmou: "A variação de 2 graus foi pequena, o que reforçou minha confiança nos cálculos (FMB)", enquanto outro destacou: "Notamos que a diferença entre os valores medidos e os calculados foi de apenas 2 graus, o que me deixou confiante nos conceitos (ALPS)". Já na subcategoria *Influência de fatores externos*, alguns mencionaram dificuldades que comprometeram a precisão das medições, como mudanças climáticas repentinas e problemas na calibração dos instrumentos. Um estudante observou:

"As condições climáticas mudaram rapidamente, dificultando a medição (FMB)", enquanto outro destacou: "A falta de um nível adequado fez com que o gnômon não ficasse reto (ICGS)".

Na oitava e última pergunta, que explorou o que mais surpreendeu os estudantes sobre a relação entre latitude, declinação solar e altura do Sol, emergiu a categoria *Reflexões sobre Latitude, Declinação Solar e Altura do Sol*. A subcategoria *Compreensão da influência da latitude* revelou o impacto que esse fator tem sobre a posição do Sol e suas variações sazonais. Um estudante expressou sua surpresa ao afirmar: *"Fiquei surpreso ao perceber como a latitude influencia a posição do Sol em diferentes locais (JGGF)",* enquanto outro reforçou: *"A influência da latitude na posição do Sol foi uma das partes mais surpreendentes da atividade (VHDB)".* Já na subcategoria *Aplicação prática do conhecimento geográfico e astronômico*, alguns estudantes destacaram que a atividade os ajudou a perceber, de forma concreta, a interconexão entre astronomia e geografia. Um deles declarou: *"A relação entre os três fatores me fez ver a importância da geografia na astronomia (VGSD)",* enquanto outro enfatizou: *"A relação entre os movimentos do Sol e a sombra foi o que mais me impactou. É incrível como conceitos simples funcionam (ICGS)".*

6.6 UMA ANÁLISE À LUZ DE PAULO FREIRE

A análise dos resultados obtidos na aplicação do produto educacional "Cosmos em Foco" revela possibilidades de aproximação com algumas das ideias de Paulo Freire, discutidas no Capítulo 4. A abordagem freireana, centrada na dialogicidade, na práxis e na transformação da curiosidade ingênua em epistemológica, foi percebida em algumas das respostas e no engajamento dos estudantes ao longo das atividades propostas.

Os três momentos pedagógicos (Delizoicov, Angotti & Pernambuco, 2002) — problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação dos conhecimentos — desempenharam um papel importante nesse processo de (re)construção de aprendizagens, alinhando-se à proposta freireana de uma educação problematizadora de situações concretas e vivenciáveis. Na etapa de problematização, os estudantes foram desafiados a refletir sobre questões presentes em seu cotidiano como por exemplo, ao questionar por que determinadas culturas precisavam compreender o movimento do Sol, os levando assim a reconhecer a importância do conhecimento astronômico para a organização social e agrícola. Esse momento inicial foi crucial para despertar a curiosidade ingênua, elemento este essencial para o engajamento no processo de aprendizagem (Freire, 1987).

Na etapa de organização do conhecimento, os estudantes tiveram a oportunidade de sistematizar e aprofundar as informações oriundas de suas vivências e os conceitos físicos apresentados. O uso de ferramentas como o software Stellarium, a construção de mapas celestes e relógios solares permitiu que os estudantes visualizassem na prática ideias até então abstratas, promovendo a práxis através de uma reflexão sobre a prática. Essa abordagem prática e reflexiva (práxis), aliada à reflexão teórica, reforçou a importância das interações entre teoria e prática no processo de aprendizagem, conforme defendido por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002).

Na etapa da aplicação dos conhecimentos, os estudantes puderam manusear instrumentos para observação do céu através de atividades práticas, como a determinação da altura do Sol e a observação de constelações. Essas experiências não apenas consolidaram os conceitos trabalhados, mas também permitiram que os estudantes refletissem sobre a aplicabilidade desses conhecimentos em diferentes contextos, como na agricultura e na arquitetura. Essa conexão entre o conhecimento científico e suas vivências práticas reforçou a relevância do aprendizado e contribuiu para a construção de uma visão mais crítica e reflexiva.

A dialogicidade, um dos pilares da pedagogia freireana, manifestou-se de forma clara nas interações entre os estudantes e o professor ao longo das atividades. Segundo Freire (1987), ela é essencial para uma educação libertadora, ao valorizar o diálogo como uma prática ética e política. Por meio desse processo, educadores e educandos constroem coletivamente o conhecimento, rompendo com a lógica da educação bancária e promovendo a conscientização, o respeito mútuo e a emancipação dos sujeitos envolvidos.

Os questionários aplicados revelaram que os alunos se perceberam como participantes ativos no processo de aprendizagem, especialmente durante as discussões iniciais e nas atividades práticas. Exemplos disso foram a construção da luneta e a elaboração dos mapas celestes, momentos em que os estudantes destacaram a importância da interação colaborativa com os colegas para superar desafios técnicos e consolidar os conceitos teóricos. Essa troca de saberes, com o professor atuando como mediador e os estudantes assumindo o protagonismo, reflete a perspectiva freireana de que o conhecimento é construído de forma coletiva (Freire, 1987; Chiarella et al., 2015).

A práxis, entendida como a reflexão sobre a prática, foi um elemento central nas atividades desenvolvidas. Freire (1987) defende que a educação deve ser um processo de ação-reflexão-ação, onde o conhecimento é constantemente reconstruído a partir da experiência vivenciada (Freire, 1987; Schivani, 2010). Os estudantes relataram que a

aplicação prática dos conceitos teóricos, como a construção de instrumentos de observação e a medição da altura do Sol, foi fundamental para a compreensão dos fenômenos astronômicos. A atividade de construção da luneta, por exemplo, permitiu que os alunos vivenciassem os princípios da óptica de forma concreta, conectando o aprendizado teórico à observação direta do céu. .

A transição da curiosidade ingênua para a epistemológica, outro conceito chave na pedagogia freireana, foi observada ao longo das atividades. Freire (1996) destaca que a curiosidade ingênua, caracterizada por uma visão primeira dos fenômenos, deve evoluir para uma curiosidade epistemológica durante os processos educativos, que busca compreender de forma crítica e reflexiva. Inicialmente, os estudantes demonstraram um interesse superficial pelos fenômenos astronômicos, mas, à medida em que participavam das atividades práticas e refletiam sobre os resultados, essa curiosidade se transformou em uma busca por compreensão mais profunda. Por exemplo, ao utilizar a luneta para observar a Lua e as estrelas, os alunos não apenas se maravilharam com os detalhes visíveis (curiosidade ingênua), mas também questionaram como esses fenômenos poderiam ser explicados com conceitos físicos e astronômicos. Essa evolução da reflete o processo de conscientização proposto por Freire, onde os estudantes passam de uma visão ingênua do mundo para uma postura crítica e investigativa (Freire, 1996; Schivani, 2010).

A autonomia dos estudantes foi outro aspecto destacado nas respostas. Freire (1987) enfatiza que a educação deve promover a autonomia dos educandos, em que a busca pelo saber deva fazer parte constante da libertação das amarras opressoras da sociedade. Ao construir seus próprios instrumentos de observação, os estudantes tiveram de adotar uma postura mais autônoma frente ao seu aprendizado, buscando habilidades de manuseio e construção de equipamento, assim como o trabalho em equipe. Essa autonomia, aliada à reflexão crítica, permitiu que os estudantes se tornassem agentes ativos no processo de construção do conhecimento, superando suas posições como receptores da educação bancária, conforme proposto por Freire. A atividade de medição da altura do Sol, por exemplo, exigiu que os estudantes aplicassem conceitos matemáticos e físicos de forma independente, reforçando a ideia de que a educação deve capacitar os estudantes a intervir criticamente na realidade (Freire, 1987; Chiarella et al., 2015).

Já em relação à contextualização social e política do conhecimento, foi abordada nas discussões sobre o impacto da astronomia na história e na cultura. Freire (1987) defende que o conhecimento deve ser contextualizado, conectando-se às realidades sociais e políticas dos educandos. Os estudantes refletiram sobre como o conhecimento astronômico foi

utilizado por civilizações antigas para organizar suas atividades agrícolas, religiosas e sociais, e como esse conhecimento continua a influenciar áreas como a agricultura, a arquitetura e a exploração espacial. Essa abordagem permitiu que os alunos compreendessem a astronomia não apenas como uma ciência abstrata, mas como um campo de conhecimento com implicações práticas e sociais, conectando o aprendizado científico à sua realidade cotidiana (Freire, 1987; Teixeira, 2013).

Os resultados das atividades do produto educacional "Cosmos em Foco" demonstraram ser possível estabelecer algumas relações entre as ideias freireanas no ensino de astronomia observacional. A dialogicidade, a práxis, a transição de uma curiosidade ingênua para a epistemológica, além do despertar da autonomia dos estudantes, foram elementos-chave que contribuíram para o engajamento e a compreensão dos fenômenos astronômicos através de uma perspectiva freireana.

A transição da curiosidade ingênua para a epistemológica, observada ao longo das atividades, reforçou a importância de uma educação que valoriza a experiência prática e a construção coletiva e autônoma do conhecimento, conforme proposto por Freire (1987). Em síntese, o produto educacional "*Cosmos em Foco*" não apenas alcançou seus objetivos pedagógicos, mas também contribuiu para a formação de estudantes mais críticos e engajados com a astronomia, consolidando-se como uma proposta educacional alinhada aos ideais de uma educação transformadora e libertária .

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação teve como objetivo elaborar, aplicar e avaliar um produto educacional que buscou trabalhar conceitos de física por meio de atividades de astronomia observacional, seguindo uma abordagem metodológica fundamentada na metodologia dos Três Momentos Pedagógicos e nas ideias freireanas.

Ao longo dos capítulos, foram discutidos aspectos históricos, físicos e educacionais que justificam a relevância da astronomia observacional como tema central do nosso produto, destacando seu potencial para despertar a curiosidade epistemológica e problematizar a curiosidade ingênua.

No Capítulo 1, abordou-se a importância da observação, tanto na filosofia quanto na ciência e no ensino de Ciências. A observação, quando contextualizada e problematizada, pode ajudar os estudantes a transcenderem a curiosidade ingênua sobre o céu e os fenômenos astronômicos, desenvolvendo uma compreensão mais profunda e crítica do que observam e dos métodos de observação. Essa reflexão inicial serviu como base para nossa proposta de atividades práticas, que valorizam a observação como forma de engajar os estudantes no processo de aprendizagem.

O Capítulo 2 explorou a evolução histórica da observação astronômica, desde as práticas de civilizações antigas até as práticas modernas, resultantes dos avanços tecnológicos nos métodos e instrumentos de observação. Essa retrospectiva histórica não apenas destacou o papel da astronomia observacional no desenvolvimento da humanidade, como também evidenciou o potencial da observação do céu como ferramenta poderosa para o ensino de física.

No Capítulo 3, foram discutidas as fundamentações físicas da astronomia observacional, com ênfase na natureza da luz, nos instrumentos de observação e nas escalas astronômicas. Esses conceitos foram essenciais para embasar as atividades práticas propostas, permitindo que os estudantes compreendessem os princípios científicos por trás dos fenômenos observados e dos instrumentos utilizados. A integração entre teoria e prática foi um elemento central, reforçando a importância de uma abordagem que vá além da simples transmissão de conteúdos teóricos.

O Capítulo 4 apresentou a pedagogia freireana como referencial teórico para a proposta educacional, destacando conceitos como dialogicidade, práxis, curiosidade epistemológica e processos de humanização dos sujeitos. A abordagem freireana mostrou-se

especialmente relevante para conectar os fenômenos astronômicos à realidade dos estudantes, incentivando uma compreensão crítica e humanizadora.

No Capítulo 5, detalhamos a metodologia adotada na pesquisa, com ênfase nos Três Momentos Pedagógicos, o que permitiu que as atividades fossem planejadas de forma a engajar os estudantes em cada etapa do processo de aprendizagem, desde a problematização sobre os fenômenos observáveis até a aplicação prática dos conceitos trabalhados. A integração entre teoria e prática foi um dos pilares dessa abordagem, reforçando a importância de uma educação que valorize a experiência concreta e a reflexão crítica sobre ela.

Nosso produto educacional envolveu atividades práticas, como a construção de lunetas de baixo custo, a confecção de mapas celestes e a medição de coordenadas espaciais, entre outras. Essas atividades buscaram integrar conteúdos teóricos a práticas que estimulassem uma percepção mais crítica sobre os fatores que dificultam a observação do céu, como o impacto da poluição luminosa.

Os resultados das atividades do produto educacional “*Cosmos em foco: atividades de astronomia observacional para o ensino médio em tempo integral*” foram apresentados no Capítulo 6. A análise dos questionários revelou um alto nível de engajamento por parte dos estudantes, e um dos pontos altos da pesquisa foi a articulação entre teoria e prática, que permitiu aos alunos vivenciarem os conteúdos de forma contextualizada. Essa integração reforça a ideia de que a prática educativa deve ir além da simples transmissão de conhecimentos teóricos, promovendo uma reflexão constante sobre a própria prática.

Ademais, a construção e a utilização de instrumentos pelos próprios estudantes, utilizando materiais de baixo custo e de fácil acesso, demonstraram ser uma alternativa viável para superar as limitações estruturais que não se restringem às escolas públicas do Rio Grande do Norte, mas que estão presentes em grande parte das escolas públicas do país.

Apesar dos avanços alcançados, nossa pesquisa também enfrentou desafios. A resistência inicial de alguns estudantes frente a atividades que demandavam maior engajamento, bem como as dificuldades em relacionar conceitos abstratos com fenômenos concretos observáveis, indicaram a necessidade de um aprofundamento maior na análise dos resultados das atividades.

Seria relevante que outras pesquisas semelhantes investigassem as contribuições de atividades práticas de observação astronômica para o desenvolvimento de uma postura crítico-reflexiva, superando a curiosidade ingênua e abrindo caminhos para uma curiosidade epistemológica.

Uma possível perspectiva em relação ao trabalho apresentado é a ampliação de sua aplicabilidade para além do ensino médio em tempo integral, explorando sua adaptação a diferentes contextos educacionais, como escolas do Ensino Fundamental ou programas de Educação de Jovens e Adultos (EJA). Ainda que tenham sido desenvolvidas atividades de observação diurna, a abordagem baseada na observação pode ser integrada e adaptada a outras propostas de observação do céu noturno.

Por fim, almejamos que futuras pesquisas possam aprofundar a relação entre a astronomia observacional e o desenvolvimento do pensamento crítico, investigando de que forma diferentes estratégias didáticas podem contribuir para a superação da curiosidade ingênua e o estímulo à curiosidade epistemológica. Dessa forma, nosso trabalho não apenas reforça a importância da educação científica como instrumento de emancipação, mas também abre caminhos para novas investigações que queiram se debruçar sobre esse tema.

REFERÊNCIAS

- ABBAGNANO, N. *Dicionário de filosofia*. São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- ALMEIDA, J. L. V.; OLIVEIRA, E. M.; ARNONI, M. E. B.; ALCÂNTARA, L. A.; FREIXO, A. A. O céu noturno como cenário do tempo: uma possibilidade para o ensino de astronomia. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, v. 11, n. 1, p. 70-85, 2016. DOI: 10.14483/udistrital.jour.gdla.2016.v11n1.a5.
- ARAUJO, J. L.; PICAZZIO, E. Implicações da poluição luminosa nas áreas das ciências e da sociedade. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 7, n. 12, p. 105–119, 2021. DOI: 10.51891/rease.v7i12.3449. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/3449>. Acesso em: 5 dez. 2024.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Traduzido por Luís Antero Reto; Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora, 1994.
- BORGES, C.; RODRIGUES, C. Astronomia: breve história, principais conceitos e campos de atuação. *Brazilian Applied Science Review*, v. 6, p. 545-577, 2022. DOI: 10.34115/basrv6n2-013.
- BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular: ensino médio*. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2019.
- BEDAQUE, P.; BRETONES, P. S. Variação da posição de nascimento do Sol em função da latitude. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 38, n. 3, e3307, 2016. DOI: 10.1590/1806-9126-RBEF-2015-0023.
- CANIATO, R. *(Re)descobrimo a Astronomia*. 2. ed. Campinas: Átomo, 2013.
- CARROLL, A.O; OSTLIE, D.A. *An Introduction to Modern Astrophysics*. 02 ed. Person International Edition, 2017.
- CARUSO, F. O universo da luz. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 42, e20200250, 2020.
- CARVALHO, A. M. P. *Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, T. F. G. *Da divulgação ao ensino: um olhar para o céu*. 2016. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- CHALMERS, A. F. *O que é ciência, afinal?* São Paulo: Brasiliense, 1993.
- CHIARELLA, T. et al. A pedagogia de Paulo Freire e o processo ensino-aprendizagem na educação médica. *Revista Brasileira de Educação Médica*, v. 39, n. 3, p. 418–425, 2015. DOI: 10.1590/1981-52712015v39n3e02062014.

COSTA, A. L. P. *Softwares e aplicativos para o ensino de astronomia e suas possibilidades interativas: um guia didático para professores*. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Astronomia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2022.

DE FREITAS, N.; VIEIRA, P. E. O ensino de astronomia por meio da metodologia de aprendizagem cooperativa Jigsaw: uma possibilidade de enculturação científica no ensino de física. *Revista Insignare Scientia*, v. 6, n. 6, p. 102-124, 2023.

DARROZ, L. M.; SANTOS, F. M. T. dos. Astronomia: uma proposta para promover a aprendizagem significativa de conceitos básicos de astronomia na formação de professores em nível médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 30, n. 1, p. 104–130, 2013. DOI: 10.5007/2175-7941.2013v30n1p104.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. *Ensino de ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Cortez, 2002.

EISBERG, R; RESNICK, R. *Física Quântica*, Editora Campus, 27 Edição (1979).

FERREIRA, R. de C.; CAJUEIRO, D. D. da S. *Astronomia na Educação Básica por meio de práticas pedagógicas aliadas à BNCC: um relato de experiência*. *Vitruvian Cogitationes*, [S. l.], v. 4, n. extra, p. 259–275, 2023. DOI: 10.4025/rvc.v4iextra.70786. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/vitruvian/index.php/revisvitruscogitationes/article/view/70786>. Acesso em: 12 dez. 2024.

FEYERABEND, P. K. *Contra o método*. São Paulo: Editora UNESP, 2007.

FORÇA, A. C.; ALVES, V. C.; QUINTILIO, M. S. V.; PEREZ, E. P. A evolução dos instrumentos de observação astronômica e o contexto histórico-científico. Secretaria de Estado da Educação do Paraná. *Astronomia: um histórico*. Educadores Dia a Dia, out. 2012. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/outubro_2012/artigos_ciencias/astro_nia_historico.pdf. Acesso em: 23 set. 2024.

FREIRE, P. *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1987

_____. *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREITAS, A. L. S. de; FORSTER, M. M. dos S. Paulo Freire na formação de educadores: contribuições para o desenvolvimento de práticas crítico-reflexivas. *Educar em Revista*, n. 61, p. 55–70, 2016. DOI: 10.1590/0104-4060.47206.

FOUREZ, G. *A Construção das Ciências: Introdução à Filosofia e à Ética das Ciências*. São Paulo: Editora Unesp, 1995.

GADOTTI, M.; ROMÃO, J. E. (Org.). *Autonomia da escola: princípios e propostas*. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2004.

GAMA, L. D.; HENRIQUE, A. B. Astronomia na sala de aula: por quê? *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA*, n. 9, p. 7–15, 2010.

GAVA, A. O empirismo construtivo, a distinção entre observar e observar que e a intencionalidade. *Trans/Form/Ação: Revista de Filosofia da Unesp*, v. 39, n. 3, 2023. Disponível em: <https://revistas.marilia.unesp.br/index.php/transformacao/article/view/6261>. Acesso em: 10 ago. 2024.

GAYA, A. *Projetos de Pesquisa Científica e Pedagógica: o desafio da iniciação científica*. Belo Horizonte: Instituto Casa da Educação Física, 2016.

GESTEIRA, H. M. O astrolábio, o mar e o império. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, v. 21, n. 3, p. 1011-1027, jul./set. 2014.

GIACOMINI, A.; MUENCHEN, C. Os três momentos pedagógicos como organizadores de um processo formativo: algumas reflexões. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 15, n. 2, p. 339–355, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4317>.

GHILARDI CANCIAN, Q.; DE TONI ALVES, D.; MESQUITA, E.; GONÇALVES, V. Diálogo entre saberes no Ensino de Ciências: Astronomia Cultural e Educação Científica Humanizadora na formação de estudantes da Pedagogia. *Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática*, [S. l.], p. e024006, 2024. Disponível em: <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/revin/article/view/1749>. Acesso em: 27 mar. 2025.

GRIFFITHS, D. J. *Introduction to Electrodynamics*. 4rd ed. Pearson, 2017.

HALLIDAY, D.; WALKER, J.; RESNICK, R. *Fundamentos de física*. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

HANSEN, T. *Ensino de ecossistemas: uma proposta de abordagem contextualizada para o ensino médio*. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física e de Matemática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021.

HECHT, E. *Optics*. 5 ed. Pearson, 2017.

HUAMAN, R. P. M.; LEITE, C. *Justificativas Para a Inserção de Atividades de Observação do Céu na Educação Básica: Um Olhar Para Eventos da Área*. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (ENPEC), 12., 2021. Anais. Campina Grande/PB: Editora Realize, 2021. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/enpec/2021/TRABALHO_COMPLETO_EV155_MD1_SA101_ID1439_09082021194416.pdf. Acesso em: 15 ago. 2024

IACHEL, G., CONTI, L., & PIRATELO, M. V. M. (2022). *UM ESTUDO SOBRE OS CONTEÚDOS PRESENTES NAS DISCIPLINAS DE ASTRONOMIA NA FORMAÇÃO SUPERIOR DE FÍSICOS EM UNIVERSIDADES FEDERAIS E ESTADUAIS DO BRASIL*. Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências (belo Horizonte), 24, e36642. <https://doi.org/10.1590/1983-21172022240114>

Kaschny, J. R. Tipos e Montagens de Telescópios. IFBA - Vitória da Conquista. Notas de Aula, maio 2011. Disponível em: <https://physika.info/site/documents/telescopios.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2025.

KEPLER, S. O.; SARAIVA, M. F. O. *Astronomia e Astrofísica*. Porto Alegre: UFRGS, 2014. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/livro.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2024.

- KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. 12. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.
- LEONTIEV, A.N. *Actividad, Conciencia y Personalidad*. Ediciones Ciencias del Hombre. Buenos Aires: Argentina, 1978.
- LANGHI, R; NARDI, R. *Justificativas para o ensino de Astronomia: o que dizem os pesquisadores brasileiros?*. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 14, n. 3, p. 041–059, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4292>. Acesso em: 27 mar. 2025.
- LAS CASAS, R. *Os primeiros telescópios*, Cad. Astro., vol. 1, nº 1, p. 91–98, jul. 2020.
- LIMA, J. A. S., & SANTOS, R. C.. (2019). *Do Eclipse Solar de 1919 ao Espetáculo das Lentes Gravitacionais*. Revista Brasileira De Ensino De Física, 41, e20190199. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0199>.
- LIMA DOS SANTOS et al. *Astronomia: suas contribuições para o ensino e aprendizagem em física e nas observações espaciais*. Open Science Research, v. 4, 2022. ISBN 978-65-5360-141-3.
- LEITE, C., HUAMAN, R. P. M., SILVA, A. C., & SANTOS, R. G. (2021, setembro). *Importância e justificativas para o ensino de Astronomia na Educação Básica: Um olhar para as pesquisas*.
- LIMA, A. B. S. *Astronomia no ensino de ciências: a construção de uma sequência didático-pedagógica a partir da análise dos livros didáticos de ciências*. 2018. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2018.
- LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. *Alfabetização científica no contexto das séries iniciais*. Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências, v. 3, n. 1, jun. 2001.
- _____. *A natureza da ciência e a educação científica em espaços não formais*. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 1, n. 1, p. 43-59, 2001.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. *A pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2013.
- MACIEL, W. J. *Astronomia e Astrofísica*. São Paulo: IAG/USP, 1991. ISBN 85-85047-05-4.
- MARÇAL, J. (Org.). *Antologia de Textos Filosóficos*. Curitiba: SEED – PR, 2009. 736 p.
- MARCONI, M.; LAKATOS, E. *Fundamentos de metodologia científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003
- MARTINS, A. P. B.; PORTO, M. B. D. S. M. *A luz, sua história e suas tecnologias: curso de atualização para professores da educação básica*. Rio de Janeiro: Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira – CAP/UERJ, 2018.
- MARQUES, J. R. *A POLUIÇÃO LUMINOSA E A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA*. Revista Em Tempo, [S.l.], v. 21, n. 2, p. 125 - 135, aug. 2022. ISSN 1984-7858. Disponível em: <<https://revista.univem.edu.br/emtempo/article/view/3451>>. Acesso em: 05 dec. 2024. doi: <https://doi.org/10.26729/et.v21i2.3451>.
- MATSUURA, O. T. *História da Astronomia no Brasil*. v. 2. Recife: CEPE, 2014.

- MENDONÇA, A. W. (Org.). *Metodologia para Estudo de Caso*. Palhoça: UnisulVirtual, 2014.
- MILONE, A. C. *Apostila Completa CIAA 2018*. São José dos Campos: INPE, 2018. 244 p. Disponível em: http://www.inpe.br/ciaa2018/arquivos/pdfs/apostila_completa_2018.pdf. Acesso em: 01 abr. 2024.
- MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. *Análise textual discursiva*. 3. ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2016.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead: Open University Press, 2003.
- MOURA, B. A.; FORATO, T. C. M. (Org.). *Histórias das ciências, epistemologia, gênero e arte: ensaios para a formação de professores*. São Bernardo do Campo: Editora UFABC, 2017. 268 p. ISBN 978-85-68576-84-7. DOI: 10.7476/9788568576847.
- P. MUNHOZ, Deisy; STEIN-BARANA, Alzira C. M.; LEME, Cristiane Sommer. *Localizando pedacinhos do céu: constelações em caixas de suco*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, [S. l.], v. 29, n. 1, p. 130–144, 2012. DOI: 10.5007/2175-7941.2012v29n1p130. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29n1p130>. Acesso em: 23 set. 2024.
- NETO, G. B. L. *Astronomia de Posição: Notas de Aula*. São Paulo: USP, 2021.
- NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física Básica: Ótica, Relatividade, Física Quântica*, v. 4. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1998
- OLIVEIRA, F. A.; LANGHI, R. *Educação em Astronomia: investigando aspectos de conscientização socioambiental sobre a poluição luminosa na perspectiva da abordagem temática*. Ciênc. Educ., Bauru, v. 20, n. 3, p. 653-670, 2014
- OLIVEIRA, E.; LEITE, C. *Multiculturalismo na educação básica: uma análise da astronomia cultural nos livros didáticos de física aprovados no PNLD 2018*. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 17., 2018. Anais... São Paulo: SBF, 2018.
- OLIVEIRA, E. & Ens, Romilda & Andrade, Daniela & De Muis, Carlo. (2003). *Análise de Conteúdo e Pesquisa na área de educação*. Revista Diálogo Educacional, Curitiba. 4. 11-27. 10.7213/rde.v4i9.6479.
- OLIVEIRA, L. C. R. de ., GENOVESE, L. G. R., Carvalho, W. L. P. de ., & GENOVESE, C. L. de C. R.. (2023). *O conceito de dialogicidade de Paulo Freire e as questões sociocientíficas na formação de professores dos anos iniciais sobre a presença de água no Sistema Solar: Ciência & Educação (bauru)*, 29, e23052. <https://doi.org/10.1590/1516-731320230052>
- PEDUZZI, L. O. Q.; RAICIK, C. *Um resgate histórico-epistemológico da observação científica: implicações ao ensino de ciências*. Alexandria: Revista de Educação em Ciências e Tecnologia, v. 16, n. 1, p. 129-156, maio 2023. DOI: 10.5007/1982-5153.2023.e86624.
- PEIXOTO, D. *Astronomia como disciplina integradora para o ensino de Ciências*. Campinas/SP, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, 2018. 129p. Tese de Doutorado.

PORTO, C. M. *Panorama geral da obra astronômica de Kepler*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 3, 3601, 2015.

PORTO, C. M.; PORTO, M. B. D. S. M. *Uma visão do espaço na mecânica newtoniana e na teoria da relatividade de Einstein*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 1, p. 1603.1-1603.8, 2008. DOI: 10.1590/S1806-11172008000100017.

PREZENSZKY, B. C.; MELLO, R. R. de. *Pesquisa bibliográfica em educação: análise de conteúdo em revisões críticas da produção científica em educação*. Revista Diálogo Educacional, [S. l.], v. 19, n. 63, p. 1569–1595, 2019. DOI: 10.7213/1981-416X.19.063.AO01. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/dialogoeducacional/article/view/25221>. Acesso em: 23 set. 2024.

RAFFA, R. *Introduzindo o ensino da astronomia através da astronomia observacional*. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2020.

RODRIGUES, M. D. S., & LEITE, C. *Astronomia Cultural: análise de materiais e caminhos para a diversidade nas aulas de ciências da natureza*. Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências (belo Horizonte), 22, 2020. e15812. <https://doi.org/10.1590/1983-21172020210112>

ROSA, C. W.; ROSA, Á. B. *O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais*. Revista Iberoamericana de Educación, n. 58, v. 2. 2012.

SANTIAGO, A. V. R. *O potencial da observação no ensino de astronomia: um estudo do conceito de energia*. São Paulo/SP, Universidade de São Paulo, USP, 2015. 103p. Dissertação de Mestrado.

SANTOS et al. *O estudo da natureza dual da luz no ensino médio*. Research, Society and Development, v. 11, n. 6, e56911629760, 2022.

SANTOS, A. R. *Metodologia científica: a construção do conhecimento*. 5. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2002.

SANTOS, B. de S. *Um discurso sobre as ciências*. 7. ed. São Paulo: Cortez, 2008.

SEEC/RN. *Referencial Curricular do Ensino Médio Potiguar*. Natal: Secretaria de Educação, da Cultura, do Esporte e do Lazer do Rio Grande do Norte, 2021.

SILVA, L.H.de A.; ZANON, L.B. *A experimentação no ensino de Ciências*. In: SCHNETZLER, R.P.; ARAGÃO, R.M.R. *Ensino de Ciências: Fundamentos e Abordagens*. Piracicaba: CAPES/UNIMEP, 2000. 182 p.

SCHIVANI, M. *Educação não formal no processo de ensino e difusão da Astronomia: ações e papéis dos clubes e associações de astrônomos amadores*. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Instituto de Física, Depto. de Física Experimental. São Paulo, 2010.

SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W. *Princípios de Física*, v. 1. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

SEVERINO, A. J. *A busca do sentido da formação humana: tarefa da Filosofia da Educação*. Educação e Pesquisa, v. 32, n. 3, p. 619-634, 2006. DOI: 10.1590/S1517-97022006000300013.

SILVA, C. D. C.; BINOTI, V. H. N.; DILEM, B. B. *Estrelas: propriedades e ciclo de vida*. Cadernos de Astronomia, v. 4, n. 1, p. 143-155, 2023. DOI: 10.47456/Cad.Astro.v4n1.39886. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/astro/article/view/39886>. Acesso em: 2 abr. 2024.

SILVA, E. G.; ARAÚJO, M. L. C. V. *Guia didático para iniciantes em astronomia*. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Astronomia e Ciências Afins) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2022.

SILVA, M. P. C.; HETEM, J. G. *O estudo da luz: uma proposta para o ensino de astronomia*. Latin-American Journal of Physics Education, v. 16, n. 3, 2022.

SIMON, R. A. *Do geocentrismo à gravitação universal: proposta e implementação de uma sequência didática para o ensino médio*. 2016. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

SOBRINHO, A. A. *O Olho e o Céu: Contextualizando o Ensino de Astronomia no Nível Médio/RN*, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Ensino de Ciências Naturais e Matemática (Profissionalizante), 2005. 84p. Dissertação de Mestrado.

SOLER, D. *Astronomia no Currículo do Estado de São Paulo e nos PCN: um olhar para o tema Observação do Céu*. São Paulo/SP, Universidade de São Paulo, USP, 2012. 200p. Dissertação de Mestrado.

SOUZA, V. E. B. de.; VAZ DE MELLO, R. M. A. *Pensar, agir e se libertar: concepções da pedagogia freiriana para a educação*. Olhar de Professor, [S. l.], v. 23, p. 1–13, 2020. DOI: 10.5212/OlharProfr.v.23.2020.15423.209209225117.0515.

SOUSA, C. P. de; SANTOS, L. M. dos; SILVA, M. C. da. *Publicação em periódicos científicos: ética, qualidade e avaliação da pesquisa*. Cadernos de Pesquisa, v. 44, n. 151, p. 16-32, jan./mar. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cp/v44n151/1980-5314-cp-44-151-0016.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2021.

TEIXEIRA, E. S.; et al. *Os caminhos de Newton para a gravitação universal: uma revisão do debate historiográfico entre Cohen e Westfall*. Cadernos Brasileiros de Ensino de Física, v. 27, n. 2, p. 215-254, 2010.

TEIXEIRA, F. *Enfoque CTSA no ensino de astronomia: um olhar sobre a formação continuada de professores*. 2013. Disponível em: https://www2.ufjf.br/centrodeciencias/wp-content/uploads/sites/98/2023/03/2013_03-TEIXEIRA-Enfoque-CTSA-no-ensino-de-astronomia.pdf. Acesso em: 23 ago. 2024.

TOSSATO, C. R. *Tycho Brahe e a precisão das observações astronômicas*. Intelligere: Revista de História Intelectual, n. 13, jul. 2022.

TOSSATO, C. R.; MARICONDA, P. R. *O método da astronomia segundo Kepler*. Scientiæ Studia, v. 8, n. 3, p. 339-366, 2010.

UREL, David Éverton. *Paulo Freire e os três momentos pedagógicos*. Scientia Naturalis, Rio Branco, v. 4, n. 1, p. 49-59, 2022.

WAGA, I. *Cem anos de descobertas em cosmologia e novos desafios para o século XXI*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 27, n. 1, p. 157-173, 2005. DOI: 10.1590/S1806-11172005000100018.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. *Física IV: Ótica e Física Moderna*. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

ZANONE, Adelino. *Aprendizagem baseada em problema aplicada no ensino de astronomia para o ensino fundamental - séries finais*. 2018. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

ZANOTELLO, M.; MALAQUIAS, I. *Análise de uma abordagem histórica e conceitual para a gravitação universal: sentidos produzidos por estudantes em um curso de licenciatura*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 44, e20220126, 2022.

APÊNDICE - PRODUTO EDUCACIONAL



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
DEPARTAMENTO DE FÍSICA TEÓRICA E EXPERIMENTAL
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 51

Janilson Simões de Azevedo Filho

PRODUTO EDUCACIONAL

Cosmos em foco: atividades de astronomia observacional para o ensino médio em tempo integral

Natal/RN
2025

Janilson Simões de Azevedo Filho

Cosmos em foco: atividades de astronomia observacional para o ensino médio em tempo integral

Este produto educacional é parte integrante da dissertação *A astronomia observacional no ensino médio integral: uma proposta para o ensino de física*, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 51 – UFRN, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Flávia Polati Ferreira.

Natal/RN

2025

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter iluminado meu caminho ao longo desta jornada.

À minha querida esposa, Maria Patrícia de Araújo Souto Azevedo, pelo amor, apoio incondicional e paciência em todos os momentos. Aos meus filhos, Jan Pedro e Júlia Manuella, por serem minha maior inspiração e motivação para persistir e superar os desafios.

À minha orientadora, Prof^ª Dr^ª Flávia Polati Ferreira, por ter aceitado o convite de orientar esta pesquisa, dedicando seu tempo, conhecimentos e generosidade intelectual, fundamentais para a construção desta dissertação.

À Professora Dra. Tassiana Fernanda Genzini de Carvalho e ao Professor Dr. José Pedro da Silva Júnior, que participaram da banca de qualificação deste produto educacional, como examinadores externos à instituição, e que também deram muitas recomendações relevantes e esclarecedoras.

Aos docentes do Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Polo 51, pela excelência acadêmica, ensinamentos valiosos e contribuições ao meu desenvolvimento profissional e pessoal.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), código de financiamento 001, pelo apoio financeiro que tornou possível a realização deste trabalho.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização desta etapa, minha eterna gratidão.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	5
OBJETIVOS.....	7
GERAL.....	7
ESPECÍFICOS.....	7
ATIVIDADE 1 - CONSTRUÇÃO E USO DE LUNETAS COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO.	8
1. PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL.....	8
2. ORGANIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS.....	8
3. APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO - CONSTRUÇÃO DA LUNETAS.....	8
4. QUESTIONÁRIO AVALIATIVO.....	10
ATIVIDADE 2 - CONFECÇÃO E USO DE MAPAS CELESTES.....	12
1. PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL.....	12
2. ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	12
4. QUESTIONÁRIO AVALIATIVO.....	14
ATIVIDADE 3 - CONSTRUÇÃO DE RELÓGIO SOLAR DE PAPEL.....	15
1. PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL.....	15
2. ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	15
3. APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO - CONSTRUÇÃO DO RELÓGIO SOLAR.....	16
ATIVIDADE 4 - MEDIÇÃO DA ALTURA MÁXIMA DO SOL.....	18
1. PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL.....	18
2. ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	18
3. APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO - MEDIÇÃO DE SOMBRAS.....	19
4. QUESTIONÁRIO AVALIATIVO.....	20
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	21
REFERÊNCIAS.....	22
ANEXO A.....	24
ANEXO B.....	30
ANEXO C.....	36
ANEXO D.....	42

INTRODUÇÃO

A astronomia tem fascinado a humanidade desde os primórdios da civilização, sendo uma das ciências mais antigas e, ao mesmo tempo, um campo em constante evolução. A observação dos fenômenos celestes serviu como ponto de partida para o desenvolvimento de diversas áreas da ciência, especialmente a física, que busca compreender as leis que governam o universo.

No contexto educacional, integrar a astronomia ao ensino de física no ensino médio não apenas pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades conceituais e experimentais dos estudantes, mas também desperta o interesse pelo conhecimento científico ao relacionar fenômenos observáveis com os conteúdos curriculares.

O produto educacional desta produção acadêmica propõe uma abordagem interativa e significativa para o ensino de física, utilizando a astronomia observacional como base para o desenvolvimento de experimentos com instrumentos clássicos da astronomia. As atividades práticas, envolvendo o uso da luneta galileana, mapa celeste, relógio solar e medida da altura do sol para cálculo de latitude, irão explorar fenômenos astronômicos como o movimento aparente do Sol e das estrelas, a identificação de constelações e a medição do tempo e localização por meio da observação dos astros. Essa abordagem conecta o conhecimento teórico à prática, proporcionando uma experiência educacional rica e aplicada ao cotidiano dos alunos.

Além disso, o produto tem como objetivo suprir a lacuna frequentemente encontrada no ensino de física, em que a astronomia é tratada de maneira superficial. A inserção de atividades de observação astronômica, aliada ao componente experimental, não apenas amplia o conhecimento dos estudantes em relação aos fenômenos naturais, mas também fortalece sua compreensão de conceitos físicos fundamentais, como gravitação, óptica e movimento.

O enfoque diurno e noturno deste material visa proporcionar uma experiência completa de observação astronômica, aproveitando ao máximo as oportunidades de aprendizado ao longo do dia e da noite. Atividades diurnas, como o estudo do movimento do Sol e o uso de relógios solares, complementam a observação noturna de estrelas, planetas e constelações, possibilitando uma visão integrada do cosmos. Dessa forma, o estudante é estimulado a desenvolver uma postura investigativa, baseada na observação direta e no levantamento de hipóteses, que dialogam com os conteúdos de física trabalhados em sala de aula.

Este produto educacional, portanto, alinha-se às diretrizes contemporâneas do ensino de física, que valorizam a experimentação, ao mesmo tempo em que promove o desenvolvimento de competências essenciais, como o pensamento crítico, a análise de dados e a capacidade de relacionar teoria e prática. As atividades que serão desenvolvidas buscarão aliar a astronomia Observacional ao ensino de física, oferecendo aos estudantes do Ensino Médio em Tempo Integral recursos didáticos que facilitem a exploração prática de fenômenos astronômicos e enriqueçam suas aprendizagens.

Por fim, a proposta alinha-se aos princípios da pedagogia freireana, que valoriza o estudante como sujeito ativo no processo de construção do conhecimento. Seguindo a lógica dos Três Momentos Pedagógicos — problematização, organização do conhecimento e aplicação — o produto educacional convida os estudantes a refletirem criticamente sobre fenômenos astronômicos a partir de sua própria realidade e observações.

Na problematização, são instigados a levantar questões e hipóteses sobre os fenômenos observados, promovendo a curiosidade e o pensamento crítico. No momento de organização do conhecimento, integram suas experiências com os conceitos teóricos de física, construindo uma compreensão sólida e significativa. Finalmente, na aplicação dos conhecimentos, os estudantes utilizam o conhecimento adquirido para resolver problemas e interpretar novos fenômenos, consolidando suas aprendizagens.

Essa abordagem promove processos dialógicos e contextuais com os fenômenos astronômicos, em que o conhecimento é construído de forma colaborativa e conectado à realidade dos alunos, permitindo que eles assumam o protagonismo na interpretação do mundo físico e na compreensão do universo que os cerca.

OBJETIVOS

GERAL

Promover a compreensão dos fenômenos astronômicos e sua relação com os princípios da física por meio de atividades de observação astronômica, incentivando o protagonismo, o pensamento crítico e a contextualização do conhecimento pelos estudantes do Ensino Médio.

ESPECÍFICOS

- Incentivar os estudantes a desenvolverem habilidades de reflexão crítica, organização do conhecimento e aplicação prática, visando integrar conceitos de física com observações astronômicas e aplicar esse conhecimento para resolver problemas reais relacionados à astronomia.
- Desenvolver habilidades práticas na construção de instrumentos ópticos e aplicar os conceitos de lentes e formação de imagens para observação celeste.
- Identificar constelações e estrelas visíveis em diferentes períodos do ano, compreendendo a movimentação aparente do céu noturno.
- Construir um relógio solar com materiais de baixo curso para medir o tempo e entender conceitos referentes ao movimento aparente do Sol, associando-o às variações sazonais e ao conceito de rotação da Terra.
- Utilizar o um gnômon para medição da altura máxima do Sol ao meio-dia solar, na latitude local do observador.
- Superar a curiosidade ingênua e cultivar a curiosidade epistemológica dos fenômenos observáveis no céu.

ATIVIDADE 1 - CONSTRUÇÃO E USO DE LUNETAS COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO

A atividade prática de construção e uso de uma luneta permite aos estudantes explorar conceitos fundamentais de óptica geométrica, desenvolver habilidades manuais e entender a aplicação da ciência em instrumentos astronômicos. A proposta também oferece a oportunidade de construir um tripé de sustentação simples, utilizando materiais acessíveis, promovendo uma experiência completa e investigativa.

1. PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Os alunos serão convidados a refletir sobre questões como:

- “Como conseguimos observar objetos distantes, como a Lua ou planetas?”
- “Como funciona uma luneta e por que ela é importante para a astronomia?”

Tais questões e suas possíveis respostas podem trazer os conhecimentos que os estudantes já trazem sobre a prática de observação celeste e quais instrumentos podem ser utilizados para a realização de observações astronômicas.

2. ORGANIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS

Durante essa etapa, o professor pode introduzir a história da luneta usada e aperfeiçoada por Galileu Galilei, explicando como ela foi um importante artefato na astronomia observacional. O uso de lunetas e telescópios na história será explorado, destacando a revolução científica trazida por esses instrumentos ópticos.

Conceitos de óptica geométrica, como refração, lentes convergentes e divergentes, distância focal e ampliação, serão explicados. Experimentos simples com lentes poderão ilustrar esses princípios, facilitando o entendimento antes da construção prática.

3. APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO - CONSTRUÇÃO DA LUNETAS

Materiais para a Luneta

- Tubulações de PVC de esgoto:
 - 1 metro de tubo de 50 mm.
 - 1 metro de tubo de 40 mm.

- Acessórios de PVC de esgoto:
 - 1 luva de 40 mm.
 - 1 redução de 40 mm para 32 mm.
 - 1 redução de 75 mm para 50 mm.
- Lentes:
 - 1 lente de lupa (75 mm de diâmetro, convergente).
 - 1 monóculo fotográfico (divergente).
- Outros materiais:
 - Cola epóxi.
 - Fita dupla face bananinha.
 - Tinta spray preta (para pintar as partes internas do tubo).
 - Serra (para cortar os tubos de PVC).

Montagem da Luneta

- Corte dos Tubos:
 - Corte o tubo de PVC de 50 mm em dois pedaços de 50 cm.
 - Corte o tubo de PVC de 40 mm em dois pedaços de 30 cm.
- Pintura Interna:
 - Pinte o interior dos tubos com tinta spray preta para minimizar reflexos e melhorar a qualidade da imagem.
- Fixação das Lentes:
 - Cole a lente convergente na extremidade da redução de 75 mm para 50 mm usando cola epóxi.
 - Fixe a lente divergente na redução de 40 mm para 32 mm, garantindo centralização e estabilidade.
- Montagem Estrutural:
 - Insira o tubo de 40 mm dentro do tubo de 50 mm, ajustando o movimento com fita dupla face bananinha para estabilidade e mobilidade suave.
 - Conecte a luva de 40 mm ao tubo menor, permitindo ajustes de foco.
 - Fixe as reduções com lentes nas extremidades dos tubos, com a lente convergente voltada para o objeto e a divergente para o olho do observador.

Materiais para o Tripé (elemento opcional)

- 1 garrafa PET de 2 litros.
- 2 suportes de prateleiras em formato "L".
- Parafusos e porcas.
- Ferramentas (chave de fenda e furadeira).

Montagem do Tripé

- Base da Garrafa:
 - Corte a garrafa PET ao meio. Utilize a parte inferior como base estável.
- Fixação dos Suportes:
 - Perfure a base da garrafa para prender os suportes de prateleiras em formato "L".
 - Fixe os suportes usando parafusos e porcas, garantindo que estejam firmes e alinhados.
- Apoio para a Luneta:
 - Posicione os suportes de forma que a luneta possa repousar sobre eles.
 - Ajuste o ângulo dos suportes para direcionar a luneta aos objetos desejados.

Com a luneta montada e fixada no tripé, os alunos realizarão observações noturnas ou ao amanhecer de corpos celestes visíveis. Durante a prática, comparações serão feitas entre a observação a olho nu e com a luneta, analisando diferenças na clareza e ampliação das imagens.

4. QUESTIONÁRIO AVALIATIVO

Para concluir a atividade, será aplicado um questionário avaliativo, com questões abertas que permitam aos alunos refletir e registrar suas percepções sobre cada etapa. Exemplos de perguntas incluem:

Etapa de Problematização:

- O que você aprendeu sobre a importância histórica da luneta e das lentes na ciência?

- Por que os instrumentos ópticos foram essenciais para o desenvolvimento da astronomia?

Organização dos conhecimentos:

- Como a refração da luz influencia a formação de imagens em lentes convergentes e divergentes?
- Explique como o conceito de distância focal está relacionado ao funcionamento da luneta.

Construção da Luneta e Tripé:

- Quais foram as dificuldades e aprendizados durante a construção da luneta?
- Como o tripé auxiliou na estabilidade e direcionamento da luneta?

Observação Prática:

- Quais diferenças você percebeu entre a observação a olho nu e com a luneta?
- Como o uso da luneta ampliou sua compreensão sobre os corpos celestes observados?

Aplicações:

- Como os conceitos explorados nesta atividade podem ser aplicados em outras áreas da ciência e tecnologia?

Espera-se que o questionário avaliativo proporcione uma série de informações que possam servir de subsídios para uma análise profunda do impacto pedagógico da atividade.

Este questionário permite que os alunos expressem suas reflexões sobre os conceitos científicos, habilidades práticas e a relevância histórica e moderna dos instrumentos ópticos. As perguntas incentivam a integração teórica e prática, destacando aprendizagens significativas, desafios enfrentados, e conexões com aplicações reais, como no desenvolvimento tecnológico.

Além disso, o questionário ajuda a identificar o engajamento dos alunos em cada etapa, oferecendo ao professor insights para ajustar futuras atividades e reforçar aspectos mais complexos ou menos compreendidos.

ATIVIDADE 2 - CONFEÇÃO E USO DE MAPAS CELESTES

A atividade de elaboração de mapas celestes oferece aos estudantes uma vivência interdisciplinar que conecta astronomia, história e cultura. Por meio de discussões, simulações, construção prática e reflexões, os alunos exploram a relação entre os conhecimentos astronômicos antigos e suas aplicações na ciência moderna.

1. PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

A atividade começa com uma conversa sobre a importância das estrelas para as civilizações antigas, como egípcios e maias. Os alunos serão instigados a refletir sobre perguntas como:

- “Como os povos antigos usavam as estrelas no dia a dia?”
- “Por que a observação do céu foi essencial para a navegação e organização do tempo?”

As perguntas propostas na problematização inicial promovem uma conexão interdisciplinar entre história e astronomia, ajudando os alunos a entenderem como as estrelas foram fundamentais para a organização social, navegação e marcação do tempo nas civilizações antigas. Elas estimulam a reflexão crítica, o pensamento científico e a valorização da astronomia como ciência prática e cultural, preparando os estudantes para reconhecerem a importância e a lógica dos mapas celestes, conectando-os ao contexto histórico e às aplicações modernas.

2. ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

Os conceitos de estrelas, constelação, declinação, ascensão reta e esfera celeste serão apresentados de maneira dinâmica e acessível, através dos seguintes recursos:

- **Software Stellarium:**
O Stellarium será usado para simular o movimento dos astros em diferentes momentos do ano, tornando os conceitos abstratos mais tangíveis.
- **Mapas estelares impressos:**
Exemplares serão apresentados para demonstrar a disposição de constelações e astros.

Os alunos aprenderão a identificar constelações e a entender a relação entre a posição dos astros e o tempo, com foco na latitude local.

3. APLICAÇÃO DOS CONHECIMENTOS - CONSTRUÇÃO DE MAPAS CELESTES ROTATIVOS (PLANISFÉRIOS)

Materiais Necessários:

- Impressões em papel A4 de mapas celestes ajustados à latitude local.
- Pinos de papel ou bailarina (para permitir a rotação).
- Régua, tesoura e cola.
- Lápis coloridos (para personalização e identificação de constelações).

Montagem dos Planisférios:

- **Impressão e Recorte:**
 - Os alunos recortarão os discos do planisfério e a capa protetora conforme os moldes fornecidos.
- **Montagem:**
 - Com o auxílio do professor, os discos serão fixados à capa protetora usando o pino de papel, permitindo a rotação para ajuste das datas e horários.
- **Personalização:**
 - Os alunos identificarão e colorirão constelações e estrelas principais, facilitando sua visualização.

Durante a montagem, o professor explicará como calibrar o mapa para horários específicos de observação ao longo do ano. Os alunos serão orientados a utilizar seus mapas celestes em observações noturnas individuais ou em grupos. A atividade poderá ser realizada em diferentes datas e horários para verificar a correspondência entre o planisfério e as estrelas visíveis no céu.

Pode-se propor uma discussão sobre o impacto contemporâneo do conhecimento astronômico em áreas como exploração espacial, telecomunicações e sistemas de geolocalização. O professor incentivará os alunos a relacionar a atividade prática com tecnologias atuais e a reconhecer a importância histórica e científica da astronomia.

4. QUESTIONÁRIO AVALIATIVO

Para concluir, será aplicado um questionário avaliativo, composto por perguntas abertas que permitam aos alunos refletir sobre a atividade:

Exemplos de Perguntas:

- **Discussão Inicial:**
 - Como as estrelas influenciaram a organização das sociedades antigas?
 - Qual a importância da cartografia estelar para essas civilizações?
- **Conceitos Fundamentais:**
 - Explique os conceitos de declinação e ascensão reta.
 - Por que a latitude é importante na construção de mapas celestes?
- **Construção do Planisfério:**
 - Quais foram os maiores desafios na montagem do mapa celeste?
 - O que você aprendeu sobre a relação entre as posições das estrelas e as datas do ano?
- **Observação Noturna:**
 - Como foi a experiência de usar o planisfério em suas observações?
 - Identificou alguma constelação ou estrela que chamou sua atenção?
- **Reflexão Final:**
 - Como a cartografia estelar se conecta às tecnologias modernas, como GPS e satélites?
 - Por que o conhecimento sobre as estrelas continua relevante hoje?

Espera-se que o questionário avaliativo permita uma análise ampla e reflexiva do aprendizado dos alunos, promovendo um entendimento mais profundo da atividade e dos conceitos trabalhados. As perguntas incentivam os alunos a conectarem a cartografia estelar às suas aplicações históricas e modernas, além de avaliarem sua compreensão sobre os conceitos de astronomia e a prática de montagem e uso do planisfério. O questionário também ajuda a identificar desafios enfrentados durante a atividade, aspectos que mais chamaram a atenção e a relevância atual da astronomia, possibilitando ao professor ajustar futuras atividades com base nos feedbacks e lacunas observadas.

ATIVIDADE 3 - CONSTRUÇÃO DE RELÓGIO SOLAR DE PAPEL

A construção de relógios solares proporciona aos estudantes uma experiência prática e interdisciplinar que conecta astronomia, história e tecnologia. Por meio de discussões, atividades práticas e reflexões, os alunos exploram o movimento aparente do Sol e sua relação com a medição do tempo.

1. PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

A atividade começa com uma conversa sobre como civilizações antigas, como egípcios e babilônios, utilizavam o Sol para medir o tempo e organizar a vida cotidiana. Os alunos serão instigados a refletir sobre perguntas como:

- “Por que era importante medir o tempo na antiguidade?”
- “Quais são as vantagens e limitações de usar o Sol como referência para o tempo?”

As perguntas estimulam a reflexão sobre a relevância da medição do tempo para organização social e atividades humanas, além de promover uma análise crítica sobre as vantagens e limitações desse método. Esse momento inicial prepara os alunos para compreender a importância dos relógios solares, instigando a curiosidade e criando um norteamento claro para a construção e aplicação prática do instrumento, enquanto reforça a relação entre ciência, história e tecnologia.

2. ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

Nesta etapa, os alunos serão introduzidos a conceitos básicos necessários para compreender o funcionamento de um relógio solar, como:

- Movimento aparente do Sol no céu.
- Importância da inclinação do eixo terrestre e da latitude local.
- Posição dos pontos cardeais para o funcionamento do relógio solar.

Ferramentas de Apoio possíveis de serem utilizados:

- Mapas ou bússolas para identificar os pontos cardeais.
- Recursos visuais que expliquem como a sombra se desloca ao longo do dia.

3. APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO - CONSTRUÇÃO DO RELÓGIO SOLAR

Materiais Necessários:

- Impressões de modelos de relógios solares ajustados à latitude local (disponíveis online).
- Papel A4 (ou papel mais rígido para maior durabilidade).
- Cola ou fita adesiva.
- Lápis ou caneta (para marcação de sombras).
- Bússola (para orientar o relógio).

Passos para a Construção:

- **Impressão e Recorte:**
 - Os alunos recortarão o modelo do relógio solar e a gnomônica (a haste que projeta a sombra).
- **Montagem:**
 - Com o auxílio do professor, os alunos colarão e montarão o relógio solar, ajustando o ângulo da haste (gnomônica) de acordo com a latitude local.
- **Posicionamento:**
 - O relógio será orientado para que a gnomônica aponte para o Norte (ou Sul, dependendo do hemisfério).

Os relógios solares serão testados em um ambiente externo. Durante um período da tarde, os alunos observarão as mudanças nas sombras projetadas, registrando os horários indicados no relógio solar, e comparando as horas deste com as registradas em relógios analógicos e/ou digitais, como também de dispositivos celulares dos estudantes.

4. QUESTIONÁRIO AVALIATIVO

A atividade será concluída com um questionário avaliativo que estimule a reflexão sobre o aprendizado:

Exemplos de Perguntas:

1. Discussão Inicial:
 - Qual era a importância dos relógios solares para as civilizações antigas?
 - Quais as principais limitações desses instrumentos?

2. Conceitos Fundamentais:

- Por que é necessário ajustar o relógio solar à latitude local?
- Explique como a posição do Sol muda ao longo do dia.

3. Construção do Relógio:

- Quais foram os desafios na montagem do relógio solar?
- O que você aprendeu sobre a relação entre o Sol e a medição do tempo?

4. Observação Prática:

- Como os horários registrados no relógio solar se comparam aos de um relógio moderno?
- O que você percebeu sobre o movimento das sombras durante o dia?

5. Reflexão Final:

- Quais são as aplicações modernas do conhecimento sobre o Sol, como em arquitetura sustentável e agricultura?
- Por que o Sol continua sendo uma referência importante na organização da vida humana?

Do questionário avaliativo apresentado, espera-se uma análise abrangente das aprendizagens obtidas pelos alunos, permitindo avaliar tanto o entendimento dos conceitos históricos e científicos quanto as habilidades práticas desenvolvidas. As perguntas incentivam a reflexão sobre a relevância dos relógios solares no contexto histórico e moderno, a compreensão de conceitos fundamentais como latitude e o movimento aparente do Sol, além de promoverem uma avaliação crítica dos desafios enfrentados na construção e na observação prática. Por fim, o questionário conecta o aprendizado ao cotidiano e a aplicações contemporâneas, como arquitetura sustentável e agricultura, reforçando a importância do Sol na organização da vida humana e na tecnologia atual.

ATIVIDADE 4 - MEDIÇÃO DA ALTURA MÁXIMA DO SOL

A atividade de medição da altura máxima do Sol ao meio-dia solar oferece aos alunos uma experiência prática e interdisciplinar que conecta astronomia, matemática e ciências ambientais. Explorando conceitos teóricos e aplicações reais, os estudantes compreendem a dinâmica do movimento da Terra e suas implicações no cotidiano.

1. PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

A atividade começa com uma discussão para instigar o interesse dos alunos, levantando questões como:

- Por que o Sol atinge diferentes alturas no céu ao longo do ano?
- Quais os impactos dessas variações no clima, nas estações e nas atividades humanas?

O objetivo dessa etapa é relacionar fenômenos astronômicos ao cotidiano, incentivando os estudantes a explorar a relação entre o movimento da Terra e as mudanças observáveis no céu.

2. ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

Os alunos são introduzidos aos conceitos fundamentais necessários para compreender a atividade:

- Inclinação do eixo terrestre e sua relação com solstícios e equinócios.
- Declinação solar (δ) e como ela varia ao longo do ano.
- Fórmula para calcular a altura máxima do Sol: $H = 90^\circ - |\lambda - \delta|$, onde:
 - H : altura máxima do Sol em graus.
 - λ (*lambda*): latitude do local em graus.
 - δ (*delta*): declinação solar em graus, calculada para a data específica.

Ferramentas de Apoio:

- Mapas ou aplicativos para determinar a latitude local.
- Tabelas ou softwares, como o Stellarium, para encontrar a declinação solar.

3. APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO - MEDIÇÃO DE SOMBRAS

Materiais Necessários:

- Estaca reta (como cabo de madeira ou PVC).
- Fita métrica ou régua longa.
- Fios ou barbantes (para marcar as sombras).
- Nível de bolha (para garantir que a estaca esteja perfeitamente vertical).
- Calculadora científica (para relações trigonométricas), podendo ser de aplicativos de celulares.

Passos para a Medição:

- Preparação:
 - Posicionar a estaca verticalmente em terreno plano, utilizando o nível de bolha.
- Medição da Sombra:
 - No horário do meio-dia solar (não o horário de relógio, mas o horário em que o Sol atinge o ponto mais alto no céu), medir o comprimento da sombra projetada pela estaca.
- Cálculo da Altura do Sol:
 - Aplicar a relação trigonométrica:

$$\tan(H) = \frac{\textit{altura da estaca}}{\textit{comprimento da sombra}}$$

- Usar a inversa da tangente (arctan) para encontrar a altura do Sol.

Os alunos retornarão à sala para comparar os valores medidos com os calculados pela fórmula teórica.

Discussões Propostas:

- Diferenças entre valores medidos e teóricos: o que causou as variações?
- Impactos de fatores como irregularidades no terreno, precisão das medições e condições climáticas.
- Relações entre a altura do Sol e fenômenos sazonais, como variações de temperatura e duração do dia.

4. QUESTIONÁRIO AVALIATIVO

Para consolidar o aprendizado, os alunos responderão a um questionário com questões abertas sobre a atividade:

Exemplos de Perguntas:

- **Conceitos Teóricos:**
 - Explique como a inclinação do eixo terrestre influencia as estações do ano.
 - O que é declinação solar e como ela varia ao longo do ano?
- **Etapa Prática:**
 - Como você determinou a altura do Sol a partir das medições realizadas?
 - Quais foram os principais desafios ao realizar a medição?
- **Aplicações Práticas:**
 - Por que é importante compreender as variações na altura do Sol para a agricultura?
 - Cite exemplos de como esse conhecimento é aplicado na ciência moderna, como no planejamento urbano sustentável.

Com o questionário avaliativo proposto, espera-se que os alunos demonstrem uma compreensão sólida dos conceitos teóricos e práticos abordados na atividade, como a relação entre a inclinação do eixo terrestre e as estações do ano, além da declinação solar e suas variações. As respostas às questões práticas devem refletir a habilidade dos alunos em realizar medições e calcular a altura do Sol, incluindo a identificação de desafios enfrentados durante o processo. As questões sobre aplicações práticas visam estimular a conexão dos alunos com a relevância contemporânea dos conhecimentos adquiridos, como a importância da variação na altura do Sol para a agricultura e suas implicações na ciência moderna, como no planejamento urbano sustentável. O questionário permitirá avaliar tanto o entendimento teórico quanto a aplicação prática do conteúdo, estimulando reflexões sobre sua importância em diferentes contextos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades propostas neste Produto Educacional têm como objetivo conectando conceitos de física à atividades práticas, incentivando a reflexão crítica e o desenvolvimento de habilidades de observação e análise. O uso de recursos como mapas celestes, relógios solares e lunetas mas também contribui para o desenvolvimento do pensamento científico e da curiosidade epistemológica em relação à observação do céu.

O questionário avaliativo, proposto para ser implementado ao final de cada atividade, oferece uma forma de avaliação sobre os aprendizados mobilizados entre os estudantes, refletindo sobre os conceitos discutidos e as experiências vividas ao longo das etapas. Para o professor, essas avaliações são uma ferramenta valiosa para compreender o impacto da atividade no desenvolvimento dos conhecimentos dos estudantes e para ajustar as metodologias de ensino propostas, conforme as especificidades de cada escola. .

Reforçamos que o produto educacional pode ser adaptado para diferentes contextos e realidades escolares, permitindo que o professor desenvolva as atividades da maneira como preferir e caber para seu contexto. A flexibilidade no uso dos recursos, como a construção de instrumentos simples pode contribuir para ampliar as possibilidades pedagógicas, tornando o aprendizado mais dinâmico e acessível.

Este produto educacional não é apenas uma proposta de ensino de conceitos astronômicos, mas uma forma de engajar os estudantes de maneira prática e contextualizada, permitindo que eles vivenciem de forma prática conceitos da astronomia . Por fim, esperamos que este produto educacional seja uma ferramenta útil, tanto para os professores quanto para estudantes do ensino médio , promovendo um aprendizado significativo, colaborativo e integrador.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, S. da S. M. (2012). Relógio de sol analêmico: método pedagógico interdisciplinar. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

BEDAQUE, P., & BRETONES, P. S.. (2016). Variação da posição de nascimento do Sol em função da latitude. Revista Brasileira De Ensino De Física, 38(3), e3307. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2015-0023>

BEZERRA, et al. LUNETTA GALILEANA: CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO NO ENSINO DE ASTRONOMIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA. IJET-PDVL, Recife, v.4, n.1 p. 137-153, Janeiro/Abril -2021

BISCH, S. M. Introdução à astronomia / Sérgio Mascarello Bisch. - Vitória : UFES, Núcleo de Educação Aberta e a Distância, 2012.

BRASIL, Base Nacional Comum Curricular: ensino médio. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2019.

CANON. Canon Creative Park. Disponível em: <https://creativepark.canon/pt/contents/CNT-0010856/index.html>. Acesso em: 28 out. 2024.

DIAS, M. B. O papel da astronomia no ensino de física baseado na atividade dialógica e motivacional. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Educação, Salvador - 2020

FARIAS, R. S. Astronomia: uma ferramenta motivacional para o estudo da física mecânica no ensino médio. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2017.

Galáxias do Conhecimento. (2024). Mapas Celestes - Astronomia 05. Acessado em 11 de outubro de 2024, de https://galaxiasdoconhecimento.com.br/_htastro/astronomia-05-mapas-celestes.html

In-The-Sky. (n.d.). Interactive Planisphere for Nova Cruz, Brazil. Acessado em 11 de outubro de 2024, de <https://in-the-sky.org/planisphere/index.php?town=3393876>

JUSTINIANO, A., & BOTELHO, R.. (2016). Construção de uma carta celeste: Um recurso didático para o ensino de Astronomia nas aulas de Física. *Revista Brasileira De Ensino De Física*, 38(4), e4311. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0131>

KEPLER, S. O.; SARAIVA, M. F. O. *Astronomia e Astrofísica*. Porto Alegre: UFRGS, 2014. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/livro.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2024.

KEPLER, S. O.; SARAIVA, M. F. O. *Astronomia e Astrofísica*. Porto Alegre: UFRGS, 2014. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/livro.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2024.

MITTMANN, H.-P. *Ótica: Uma Introdução à Astronomia*. Departamento de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MORETT, S. DA S. A., SCHRAMM, D. U. S. (2012). Relógio de sol com interação humana: uma poderosa ferramenta didática. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 34(4).

NOVA ESCOLA. *Constelações e Mapas Celestes – Plano de aula de Ciências para o 5º ano*. Acessado em 11 out. 2024, disponível em: <https://novaescola.org.br/planos-de-aula/fundamental/5ano/ciencias/sequencia/constelacoes-e-mapas-celestes/320>.

OLIVEIRA, C. L.; SOUZA, F. P. TRIGONOMETRIA ESFÉRICA APLICADA NA ASTRONOMIA DE POSIÇÃO. *Colloquium Exactarum*. ISSN: 2178-8332, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 60–67, 2018. Disponível em: <https://journal.unoeste.br/index.php/ce/article/view/2678>. Acesso em: 16 dez. 2024.

OLIVEIRA, J.C.Pires de. *Desenvolvimento de uma luneta de baixo custo para observação astronômica*. Dissertação (Mestrado em Física) - Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

ANEXO A

PLANO DE AULA 1: CONSTRUÇÃO E USO DE UMA LUNETAS COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO

Duração: 2 aulas de 50 minutos (100 minutos)

Público-alvo: Estudantes do Ensino Médio Integral – 2ª Série.

Objetivo Geral: Proporcionar aos alunos uma compreensão prática dos conceitos de óptica geométrica e sua aplicação em instrumentos astronômicos, por meio da construção e uso de uma luneta utilizando materiais de baixo custo.

1. Primeira Aula (50 minutos)

Momento 1: Problematização (15 minutos)

- Introdução ao tema: Perguntas norteadoras para os alunos:
 - o "Como podemos observar objetos a grandes distâncias?"
 - o "Como funciona uma luneta?"

- Discussão: Reflexão sobre as limitações da visão humana e a importância de instrumentos ópticos na astronomia.

- História e contexto científico:
 - o Relato sobre Galileu Galilei e a revolução científica com o uso da luneta.
 - o Debate sobre o impacto histórico e científico das inovações ópticas e o avanço da astronomia.

Momento 2: Organização do Conhecimento - Conceitos de Óptica Geométrica (35 minutos)

- Explicação teórica:
 - o Introdução aos princípios de óptica geométrica, com foco em:
 - Lentes convergentes e divergentes: definição e propriedades.
 - Distância focal e formação de imagens: como o foco influencia a ampliação.

- Demonstrando o uso das lentes: Exibição de lentes para que os alunos observem diretamente o efeito da refração da luz e a formação de imagens ampliadas.

2. Segunda Aula (50 minutos)

Momento 3: Aplicação Prática - Construção da Luneta (30 minutos)

- Materiais necessários:
 - o Tubos de PVC (pintados de preto por dentro para reduzir reflexos internos e melhorar a qualidade da imagem)
 - o Lente de lupa de 75 mm de diâmetro para a objetiva
 - o Lente de monóculo para a ocular
 - o Fita adesiva e régua
- Orientação do professor na montagem:
 - o Passo 1: Colocação da lente de lupa (objetiva) em uma extremidade do tubo maior de PVC.
 - o Passo 2: Colocação da lente de monóculo (ocular) na outra extremidade.
 - o Passo 3: Ajuste da posição das lentes dentro dos tubos para que a imagem formada fique nítida ao olhar pela ocular.
- Explicação do processo: Como a luz é refratada e como as lentes ampliam a imagem de objetos distantes.

Momento 4: Experimentação e Observação (20 minutos)

- Comparação de observações: Os alunos serão orientados a comparar a observação a olho nu com a observação através da luneta.
- Guias de observação:
 - o Identificar corpos celestes visíveis: Lua, planetas ou estrelas mais brilhantes.
 - o Registro de observações: Anotar detalhes que ficaram mais visíveis com a luneta e reflexões sobre a ampliação da imagem.

Atividade Pós-Aula: Reflexão e Discussão Interdisciplinar (em sala de aula no dia seguinte, opcional)

- Roda de conversa: Discutir como o uso da luneta modifica a percepção de objetos distantes.
- Conexão com a física e astronomia:
 - o Conceitos de distância focal e ampliação.
 - o A importância dos instrumentos ópticos para a pesquisa astronômica.

- Desafio interdisciplinar: Convidar os alunos a pensar em outras áreas da ciência que utilizam princípios ópticos, incentivando a aplicação do conhecimento em diferentes contextos, como na fotografia e nas câmeras.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, et al. LUNETAS GALILEIANAS: CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO NO ENSINO DE ASTRONOMIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA. IJET-PDVL, Recife, v.4, n.1 p. 137-153, Janeiro/Abril -2021

MITTMANN, H.-P. Ótica: Uma Introdução à Astronomia. Departamento de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

OLIVEIRA, Júlio César Pires de. Desenvolvimento de uma luneta de baixo custo para observação astronômica. Dissertação (Mestrado em Física) - Universidade de Brasília, Brasília, 2018.



Prezado(a) Aluno(a),

Este questionário tem o objetivo de coletar informações para a elaboração de uma dissertação do **Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF)**, com o tema “**A astronomia observacional no ensino médio integral: uma proposta para o ensino de Física**”. Este trabalho é uma iniciativa da **Sociedade Brasileira de Física (SBF)**, desenvolvido na **Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)**, Polo 51, e busca avaliar o nível de conhecimento dos participantes em diferentes etapas da implementação do produto educacional intitulado **CONSTRUÇÃO E USO DE UMA LUNETAS COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO**.

As informações coletadas serão analisadas de forma agrupada, garantindo o anonimato dos participantes, e nenhum dado individual será divulgado.

Obrigado por sua participação!

Nome: _____ Turma: _____ Sexo: _____ Idade: _____

Introdução ao Tema

1 - O que você achou da introdução sobre a observação de objetos distantes e a história de Galileu? Essa parte despertou seu interesse? Por quê?

2 - Durante a explicação teórica sobre lentes e distância focal, o que você aprendeu? Teve alguma dificuldade em entender os conceitos?

Organização do Conhecimento

3 - Como foi sua experiência ao construir a luneta? Teve alguma parte que achou mais fácil ou desafiadora?

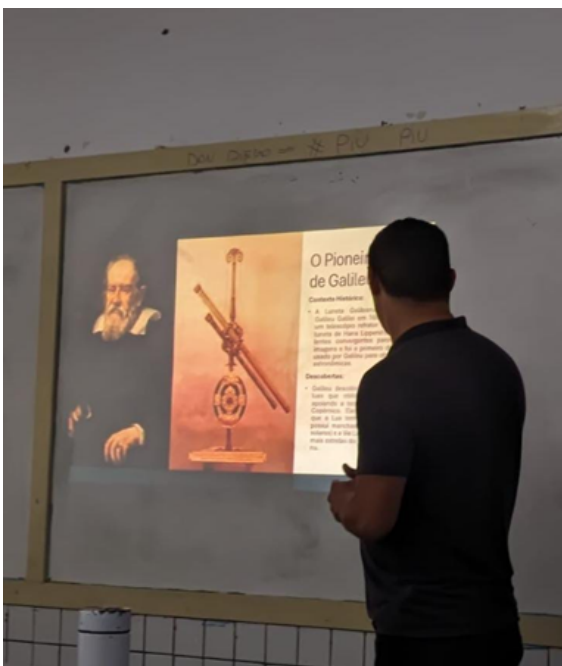
4 - Ao usar a luneta para observar, o que você percebeu de diferente em relação à visão a olho nu?

Aplicação Prática

5 - O que você achou mais interessante sobre o tema e as atividades realizadas? Qual foi o maior aprendizado?

6 - Como você acredita que os instrumentos ópticos, como a luneta, influenciam a ciência e podem ser úteis em outras áreas?

IMAGENS DA ATIVIDADE 01 - CONSTRUÇÃO E USO DE UMA LUNETA COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO



ANEXO B

PLANO DE AULA 2: DO PAPEL AO CÉU: CONSTRUINDO UM MAPA CELESTE

Duração: 2 horas (2 aulas de 50 minutos)

Público-alvo: Estudantes do Ensino Médio Integral – 2ª Série

Objetivo Geral:

Aprofundar a compreensão dos estudantes sobre os movimentos dos astros e as constelações observáveis no céu noturno ao longo do ano, através da construção de um Mapa Celeste..

1ª Aula (50 minutos)

Etapa 1: Problemática e Introdução ao Tema (20 minutos)

- **Objetivo:** Iniciar uma reflexão sobre o céu noturno e a variabilidade de constelações observadas ao longo do ano.
- **Atividade:**
 - O professor iniciará a aula com uma discussão guiada por perguntas como: “Como podemos identificar as constelações no céu?” e “O céu que observamos muda ao longo do ano?”.
 - Os alunos serão estimulados a levantar hipóteses sobre essas questões.
 - Abordar o uso das estrelas pelas culturas antigas para navegação, calendário e agricultura.
 - Relacionar esses conhecimentos ao papel da astronomia na vida contemporânea.

Etapa 2: Organização do Conhecimento - Introdução à Cartografia Estelar (30 minutos)

- **Objetivo:** Explicar conceitos teóricos fundamentais para a construção do Mapa Celeste.
- **Conteúdos:**
 - Esfera celeste, declinação, ascensão reta, e como localizar astros no céu.
 - Movimentação da Terra em relação à esfera celeste e como isso altera as constelações visíveis ao longo do ano.
- **Atividade:**
 - O professor apresentará brevemente os conceitos através de uma exposição dialogada com slides.

- Utilizar um globo terrestre para demonstrar a rotação e translação e como isso afeta o céu noturno.

2ª Aula (50 minutos)

Etapa 3: Construção do Mapa Celeste (30 minutos)

- **Objetivo:** Construir um Mapa Celeste Rotativo com base na latitude local da escola.
- **Materiais:** Impressos com o planisfério, papel cartão, tesoura, cola, tachinha.
- **Atividade:**
 - Os alunos construirão seus mapas celestes rotativos (planisfério).
 - O professor orientará passo a passo como montar e ajustar o mapa para diferentes datas e horários.
 - Explicação de como identificar constelações específicas utilizando o mapa.

Etapa 4: Aplicação do Conhecimento e Discussão Final (20 minutos)

- **Objetivo:** Utilizar o Mapa Celeste para localizar constelações e refletir sobre a movimentação dos astros.
- **Atividade:**
 - Simulação prática em sala de aula: o professor projetará imagens do céu noturno em um software de astronomia (Stellarium), e os alunos deverão utilizar seus mapas para localizar as constelações.
 - Discussão sobre a importância da cartografia estelar na história da ciência e sua relevância moderna, incluindo áreas como a exploração espacial.

Recursos Didáticos:

- Slides ou lousa para explicação teórica.
- Software para simulação de observação do céu (Stellarium).
- Materiais de papelaria para construção do Mapa Celeste: papel A4, cola branca ou bastão, prendedores de papel, folhas transparentes.

Avaliação:

- Participação nas discussões iniciais.
- Qualidade e precisão na construção do Mapa Celeste Rotativo.
- Capacidade de utilizar o Mapa para identificar constelações durante a simulação prática.

Extensão:

- Observação noturna para aplicação dos conhecimentos adquiridos com o Mapa Celeste em um ambiente real, na casa ou nas proximidade das residências dos estudantes.

REFERÊNCIAS

Justiniano, A., & Botelho, R.. (2016). Construção de uma carta celeste: Um recurso didático para o ensino de Astronomia nas aulas de Física. Revista Brasileira De Ensino De Física, 38(4), e4311. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0131>

Galáxias do Conhecimento. (2024). Mapas Celestes - Astronomia 05. Acessado em 11 de outubro de 2024, de https://galaxiasdoconhecimento.com.br/_htastro/astronomia-05-mapas-celestes.html

Nova Escola. (n.d.). Constelações e Mapas Celestes – Plano de aula de Ciências para o 5º ano. Acessado em 11 de outubro de 2024, de <https://novaescola.org.br/planos-de-aula/fundamental/5ano/ciencias/sequencia/constelacoes-e-mapas-celestes/320>

In-The-Sky. (n.d.). Interactive Planisphere for Nova Cruz, Brazil. Acessado em 11 de outubro de 2024, de <https://in-the-sky.org/planisphere/index.php?town=3393876>



Prezado(a) Aluno(a),

Este questionário tem o objetivo de coletar informações para a elaboração de uma dissertação do **Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF)**, com o tema “**A astronomia observacional no ensino médio integral: uma proposta para o ensino de Física**”. Este trabalho é uma iniciativa da **Sociedade Brasileira de Física (SBF)**, desenvolvido na **Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)**, Polo 51, e busca avaliar o nível de conhecimento dos participantes em diferentes etapas da implementação do produto educacional intitulado **Confecção e uso de Mapas Celestes**.

As informações coletadas serão analisadas de forma agrupada, garantindo o anonimato dos participantes, e nenhum dado individual será divulgado.

Obrigado por sua participação!

Nome: _____ Turma: _____ Sexo: _____ Idade: _____

Introdução ao Tema

1 - O que você achou da introdução sobre o céu noturno e a observação de constelações? Qual foi sua primeira impressão ao pensar sobre como o céu muda ao longo do ano?

2 - Qual ideia ou curiosidade sobre as constelações e sua importância em diferentes culturas chamou mais a sua atenção?

Organização do Conhecimento

3 - Após a explicação teórica sobre conceitos como "esfera celeste", como você descreveria a importância desse termo para entender o movimento das estrelas?

4- O que você aprendeu sobre a influência da movimentação da Terra nas constelações que vemos no céu ao longo do ano?

5 - Na sua opinião, o uso do software Stellarium durante a construção e uso do produto educacional, para demonstrar o movimento aparente da esfera celeste, ajudou a entender melhor o tema? O que mais chamou sua atenção nessa parte?

Aplicação Prática

6 - Durante a construção do mapa celeste rotativo, como foi sua experiência ao montar e ajustar o mapa? Teve alguma parte que achou mais fácil ou mais difícil?

7- Como foi a atividade de simulação com o mapa para localizar constelações? O que você achou desse processo de observar as constelações de forma prática?

8 - Em geral, o que você considera que mais aprendeu sobre as constelações e o céu noturno com essa atividade?

IMAGENS DA ATIVIDADE 02 - CONFEÇÃO E USO DE MAPAS CELESTES

ANEXO C

PLANO DE AULA 3: CONSTRUÇÃO DE RELÓGIO SOLAR DE PAPEL.

Duração: 2 horas (2 aulas de 50 minutos)

Público-alvo: Estudantes do Ensino Médio Integral – 2ª Série

Objetivo Geral:

Compreender os princípios de funcionamento de um relógio solar, desenvolvendo a percepção dos estudantes sobre a relação entre o movimento do Sol e a marcação do tempo ao longo do dia.

1ª Aula (50 minutos)

Etapa 1: Problemática e Introdução ao Tema (20 minutos)

- **Objetivo:** Estimular a reflexão sobre o uso do Sol como um marcador natural de tempo.
- **Atividade:**
 - O professor inicia a aula com perguntas como: "Como as pessoas marcavam o tempo antes dos relógios modernos?" e "Como o Sol pode nos ajudar a saber a hora do dia?"
 - Propor uma discussão sobre o uso do Sol para marcar o tempo em culturas antigas, explorando a importância dos relógios solares em civilizações como a egípcia e a babilônica.
 - Relacionar o movimento aparente do Sol no céu com a passagem do tempo ao longo do dia.

Etapa 2: Organização do Conhecimento - Introdução ao Funcionamento do Relógio Solar (30 minutos)

- **Objetivo:** Apresentar conceitos teóricos fundamentais sobre o funcionamento de um relógio solar.
- **Conteúdos:**
 - Conceito de sombra, movimento aparente do Sol, pontos cardeais, e orientação do gnômon (a haste do relógio solar) em relação à latitude local.
 - Explicar como a posição do Sol gera sombras que podem ser usadas para indicar horas específicas do dia.

- **Atividade:**
 - O professor utiliza slides ou o quadro para demonstrar como a inclinação do gnômon influencia a precisão do relógio solar e como ele deve ser orientado.
 - Com o uso de um modelo (ou figuras) do relógio solar, mostrar como o Sol projeta sombras ao longo do dia, indicando as horas.

2ª Aula (50 minutos)

Etapa 3: Construção do Relógio Solar (30 minutos)

- **Objetivo:** Construir um relógio solar simples e aprender a usá-lo para marcar as horas.
- **Materiais:** Papelão, lápis ou palito para o gnômon, régua, bússola (para a orientação), canetinhas para marcar as horas no relógio.
 - **Atividade:**
 - Os alunos, guiados pelo professor, construirão seus próprios relógios solares. O gnômon (haste) deverá ser orientado com a ajuda de uma bússola.
 - Cada estudante desenha as horas no papelão ao observar as projeções de sombra do gnômon ao longo da atividade.
 - Explicação de como o ângulo de inclinação do gnômon deve corresponder à latitude local para garantir a precisão do relógio solar.

Etapa 4: Aplicação Prática e Discussão Final (20 minutos)

- **Objetivo:** Aprender a usar o relógio solar para estimar o horário e refletir sobre a relação entre a posição do Sol e o tempo.
 - **Atividade:**
 - Os estudantes saem para uma área externa onde possam observar o funcionamento do relógio solar em tempo real.
 - Observam as mudanças de sombra ao longo de um curto intervalo e estimam a hora, comparando com o horário real.
 - Discussão final sobre as limitações dos relógios solares (ex. em dias nublados) e sua relevância histórica para a ciência e o desenvolvimento dos métodos de medição do tempo.

Recursos Didáticos:

- Slides ou lousa para a explicação teórica.
 - Bússola para orientar o gnômon.
- Materiais de papelaria para construção do relógio solar.

Avaliação:

- Participação nas discussões iniciais e práticas.
- Precisão na construção e utilização do relógio solar.
- Capacidade de relacionar a posição do Sol e a marcação do tempo, demonstrada na prática.

Extensão:

- Observação ao longo do dia para avaliar a precisão do relógio solar em horários diferentes e registrar as variações observadas.

REFERÊNCIAS

KEPLER, S. O.; SARAIVA, M. F. O. *Astronomia e Astrofísica*. Porto Alegre: UFRGS, 2014. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/livro.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2024.

Azevedo, S. da S. M. (2012). *Relógio de sol analêmico: método pedagógico interdisciplinar*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

Morett, S. da S. A., Schramm, D. U. S. (2012). Relógio de sol com interação humana: uma poderosa ferramenta didática. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 34(4).

CANON. Canon Creative Park. Disponível em: <https://creativepark.canon/pt/contents/CNT-0010856/index.html>. Acesso em: 28 out. 2024.



Prezado(a) Aluno(a),

Este questionário tem o objetivo de coletar informações para a elaboração de uma dissertação do **Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF)**, com o tema “**A astronomia observacional no ensino médio integral: uma proposta para o ensino de física**”. Este trabalho é uma iniciativa da **Sociedade Brasileira de Física (SBF)**, desenvolvido na **Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)**, Polo 51, e busca avaliar o nível de conhecimento dos participantes em diferentes etapas da implementação do produto educacional intitulado **Construção de Relógio Solar de Papel**.

As informações coletadas serão analisadas de forma agrupada, garantindo o anonimato dos participantes, e nenhum dado individual será divulgado.

Obrigado por sua participação!

Nome: _____ Turma: _____ Sexo: _____ Idade: _____

Introdução ao Tema

1 - Como foi para você pensar sobre o Sol como marcador de tempo? Qual foi sua percepção inicial sobre essa ideia?

2 - Qual aspecto do uso do Sol para marcar o tempo em civilizações antigas despertou seu interesse?

Organização do Conhecimento

3 - Após a explicação teórica, o que você entendeu sobre o funcionamento do relógio solar e o papel da sombra do gnômon?

4- Na sua opinião, o que você mais aprendeu sobre a importância dos pontos cardeais e da orientação do relógio solar para medir o tempo?

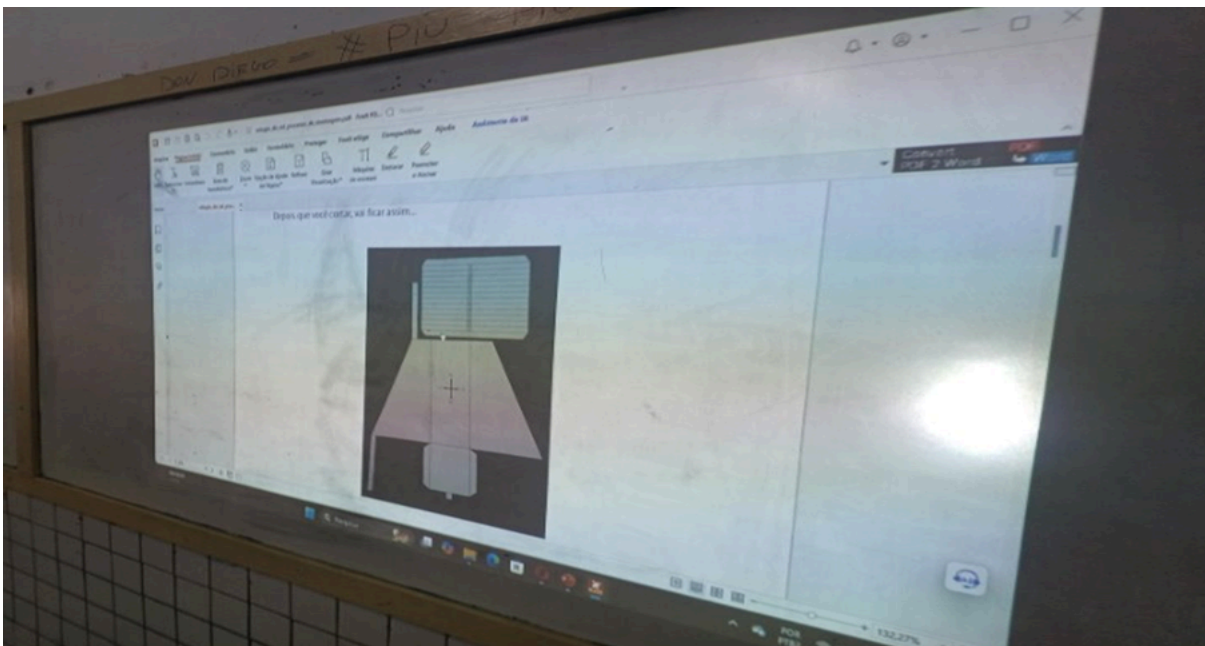
5 - O modelo do relógio solar e as figuras usadas nas aulas ajudaram você a entender o tema?

Aplicação Prática

6 - Durante a construção do relógio solar, qual foi sua experiência?

7- Ao usar o relógio solar em uma área externa, como foi a experiência de observar a sombra e estimar o horário?

8 - Em geral, o que você considera que mais aprendeu sobre o uso do Sol e das sombras para marcar o tempo?

IMAGENS DA ATIVIDADE 03 - CONSTRUÇÃO DE RELÓGIO SOLAR DE PAPEL

ANEXO D

PLANO DE AULA 4: MEDIÇÃO DA ALTURA MÁXIMA DO SOL

Duração: 2 horas (2 aulas de 50 minutos)

Público-alvo: Estudantes do Ensino Médio Integral – 2ª Série.

Objetivo Geral:

Proporcionar aos estudantes a compreensão prática de como a máxima altura do Sol varia ao longo do ano em uma determinada latitude, utilizando a medição da sombra de um objeto fixo ao meio-dia solar.

1ª Aula (50 minutos)

Momento 1: Problematização (20 minutos)

- Perguntas Norteadoras:
 1. Como podemos medir a altura do Sol utilizando recursos simples?
 2. Por que a posição do Sol varia ao longo do ano e como isso está relacionado às estações?
- Discussão Inicial:
 - Reflexão sobre como culturas antigas determinavam o movimento do Sol e aplicavam esse conhecimento na agricultura e navegação.
 - Debate sobre a relação entre latitude, inclinação da Terra e a altura máxima do Sol ao longo do ano.
 - Introdução ao conceito de meio-dia solar e sua diferença em relação ao meio-dia no relógio.

Momento 2: Organização do Conhecimento (30 minutos)

- Conceitos Teóricos:
 - Movimento aparente do Sol e inclinação de $23,5^\circ$ do eixo terrestre.
 - Fórmula para calcular a altura máxima do Sol
 - Introdução ao método de medição:
 - Medir o comprimento da sombra de um objeto vertical fixo e usar relações trigonométricas para calcular a altura do Sol:
 - Preparação para a Observação em Campo:
 - Identificar um objeto fixo e local adequado para a observação.

- Uso de bússola ou aplicativo para determinar a direção Norte-Sul e localizar o meio-dia solar.

2ª Aula (50 minutos)

Momento 3: Aplicação Prática - Observação em Campo (30 minutos)

Materiais Necessários:

- Objeto fixo vertical (ex.: estaca, poste, ou bastão).
- Fita métrica ou régua para medir o comprimento da sombra.
- Calculadora científica ou aplicativo para cálculos.
- Bússola ou aplicativo para identificar o meio-dia solar.

Atividade Prática:

- Identificar o meio-dia solar:
- Utilizar uma bússola ou aplicativo para determinar o momento do meio-dia solar no local de observação.

Realizar a medição:

- Medir a altura do objeto vertical e o comprimento da sombra ao meio-dia solar.
- Calcular a altura do Sol:
- Aplicar a fórmula trigonométrica para determinar a altura do Sol.

Registrar os dados:

- Registrar as medições e os cálculos em uma tabela.

Momento 4: Discussão e Reflexão (20 minutos)

- Análise dos Resultados:
 - Comparar a altura do Sol medida com o valor teórico calculado usando a fórmula da altura máxima.
 - Discutir possíveis fontes de erro (ex.: precisão da medição, inclinação do terreno).
- Reflexão Guiada:
 - Como a latitude e a declinação solar influenciam a altura do Sol?
 - Qual é a relevância prática desse tipo de medição na ciência moderna e na vida cotidiana?

REFERÊNCIAS

Bedaque, P., & Bretones, P. S.. (2016). Variação da posição de nascimento do Sol em função da latitude. *Revista Brasileira De Ensino De Física*, 38(3), e3307. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2015-0023>

Bisch, S. M. Introdução à astronomia / Sérgio Mascarello Bisch. - Vitória : UFES, Núcleo de Educação Aberta e a Distância, 2012.

KEPLER, S. O.; SARAIVA, M. F. O. Astronomia e Astrofísica. Porto Alegre: UFRGS, 2014. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/livro.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2024.

Oliveira, C. L.; Souza, F. P. TRIGONOMETRIA ESFÉRICA APLICADA NA ASTRONOMIA DE POSIÇÃO. **Colloquium Exactarum**. ISSN: 2178-8332, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 60–67, 2018. Disponível em: <https://journal.unoeste.br/index.php/ce/article/view/2678>. Acesso em: 16 dez. 2024.



Prezado(a) Aluno(a),

Este questionário tem o objetivo de coletar informações para a elaboração de uma dissertação do **Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF)**, com o tema “**A Astronomia Observacional no ensino médio integral: uma proposta para o ensino de Física**” Este trabalho é uma iniciativa da **Sociedade Brasileira de Física (SBF)**, desenvolvido na **Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)**, Polo 51, e busca avaliar o nível de conhecimento dos participantes em diferentes etapas da implementação do produto educacional intitulado **Medição da Máxima Altura do Sol**

As informações coletadas serão analisadas de forma agrupada, garantindo o anonimato dos participantes, e nenhum dado individual será divulgado.

Obrigado por sua participação!

Nome: _____ Turma: _____ Sexo: _____ Idade: _____

Momento 1: Problematização Inicial

- 1 - Por que culturas antigas precisavam compreender o movimento do Sol ao longo do ano?
- 2 - Como a inclinação do eixo terrestre influencia as variações na altura máxima do Sol?

Momento 2: Organização do Conhecimento

- 3 - Explique com suas palavras a diferença entre o meio-dia solar e o meio-dia do relógio.
- 4 - Como a fórmula $H = 90^\circ - |\lambda \pm \delta|$ ajuda a calcular a altura máxima do Sol?

Momento 3: Aplicação do Conhecimento - Observação em Campo

- 5 - Durante a atividade prática, quais dificuldades você encontrou ao medir a sombra e como resolveu essas dificuldades?
- 6 - Quais foram as diferenças observadas entre os valores medidos e os calculados teoricamente para a altura do Sol?

Momento 4: Discussão e Reflexão

7 - De que forma o conhecimento sobre a altura máxima do Sol pode ser aplicado em áreas como agricultura ou arquitetura?

8 - O que mais te surpreendeu sobre a relação entre latitude, declinação solar e altura do Sol durante a atividade?

IMAGENS DA ATIVIDADE 04 - MEDIÇÃO DA MÁXIMA ALTURA DO SOL