

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE ASTRONOMIA

Gabriel Moreira Barros

**A astronomia e a evolução estelar: uma proposta didática para o ensino de cor
e temperatura de estrelas**

São Paulo

2024

GABRIEL MOREIRA BARROS

A astronomia e a evolução estelar: uma proposta didática para o ensino de cor e temperatura de estrelas

Versão Corrigida

O original encontra-se disponível no Serviço de Pós-Graduação

Dissertação apresentada ao programa de Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Astronomia.

Área de concentração: Astronomia na Educação Básica

Orientador: Prof. Dr. Roberto D. D. Costa

São Paulo

2024

Dedico esta dissertação à minha mãe, Suzie Destiny, que esteve ao meu lado em todos os momentos da vida e sempre me mostrou que a educação é uma ferramenta legítima e viável para a transformação da realidade.

AGRADECIMENTOS

Aos familiares, que sempre estiveram presentes.

Aos amigos, que sempre estiveram próximos em todos os momentos.

À minha companheira, Carla, por sempre estar por perto durante o período do mestrado e, principalmente, o período de escrita.

Ao meu orientador, Professor Roberto, por sempre ser gentil e acolhedor, desde os meus tempos de graduação, com o grupo Sputnik, contribuindo para que eu pudesse acreditar na minha capacidade de concluir o mestrado.

Aos meus professores que participaram da minha formação, com destaque para a professora Lúcia, pelas aulas, debates e acolhimento no grupo de pesquisa. À professora Elysandra, pelas palavras de incentivo ao longo das disciplinas, por sua dedicação ao ensino de Astronomia e por sempre acreditar no meu potencial.

Aos alunos e alunas, que de forma natural e espontânea, se prontificaram a participar das atividades de aplicação da sequência e colaboraram com a minha dissertação. Estiveram firmes comigo, do início ao fim, mesmo em um ano de vestibulares e demandas escolares.

À mantenedora do Colégio Albert Sabin, Cristina Godoy, à Diretora pedagógica, Professora Giselle Magnossão, e à Coordenadora do Ensino Médio, Professora Áurea Bazzi, que abriram as portas da escola para a aplicação da sequência e tornaram esta dissertação possível.

RESUMO

BARROS, G.M.; A ASTRONOMIA E A EVOLUÇÃO ESTELAR: UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE COR E TEMPERATURA DE ESTRELAS. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2022.

Os conteúdos tipicamente relacionados com a Astronomia estão presentes desde os Parâmetros Curriculares Nacionais e, atualmente, na Base Nacional Comum Curricular, indicando que o Ensino de Astronomia está contemplado nas diretrizes curriculares e presente na formação dos alunos. Desse modo, o Ensino de Astronomia necessita dialogar com os currículos e seus pressupostos de formação integral e global do sujeito, e dialogar com as referências do Ensino de Ciências, que buscam formar um sujeito que reflete e gera intervenções na sua realidade. Para isso, o Ensino de Astronomia deve formar para além dos conceitos e conteúdos, permitindo o desenvolvimento de elementos epistêmicos e sociais, do fazer da própria ciência, junto aos alunos. Tendo em vista o contexto apresentado, o trabalho elaborou e aplicou uma sequência didática partindo dos *Três Momentos Pedagógicos* (Delizoicov et al. 2002), como ferramenta metodológica para estruturar as atividades, e o Ensino por Investigação em uma abordagem didática, como referência teórica de interação com os alunos, para abordar o tema de cor e temperatura das estrelas. Foram construídas 6 atividades para serem aplicadas com os alunos, contudo, devido a questões práticas, a estrutura da sequência sofreu modificações, pois algumas atividades necessitavam de condições específicas para aplicação, por exemplo, com a realização de experimentos que demandavam luz solar, implicando em uma reorganização estrutural da sequência, onde 2 atividades ficaram no papel de atividades supletivas. A avaliação da aplicação da sequência baseia-se em uma abordagem metodológica qualitativa, caracterizada por um estudo de caso, com categorias de análise dadas *a priori*. Os domínios conceitual, epistêmico e social, propostos por Duschl (2003, 2008), contribuíram para a avaliação da sequência e para evidenciar elementos formativos para além dos conceituais. A análise das atividades indica que os alunos tiveram contato com práticas típicas das Ciências, como argumentação, resolução de problemas, levantamento de hipóteses, realização de comparação de dados, estimativas, dentre outras práticas, indicando o potencial da Astronomia em proporcionar situações de aprendizagem que relacionam os currículos e os pressupostos teóricos do Ensino de Ciências.

Palavras-chave: Ensino de Astronomia. Ensino por Investigação. Três Momentos Pedagógicos. Cor e temperatura de estrelas.

ABSTRACT

BARROS, G.M. ASTRONOMY AND STELLAR EVOLUTION: A DIDACTIC PROPOSAL FOR TEACHING STAR COLOR AND TEMPERATURE. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2022.

The content typically associated with Astronomy has been present since the National Curriculum Guidelines and, currently, in the National Common Curriculum Base, indicating that Astronomy education is included in the curricular guidelines and part of student training. Therefore, Astronomy education needs to align with curricula and their assumptions of holistic and global student development and connect with the references of Science Education, which aim to form individuals who reflect on and intervene in their reality. To achieve this, Astronomy education should go beyond teaching concepts and content, enabling the development of epistemic and social elements, and the practice of science itself, alongside students. In light of the presented context, this work developed and implemented a didactic sequence using the Three Pedagogical Moments (Delizoicov et al., 2002) as a methodological tool to structure the activities, and Inquiry-Based Teaching as a theoretical reference for interacting with students, to address the topic of star color and temperature. Six activities were created for application with students; however, due to practical issues, the structure of the sequence underwent modifications, as some activities required specific conditions for implementation, involving experiments that depended on sunlight, leading to a structural reorganization of the sequence, with 2 activities remaining as supplementary. The evaluation of the sequence application is based on a qualitative methodological approach, characterized by a case study, with pre-defined analysis categories. The conceptual, epistemic, and social domains proposed by Duschl (2003, 2008) contribute to the evaluation of the sequence and highlight formative elements beyond the conceptual. The analysis of the activities indicates that students were exposed to typical science practices, such as argumentation, problem-solving, hypothesis generation, data comparison, and estimation, among others, demonstrating the potential of Astronomy to provide learning situations that integrate curricula and theoretical assumptions of Science Education.

Keywords: Astronomy Education. Inquiry-Based Teaching. Three Pedagogical Moments. Star Color and Temperature.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem de Júpiter, em infravermelho.....	88
Figura 2 - Imagem do buraco negro, em rádio.	88
Figura 3 - Terra vista da Lua, no visível.	89
Figura 4 - Construção do espectroscópio.....	90
Figura 5 - Registro do espectro da lâmpada.	91
Figura 6 - Circuito com associação de pilhas.	93
Figura 7 - Lâmpada de grafite.	94
Figura 8 - Lâmpada de grafite incandescente.	95
Figura 9 - Medida de temperatura do circuito.....	95
Figura 10 - Referência para a realização da atividade de medida da constante solar.	96
Figura 11 - Preparação da atividade da constante solar.	97
Figura 12 – Três configurações diferentes para atividade da constante solar.....	97
Figura 13 - Simulação do espectro do corpo negro do Sol - $T = 5800 \text{ K}$	101
Figura 14 - Simulação do espectro do corpo negro da Sirius A - $T = 10.000 \text{ K}$	101
Figura 15 - Simulação do espectro do corpo negro da Lâmpada - $T = 3.000 \text{ K}$	102
Figura 16 - Simulação do espectro do corpo negro da Terra - $T = 300 \text{ K}$	102
Figura 17 - Registro da atividade 1 - ALUNO H.	115
Figura 18 - Registro da atividade 1 - ALUNO C.	116
Figura 19 - Registro da atividade 1 - ALUNO D.	117
Figura 20 - Registro da atividade 1 - ALUNO K.....	118
Figura 21 - Registro do momento de síntese - ALUNO B.	118
Figura 22 - Registro da síntese da atividade 1 - ALUNO I.	119
Figura 23 - Registro da síntese da atividade 1 - ALUNO E.	119
Figura 24 - Registro da construção do espectroscópio - ALUNO A, ALUNO B e ALUNO K.....	120
Figura 25 - Registro da construção do espectroscópio - ALUNO H e ALUNO J.	121
Figura 26 - Registro da construção do espectroscópio - ALUNO E, ALUNO F e ALUNO I.	122
Figura 27 - Dados coletados com o espectroscópio - ALUNO A, ALUNO B e ALUNO K.....	123

Figura 28 - Registro das discussões da atividade 2 - ALUNO A, ALUNO B e ALUNO K.....	124
Figura 29 - Descrição da realização da atividade 2 - ALUNO H e ALUNO J.	125
Figura 30 - Registro das discussões da atividade 2 - parte 1 - ALUNO H e ALUNO J.	126
Figura 31 - Registro das discussões da atividade 2 - parte 2 - ALUNO H e ALUNO J.	126
Figura 32 - Registro das características dos espectros de diferentes fontes - ALUNO E, ALUNO F e ALUNO I.	127
Figura 33 - Registro das hipóteses para a observação das cores nos espectros - parte 1 - ALUNO E, ALUNO F e ALUNO I.....	128
Figura 34 - Registro das hipóteses para a observação das cores nos espectros - parte 2 - ALUNO E, ALUNO F e ALUNO I.....	128
Figura 35 - Registro do aumento da temperatura do grafite - ALUNO C, ALUNO D e ALUNO G.	130
Figura 36 - Registro do aumento da temperatura do grafite - ALUNO B e ALUNO K.	131
Figura 37 - Registro do aumento da temperatura do grafite - ALUNO H e ALUNO J.	132
Figura 38 - Registro do aumento da temperatura do grafite - ALUNO E, ALUNO F e ALUNO I.....	133
Figura 39 - Estimativa da potência e temperatura do grafite - parte 1 - ALUNO C, ALUNO D e ALUNO G.	134
Figura 40 - Estimativa da potência e temperatura do grafite - parte 2 - ALUNO C, ALUNO D e ALUNO G.	134
Figura 41 - Estimativa da potência e temperatura do grafite - ALUNO B.	135
Figura 42 - Estimativa da potência e temperatura do grafite - parte 1 - ALUNO K..	136
Figura 43 - Estimativa da potência e temperatura do grafite - parte 2 - ALUNO K..	136
Figura 44 - Estimativa da potência e temperatura do grafite - ALUNO H E ALUNO J.	137
Figura 45 - Estimativa da potência e temperatura do grafite - ALUNO E ALUNO F e ALUNO I.....	138
Figura 46 - Registro da estimativa da constante solar - parte 1 - ALUNO A, ALUNO C, ALUNO D e ALUNO K.....	141

Figura 47 - Registro da estimativa da constante solar - parte 2 - ALUNO A, ALUNO C, ALUNO D e ALUNO K.....	142
Figura 48 - Registro da estimativa da temperatura da superfície do Sol - ALUNO A, ALUNO C, ALUNO D e ALUNO K.....	143
Figura 49 - Registro da estimativa da constante solar - parte 1 - ALUNO H e ALUNO J.	144
Figura 50 - Registro da estimativa da constante solar - parte 2 - ALUNO H e ALUNO J.	145
Figura 51 - Registro da estimativa da temperatura da superfície do Sol - ALUNO H e ALUNO J.	146
Figura 52 - Registro da síntese da atividade 4 - ALUNO H e ALUNO J.....	147
Figura 53 - Nebulosa de Orion, em infravermelho.....	183
Figura 54 - Anéis de Saturno.....	183
Figura 55 - Estrela Eta Carinae.....	184
Figura 56 - Imagem da Terra.....	184
Figura 57 - Planeta Júpiter, em infravermelho.....	184
Figura 58 - Imagem indireta de um buraco negro, em rádio.	185
Figura 59 - Imagem da via Láctea.....	185
Figura 60 - Superfície de Saturno.	185
Figura 61 - Imagem da Terra, vista da Lua.	186
Figura 62 - Módulo lunar, sobrevoando a Lua e a Terra ao fundo.	186
Figura 63 - Imagem do Sol, em ultravioleta.....	186
Figura 64 - Recipientes com água para realizar as medidas da atividade.	196
Figura 65 - Alinhamento do recipiente com a luz solar.....	196
Figura 66 - Recipiente exposto ao Sol.	197

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Situações que devem ser promovidas pelo ensino de ciências.	23
Tabela 2 - Habilidades ensino fundamental - anos iniciais.....	27
Tabela 3 - Habilidades ensino fundamental - anos finais.....	29
Tabela 4 - Habilidades de Ciências da Natureza – Competência 1.	35
Tabela 5 - Habilidades de Ciências da Natureza – Competência 2.	35
Tabela 6 - Habilidades de Ciências da Natureza – Competência 3.	36
Tabela 7 - Modificações do currículo.....	48
Tabela 8 - Elementos de análise por domínio.	112
Tabela 9 - Elementos de análise, por domínio - Atividade 1.	120
Tabela 10 - Elementos de análise, por domínio - Atividade 2.	129
Tabela 11 - Elementos de análise, por domínio - Atividade 3.	139
Tabela 12 - Elementos de análise, por domínio - Atividade 4.	147
Tabela 13 - Trabalhos selecionados para a revisão bibliográfica.....	159
Tabela 14 - Dados coletados para a atividade da constante solar – recipiente exposto ao Sol.	197
Tabela 15 - Dados coletados para a atividade da constante solar – recipiente na sombra.	197
Tabela 16 - Dados coletados para a atividade da constante solar - 3 medidas - recipiente exposto ao Sol.	199
Tabela 17 - Dados coletados para a atividade da constante solar - 3 medidas - recipiente na sombra.....	199
Tabela 18 - Valores das energias trocadas - 3 situações.....	199
Tabela 19 - Valores estimados, na superfície da Terra - 3 situações.....	199
Tabela 20 - Valor estimado médio na superfície da Terra.....	199
Tabela 21 - Valor estimado da constante solar.	200

LISTA DE SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
ENPEC	Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
EPEF	Encontro de Pesquisa em Ensino de Física
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
LLECE	Laboratório Latino-americano de Avaliação da Qualidade da Educação para a América Latina
MPEA	Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Alunos
RELEA	Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia
SEI	Sequência de Ensino Investigativo
SNEA	Simpósio Nacional de Educação em Astronomia
SNEF	Simpósio Nacional de Ensino de Física

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 UM BREVE OLHAR PARA A ÁREA: ONDE ESTÁ O ENSINO DE ASTRONOMIA?	19
2.1 A BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR COMO REFERÊNCIA CURRICULAR	19
2.1.1 A área de Ciências da Natureza – Ensino Fundamental	23
2.1.2 Ciências no Ensino Fundamental – Anos Iniciais	26
2.1.3 Ciências no Ensino Fundamental – Anos Finais	28
2.1.3 A área de Ciências da Natureza – Ensino Médio	31
2.2 A ASTRONOMIA E A ASTROFÍSICA NOS TRABALHOS DE ENSINO	39
2.2.1 Mestrado profissional em ensino de Astronomia	41
2.2.2 Revista latino-americana de educação em Astronomia	47
2.2.3 Simpósio Nacional de Educação em Astronomia	52
2.2.4 Simpósio Nacional de Ensino de Física	55
3 A PROPOSTA DIDÁTICA – ESTRUTURA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	59
3.1 UM BREVE HISTÓRICO DO ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL	59
3.2 OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS	65
3.3 O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO EM UMA ABORDAGEM DIDÁTICA	69
3.4 ESTRUTURA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	74
3.4.1 Atividade – Imagens Astronômicas	78
3.4.2 Atividade – Construção do Espectroscópio	79
3.4.3 Atividade – Cores dos Cartões	80
3.4.4 Atividade – Teste da Chama	81
3.4.5 Atividade – Lâmpada de Grafite	82
3.4.6 Atividade – Medida da Constante Solar	83
4 A APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	85
4.1 CONTEXTO DE APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA	86
4.2 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DAS ATIVIDADES	87
4.2.1 Atividade 1 – Imagens Astronômicas	87
4.2.2 Atividade 2 – Construção do Espectroscópio	90
4.2.3 Atividade 3 – Lâmpada de Grafite	92
4.2.4 Atividade 4 – Medida da Constante Solar	96

5 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA PROPOSTA	104
5.1 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	104
5.2 OS DOMÍNIOS DO CONHECIMENTO COMO CATEGORIA DE ANÁLISE	108
5.3 ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA.....	113
5.3.1 Atividade 1 – Imagens Astronômicas	114
5.3.2 Atividade 2 – Construção do Espectroscópio	120
5.3.3 Atividade 3 – Lâmpada de Grafite	129
5.3.4 Atividade 4 – Medida da Constante Solar	139
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	149
REFERÊNCIAS	153
APÊNDICE	159
APÊNDICE 1 – TABELA DE TRABALHOS SELECIONADOS PARA A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	159
APÊNDICE 2 – SLIDES UTILIZADOS NAS ATIVIDADES APLICADAS.....	160
APÊNDICE 3 – SEQUÊNCIA DIDÁTICA – COR E TEMPERATURA DE ESTRELAS	178

1 INTRODUÇÃO

Comumente, é dito que a astronomia é uma das ciências mais antigas e traz consigo um grande conhecimento, sendo de grande importância na construção da identidade humana. Talvez este ramo do conhecimento tenha surgido da imensa curiosidade de contemplação do ser humano com o céu (Machado e Coimbra, 2005; Nascimento, 2009; Araujo, 2005).

O homem antigo estabeleceu uma relação direta com o céu, construindo uma compreensão a partir das suas vivências sociais, históricas e culturais (Nascimento, 1994; Faria, 2001). Hoje, novos campos de pesquisa surgem com a preocupação de compreender como se deu a construção da astronomia e cosmologia nas diversas civilizações. Essa compreensão além do mundo sensível pode ajudar no entendimento das diversas atividades das civilizações humanas ao longo da história, como por exemplo, o surgimento de uma agricultura rudimentar, a previsão da migração dos animais, a marcação de tempos etc., tudo através da observação e reconhecimento do céu (Fares, 2004; Faria, 2001; Ronan, 1987; Machado; Coimbra, 2005).

Chalmers (1993) traz uma rica discussão referente ao que seria a observação, afirmando que “o sentido da visão é o sentido mais extensivamente usado na prática da ciência”, portanto, a observação é uma prática inerente da Ciência, tanto no que diz respeito à aquisição de novos saberes, quanto para compreender o seu desenvolvimento e seus conceitos já estabelecidos. Dentro dessa perspectiva, Bretones e Compiani (2010) defendem a utilização da observação direta dos objetos e fenômenos celestes como meio essencial para ensinar a Astronomia. Langhi (2010) apresenta a observação e reconhecimento do céu como elementos importantes em cursos de formação de professores, onde a atividade de observar já é uma atividade em si, e não apenas utilizada como ponto de partida para o desenvolvimento de outros temas da Astronomia.

É notável que a observação tem grande importância no desenvolvimento dos saberes sobre a Astronomia, mas apenas observar não nos garante o entendimento dos fenômenos mais complexos que fogem da Astronomia dita como fundamental. O desenvolvimento de novas tecnologias e novas teorias, principalmente vindos da Física Moderna, possibilitam acessar uma grande

gama de novos fenômenos astronômicos, levando a um outro entendimento sobre o céu.

Os trabalhos de Carvalho (2016), Aguiar e Housume (2018) e Machado (2019), têm como proposta trazer elementos que extrapolem os conteúdos tradicionais da Astronomia, comumente conhecida como Astronomia Fundamental, ao sair do caráter básico da observação de fenômenos elementares, como reconhecimento de constelações, posição do Sol no movimento diurno, ou mesmo ao longo do ano, dentre outros fenômenos básicos, para abordar novos temas e conceitos, como evolução estelar, cosmologia, observar o céu em outros comprimentos de onda - como no caso das imagens feitas em rádio da radiação cósmica de fundo - ou mesmo as imagens dos buracos negros, core e temperatura de estrelas, tema abordado por esta dissertação.

Com o potencial de trabalhar temas da Astronomia em sala de aula, em particular tópicos de Astrofísica, o ensino de Astronomia precisa estar vinculado necessariamente a questões curriculares, e o tema já estava presente nos antigos Parâmetros Curriculares Nacionais (1998, 2000, 2002), que reverberaram para Base Nacional Comum Curricular (2018), abrangendo as competências, habilidades e objetos de conhecimento que devem ser trabalhados e desenvolvidos junto aos alunos.

Logo, o ensino de Astronomia precisa estar diretamente alinhado e vinculado a uma determinada concepção de educação e de ensino de Ciências, dialogando com os currículos, suas perspectivas de formação integral e global, como apresenta a BNCC, e dialogando com o que o próprio campo de pesquisa vem direcionando ao ensino da disciplina.

Krasilchik (2000) sistematiza como o ensino de Ciências se modifica ao longo do tempo, onde os objetivos da ciência, a concepção de ciência, bem como as instituições que promovem as reformas e modalidades pedagógicas recomendadas mudam.

Em meados da década de 50, existia uma concepção de educação para formar a elite com programas rígidos, e a ciência possuía uma concepção de neutralidade. O foco da formação era apresentar os produtos da ciência de maneira pronta e imutável, com a perspectiva de formar cientistas. Em meados dos anos 70, o foco muda, e a concepção de ensino busca formar o cidadão

trabalhador, e existe a flexibilização dos currículos, permitindo que cada estado produza o seu.

Surgem os debates epistemológicos das ciências, com destaque para Thomas Kuhn (1962), que afirma que a ciência passa a ser pensada do ponto de vista da sua construção histórica, dentro de um pensamento lógico-crítico, reverberando na forma como a ciência se estrutura e se constrói. Por fim, durante a década de 90, há a concepção dos objetivos de formação não somente para a formação da mão de obra, mas para a formação do estudante em uma perspectiva global e de reflexão.

Assim, o Ensino de Astronomia apresenta grande potencial para estabelecer um melhor diálogo com as novas concepções de Ensino de Ciências, alinhando-se aos novos objetivos da Ciência e as suas concepções. Ainda, além do conteúdo, aborda outros pontos importantes na formação e desenvolvimento dos alunos.

Vale ressaltar que a tarefa é grande, pois existe, claramente, a implementação de currículos que apresentam somente aspectos conceituais das ciências para os estudantes, limitando o entendimento sobre a forma como a Ciência se estrutura e se organiza. Sutton (1997) já indicava que muitos professores não apresentavam conhecimentos sobre a natureza da ciência e, desse modo, acabavam passando para os estudantes uma visão equivocada de como a ciência se estrutura e produz conhecimento. Nesse sentido, o autor sinaliza a importância de se repensar o ensino das ciências por meio de uma reestruturação curricular, com elementos para além dos aspectos conceituais. Na mesma linha, Gee (2010) discute a importância da linguagem da ciência em uma relação de pertencimento aos elementos produzidos internamente pela ciência. Ele destaca que esse pertencimento remete a aspectos para além dos elementos estritamente conceituais, que geralmente levam a uma visão da ciência de verdades imutáveis e acabadas.

Ensinar Astronomia não deve estar fora da concepção e dos objetivos de formação do sujeito, mostrando a Natureza da Ciência como um elemento importante para a compreensão da Astronomia em si, e como ela se insere dentro das Ciências da Natureza, expondo o potencial de atuação do sujeito no mundo que o cerca, dentro de uma concepção de formação atual. Nesse sentido, Dusch (2003, 2008) fez um grande levantamento de trabalhos de pesquisa

atrelados a ciências e ao ensino de ciências, e os sintetiza dentro do que ficou conhecido como os domínios do conhecimento. Os domínios conceitual, epistêmico e social são elementos importantes ao ensino de ciências, pois ajudam a repensar elementos estruturantes do currículo a serem trabalhados. Logo, o ensino de Astronomia, dentro dessa visão, deve apontar elementos de formação do sujeito que transcendam os elementos estritamente conceituais, possibilitando que os alunos se apropriem de outros elementos da natureza da ciência. Não no sentido de reproduzir o que o cientista faz, mas para incorporar outros elementos da linguagem da ciência como arcabouço de reflexão da realidade.

A necessidade de formação do sujeito implica que ele seja alfabetizado cientificamente, como defendido por Sasseron (2015) e Silva e Sasseron (2021). O conceito de alfabetização científica apresenta elementos interessantes para as aulas de ciências, pois os 3 eixos estruturantes, que surgem de um levantamento bibliográfico sobre o tema, mostram como o ensino ainda apresenta uma visão cartesiana, com ênfase nos eixos considerados separadamente e, por vezes, somente atrelado aos aspectos conceituais, onde o ideal seria uma integração entre os eixos, permitindo a formação do sujeito com capacidade de intervenção em sua realidade.

Vale lembrar que os eixos da Alfabetização Científica estão datados, ou seja, precisam ser retomados e vinculados de forma a dialogar com o que o campo de pesquisa em ensino de ciências vem produzindo atualmente. Nesse sentido, Sasseron e Silva (2018) têm como proposta revisitar e contextualizar os aspectos dos domínios do conhecimento, mostrando as questões defendidas sobre a alfabetização científica. Dessa forma, permite ao sujeito atuar na sua realidade por meio do ensino por investigação, os saberes produzidos que se relacionam e se consolidam em consonância com a literatura atual, proporcionando elementos para que exista um ensino de ciências para além dos aspectos conceituais (Silva; Sasseron, 2018).

Dentre as possibilidades para trabalhar os outros pontos, destacam-se os debates que realizamos que elevam o potencial da argumentação, elemento fundamental da linguagem da ciência. A argumentação está presente nas práticas epistêmicas e sociais da produção de conhecimento. Nesse sentido, Stroupe (2018), que fala sobre agência epistêmica, e Kelly e Licon (2018), que

apresentam as práticas epistêmicas, complementam o debate acerca do ensino de ciências e do próprio ensino de astronomia.

Nesse contexto, a presente dissertação pretende elaborar, aplicar e avaliar uma sequência didática sobre o tema de evolução estelar, com foco na relação entre cor e temperatura das estrelas, diferenciando-a de outras formas de emissão luz, como reflexão ou emissão discreta dos elementos químicos.

A sequência está organizada dentro dos três momentos pedagógicos (Delizoicov et al., 1993, 2002) como ferramenta metodológica para estruturar as atividades, e no ensino por investigação como abordagem didática (Sasseron, 2015). Portanto, o Ensino de Ciências, em específico o Ensino de Astronomia, deve formar para além dos conceitos e conteúdos, permitindo o desenvolvimento de elementos que transformem o letramento científico, por meio de aspectos epistêmicos e sociais, no fazer da própria ciência.

Na sequência, o segundo capítulo propõe a contextualização do ensino de Astronomia junto ao Ensino de Ciências, e como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) apresenta as competências e habilidades, tanto para o Ensino Fundamental como para o Ensino Médio. Ainda apresenta as concepções de formação dos alunos contidas no documento, enquanto diretrizes para a construção e reformulação dos currículos nacionais, tanto para as escolas públicas, quanto para as escolas particulares.

O terceiro capítulo tem a função de trazer os aspectos conceituais e metodológicos que fundamentam a construção e aplicação da pesquisa. Há um breve panorama histórico, importante para compreender como o ensino de Ciências se modificou ao longo do tempo e contextualizar o surgimento dos *Três Momentos Pedagógicos* e do *Ensino por Investigação*. Por fim, apresenta os objetivos e finalidades dos momentos pedagógicos de cada atividade.

A delimitação da pesquisa e a construção do referencial de análise fazem parte do quinto capítulo. Nele, há a delimitação da pesquisa e dos Domínios do Conhecimento como categoria de análise. Para finalizar, o texto contempla a avaliação e a análise didática a partir da perspectiva da produção realizada pelos alunos.

No sexto e último capítulo encontram-se as considerações finais da dissertação. Nela, busca-se retomar e apontar os principais pontos levantados ao longo da construção do trabalho, abordando suas possíveis contribuições

para o Ensino de Astronomia e Ciências, com elementos além dos aspectos conceituais, contribuindo de forma direta para a construção e desenvolvimento dos aspectos epistêmicos e sociais dos alunos.

2 UM BREVE OLHAR PARA A ÁREA: ONDE ESTÁ O ENSINO DE ASTRONOMIA?

A contextualização deste trabalho de pesquisa, perante os trabalhos já apresentados e consolidados na área de pesquisa e ensino, é de grande importância, pois permite situar este trabalho no contexto da produção existente. A construção da contextualização será feita por dois caminhos. O primeiro consiste em apresentar as principais ideias contidas na BNCC em relação à perspectiva de formação do sujeito e de que maneira o Ensino de Ciências, por meio do Ensino de Astronomia, pode contribuir para a formação global e integral dos alunos.

O segundo caminho consiste em reunir dissertações e artigos publicados sobre Ensino de Astronomia que, de alguma forma, se relacionam diretamente com as características desta dissertação. Os trabalhos selecionados estão diretamente ligados a atividades práticas desenvolvidas no contexto escolar e abordam temas fora da Astronomia Fundamental.

2.1 A BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR COMO REFERÊNCIA CURRICULAR

A Base Nacional Comum Curricular é resultado de um extenso debate entre os educadores e a sociedade civil, além de apresentar de maneira concreta o que já estava previsto na Constituição Federal (1988), por reconhecer a educação como um direito fundamental, compartilhada entre estado, família e sociedade, e prevista na Lei de Diretrizes e Base (1996). Nesse sentido, a BNCC apresenta os conteúdos mínimos para a formação dos alunos e, portanto, tem intenção de trazer elementos para subsidiar a elaboração e modernização dos currículos escolares dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios e das instituições escolares, tanto em escolas públicas quanto particulares, promovendo a aprendizagem e formação integral dos alunos (Brasil, 2018).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e

desenvolvimento, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação (PNE). Este documento normativo aplica-se exclusivamente à educação escolar, tal como a define o § 1º do Artigo 1º da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, Lei nº 9.394/1996), e está orientado pelos princípios éticos, políticos e estéticos que visam à formação humana integral e à construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva, como fundamentado nas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (DCN). (Brasil,2018, p.07)

Segundo a BNCC, a formação dos alunos se dará por meio do desenvolvimento de competências, que por sua vez, são constituídas pelo desenvolvimento de uma série de habilidades. A base apresenta que “competência é definida como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho” (Brasil, 2018, p.8).

A fim de atingir a formação integral dos alunos, a Educação Básica está apoiada em dez competências gerais, apresentadas a seguir:

1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva;
2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas;
3. Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural;
4. Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo;
5. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas

sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva;

6. Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade;

7. Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta;

8. Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas;

9. Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza;

10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.

Estruturar a BNCC em termos de competências e habilidades vem ao encontro do que foi feito em relação ao antigo PCN. Desse modo, o desenvolvimento de competências e habilidades vem, ao longo do século XX e início de XXI, servindo de base para a construção dos currículos dos Estados e Municípios, convergindo ao que vem sendo realizado outros países. A utilização das competências não se limita somente à constituição dos currículos, mas serve de referência para estruturar e organizar as avaliações internacionais, como a “Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), que coordena o Programa Internacional de Avaliação de Alunos (Pisa, na sigla em

inglês), e da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco, na sigla em inglês), que instituiu o Laboratório Latino-americano de Avaliação da Qualidade da Educação para a América Latina (LLECE, na sigla em espanhol)”(Brasil, 2018, 13).

Portanto, desenvolver as competências e habilidades junto aos alunos deve estar diretamente vinculado ao seu processo educativo, onde ele deve:

[...] reconhecer-se em seu contexto histórico e cultural, comunicar-se, ser criativo, analítico-crítico, participativo, aberto ao novo, colaborativo, resiliente, produtivo e responsável requer muito mais do que o acúmulo de informações. Requer o desenvolvimento de competências para aprender a aprender, saber lidar com a informação cada vez mais disponível, atuar com discernimento e responsabilidade nos contextos das culturas digitais, aplicar conhecimentos para resolver problemas, ter autonomia para tomar decisões, ser proativo para identificar os dados de uma situação e buscar soluções, conviver e aprender com as diferenças e as diversidades (Brasil, 2018, p.14).

Desse modo, a BNCC apresenta de forma clara e evidente as diretrizes de formação do sujeito dentro de uma perspectiva da educação integral, onde fica a cargo da Educação Básica o desenvolvimento humano de forma global. Assim, a superação de uma visão disciplinar do conhecimento deve ser superada, trazendo “o estímulo à sua aplicação na vida real, a importância do contexto para dar sentido ao que se aprende e o protagonismo do estudante em sua aprendizagem e na construção de seu projeto de vida” (Brasil, 2018, p.15).

A apresentação das competências gerais da Educação Básica, somadas aos elementos a serem desenvolvidos para a formação global dos alunos, constituem diretrizes que o Ensino de Ciências deve estar em consonância. O Ensino de Astronomia, que se encontra dentro do Ensino de Ciências, também precisa atender às demandas de formação presentes na BNCC. Portanto, as competências a serem desenvolvidas no Ensino de Ciências, com seus objetos de conhecimento e habilidades específicas, devem contribuir para o desenvolvimento das Competências Gerais da Educação e Básica e contribuir para o desenvolvimento das competências e habilidades características das Ciências.

O tópico a seguir apresentará a forma como a BNCC apresenta a área de Ciências da Natureza e suas relações com o ensino e, em particular, ressaltar as relações com o Ensino de Astronomia.

2.1.1 A área de Ciências da Natureza – Ensino Fundamental

O ensino de ciências deve contribuir para a formação global do aluno, como já ressaltado, que deve refletir, interpretar e compreender sua realidade, sendo capaz de propor modificações e intervenções com o aporte teórico metodológico da ciência. Atualmente, o desenvolvimento da ciência e tecnologia é notório e os alunos devem, por meio do letramento científico, acessar “à diversidade de conhecimentos científicos produzidos ao longo da história, bem como a aproximação gradativa aos principais processos, práticas e procedimentos da investigação científica” (Brasil, 2018, p. 321).

O aluno precisa ser apresentado a uma nova forma de interagir com o mundo, uma forma que apresenta um raciocínio específico da ciência, ou seja, uma forma que apresenta elementos epistêmicos de produção de conhecimento científico. Sendo assim, esse aluno deve, mediante a sua realidade “definir problemas, levantar, analisar e representar resultados; comunicar conclusões e propor intervenções” (Brasil, 2018, p.322), para então compreender e propor modificações da sua realidade. O desenvolvimento do letramento científico pressupõe uma série de ações que promovem o processo de investigação, que estão sistematizados e organizados na tabela 1 a seguir:

Tabela 1 - Situações que devem ser promovidas pelo ensino de ciências.

DEFINIÇÃO DE PROBLEMAS	<ul style="list-style-type: none"> • Observar o mundo a sua volta e fazer perguntas. • Analisar demandas, delinear problemas e planejar investigações. • Propor hipóteses.
LEVANTAMENTO, ANÁLISE E REPRESENTAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Planejar e realizar atividades de campo (experimentos, observações, leituras, visitas, ambientes virtuais etc.). • Desenvolver e utilizar ferramentas, inclusive digitais, para coleta, análise e representação de dados (imagens, esquemas, tabelas, gráficos, quadros, diagramas, mapas, modelos, representações de sistemas, fluxogramas, mapas conceituais, simulações, aplicativos etc.). • Avaliar informação (validade, coerência e adequação ao problema formulado). • Elaborar explicações e/ou modelos. • Associar explicações e/ou modelos à evolução histórica dos conhecimentos científicos envolvidos. • Selecionar e construir argumentos com base em evidências, modelos e/ou conhecimentos científicos. • Aprimorar seus saberes e incorporar, gradualmente, e de modo significativo, o conhecimento científico. • Desenvolver soluções para problemas cotidianos usando diferentes ferramentas, inclusive digitais.
COMUNICAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Organizar e/ou extrapolar conclusões. • Relatar informações de forma oral, escrita ou multimodal. • Apresentar, de forma sistemática, dados e resultados de investigações. • Participar de

INTERVENÇÃO

discussões de caráter científico com colegas, professores, familiares e comunidade em geral. • Considerar contra-argumentos para rever processos investigativos e conclusões. • Implementar soluções e avaliar sua eficácia para resolver problemas cotidianos. • Desenvolver ações de intervenção para melhorar a qualidade de vida individual, coletiva e socioambiental.

Fonte: Brasil, 2018.

Assim, levando em consideração as Competências Gerais da Educação Básica, vinculadas a situações que devem ser providas junto ao Ensino de Ciências, são apresentadas as competências específicas das Ciências da Natureza, no Ensino Fundamental:

1. Compreender as Ciências da Natureza como empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico;
2. Compreender conceitos fundamentais e estruturas explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, de modo a sentir segurança no debate de questões científicas, tecnológicas, socioambientais e do mundo do trabalho, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva;
3. Analisar, compreender e explicar características, fenômenos e processos relativos ao mundo natural, social e tecnológico (incluindo o digital), como também as relações que se estabelecem entre eles, exercitando a curiosidade para fazer perguntas, buscar respostas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das Ciências da Natureza;
4. Avaliar aplicações e implicações políticas, socioambientais e culturais da ciência e de suas tecnologias para propor alternativas aos desafios do mundo contemporâneo, incluindo aqueles relativos ao mundo do trabalho;
5. Construir argumentos com base em dados, evidências e informações confiáveis e negociar e defender ideias e pontos de vista que promovam a consciência socioambiental e o respeito a si próprio e ao outro, acolhendo e valorizando a diversidade de indivíduos e de grupos sociais, sem preconceitos de qualquer natureza;
6. Utilizar diferentes linguagens e tecnologias digitais de informação e comunicação para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos e resolver problemas das Ciências da Natureza de forma crítica, significativa, reflexiva e ética;

7. Conhecer, apreciar e cuidar de si, do seu corpo e bem-estar, compreendendo-se na diversidade humana, fazendo-se respeitar e respeitando o outro, recorrendo aos conhecimentos das Ciências da Natureza e às suas tecnologias;

8. Agir pessoal e coletivamente com respeito, autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, recorrendo aos conhecimentos das Ciências da Natureza para tomar decisões frente a questões científico-tecnológicas e socioambientais e a respeito da saúde individual e coletiva, com base em princípios éticos, democráticos, sustentáveis e solidários.

Ao considerar a BNCC como um documento que deve trazer subsídio à construção e elaboração dos currículos, o texto é em três unidades temáticas: Matéria e energia, Vida e evolução e Terra e universo. A divisão repete-se ao longo de todo o Ensino Fundamental, passando pelos anos iniciais e anos finais da etapa da Educação Básica. A unidade temática Matéria e energia tem por objetivo trabalhar, junto aos alunos, temas como fontes e tipos de energia e aspectos da matéria e suas transformações, a fim de construir conhecimentos sobre natureza da matéria e os diferentes usos da energia. Por outro lado, a unidade temática Vida e evolução apresenta a discussão sobre os seres vivos, o que engloba os seres humanos, apontando a vida como um fenômeno natural e social, destacando a interação entre os seres vivos, a interação dos humanos com os outros seres vivos, em diferentes ecossistemas (Brasil, 2018).

A Astronomia tem como principal característica ser uma área do conhecimento que se apoia em diferentes áreas do saber científico, tornando-a um campo interdisciplinar. Os temas que a Astronomia aborda poderiam estar contidos nas unidades temáticas Matéria e energia, ou mesmo na unidade Vida e evolução, contudo, fica evidente no texto da BNCC que os tópicos típicos da Astronomia estão apresentados de forma direta e objetiva dentro da unidade temática Terra e universo. Como esta dissertação pretende trabalhar conteúdos dentro do campo de concentração de Ensino de Astronomia, é necessário entender de que forma a Astronomia está vinculada com o currículo de Ciências no Ensino Fundamental. Apresenta-se, assim, de forma objetiva e direta na unidade temática Terra e Universo, que busca:

a compreensão de características da Terra, do Sol, da Lua e de outros corpos celestes – suas dimensões, composição, localizações, movimentos e forças que atuam entre eles. Ampliam-se experiências de observação do céu, do planeta Terra, particularmente das zonas habitadas pelo ser humano e demais seres vivos, bem como de observação dos principais fenômenos celestes. Além disso, ao salientar que a construção dos conhecimentos sobre a Terra e o céu se deu de diferentes formas em distintas culturas ao longo da história da humanidade, explora-se a riqueza envolvida nesses conhecimentos, o que permite, entre outras coisas, maior valorização de outras formas de conceber o mundo, como os conhecimentos próprios dos povos indígenas originários (Brasil, 2018, p.329).

Logo, as unidades temáticas apresentam uma organização de objetos de conhecimento, entendidos como conteúdos, conceitos e processos, que estão diretamente vinculados às necessidades dos componentes curriculares, portanto, atreladas às diferentes competências específicas a serem desenvolvidas junto aos alunos. Na tentativa de garantia do domínio das competências, um conjunto de habilidades, que se relacionam a diferentes objetos de conhecimento, são apresentadas na BNCC de forma gradativa de complexidade, ao longo dos anos do Ensino Fundamental. No decorrer dos tópicos seguintes, o Ensino de Ciências nos anos iniciais e finais serão apresentados.

2.1.2 Ciências no Ensino Fundamental – Anos Iniciais

O ponto de partida para o ensino de ciências no ensino fundamental é a própria vivência dos alunos. Eles possuem curiosidades, interesses, entre outras demandas e experiências de vida, que servem de ponto de partida para construir um conhecimento sistematizado de Ciências. Vale ressaltar que construir um conhecimento sistematizado em Ciências não deve estar atrelado à apresentação de um conjunto de conteúdos típicos, sendo importante que os alunos desenvolvam processos típicos do processo de produção de conhecimento nas Ciências da Natureza:

não basta que os conhecimentos científicos sejam apresentados aos alunos. É preciso oferecer oportunidades para que eles, de fato, envolvam-se em processos de aprendizagem nos quais possam vivenciar momentos de investigação que lhes possibilitem exercitar e ampliar sua curiosidade, aperfeiçoar sua capacidade de observação, de raciocínio lógico e de criação, desenvolver posturas mais colaborativas e sistematizar suas primeiras explicações sobre o mundo

natural e tecnológico, e sobre seu corpo, sua saúde e seu bem-estar, tendo como referência os conhecimentos, as linguagens e os procedimentos próprios das Ciências da Natureza (Brasil, 2018, p.331).

A tabela 2 a seguir apresenta, dentro da unidade temática Terra e universo, os objetos de conhecimento junto com suas respectivas habilidades:

Tabela 2 - Habilidades ensino fundamental - anos iniciais.

ANO	UNIDADE TEMÁTICA	OBJETOS DE CONHECIMENTO	HABILIDADES
1º ANO	Terra e Universo	Escalas de tempo	(EF01CI05) Identificar e nomear diferentes escalas de tempo: os períodos diários (manhã, tarde, noite) e a sucessão de dias, semanas, meses e anos. (EF01CI06) Selecionar exemplos de como a sucessão de dias e noites orienta o ritmo de atividades diárias de seres humanos e de outros seres vivos.
2º ANO	Terra e Universo	Movimento aparente do Sol no céu O Sol como fonte de luz e calor	(EF02CI07) Descrever as posições do Sol em diversos horários do dia e associá-las ao tamanho da sombra projetada. (EF02CI08) Comparar o efeito da radiação solar (aquecimento e reflexão) em diferentes tipos de superfície (água, areia, solo, superfícies escura, clara e metálica etc.).
3º ANO	Terra e Universo	Características da Terra Observação do céu Usos do solo	(EF03CI07) Identificar características da Terra (como seu formato esférico, a presença de água, solo etc.), com base na observação, manipulação e comparação de diferentes formas de representação do planeta (mapas, globos, fotografias etc.). (EF03CI08) Observar, identificar e registrar os períodos diários (dia e/ou noite) em que o Sol, demais estrelas, Lua e planetas estão visíveis no céu.
4º ANO	Terra e Universo	Pontos cardeais Calendários, fenômenos cíclicos e cultura	(EF04CI09) Identificar os pontos cardeais, com base no registro de diferentes posições relativas do Sol e da sombra de uma vara (gnômon). (EF04CI10) Comparar as indicações dos pontos cardeais resultantes da observação das sombras de uma vara (gnômon) com aquelas obtidas por meio de uma bússola. (EF04CI11) Associar os movimentos cíclicos da Lua e da Terra a períodos de tempo regulares e ao uso desse conhecimento para a construção de calendários em diferentes culturas.
5º ANO	Terra e Universo	Constelações e mapas celestes Movimento de rotação da Terra Periodicidade das fases da Lua	(EF05CI10) Identificar algumas constelações no céu, com o apoio de recursos (como mapas celestes e aplicativos digitais, entre outros), e os períodos do ano em que elas são visíveis no início da noite.

Instrumentos óticos	<p>(EF05C111) Associar o movimento diário do Sol e das demais estrelas no céu ao movimento de rotação da Terra.</p> <p>(EF05C112) Concluir sobre a periodicidade das fases da Lua, com base na observação e no registro das formas aparentes da Lua no céu ao longo de, pelo menos, dois meses.</p> <p>(EF05C113) Projetar e construir dispositivos para observação à distância (luneta, periscópio etc.), para observação ampliada de objetos (lupas, microscópios) ou para registro de imagens (máquinas fotográficas) e discutir usos sociais desses dispositivos.</p>
---------------------	---

Fonte: Brasil, 2018.

Analisando a tabela, é possível verificar diversos assuntos típicos da Astronomia e, como mencionado, os conteúdos dessa área de conhecimento estariam dentro da unidade temática Terra e Universo. Contudo, há conceitos da Astronomia que são diretamente ligados a as outras unidades temáticas, mas optou-se por apresentar somente as habilidades e objetos de conhecimento dentro da unidade temática Terra e Universo, que apresentam de forma direta os temas da Astronomia.

No 1º ano, os alunos devem desenvolver habilidades para a marcação de tempo (manhã, tarde e noite), relacionando-o a atividades cotidianas. No 2º ano, o objeto de conhecimento explicita o desenvolvimento da habilidade de descrever o movimento aparente do Sol e sua relação com outros fenômenos, como formação de sombra e transmissão de calor. No 3º ano, as características do formato do planeta Terra, bem como o tema de observação do céu, são listados nas habilidades que devem ser desenvolvidas. No 4º ano, o tema dos pontos cardeais junto à descrição do posicionamento do Sol, por meio de um gnômon, e identificar padrões relacionados ao movimento do sistema Terra – Lua. Por fim, no 5º ano, identificar constelações e, ao longo do ano, concluir as características periódicas do movimento da Lua e construir uma luneta para realizar observações dos objetos celestes.

2.1.3 Ciências no Ensino Fundamental – Anos Finais

O ensino de ciências nos anos finais do ensino fundamental continua apoiado em elementos do cotidiano dos alunos, relacionados com os interesses

e curiosidades que eles trazem a respeito do mundo natural. A diferença entre o Ensino de Ciências nos anos iniciais e finais encontra-se no aumento do grau de abstração da autonomia e no grau de abstração de pensamento dos alunos. Com isso, fica evidente que desenvolvimento dessas características:

[...] possibilitam a eles, em sua formação científica, explorar aspectos mais complexos das relações consigo mesmos, com os outros, com a natureza, com as tecnologias e com o ambiente; ter consciência dos valores éticos e políticos envolvidos nessas relações; e, cada vez mais, atuar socialmente com respeito, responsabilidade, solidariedade, cooperação e repúdio à discriminação (Brasil, 2018, p. 343).

A tabela 3 a seguir apresenta, dentro da unidade temática Terra e universo, os objetos de conhecimento junto às suas respectivas habilidades:

Tabela 3 - Habilidades ensino fundamental - anos finais.

ANO	UNIDADE TEMÁTICA	OBJETOS DE CONHECIMENTO	HABILIDADES
6º ANO	Terra e Universo	Forma, estrutura e movimentos da Terra	(EF06CI13) Selecionar argumentos e evidências que demonstrem a esfericidade da Terra. (EF06CI14) Inferir que as mudanças na sombra de uma vara (gnômon) ao longo do dia em diferentes períodos do ano são uma evidência dos movimentos relativos entre a Terra e o Sol, que podem ser explicados por meio dos movimentos de rotação e translação da Terra e da inclinação de seu eixo de rotação em relação ao plano de sua órbita em torno do Sol.
7º ANO	Terra e Universo	Composição do ar Efeito estufa Camada de ozônio Fenômenos naturais (vulcões, terremotos e tsunamis) Placas tectônicas e deriva continental	(EF07CI12) Demonstrar que o ar é uma mistura de gases, identificando sua composição, e discutir fenômenos naturais ou antrópicos que podem alterar essa composição. (EF07CI13) Descrever o mecanismo natural do efeito estufa, seu papel fundamental para o desenvolvimento da vida na Terra, discutir as ações humanas responsáveis pelo seu aumento artificial (queima dos combustíveis fósseis, desmatamento, queimadas etc.) e selecionar e implementar propostas para a reversão ou controle desse quadro. (EF07CI14) Justificar a importância da camada de ozônio para a vida na Terra, identificando os fatores que aumentam ou diminuem sua presença na atmosfera, e discutir propostas individuais e coletivas para sua preservação. (EF07CI15) Interpretar fenômenos naturais (como vulcões, terremotos e tsunamis) e justificar a rara ocorrência desses fenômenos no Brasil, com base no modelo das placas tectônicas. (EF07CI16) Justificar o formato das costas brasileira e africana com base na teoria da deriva dos continentes.

8º ANO	Terra e Universo	Sistema Sol, Terra e Lua Clima	<p>(EF08CI12) Justificar, por meio da construção de modelos e da observação da Lua no céu, a ocorrência das fases da Lua e dos eclipses, com base nas posições relativas entre Sol, Terra e Lua.</p> <p>(EF08CI13) Representar os movimentos de rotação e translação da Terra e analisar o papel da inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à sua órbita na ocorrência das estações do ano, com a utilização de modelos tridimensionais.</p> <p>(EF08CI14) Relacionar climas regionais aos padrões de circulação atmosférica e oceânica e ao aquecimento desigual causado pela forma e pelos movimentos da Terra.</p> <p>(EF08CI15) Identificar as principais variáveis envolvidas na previsão do tempo e simular situações nas quais elas possam ser medidas.</p>
9º ANO	Terra e Universo	<p>Composição, estrutura e localização do Sistema Solar no Universo</p> <p>Astronomia e cultura</p> <p>Vida humana fora da Terra</p> <p>Ordem de grandeza astronômica</p> <p>Evolução estelar</p>	<p>(EF09CI14) Descrever a composição e a estrutura do Sistema Solar (Sol, planetas rochosos, planetas gigantes gasosos e corpos menores), assim como a localização do Sistema Solar na nossa Galáxia (a Via Láctea) e dela no Universo (apenas uma galáxia dentre bilhões).</p> <p>(EF09CI15) Relacionar diferentes leituras do céu e explicações sobre a origem da Terra, do Sol ou do Sistema Solar às necessidades de distintas culturas (agricultura, caça, mito, orientação espacial e temporal etc.).</p> <p>(EF09CI16) Selecionar argumentos sobre a viabilidade da sobrevivência humana fora da Terra, com base nas condições necessárias à vida, nas características dos planetas e nas distâncias e nos tempos envolvidos em viagens interplanetárias e interestelares.</p> <p>(EF09CI17) Analisar o ciclo evolutivo do Sol (nascimento, vida e morte) baseado no conhecimento das etapas de evolução de estrelas de diferentes dimensões e os efeitos desse processo no nosso planeta</p>

Fonte: Brasil, 2018.

Ao analisar as habilidades presentes nos anos finais, fica evidente que diversos conteúdos da Astronomia são retomados dos anos iniciais. Por exemplo, o tema do formato e esfericidade da Terra e o experimento do gnômon são retomados no 6º ano. Já no 7º ano, fenômenos que envolvem o sistema Sol – Terra – Lua são retomados como forma de se trabalhar as estações do ano e fases da Lua, além de abordar outros fenômenos que são diretamente relacionados às características da Terra como planeta, apresentando fenômenos naturais como vulcões, terremotos e tsunamis. No 8º ano, retorna os fenômenos do sistema Sol – Terra – Lua, contudo, com a perspectiva de construção de

modelos de explicação aos fenômenos observados em anos anteriores, atrelados à representação dos movimentos. Por fim, no 9º ano, as habilidades levam a temas que podem ser trabalhados para além do que é comumente chamado de Astronomia fundamental, pois os alunos são convidados a desenvolverem habilidades que abordam temas da Astronomia como evolução e composição do sistema solar. E ainda, elementos da Astronomia cultural, ao propor diferentes explicações para o surgimento da Terra, Sol e Sistema Solar. A viabilidade da vida humana fora da Terra e as condições necessárias à vida também aparecem como um tema a ser desenvolvido nesta série. Para concluir, o tema de evolução estelar, utilizando o Sol como um exemplo a ser explorado, é colocado ao final das habilidades do Ensino de Ciências no fundamental. Fica evidente o aumento do grau de abstração e complexidade das explicações dos fenômenos astronômicos ao longo da leitura das habilidades.

2.1.3 A área de Ciências da Natureza – Ensino Médio

A garantia do direito à educação tem se mostrado frágil quando a etapa final da Educação Básica está em debate. Aspectos cruciais, como promoção da aprendizagem e permanência, transformam o ensino médio em um ponto de afunilamento da educação, desvinculando-se das demandas presentes e futuras dos alunos. Nesse sentido, o cenário de complexidade da realidade, com transformações sociais e tecnológicas constantes, impacta diretamente na vida dos alunos e, portanto, existe um desafio em propostas de organização curricular e políticas para atender essas novas demandas (Brasil, 2018).

Para formar esses jovens como sujeitos críticos, criativos, autônomos e responsáveis, cabe às escolas de Ensino Médio proporcionar experiências e processos que lhes garantam as aprendizagens necessárias para a leitura da realidade, o enfrentamento dos novos desafios da contemporaneidade (sociais, econômicos e ambientais) e a tomada de decisões éticas e fundamentadas. O mundo deve lhes ser apresentado como campo aberto para investigação e intervenção quanto a seus aspectos políticos, sociais, produtivos, ambientais e culturais, de modo que se sintam estimulados a equacionar e resolver questões legadas pelas gerações anteriores – e que se refletem nos contextos atuais –, abrindo-se criativamente para o novo (Brasil, 2018, p. 463).

Desse modo, a formação do aluno na etapa final da Educação Básica implica grandes desafios ao Ensino Médio que, segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação, terá como finalidade (LDB, 1996, Art. 35):

I - a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;

II - a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;

III - o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;

IV - a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

Portanto, a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos no Ensino Médio deve atender às demandas de formação desses jovens. Além das demandas pessoais, os alunos devem:

- Compreender e utilizar os conceitos e teorias que compõem a base do conhecimento científico-tecnológico, bem como os procedimentos metodológicos e suas lógicas;

- Conscientizar-se quanto à necessidade de continuar aprendendo e aprimorando seus conhecimentos;

- Apropriar-se das linguagens científicas e utilizá-las na comunicação e na disseminação desses conhecimentos; e

- Apropriar-se das linguagens das tecnologias digitais e tornar-se fluentes em sua utilização (Brasil, 2018, p. 467)

A BNCC apresenta as competências específicas dentro das áreas de conhecimento a serem desenvolvidas no Ensino Médio, que estão diretamente relacionadas e articuladas às competências desenvolvidas no Ensino Fundamental, além de trazer as especificidades de formação dos alunos na etapa final da Educação Básica. As competências e habilidades, que devem ser desenvolvidas junto os alunos para que eles atinjam determinadas competências, seguem o mesmo formato do que foi apresentado no Ensino Fundamental. A educação básica geral, junto dos itinerários formativos, forma o

currículo do Ensino médio, com o objetivo de “consolidar, aprofundar e ampliar a formação integral” dos alunos (Brasil, 2018, p. 471).

O ensino de Ciências da Natureza apresenta uma demanda de continuar o que já foi desenvolvido no Ensino Fundamental, apresentando debates mais aprofundados, com o intuito de ampliar o repertório dos alunos e atender às demandas da formação integral do sujeito.

A área de Ciências da Natureza, no Ensino Fundamental, propõe aos estudantes investigar características, fenômenos e processos relativos ao mundo natural e tecnológico, explorar e compreender alguns de seus conceitos fundamentais e suas estruturas explicativas, além de valorizar e promover os cuidados pessoais e com o outro, o compromisso com a sustentabilidade e o exercício da cidadania. No Ensino Médio, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias oportuniza o aprofundamento e a ampliação dos conhecimentos explorados na etapa anterior. Trata a investigação como forma de engajamento dos estudantes na aprendizagem de processos, práticas e procedimentos científicos e tecnológicos, e promove o domínio de linguagens específicas, o que permite aos estudantes analisar fenômenos e processos, utilizando modelos e fazendo previsões. Dessa maneira, possibilita aos estudantes ampliar sua compreensão sobre a vida, o nosso planeta e o universo, bem como sua capacidade de refletir, argumentar, propor soluções e enfrentar desafios pessoais e coletivos, locais e globais (Brasil, 2018, p. 471 e p. 472).

É importante ressaltar que o Ensino de Ciências deve ir além do ensino e aprendizagem de conceitos, permitindo a integração entre Química, Física e Biologia como disciplinas curriculares, propiciando o letramento científico dos alunos ao permitir uma relação interdisciplinar dos saberes típicos do fazer científico. A interpretação e aplicação do pensamento científico, sistematizado em leis, teorias e modelos, permite aos alunos uma leitura da realidade e a apropriação de linguagens específicas da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, por meio de seus códigos, símbolos, nomenclaturas e gêneros textuais (Brasil, 2018). Logo, os conhecimentos:

[...] conceituais associados a essas temáticas constituem uma base que permite aos estudantes investigar, analisar e discutir situações-problema que emergem de diferentes contextos socioculturais, além de compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais. Dessa forma, os estudantes podem reelaborar seus próprios saberes relativos a essas temáticas, bem como reconhecer as potencialidades e limitações das Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Brasil, 2018, p. 548).

Diferentemente da estrutura da BNCC no que se refere as competências e as habilidades do ensino de Ciências da Natureza no ensino fundamental, a estrutura do ensino médio divide-se basicamente em três competências, porém, apresentam visões mais amplas. Vale ressaltar que existe o exercício de se trabalhar com a Química, Física e Biologia de forma integrada e interdisciplinar, e por isso a necessidade de apresentar as competências descritas de forma ampla, permitindo a correlação entre as áreas. A seguir, são listadas as três competências específicas de Ciências da Natureza e suas tecnologias para o Ensino Médio:

1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global;

2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis;

3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Cada competência apresenta uma série de habilidades que devem ser desenvolvidas junto aos alunos para que eles possam dar continuidade ao Ensino de Ciências iniciado no Ensino Fundamental, como mencionado, e dar continuidade à formação integral, subsidiando os alunos para as demandas que a vida contemporânea impõe. Como as competências e habilidades, principalmente em relação aos objetos de conhecimento, estão organizadas de maneira diferente do Ensino Fundamental, optou-se em apresentar todas as habilidades por competência. As tabelas 4, 5 e 6 a apresentam as habilidades por competência:

Tabela 4 - Habilidades de Ciências da Natureza – Competência 1.

HABILIDADES – COMPETÊNCIA 1	
EM13CNT101	Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
(EM13CNT102)	Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.
(EM13CNT103)	Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.
EM13CNT104)	Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis.
EM13CNT105)	Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.
EM13CNT106)	Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.
EM13CNT107)	Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais –, para propor ações que visem a sustentabilidade.

Fonte: Brasil, 2018.

Tabela 5 - Habilidades de Ciências da Natureza – Competência 2.

HABILIDADES – COMPETÊNCIA 2	
EM13CNT201	Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.
EM13CNT202	Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).
EM13CNT203	Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de

manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

- EM13CNT204 Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).
- EM13CNT205 Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.
- EM13CNT206 Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.
- EM13CNT207 Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.
- EM13CNT208 Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana.
- EM13CNT209 Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

Fonte: Brasil, 2018.

Tabela 6 - Habilidades de Ciências da Natureza – Competência 3.

HABILIDADES – COMPETÊNCIA 3

- EM13CNT301 Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
- EM13CNT302 Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.

- EM13CNT303 Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.
- EM13CNT304 Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.
- EM13CNT305 Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos, em diferentes contextos sociais e históricos, para promover a equidade e o respeito à diversidade.
- EM13CNT306 Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.
- EM13CNT307 Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.
- EM13CNT308 Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.
- EM13CNT309 Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.
- EM13CNT310 Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de avaliar e/ou promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.

Fonte: Brasil, 2018.

Diferente do que se encontra na BNCC no Ensino Fundamental, no Ensino Médio, a divisão dos objetos de conhecimentos e as habilidades não são delimitadas e apresentam uma estrutura que dialoga com a Astronomia nas habilidades das competências 1 e 3, mesmo que pudessem estar somente nas habilidades da competência 2. Dentro das três competências, existem

habilidades a serem desenvolvidas juntos aos alunos que podem ser promovidas com temas da Astronomia. Claramente, a estrutura de competências e habilidades do Ensino de Ciência do Ensino Médio tem uma proposição mais aberta que permite maiores possibilidades de integração de áreas da Ciências da Natureza, contudo, apresentam poucos subsídios de articulação dos conteúdos das áreas disciplinares, como relacioná-los entre si e como podem promover competências gerais da Educação Básica e as competências específicas da Ciências da Natureza.

As habilidades das competências 1 e 3 permitem que conceitos da Astronomia sejam desenvolvidos, ou mesmo que sirvam de suporte para o desenvolvimento das habilidades. Por exemplo, a habilidade EM13CNT101, da competência 1, menciona a questão processos de transformações de energia, e existe a possibilidade de abordar a produção de energia por meio da radiação vinda do Sol, como fonte primária de energia para placas solares, por exemplo. A mesma habilidade aborda o desenvolvimento sustentável e o uso consciente dos recursos naturais, que podem ser monitorados devido ao desenvolvimento da tecnologia dos satélites. Os satélites poderiam entrar como um subsídio ao desenvolvimento da habilidade por apresentarem imagens capturadas por eles como elementos de discussão e problematização, ou mesmo servirem como um elemento de estudos, como em relação à história da exploração espacial, trazendo a importância do desenvolvimento da tecnologia e de suas aplicações. Ainda dentro da competência 1, a habilidade EM13CNT103 diz sobre utilizar os conhecimentos sobre radiação, que pode ser introduzida por meio de conteúdos da Astronomia, como análise de espectro, radiação cósmica de fundo, núcleo síntese de elementos radioativos, dentre outros.

Em relação à competência 3, a habilidade EM13CNT301 discute sobre a construção de um raciocínio dentro da perspectiva científica, que pode ser trabalhada com os alunos por meio de experimentos astronômicos, como o experimento do gnômon, ou o experimento da construção de um diagrama HR, por exemplo, que estimulam a elaboração de questões, hipóteses e interpretação de resultados. A habilidade EM13CNT302 complementa a habilidade EM13CNT301, pois debate sobre a comunicação dos resultados experimentais, em diferentes linguagens, e promove debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental, elemento

importante no desenvolvimento do pensamento científico junto aos alunos. Por fim, a habilidade EM13CNT303, que aborda a leitura de textos dentro da temática de Ciência da Natureza, e a habilidade EM13CNT304, que trata sobre analisar e debater situações controversas da aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza, podem se articular em discussões sobre a revolução copernicana, ou mesmo a diferença entre a mecânica de Newton e Einstein, como conceitos motivadores.

Assim, a Astronomia permite o desenvolvimento das 3 competências específicas das Ciências da Natureza no Ensino Médio, entretanto, é necessário conhecimento sobre os conceitos e demais aspectos, como questões históricas e epistêmicas, para utilizar a Astronomia como uma forma de contribuir com a construção das habilidades junto aos alunos.

2.2 A ASTRONOMIA E A ASTROFÍSICA NOS TRABALHOS DE ENSINO

A dissertação consiste na construção e aplicação de uma sequência didática sobre cor e temperatura de estrelas com alunos do Ensino Médio. Dessa forma, situar o trabalho perante aos trabalhos de ensino publicados sobre o assunto é de grande importância para contextualizar a dissertação junto à área, ou mesmo evidenciar as potencialidades e possíveis contribuições para o Ensino de Astronomia e, conseqüentemente, trazer contribuições para o ensino de Ciências. O levantamento bibliográfico dos trabalhos correlatos foi feito por meio de um recorte das diferentes fontes possíveis, uma vez que é impossível esgotar todas as fontes disponíveis.

Para a realização do levantamento bibliográfico, foram selecionadas as seguintes fontes: dissertações do Mestrado Profissional em Ensino de astronomia (MPEA), artigos da Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia (RELEA), trabalhos apresentados no Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) e trabalhos apresentados no Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (SNEA). Como a presente dissertação tem como objetivo a construção e aplicação de uma sequência didática, optou-se por fontes que podem trazer elementos que se relacionam com a proposta e, portanto, fontes de trabalhos e artigos que apresentem sequência didática, aplicação de atividades em escolas, relatos de professores, proposição de atividades e relatos

de experiências. Por esse critério de seleção, fontes como Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) e Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) ficaram de fora da seleção por serem eventos de pesquisa e, por tradição, não aceitarem trabalhos com relatos de práticas.

O período de corte para o levantamento foi de 10 anos, pois, dessa forma, verifica-se como o campo do Ensino de Ciências e, em particular, o Ensino de Astronomia, vem abordando temas relacionados à astrofísica em atividades práticas. Inicialmente, o levantamento seria de 5 anos, contudo, o recorte colocaria o levantamento no período da pandemia, e a procura preliminar dos trabalhos mostrou um prejuízo ao levantamento, uma vez que a pandemia claramente impactou na produção dos eventos selecionados. O SNEF e o SNEA tiveram modificações nos eventos e no formato dos trabalhos publicados, com o aceite de trabalhos no formato de resumo e resumo expandido, por exemplo, o que limita as informações contidas no texto e nos trabalhos apresentados, já que foi necessário realizar apresentações remotas. No MPEA, os trabalhos não poderiam aplicar as sequências propostas de forma presencial, como a proposta do Fornazari (2021) e a proposta da Santos (2022), por exemplo, que precisaram de modificações para uma aplicação remota. A única fonte selecionada que não seria impactada diretamente pela pandemia seria a RELEA, pois trata-se de uma revista no formato eletrônico e que apresenta trabalhos de diversos recortes dentro do Ensino de Astronomia, o que permitiu o seu funcionamento sem grandes impactos.

A escolha se deu por meio de uma busca direta e sistemática nos títulos dos trabalhos, por palavras-chave como sequência didática, relato de experiência, astronomia, astrofísica, estrelas, diagrama HR e proposta de ensino. Em seguida, após a leitura do resumo, ou mesmo uma leitura transversal, verificava-se a potencialidade para a seleção. Alguns trabalhos não continham no título elementos preestabelecidos pelas palavras-chave da busca e também passavam pela abertura e leitura transversal, pois o título não trazia de forma evidente todos os tópicos descritos no trabalho. Por outro lado, alguns trabalhos aparentavam serem bons candidatos para a revisão bibliográfica, devido ao título, entretanto, mostraram-se inadequados perante aos critérios de seleção e, após a leitura transversal, foram descartados. Foram selecionados um total de

15 trabalhos¹, sendo 5 do MPEA, 3 da RELEA, 3 do SNEA e 4 do SNEF, que serão apresentados nas próximas seções.

2.2.1 Mestrado profissional em ensino de Astronomia

A escolha por trabalhos dentro do Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia (MPEA) se deu por motivos de observar e analisar a produção desenvolvida ao longo dos anos no programa de pós-graduação e as aproximações e distanciamentos que esta dissertação apresenta perante seus pares. O site do MPEA² apresenta a lista de dissertações que foram defendidas, com links que direcionam diretamente para O BANCO DE TESES DA USP³, com acesso ao texto na íntegra, mas as dissertações defendidas recentemente não estão no site do programa e foram analisadas diretamente no site do banco de teses e dissertações da USP. As dissertações escolhidas para a leitura seguem os critérios estabelecidos e previamente descritos no item anterior. Desta forma, foram selecionados 5 trabalhos do programa: Napoleão (2018), Vieira (2018), Annuniação (2020), Fornazari (2021) e Santos (2022).

Inicialmente, a dissertação de Napoleão (2018) pretende desenvolver temas fundamentais da Astrofísica Estelar, o brilho de estrelas variáveis, com alunos do Ensino Médio. Uma Abordagem metodológica empírica, que aborda questões da observação, registro, análise e interpretação dos resultados. O autor apresenta seis fatores que justificam a presença da Astronomia nos currículos e, portanto, fazem parte da formação dos jovens: Fatores culturais e históricos, Fatores práticos, Fatores científicos e tecnológicos, Fatores estéticos e emocionais, Fatores pedagógicos e Fatores sociais.

O autor apresenta um panorama sobre o Ensino de Astronomia desde a década de 60 até os dias atuais, apresentando exemplos e justificativas para se ensinar Astronomia, trazendo diversos argumentos e autores de fora do contexto brasileiro como referência. Já no contexto nacional, os PCN são referência para

¹ No Apêndice 1 encontra-se uma tabela com a lista dos trabalhos que fazem parte da seleção de textos utilizados na construção da revisão bibliográfica apresentada no capítulo.

² Endereço de acesso ao site do MPEA: <https://www.iag.usp.br/pos-graduacao/mpea>. Acesso em: 20 jul. 2024.

³ Endereço de acesso ao site do BANCO DE TESES DA USP: <https://www.theses.usp.br/>. Acesso em: 20 jul. 2024.

o tema, dentro do bloco temáticos Universo, Terra e Vida, demonstrando como o documento faz uma proposição de que um professor que não tenha uma formação adequada, dificilmente conseguirá implementar nas aulas os conteúdos de Astronomia. Vale ressaltar que o texto apresenta os PCN, mas pouco se debruça em observar suas potencialidades como diretriz curricular, e busca em outros autores os conteúdos que devem ser ministrados para os alunos. Já em relação às metodologias, Napoleão (2018) destaca que existe:

[...] uma sutil distinção entre certas atividades e experimentos tradicionalmente considerados como hands-on (por exemplo, a construção de um modelo do Sistema Solar pelos alunos) e aquilo que ele chama de atividades minds-on. As atividades hands-on têm sido consideradas há muitos anos como a forma mais eficiente de aprender Astronomia (em especial nos primeiros anos do Ensino Fundamental); porém, existem circunstâncias nas quais (por motivos logísticos, por exemplo) é impossível sua realização. Percy sugere que, nessas situações, o professor estimule o raciocínio e a criatividade dos alunos através de uma atividade mental (minds-on) que emule aquele experimento que não pode ser realizado materialmente naquele momento. Por exemplo: se o professor está dando uma palestra para um grande número de alunos em um auditório lotado, Percy sugere que ele simule um experimento prático e peça aos assistentes que façam uma previsão dos resultados do mesmo (Napoleão, 2018, p. 39).

A dissertação apresenta um guia de Estudos sobre Astrofísica, o qual não foi aplicado e avaliado, servindo como um lugar de consulta conceitual e consulta sobre a realização de atividades para os professores e alunos. Não fica evidente a articulação das atividades com os pressupostos teóricos apresentados, e o guia está devidamente focado nos aspectos históricos e conceituais dos temas da Astronomia. A característica do material lembra uma proposta de ensino auto instrutiva, com etapas a serem seguidas pelos alunos, sem necessariamente a presença do professor.

Vieira (2018) busca abordar temas da astrofísica estelar, principalmente a evolução estelar, como forma de reforçar e subsidiar o ensino de física moderna. Para isso, aplicou uma sequência didática com alunos do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública de São Paulo. Além da evolução estelar, as atividades permitiram que outros conceitos da Astronomia fossem desenvolvidos junto aos alunos. A dissertação apresenta que a astronomia desperta o interesse dos estudantes, pois os coloca em contato com temas fundamentais, como origem do Universo e da Vida, por exemplo. Os

pressupostos teóricos giram em torno dos PCN, que apresentam elementos formativos que devem estar presentes junto aos estudantes no desenvolvimento das habilidades características da Ciência. Contudo, conforme os conceitos abordados vão se distanciando da Astronomia Fundamental, como o sistema Sol-Terra-Lua, são necessários aparatos tecnológicos e conceituais que estão fora de alcance dos alunos, distanciando-os de conceitos de Astrofísica (Vieira, 2018).

A proposta didática foi realizada por meio de uma apresentação de slides com imagens, animações e esquemas. Inicialmente, os estudantes tinham que responder a um questionário, com a intenção de realizar o levantamento dos conhecimentos prévios. Em seguida, apresentaram uma explicação dos seguintes temas, em ordem: galáxias/distância, céu estrelado, constelações, magnitude, fluxo, cor e temperatura, radiação, diagrama HR, nuvem molecular, Teorema do Virial, gravidade e pressão, fusão nuclear, produção de energia, equilíbrio hidrostático, evolução estelar, gigante vermelha, nebulosa planetária, anã branca, explosão de supernova e Buraco negro/estrelas de nêutrons (Vieira, 2018).

Durante a leitura, não é evidente os pressupostos teóricos e metodológicos para a construção das aulas, sendo apenas os conceitos e conteúdos da Astronomia listados de forma direta. As perguntas dos questionários também evidenciam um direcionamento somente para a dimensão conceitual das atividades, não abordando outros pontos importantes que a Astronomia pode contribuir para o desenvolvimento dos alunos, que os próprios PCN apresentam.

Annuniação (2020) inicia sua dissertação trazendo elementos de contextualização da Astronomia como uma Ciência que desperta o fascínio das pessoas, ao mesmo tempo que aborda a importância da Astronomia para a compreensão de diversos fenômenos naturais, e contribui para o desenvolvimento científico:

Os estudos astronômicos, trazem importantes conhecimentos sobre o Universo e tem revolucionado a nossa história e cultura trazendo contribuições e benefícios com resultados práticos, aperfeiçoamentos e avanços tecnológicos essenciais em nosso dia a dia, como o uso de computadores pessoais, satélites de comunicação, celulares, GPS, lasers, painéis solares, captações de imagens por CCD, aplicações na

medicina entre outras impulsionando evoluções científicas e econômicas para o mundo e para nossa cultura científica (Annuniação, 2020, p.20).

A Astronomia promove o avanço por meio de suas pesquisas, não somente de novos saberes conceituais, mas também o desenvolvimento de novas tecnologias. Isso implica na necessidade de implementação dos avanços trazidos pela Astronomia no desenvolvimento dos alunos da Educação Básica, pois, como indica a BNCC, as Ciências da Natureza devem contribuir na formação do cidadão, uma vez que temas relacionados a Ciências fazem parte do cotidiano dos alunos e devem ser evidenciados no processo de ensino (Annuniação, 2020).

A proposta tem por objetivo a elaboração de um projeto, intitulado “Curso Extracurricular de Astrofísica Estelar”, com os objetos de conhecimento previstos pela BNCC para o 9º ano. O projeto concretizou-se através uma sequência didática, composta por um conjunto de questões e atividades, que foi aplicada e avaliada por meio de um questionário de avaliação inicial e um questionário de avaliação final, para verificar as mudanças conceituais dos alunos. Outros elementos avaliativos foram considerados, que levaram em consideração o processo da aplicação das atividades, com o objetivo de considerar a participação e as atividades desenvolvidas pelos alunos (Annuniação, 2020).

Ao analisar os principais pontos da dissertação, fica evidente que os questionários anteriores e posteriores possuem um foco nos aspectos conceituais, deixando de fora outras potencialidades do Ensino de Astronomia, que podem contribuir para formação do sujeito de forma global. Com relação à construção e aplicação da sequência, não ficam evidenciados os pressupostos teóricos e metodológicos utilizados, deixando uma lacuna para o leitor.

Fornazari (2021) pretende ensinar conteúdos de Física apoiando-se em uma sequência didática sobre o diagrama HR. A aplicação da sequência pretendia o desenvolvimento de habilidades gerais da área de Ciências da Natureza e o desenvolvimento das habilidades específicas da componente curricular de Física para o Ensino Médio. O autor destaca o esforço em produzir um material que possa ser replicado por professores e que promova a formação de um aluno com capacidade de argumentar, e consciente de suas atribuições na sociedade.

A estrutura da sequência didática está fundamentada nas ideias de Zaballa (1998), que afirma a importância de deixar evidente para os alunos os objetivos das atividades e qual o ponto que se pretende atingir. Algumas variáveis metodológicas, como as “relações e situações de comunicação; organização social da sala ou agrupamento.; organização do tempo e espaço na sala, ou local, a ser desenvolvida a sequência didática; organização dos conteúdos; matérias curriculares, pedagógicos; procedimento para avaliação” (Fornazari, 2021).

Foram escolhidos os alunos da 3ª série do Ensino Médio, tanto do período diurno quanto noturno, de uma escola estadual na região de Americana – SP. A escolha pelo último ano da Educação Básica se deve à ideia de considerar que esses alunos já possuem maturidade em processos que envolvam estudos e avaliações, quando comparados com os alunos do Ensino Fundamental. A princípio, a aplicação da sequência era prevista para acontecer de forma presencial, entretanto, a pandemia forçou uma reestruturação das atividades para um formato de aplicação remoto. Houve um evidente prejuízo, pois ocorreu uma falta de engajamento dos alunos na realização das atividades de forma assíncrona, mesmo sabendo que a nota de avaliação bimestral teria uma parte associada às atividades do diagrama HR, o que prejudicou a dinâmica da sequência e a própria construção da dissertação (Fornazari, 2021).

Das dissertações defendidas no MPEA, a dissertação do Fornazari (2021) apresenta uma estrutura muito interessante, pois aborda questões metodológicas para a construção da sequência e para a sua avaliação. As perspectivas que motivam o Ensino de Ciências para a formação integral do sujeito ficam evidentes, inclusive sendo retomadas nas considerações finais do trabalho. Para finalizar, vale destacar a capacidade do autor como professor em sua prática, que teve a necessidade de reestruturar toda a proposta e lidar com situações da prática docente em meio a uma pandemia, comprometendo o engajamento dos alunos.

Para finalizar a apresentação dos trabalhos selecionados do MPEA, apresenta-se a dissertação de Santos (2022), que busca trabalhar conteúdos de física moderna, por meio do estudo de estrelas massivas. É evidente que a proposta apresenta duas vertentes, pois se preocupa em apresentar os conceitos e conteúdos necessários ao professor, e trazer elementos da atividade

que deve ser feita junto aos alunos. Estruturalmente, cada capítulo apresenta de forma objetiva aspectos conceituais, seguidos de exercícios sobre o tema, com gabarito, roteiro de atividade prática e um roteiro para o professor.

A contextualização e justificativa são apresentadas por meio de uma pesquisa realizada com professores, por meio de um formulário, onde vários pontos foram levantados. Elementos como a formação dos professores, a segurança dos professores com relação aos conteúdos, qual rede os professores lecionam (pública, privada ou ambas), a formação dos professores com relação a conteúdos específicos de Astronomia, o uso de experimentos de física moderna na sala de aula e a relação entre a física moderna e Astronomia eram temas abordados nas perguntas do formulário. A partir do levantamento inicial, propõe-se uma sequência didática que aborda pontualmente as demandas que surgiram nos resultados preliminares da pesquisa com os professores. Nas palavras de Santos (2022):

Como já é de conhecimento praticamente empírico, a maior parte dos problemas giram em torno da falta de tempo para o conteúdo de Física Moderna, falta de material didático, falta de estrutura da escola e falta de formação. Foi a partir dessa realidade que surgiu o propósito de criar sequências didáticas com conteúdos de Física Moderna utilizando a Astronomia, tratando especificamente da evolução de estrelas massivas como tema norteador de forma a servirem como material didático para auxiliar o(a) professor(a) tanto teoricamente em suas aulas, com acesso a um texto teórico base, com exercícios que dialogassem entre os assuntos, como também atividades práticas que colocassem o(a) aluno(a) como protagonista não somente na fronteira do conhecimento como na utilização de tecnologias digitais, utilizando análise de dados e simulações (Santos, 2022, p.17).

A aplicação da sequência foi realizada com alunos do 3º ano do Ensino Médio, de uma escola particular de São Paulo, e apresentou grades desafios, pois o trabalho estava sofrendo as imposições da pandemia. Foram necessárias modificações à proposta inicial para adequar-se à realidade vivida pelos alunos, o que foi imprescindível para torná-la mais flexível. O cenário da turma mista, ou seja, uma parte dos alunos no modelo presencial e uma parte dos alunos no modo remoto, indica um exemplo de desafio à aplicação da sequência na íntegra, como inicialmente organizada. Apenas duas das quatro atividades planejadas foram efetivamente aplicadas com os alunos, sem o objetivo de quantificar, ou mesmo qualificar a aprendizagem dos alunos, sendo levada em

consideração apenas a verificação da aplicabilidade das atividades (Santos, 2022).

A estrutura da dissertação apresentada por Santos (2022) traz elementos que com aspectos apenas conceituais da Astronomia ao evidenciar, ao longo do texto, somente os aspectos conceituais, tanto na parte voltada ao professor e na parte destinada aos alunos. Não é evidente a relação entre os conceitos e conteúdos abordados com os pressupostos curriculares da BNCC, e por vezes, os próprios PCN são citados como referência curricular, mostrando um certo descompasso temporal.

2.2.2 Revista latino-americana de educação em Astronomia

No período de buscas, somente 3 trabalhos traziam a astrofísica relacionada às proposições e aplicações de temas da Astronomia. O trabalho de Aguiar e Housume (2018) necessita de contextualização para compreender sua organização, pois é um período de transição entre o PCN para a BNCC. Deste modo, o trabalho embasa a discussão inicial da presença da Astronomia nos documentos anteriores à implementação da base, que é o documento que subsidia os currículos nacionais. Outro ponto que evidencia a questão temporal é a utilização de trabalhos sobre erros em livros didáticos como forma de salientar e evidenciar o aumento do número de pesquisas em Ensino de Astronomia, junto com o crescente número teses, dissertações e publicações no início dos anos 2000 até meados da década de 2010. Aguiar e Housume (2018) relatam que existia um número reduzido de trabalhos com articulação entre a Astronomia e os currículos do Ensino Médio, portanto, utilizam-se desse contexto para propor um projeto curricular com ênfase na inserção de elementos de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia, integrados a um curso de Física da 1ª série do Ensino Médio. Outro ponto de preocupação está em abordar aspectos históricos e epistemológicos, com a pretensão de abordar a Física como um elemento da cultura humana.

Partindo do currículo estabelecido para o Ensino Médio, os autores propuseram modificações e a inserção de tópicos de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia, alterando o currículo da escola, conforme a tabela 7:

Tabela 7 - Modificações do currículo.

	Conteúdo sintetizador	Conceitos usualmente trabalhados em Física	Conceitos adicionados de Astronomia, Astrofísica e Cosmologia	Temas
2º semestre	Modelo Atômico de Bohr	Interação luz-matéria Formação de cores e imagens	Sistema solar em escala Conceitos de sistema planetário, constelação e galáxia Observação do céu	Tópicos de Astronomia
		Camadas eletrônicas Níveis de Energia Espectros Atômicos	Introdução à espectroscopia estelar e galáctica Introdução à Nucleossíntese estelar Diagrama H-R Medidas de distâncias astronômicas	Tópicos de Astrofísica
	Modelo Padrão de Partículas	Núcleo atômico Tabela periódica Dualidade onda-partícula Aceleradores de partículas Bósons e Férmions	Noções de Relatividade Geral "Redshift" de Estrelas e Galáxias Lei de Hubble Radiação Cósmica de Fundo e Big-Bang	Tópicos de Cosmologia

Fonte: Adaptado de Aguiar e Housume (2018).

Os conteúdos foram inseridos no segundo semestre do ano letivo, contudo, não fica evidente em qual ano letivo ocorreu a aplicação da sequência, e deveria haver uma progressão conceitual dos temas da física já previamente abordados no primeiro semestre.

A sequência de conteúdos foi estruturada que forma a estabelecer uma progressão das dimensões espaço-temporais: partindo do Sistema Solar, discutindo as constelações, os aglomerados estelares, a Via Láctea, as Galáxias do Grupo Local e as mais distantes, os aglomerados galácticos e, finalmente, a ideia atual do que seja o Universo e sua origem, o Big-Bang. A proposta de progressão conceitual teve como base os modelos físicos apresentados no primeiro semestre aos estudantes: os modelos cinético-molecular e [...]. E seguiu com a interpretação da interação luz-matéria através do modelo atômico de Bohr; passando por uma introdução à espectroscopia estelar e galáctica, prosseguindo com interpretações gráficas do Diagrama H-R e da Lei de Hubble e, finalizando com uma breve apresentação do Modelo Padrão de Partículas, ao discutir o Big-Bang. (Aguiar e Housume, 2018, p. 56)

A atividade atendeu a 93 alunos do 1º ano do Ensino Médio de uma escola particular de São Paulo, e o curso foi aplicado durante duas aulas semanais de Física, que eram organizadas em uma aula de 50 minutos, utilizada para abordar conteúdos teóricos, e outra aula de 75 minutos, utilizada para aplicação do curso

com os temas da Astronomia. Após a conclusão, os alunos passaram por dois processos de avaliação, sendo um deles uma prova que fazia parte da avaliação bimestral dos alunos, e um questionário estruturado que era entregue de forma voluntária. O questionário tinha o objetivo de verificar a satisfação dos alunos com o curso aplicado e as respostas foram organizadas em duas categorias de análise: “Mudança de visão de mundo” e “Nova visão cosmológica”. Já a análise da prova bimestral aponta a relação dos acertos dos conceitos abordados no curso, evidenciando que configuram um formato quase pós teste do curso.

Machado (2019) apresenta uma atividade com estrelas variáveis que se baseia na educação científica, que deve favorecer a compreensão das características básicas das Ciências, ou seja, permitir práticas educacionais que estão diretamente apoiadas nas observações, na coleta de dados e na análise de informações, propiciando o contato e o entendimento Natureza da Ciência. Após a apresentação das bases do que se espera desenvolver com os alunos, existe um grande espaço dedicado ao conceito de estrelas variáveis e estrelas variáveis do tipo cefeida. O texto da dissertação aborda questões conceituais por meio de explicações e teorizações de temas como luminosidade, fluxo radiante, magnitude, magnitude absoluta e relação período-luminosidade.

A proposta foi estruturada dentro dos três momentos pedagógicos: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento, além de apresentar elementos da História da Ciência na organização das atividades. A sequência envolveu os seguintes pontos:

- a) Indagação inicial, dirigida aos alunos, sobre a possibilidade de o brilho das estrelas observadas no céu noturno variar, e o que isto poderia revelar sobre suas propriedades;
- b) Interrogação a respeito de quais seriam as distâncias até as estrelas e se haveria alguma forma de medi-las;
- c) Breve apresentação da visão predominante na Europa até a Revolução Científica dos séculos XVI e XVII, fundamentada nas teorias de Aristóteles, de acordo com as quais a substância celeste seria imutável e, portanto, não existiria variabilidade estelar;
- d) Menção aos casos das supernovas investigadas em 1572 e 1604, que foram situadas entre as chamadas estrelas fixas e tidas na condição de

evidências para se questionar a imutabilidade dos céus e favorecer um novo modelo de mundo, o heliocêntrico;

e) Abordagem de algumas ideias históricas sobre as dimensões da Via Láctea e o debate sobre a existência ou não de outras galáxias, que perdurou até a década de 20 do século XX;

f) Proposta de observação de uma estrela cefeida clássica visível a olho nu e com variação de brilho acentuada;

g) Discussão de conceitos e técnicas fundamentais relacionados à medida da luz das estrelas;

h) Orientação dos estudantes sobre como localizar astros no firmamento, incluindo sessões práticas para o reconhecimento do céu noturno e a correta identificação tanto da cefeida clássica escolhida quanto de outras estrelas de interesse nas proximidades;

i) Treinamento dos alunos em relação aos procedimentos para se estimar visualmente a magnitude de uma estrela, com um período prévio de observação da estrela variável selecionada, por algumas noites;

j) Condução de observações da cefeida clássica escolhida, após a etapa preparatória, com o registro sistemático das magnitudes e dos instantes em que cada medida foi feita;

k) Análise dos dados obtidos por meio da construção de um gráfico da magnitude aparente em função do tempo, obtenção do período da estrela em dias, cálculo de sua magnitude aparente média, determinação de sua magnitude absoluta média e luminosidade com a utilização da relação período-luminosidade, e estimativa de sua distância com o emprego do módulo de distância;

l) Discussão final salientando que os astrônomos recorrem a métodos semelhantes aos adotados no trabalho didático realizado para se determinar distâncias, com o auxílio de estrelas cefeidas clássicas, porém contando com telescópios e detectores sensíveis, e adotando procedimentos mais sofisticados;

m) Destaque à importância das cefeidas clássicas para a elaboração de modelos cosmológicos relacionados à expansão do Universo;

n) Menção a outros métodos empregados pelos astrônomos para se encontrar distâncias, tais como o da paralaxe e o que se baseia na luminosidade padrão de certos tipos de supernovas (Machado, 2020).

É evidente que o trabalho tem o objetivo de apresentar a estrutura e organização dos conceitos e temas a serem abordados pela sequência didática, contudo, não fica evidente como seria possível a sua operacionalização, pois a sequência não foi aplicada e apenas está sendo apresentada como uma sugestão. Apesar da preocupação com relação aos alunos terem contato com questões práticas da ciência, o texto do artigo não evidencia de que maneira trabalhar na sequência. Com relação à coleta de dados das cefeidas, são apresentadas possibilidades de estrelas a serem observadas a olho nu e com instrumentos, como binóculo ou telescópio, por exemplo, mas ficam vagos os aspectos metodológicos de como realizar a atividade em si, deixando tudo no campo das ideias e no campo conceitual de como a atividade poderá ser realizada. Existe a preocupação de apresentar elementos dos *Três Momentos Pedagógicos* que estruturam a construção da sequência e, portanto, também organizam o momento de aplicação, mas não fica evidente como articular os momentos com cada etapa da sequência.

Cestari et al. (2020) partem do pressuposto que a Astronomia é pouco abordada no Ensino Médio, mesmo com o seu potencial de despertar o interesse nos alunos e estar indicada em documentos oficiais como PCN, BNCC e Plano Nacional de Astronomia. Outro ponto levantado refere-se à subutilização da Astronomia tanto na Educação Básica quanto no Ensino Superior, que implica em professores com formações deficitárias. Vale ressaltar que todas as referências utilizadas para essas afirmações estão datadas do início da primeira década dos anos 2000 até início da década dos anos 2010, mostrando um corte temporal.

Foi elaborada uma sequência didática baseada no método ativo Ensino sob Medida, desenvolvido por dois professores americanos na década de 90, com a intenção de gerar engajamento nos professores e despertar os alunos para aprenderem significativamente conceitos de Física, principalmente conceitos ligados à Cosmologia. Foram alvo da atividade um total de 40 alunos e a “estrutura física do colégio está de acordo com a utilização do método, pois todas as salas de aula estão equipadas com computador e projetor, além de disponibilizar aos alunos um laboratório de informática com acesso à internet, que pode ser utilizado no contraturno para realização de trabalhos” (Cestari et al. 2020).

Os alunos eram convidados a realizar algumas atividades prévias de “aquecimento”, chamadas de Tarefas de Leitura (TL). As tarefas poderiam ser leitura de textos, a visualização de algum vídeo ou alguma ferramenta específica, quer por sua vez eram seguidas de estímulos por meio de alguma pergunta, algum processo de argumentação ou produção escrita. A primeira TL1 foi realizada em um formulário Google, com perguntas do tipo: “O que é uma estrela?” e “Por que o movimento de translação de todos os planetas do sistema solar ocorre no mesmo sentido?”.

O levantamento das respostas servia de mapeamento dos conhecimentos prévios dos alunos e, na aula seguinte, as respostas eram organizadas e serviam de ponto de partida no debate das questões apresentadas na TL1. A dinâmica se repetiu em outra TL2, abordando outros temas, como a possibilidade de formação de elementos químicos nas estrelas, formação de buraco negro e as possíveis relações com o diagrama HR. O artigo não deixa claro como os temas foram selecionados, ou mesmo como o método ativo Ensino sob Medida está presente na dinâmica de aplicação da sequência.

2.2.3 Simpósio Nacional de Educação em Astronomia

Foram selecionados 3 artigos, concentrados basicamente em 2 eventos diferentes. Vale ressaltar que o evento é específico de Educação em Astronomia, e muitos dos trabalhos não passaram pelos critérios de seleção descritos anteriormente.

Amorim et al. (2018) apresentam uma proposta de utilizar um espectroscópio caseiro como instrumento para observar e analisar espectros de diferentes fontes de luz. Mesmo com um instrumento de observação rústico, era possível a visualização dos espectros com precisão suficiente para comparar espectros de elementos químicos diferentes. Além da análise dos espectros, a aplicação da atividade preocupava-se em descrever como os astrônomos utilizam essas informações, determinadas por meio dos espectros de objetos extremamente distantes. O trabalho relatado não é uma sequência didática, mas apresenta uma prática aplicada no contexto escolar, com relação direta a uma das atividades da sequência que esta dissertação apresenta (ver capítulo 3),

contudo, não apresenta pressupostos curriculares ou teóricos que embasem a atividade, apoiando-se apenas em pontos conceituais e históricos.

O artigo aborda elementos históricos sobre a espectroscopia e como ela permite a determinação da relação entre átomos de elementos químicos específicos e seus respectivos espectros. Com o auxílio da técnica, observaram-se as linhas espectrais vindas do Sol, o que permitiu a descoberta de um novo elemento químico (Amorim et al., 2018).

O trabalho de Siemsen e Lorenzetti (2018) inicia-se evidenciando como a Astronomia contempla conhecimentos históricos e filosóficos ligados ao desenvolvimento da Ciência. Já na Educação Básica, os PCN colocam a astronomia dentro do eixo estruturador “Universo, Terra e Vida”, dentro da componente curricular da Física, mas como sua natureza é interdisciplinar e pode estar integrada com outras disciplinas curriculares como Biologia, Física, Química, História, Geografia, entre outras.

Uma abordagem, a partir desta temática, contextualizada, pode levar os alunos a se sentirem mais motivados, capazes de lidar com questões e problemas complexos, engajados em pensamentos críticos de nível mais alto, aprender a ver conexões e a lidar com contradições, mostrar mais criatividade e atenção, podendo até melhorar a assimilação de conteúdos em virtude das múltiplas conexões desenvolvidas (Siemsen; Lorenzetti, 2018, p.2)

Segundo os autores, a Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) preocupa-se em promover nos alunos uma formação que “permita a reflexão, compreensão e a intervenção na sociedade atual, como cidadãos conscientes e ativos” (Siemsen; Lorenzetti, 2018). A Astronomia apresenta um caráter interdisciplinar, como já mencionado, e serviu como base para a construção de uma sequência didática dentro da perspectiva da ACT, contudo não fica evidente para qual público a sequência foi aplicada.

A sequência foi organizada em um total de 8 aulas: 1- Questões filosóficas acerca da existência humana no universo, 2- Somos poeira estelar, 3- “Estou plasma”, 4- Origem da vida. “Que vida?”, 5- Contexto histórico: Guerra Fria; 6- “E o Brasil, onde está nessa história?”, 7- “Então, vamos para Marte?”, 8- Júri simulado: “Então, vamos para Marte?”. Os conteúdos, principais discussões e recursos respectivos de cada aula também foram apresentados ao longo do texto, e a aplicação mostrou-se coerente com a premissa de produzir uma

intervenção que permita a reflexão, compreensão e a intervenção na sociedade, pois na descrição de cada atividade os autores evidenciaram de que forma esses pontos apareceram durante cada aula, mostrando coerência na referência de construção e a avaliação da sequência didática (Siemsen; Lorenzetti, 2018).

Para finalizar a apresentação dos trabalhos selecionados no SNEA, evidencia-se Oliveira e Bisch (2022), que buscam integrar buracos negros, estrelas e galáxias em uma sequência didática, baseada nos três momentos pedagógicos. Inicialmente, os autores apontam que a falta de formação pode trazer interpretações equivocadas em relação aos avanços tecnológicos e científico, como o caso do lançamento do telescópio James Webb. Vale ressaltar que os fenômenos astronômicos e a astrofísica despertam sobre o interesse das pessoas e promovem a divulgação e popularização da ciência.

A sequência didática parte da primeira imagem de um buraco negro como forma de problematizar e trazer a participação dos alunos de forma ativa no processo de aquisição de conhecimentos científicos. Como já mencionado anteriormente, a proposta de ensino está estruturada dentro dos três momentos pedagógicos (problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento) e a metodologia de aplicação está embasada na teoria de Vygotsky, que destaca como o contexto do aluno é importante na aquisição de linguagem que, por sua vez, contribui no desenvolvimento de conceitos (Oliveira; Bisch, 2022).

Logo, esta proposta de ensino sobre estrelas, galáxias e buracos negros, através da metodologia dos 3MPs e da SE, leva em conta esse pressuposto teórico, onde partindo das concepções e ideias espontâneas levantadas pelos estudantes, por intermédio de atividades, questões e problemas previamente elaborados, que buscam explorar a noção que possuem do conceito abordado, os estudantes são direcionados aos conceitos verdadeiros, não-espontâneos e/ou científicos de forma gradual, para que desenvolvam um pensamento consciente e racional do conceito, e sejam capazes de reproduzi-lo de forma autônoma, com suas próprias palavras (Oliveira; Bisch, 2022, p.3).

O artigo apresenta a proposta em si e como pode ser conduzida, tanto levando em considerações os aspectos conceituais a serem abordados, como atuando na execução de cada momento pedagógico. Lembrando que problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento vão depender de qual conceito está sendo abordado dentro da

sequência didática. Visivelmente foi um dos poucos trabalhos que se preocupou com questões pedagógicas e os temas da astronomia tinham um papel secundário. Não apontam nenhuma relação com os currículos e os temas preestabelecidos pela BNCC.

2.2.4 Simpósio Nacional de Ensino de Física

O SNEF apresentou uma seleção de 4 artigos, distribuídos em 4 eventos. Para iniciar a revisão bibliográfica do evento, Calado e Oliveira (2015) apresentam um trabalho que busca utilizar o diagrama HR como ferramenta de promoção do engajamento dos alunos, diante um cenário de apatia e desinteresse e dificuldade docente com relação a determinados conceitos da Física, somando com uma realidade escolar sem estrutura para a realização de atividades que necessitem mais do que a lousa e giz.

A proposta de atividade é fundamentada na teoria de aprendizagem significativa (TAS) que permite aos alunos a reflexão, por questionarem seus próprios saberes, permitindo novos conhecimentos. O ponto de partida está na ideia de âncora, pois:

[...] permitem ampliar o conhecimento prévio do aluno, incorporando um ensino significativo, com efeito, em vez de um ensino mecânico e tradicional. As ideias ancoras se baseiam no fundamental do que é ensinado, em uma área do ensino, e mostrar perante ela, sua versatilidade, assim podemos potencializar o ensino/aprendizagem e não abrir mão dos materiais (livros, apostilas, computadores, etc) incluso na escola para a criação de uma ideia nova (Calado; Oliveira, 2015, p. 2).

A atividade foi realizada com alunos das terceiras séries do Ensino Médio de uma escola de Santa Catarina, atendendo um total de 19 alunos. A aplicação foi dividida em dois momentos: i) uma sequência didática no formato de palestras, utilizando slides, vídeos e softwares educacionais para simulação do céu; e ii) e práticas observacionais empregando um telescópio refletor newtoniano para as principais estrelas que constam no diagrama HR (Calado; Oliveira, 2015).

Os autores descrevem um total de seis etapas desenvolvidas com os alunos: "i) escolha do material instrucional; ii) elaboração da sequência de

atividades; iii) organizadores prévios; iv) uso de simulação computacional com roteiro de atividades; v) Os encontros e aplicação do material instrucional; e vi) análise de resultados”. Em seguida, apresentam a descrição de como foi a realização de cada etapa, entretanto, não fica evidente como foi a atividade em si e como ela se relaciona efetivamente com o referencial da teoria da aprendizagem significativa (Calado; Oliveira, 2015).

Almeida e Perez (2019) trazem a astronomia como um possível caminho para apresentar temas da física moderna e contemporânea, por meio da espectroscopia. Inicialmente, o texto aponta que o Ensino de Física no Ensino Médio aparenta não acompanhar o desenvolvimento tecnológico que permeia a sociedade. Afirmam que a falta de atualização curricular dissociada do cotidiano dos alunos contribui para o descompasso, resultando em um ensino monótono e desinteressante.

O artigo apresenta uma atividade experimental como forma de apresentar elementos da física moderna, ao observar 3 fontes diferentes, que são produzidas por descargas nos gases Mercúrio, Neônio e vapor de água, com o auxílio de um espectroscópio feito com um DVD, de fácil construção e com materiais simples e de baixo custo. Celulares fizeram o registro por imagem dos espectros para análise posterior no *software* livre Tracker, que permite especificar uma escala para analisar os comprimentos de ondas emitidos pelas fontes (Almeida; Perez, 2019).

Não fica evidente como foram feitas as análises no *software* nem mesmo a construção e manipulação do espectroscópio. A atividade prática não foi relacionada de forma direta com a premissa do texto de trazer a Astronomia como forma de abordar a física moderna e contemporânea e aproximar o tema com o cotidiano dos alunos de forma contextualizada.

O trabalho de Freitas e Romeu (2021) também se apoia na astronomia como forma de motivar e engajar os alunos para o ensino de conceitos da Física, como óptica, mecânica ondulatória e Física contemporânea. Para isso, usam a metodologia de aprendizagem cooperativa *Jigsaw* que, segundo os autores, potencializa a aquisição de competências, argumentos, autonomia e coletividade por parte dos alunos. O método consiste na divisão dos alunos em grupos de 4 alunos com funções específicas, o que permite uma dinâmica de reorganização dos alunos.

O tema da Astronomia que serviu de ponto de partida está relacionado ao fato de observar o céu e ser possível notar que as estrelas aparentam colorações diferentes. Por exemplo, ao observar a constelação de Órion, nota-se as diferentes colorações das estrelas Rigel (azul) e Betelgeuse (vermelha). A diferença de cor entre as estrelas deve-se à diferença das temperaturas superficiais das mesmas, o que modifica sua coloração e sua classe espectral, podendo ser relacionadas com suas posições no diagrama HR (Freitas; Romeu, 2021).

Fica evidente que o trabalho, por se tratar de um resumo expandido, não evidencia nenhum tipo de relação dos temas abordados com os currículos, ou mesmo quais são os pressupostos teóricos de construção da atividade. Apenas apresenta a dinâmica de aplicação da proposta. Não evidencia se a proposta foi aplicada ou se é apenas uma sugestão de como poderia ser a dinâmica, e evidencia ao longo do texto apenas os conceitos envolvidos na prática.

Lima et al. (2023) trazem o relato de experiência da aplicação da atividade realizada em uma escola pública do município de Campina Grande – PB. A atividade foi uma adaptação de um material desenvolvido no Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física (LAPEF) da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, com a intenção de abordar temas de física moderna e contemporânea, em especial a espectroscopia. É interessante apontar que os autores indicam que o tema de física moderna e contemporânea não é uma novidade em materiais focados para o Ensino Médio, contudo, para os anos finais do Ensino Fundamental, principalmente o 9º ano, foco da aplicação da atividade, há pouca produção.

A sequência de atividades era composta por 3 aulas e foi aplicada para um total de 34 alunos do 9º ano do Ensino Fundamental. Para dar início à aplicação das atividades, foi realizada uma problematização inicial acerca da espectroscopia, junto com diversas perguntas e estímulos para retomar conteúdos já abordados em sala de aula. Após a problematização, os alunos foram divididos em grupos, e houve uma intervenção da professora que demonstrou a comparação dos espectros de estrelas com os de alguns elementos químicos. Em seguida, os alunos receberam outros espectros de estrelas para realizar a atividade de comparação do espectro das estrelas com os espectros de alguns elementos químicos. Durante a dinâmica, os alunos

necessitavam alternar entre eles e os espectros dos elementos químicos, promovendo a cooperação de trabalho. Ao final, houve um fechamento com a discussão da atividade realizada, retomando os pontos desenvolvidos pelos alunos ao longo da aplicação da atividade (Lima et al., 2023).

Mesmo se tratando de um resumo expandido, o trabalho é muito interessante, pois apresenta os elementos essenciais para compreender toda a dinâmica da atividade, desde a escolha do tema até a apresentação dos tópicos de física moderna, contemporâneos para o 9º ano, até a problematização inicial junto com a retomada de conceitos previamente desenvolvidos, bem como a realização da atividade e o fechamento.

3 A PROPOSTA DIDÁTICA – ESTRUTURA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Este capítulo aborda os pressupostos teóricos e metodológicos que embasam a construção e aplicação das atividades. Inicialmente, há um breve contexto histórico sobre o Ensino de Ciências no Brasil, como forma de compreender as referências que embasam a sequência, para então apresentar os Três Momentos Pedagógicos e o Ensino Por investigação em uma abordagem didática. A estrutura das atividades está organizada dentro dos *Três Momentos Pedagógicos*, que busca construir um padrão estrutural das ações a serem desenvolvidas em cada atividade pelo professor. A aplicação das atividades busca apoio nas ideias do Ensino por Investigação, porém em uma abordagem didática, o que significa que a forma de interação ao longo da realização de cada atividade parte do princípio do professor ter um papel provocador e promotor de questionamentos, independente da natureza da atividade, possibilitando que os alunos estabeleçam ações típicas da Ciências. Por fim, o capítulo apresenta cada atividade da sequência, trazendo os objetivos e o que se espera em cada um dos momentos pedagógicos.

3.1 UM BREVE HISTÓRICO DO ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL

Nessa seção, um breve histórico sobre o Ensino de Ciências é posto como forma de contextualizar tanto os momentos pedagógicos quanto o Ensino por Investigação. Para dar início, é importante ressaltar de que maneira o contexto de outros países sempre teve forte influência no ensino brasileiro, pois grupos de cientistas estadunidenses, por volta da segunda metade do século XIX, defendiam a utilização de atividades experimentais no contexto escolar, que trouxe novas perspectivas para a estruturação da educação brasileira, principalmente no Ensino de Ciências. As atividades experimentais permitiram a interação e observação dos alunos do mundo real, aproximando-os de práticas características da atividade científica. A introdução dos experimentos tem o potencial de introduzir uma certa dinâmica inovadora das aulas de Ciências, porque, ao abordar as práticas do próprio fazer científico, cria-se alternativas ao ensino clássico, pautado apenas no conteúdo (Palmieri, 2019).

A primeira metade do XX foi marcada pelos avanços científicos, que influenciaram de forma direta diversas áreas da sociedade. Os processos de industrialização e o desenvolvimento de novas tecnologias, como os meios de comunicação e, principalmente o desenvolvimento da indústria bélica, sofreram impactos diretos dos avanços das Ciências. Nesse contexto, o Ensino de Ciências busca não mais uma visão de ensino individualizada, pautada na intelectualidade, mas uma abordagem que promova valores sociais e coletivos (Palmieri, 2019). John Dewey surge como um dos principais representantes do movimento filosófico conhecido como *Pragmatismo*, também denominado *Instrumentalismo* ou *Experimentalismo*. Segundo Dewey:

O pragmatismo faz da ação a finalidade da vida. Também se diz que o pragmatismo subordina o pensamento e a atividade racional a fins de interesse e ganho particulares. É verdade que a teoria, de acordo com a concepção de Peirce, implica essencialmente em uma certa relação com a ação, com a conduta humana. Mas o papel da ação é aquele de um intermediário. Para estar apto a atribuir significado aos conceitos deve-se poder aplicá-los à existência. Ora, é por meio da ação que essa aplicação se torna possível. E a modificação da existência que resulta dessa aplicação constitui o verdadeiro significado dos conceitos. O pragmatismo está, por conseguinte, muito distante daquela glorificação da ação pela ação, que é considerada como a característica peculiar da vida americana (Dewey, 2007, p. 229).

Segundo Sousa e Martineli (2009), as ideias de Dewey influenciaram a educação brasileira do ponto de vista pedagógico e, principalmente, uma influência política. O movimento dos Pioneiros da Escola Nova (1932), com destaque do educador Anísio Teixeira, tinha na filosofia pragmatista de Dewey a base teórica para as suas principais ideias educacionais e críticas à educação tradicional brasileira. Anísio Texeira foi o responsável por traduzir as principais obras de Dewey para o português e difundi-las no Brasil, servindo como oposição à visão educacional disciplinar, focada apenas nos aspectos conceituais e ineficaz frente as transformações ocorridas na transição entre os séculos XIX e XX (Cunha, 2001; Sousa; Martineli, 2009). Apesar da influência, no contexto brasileiro evidencia-se uma

[...] sensível distância entre o ambiente de John Dewey e a situação brasileira, o fato é que o Brasil viveu, nas décadas de 1930 a 1950, momentos claramente marcados pelo espírito de modernização, sinônimo de mudança urgente, única via capaz de colocar o país em pé de igualdade com as nações mais prósperas do mundo ocidental.

Esse movimento culminou, nos marcos aqui estabelecidos, com o predomínio do ideário desenvolvimentista abraçado pelo governo Kubitschek, quando a educação veio a assumir, mais uma vez, o papel de agência de socialização das novas gerações, mediante a incorporação das técnicas e dos resultados oriundos da pesquisa científica (Cunha, 2001, p. 86).

A visão educacional do Brasil na segunda metade de século XIX sofre influência direta do pensamento positivista comteano, que insere suas ideias filosóficas na Educação Básica, ao abordar os conteúdos de Ciências Fundamentais (Matemática, Astronomia, Física, Química, Biologia e Sociologia) de uma perspectiva diferente da experimental proposta por Dewey. Já em um contexto republicano, um projeto de lei de 1903 propõe modificações no Ensino de Ciências ao inserir o laboratório como forma de abordar os conteúdos de Física e Química. Contudo, apesar da potencialidade dos laboratórios, vale ressaltar que pouco contribuíram para uma efetiva transformação no ensino, porque os esses espaços tinham um caráter apenas demonstrativo e de confirmação das leis e teorias. Portanto,

[...] as reformas educacionais do primeiro período republicano mostraram uma educação ilusoriamente científica de aspiração comteana, ficando longe de realizar uma legítima formação de cientistas por meio de profundos estudos das ciências exatas, sem detrimento da parte experimental (Rosa; Rosa, 2012, p.3).

Em meados da década de 1920, a educação passa a ser debatida como um problema nacional, deixando de ser um debate localizado e isolado. No ano de 1924 cria-se a Assinatura de Brasileira de Educação, que passa a agregar informações e dados de todo o país para debater e discutir o ensino. Muitas ideias vindas desse contexto serviram de base para documentos importantes, como o Manifesto dos Pioneiros, já mencionados anteriormente, e a própria Constituição de 1934. A revolução de 1930 foi um marco, pois evidenciou a queda da República Velha, centralizando novamente o poder no governo federal (Rosa; Rosa, 2012).

A educação, nesse período, passou a ser vista como alternativa para o desenvolvimento social e econômico do país, sendo estendida às classes menos favorecidas, que até então não tinham acesso à escolarização. A reforma Francisco Campos é um marco importante nesse período denominado escalanovista, vindo a consolidar a arrancada centralizadora do governo. Ela efetivou-se através de uma

série de decretos que dispunham sobre a organização dos ensinos superiores e médios, secundário e profissional (Rosa; Rosa, 2012, p.4).

Segundo Rosa e Rosa (2012), do início século XX até meados da década de 1950, o Ensino de Ciências tinha como diretriz o reforço dos seus aspectos positivos, reforçando o caráter progressista das Ciências, e apagando as suas características e perspectivas negativas. O ensino é uma reprodução de conceitos e conteúdos, já estabelecidos pela Ciência Clássica, contidos em livros didáticos estrangeiros. Os materiais tinham a proposição de experimentos, contudo, as demonstrações eram o foco, reafirmando o resultado esperado, ou seja, um processo de confirmação da teoria. O Ensino de Ciências pretendia apenas um ensino propedêutico, um ensino por transmissão de conteúdos, generalista e extremamente expositivo, com o objetivo apenas de preparar os alunos para o ingresso no Ensino Superior.

No final da década de 1950, início dos anos 60, existe uma grande demanda de formação de cientistas, dado o contexto da Guerra Fria, pois:

[...] na medida em que a Ciência e a Tecnologia foram reconhecidas como essenciais no desenvolvimento econômico, cultural e social, o ensino das Ciências em todos os níveis foi também crescendo de importância, sendo objeto de inúmeros movimentos de transformação do ensino (Krasilchik, 2000, p. 85).

Inicia-se o período dos projetos de ensino, como os projetos de Física (Physical Science Study Committee – PSSC), de Biologia (Biological Science Curriculum Study – BSCS), de Química (Chemical Bond Approach – CBA) e Matemática (Science Mathematics Study Group – SMSG), no contexto estadunidense, que rapidamente são incorporados pelo Ensino de Ciências no contexto nacional, porém não obtiveram sucesso (Krasilchik, 2000; Rosa; Rosa, 2012).

Krasilchik (2000) afirma que a LDB de 1961 trouxe um aumento na carga horária das disciplinas Física, Química e Biologia, incorporadas na formação desde o 1º ano do curso ginásial. O ensino dessas disciplinas teria a função de abordar o método científico, de forma que os alunos fossem capazes de pensar de maneira lógica e crítica. Com a ditadura militar, em 1964, novamente o ensino se reestrutura e busca formar para o mercado de trabalho, com foco no

desenvolvimento econômico do país, e não mais uma formação cidadã do sujeito. Na década de 1970, manteve-se a premissa de formação para o trabalho, marcado principalmente pelo ensino profissionalizante, que descaracterizava as disciplinas científicas presentes no currículo, anunciadas pela LDB de 1971 (Krasilchik, 2000; Rosa; Rosa, 2012).

Em paralelo, surgem os primeiros programas de pós-graduação em Pesquisa em Ensino de Ciências na Universidade de São Paulo e Universidade Federal do Rio Grande do Sul, iniciando um momento de reflexão sobre o ensino no Brasil. Na virada dos anos 60 para os anos 70, surgem as primeiras publicações do Paulo Freire, com o livro *Educação como Prática da liberdade*, de 1967, e o livro *Pedagogia do Oprimido*, de 1968, que servem de base para o surgimento do grupo de estudos no Instituto de Física da Universidade de São Paulo, dando origem aos momentos pedagógicos. Destaque-se também o surgimento, nos anos 80, do Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (LAPEF), responsável por diversos trabalhos de mestrado e doutorado, com linhas de pesquisas sobre o desenvolvimento psicogenéticos dos conceitos físicos e, posteriormente o desenvolvimento de trabalhos sobre o Ensino por Investigação (Carvalho, 2018), que tem o papel fundamental na aplicação da sequência proposta por esta dissertação.

Nos anos de 1980, o Ensino de Ciências apresenta uma tentativa de relacionar Ciência e Tecnologia na produção de conhecimento, de maneira que as duas áreas sejam integradas e vistas como indissociáveis, contudo, ainda existiam debates sobre os benefícios ou não dessa junção. Os questionamentos apontavam para a necessidade do Ensino de Ciências estar relacionado como suporte para os alunos conseguirem refletir sua realidade. A investigação científica produz avanços tecnológicos e a ciência ganha uma posição de destaque, logo, cabe ao Ensino de Ciências responder às novas demandas entre Ciência/Tecnologia e a sociedade (Rosa; Rosa, 2012).

Contudo, a implementação das ideias de relações entre ciência e sociedade é frustrada, pois o ensino ainda apresentava do Ensino Tradicional. Muitos professores desconheciam as possíveis relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, desse modo, era evidente a desarticulação as ideias mais modernas de educação e as práticas docentes. Dado este contexto, o

ensino sobre uma pressão para formar para o mercado de trabalho, como já tinha ocorrido em outros momentos, principalmente um mercado de trabalho que agora busca, por meio da escolarização, encontrar a solução para suas demandas (Rosa; Rosa, 2012).

No final da década de 1980, no campo da educação, o Brasil viveu um período de adaptação às novas exigências do mercado, que tinham no ensino escolarizado o seu maior aliado, pois se acreditava que a eficiência da educação estava atrelada às forças desse mercado. Leis e emendas surgiram no sentido de perpetuar essa visão de ensino associada ao trabalho. A Constituição de 1988, no capítulo destinado à educação, é uma prova desse interesse mercadológico na educação. Muito pouco, contudo, se conseguiu com essa carta; ao contrário, percebeu-se que os interesses de grupos detentores do poder mantiveram-se acima dos interesses do povo brasileiro, efetivando uma constituição que retratava a anterior, não permitindo avanços em setores como os ligados à educação, à ciência e à tecnologia (Rosa e Rosa, 2012, p. 9).

Já na década de 1990, em particular no ano de 1996, aprova-se o texto referente à nova LDB, que aborda os principais pontos da formação dos alunos, trazendo novamente uma formação que visa o mercado de trabalho e formação para a prática social. Teorias educacionais são incorporadas, vinculadas às ideias de Piaget (1896 – 1980) e Vygotsky (1896 – 1934), servindo de referência teórica e epistemológica para a lei (Rosa; Rosa, 2012). Segundo Krasilchik (2000), o aprendizado

[...] inclui a formação ética, a autonomia intelectual e a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos. Embora a lei indique precariamente os valores e objetivos da educação nacional, espera-se que a escola forme o cidadão-trabalhador-estudante [...]. Tenta-se colocar em prática essas prescrições legais por meio de políticas centralizadas no MEC e que são detalhadas e especificadas em documentos oficiais, abundantemente distribuídos com os nomes de “parâmetros” e “diretrizes curriculares”. Fazem parte ainda desses “indicativos políticos” diversos instrumentos de avaliação em que se explicitam as reais intenções da reforma proposta pelo governo (Krasilchik, 2000, p. 87).

O Ministério da Educação lança os Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 1998, 2000, 2002) em complemento ao texto da LDB, como um documento para servir de base para as escolas construíres seus currículos, uma vez que não existe a obrigatoriedade de adotar o texto em sua totalidade. Os PNC buscam, em linhas gerais, apresentar as operacionalizações da LDB, com

a apresentação das competências a serem desenvolvidas junto aos alunos, propondo a construção de currículos que busquem interdisciplinaridade e a contextualização do conhecimento. O texto dos parâmetros propõe a delimitação do currículo através do desenvolvimento de competências, pois o currículo por meio de competências está diretamente relacionado a uma tentativa de rompimento com o ensino tradicional, centrado nos conceitos e conteúdos, que na maioria das vezes está desarticulado da realidade tanto dos alunos quanto dos professores, buscando a construção de uma cultura científica, possibilitando a compressão dos fenômenos naturais e articulações entre o homem e natureza (Rosa; Rosa, 2012).

A LDB de 1996 sofre alterações, e se consolida a necessidade de uma Base Nacional Comum para a construção dos currículos (Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio) e contribuir na estrutura curricular dos cursos de formação de professores. O primeiro texto da BNCC foi lançado em 2015, para consulta pública e reelaboração. Já em 2016:

[...] foi lançada uma segunda versão, que tentou dar maior clareza aos princípios e à natureza do documento, explicitando melhor alguns termos e articulando melhor os princípios formadores e as transições entre as diferentes etapas de formação, evidenciando a progressão dos conhecimentos e os marcos epistemológicos (Carvalho, 2016, p. 103).

Em 2017, foi encaminhada para aprovação a versão final da BNCC, que entrou em vigor em 2018, conforme apresentado no Capítulo 2, lembrando que do ponto de vista do currículo, a sua implementação ainda está em aberto.

Após esse breve panorama histórico, este capítulo apresenta as bases teóricas dos *Três Momentos Pedagógicos* e a base teórica para a estrutura das atividades da sequência, e o *Ensino por Investigação*, em uma abordagem didática, e a base teórica para pensar a aplicação e as interações ao longo da sequência. Para finalizar, apresenta a estrutura das atividades.

3.2 OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

A sequência contém uma estrutura construída apoiando-se na metodologia conhecida como *Três Momentos Pedagógicos*. Tal metodologia teve início nas ideias do educador brasileiro Paulo Freire (1921 – 1997) e tem

como principal característica levantar problemas que podem ser vivenciados pelos alunos, como ponto de partida para o ensino. No final da década de 70 e início da década de 80, no Instituto de Física da USP, um grupo de estudos formado por professores e alunos de pós-graduação debruçavam-se na leitura das concepções educacionais freirianas, motivando uma tentativa de adaptação das principais ideias para o contexto de educação formal de Ciências (Muenchen, 2010; Muenchen; Delizoicov, 2010, 2012).

Uma das primeiras tentativas de trazer o pensamento freiriano para o contexto formal deu-se em um projeto de Ensino de Ciências em Guiné-Bissau, em “um contexto que tentava garantir escolarização básica de seis anos para todas as crianças e adolescentes do país e preparar os jovens para a vida nas comunidades rurais” (Muenchen; Delizoicov, 2010, p.4).

A experiência de Guiné-Bissau permitiu um primeiro formato dos *Três Momentos Pedagógicos*, que inicialmente tinha o nome de *roteiro pedagógico*, aplicados em um contexto de escola rural, com a preocupação de se estabelecer um vínculo entre os alunos e comunidade. Nas palavras de Muenchen e Delizoicov (2010, p.5), o trabalho era organizado em três momentos:

Estudo da Realidade, Estudo Científico e Trabalho Prático. O Estudo da Realidade correspondia ao primeiro contato com o assunto a ser estudado, seja através de “exame do objeto em estudo” seja através do levantamento de dados sobre o mesmo. O segundo momento, Estudo Científico, era o momento de se abordar aspectos necessários à compreensão da realidade, de modo a incorporar o desenvolvimento do espírito científico, de habilidades de cálculo, manuseio de instrumentos, estímulo no uso da língua portuguesa, uso do dicionário, capacidade de síntese, entre outros. E o Trabalho Prático, correspondente ao terceiro momento, consistia na realização de atividades coletivas estimuladas pelo estudo científico e articuladas a intervenções que se relacionavam com as condições locais em que a população vivia (Muenchen; Delizoicov, 2010, p.5).

A experiência metodológica aplicada em Guiné-Bissau foi utilizada em outros projetos de Ensino de Ciências no Rio Grande do Norte e no município de São Paulo, propiciando a delimitação dos *Momentos Pedagógicos* sistematizada por Delizoicov et al. (2002), que consiste em três etapas: 1) *Problematização Inicial*; 2) *Organização do Conhecimento*; 3) *Aplicação do Conhecimento*.

A *Problematização Inicial* propõe que o ponto de partida para a realização das práticas pedagógicas seja o conhecimento vivenciado pelos alunos, sendo

estes colocados em discussões e debates, onde a figura do professor tem como principal papel provocar, questionar, gerar dúvidas e, por vezes, gerar conflitos das ideias apresentadas, com a intenção de promover interesse nos alunos (Muenchen, 2010; Muenchen; Delizoicov, 2010, 2012; Centa; Muenchen, 2016; Giacomini; Muenchen, 2016). Segundo Delizoicov et al. (2002), o primeiro momento deve apresentar:

[...] situações reais que os alunos conhecem e presenciam e que estão envolvidas nos temas, embora também exijam, para interpreta-las, a introdução dos conhecimentos contidos nas teorias científicas. Organiza-se esse momento de tal modo que os alunos sejam desafiados a expor o que estão pensando sobre as situações. Inicialmente, a descrição feita por eles prevalece, para o professor poder ir conhecendo o que pensam. A meta é problematizar o conhecimento que os alunos vão expondo, de modo geral, com base em poucas questões propostas relativa ao tema e às situações significativas, questões inicialmente discutidas num pequeno grupo, para, em seguida, serem explorada as posições dos vários grupos com toda a classe, no ganhe grupo (Delizoicov et al., 2002, p. 200).

A *Organização dos Conhecimentos* está relacionada ao aprofundamento dos temas, ou seja, uma abordagem dos conhecimentos científicos necessários para a compreensão. Busca-se a desestruturação das explicações dos alunos, para em seguida formular problemas que podem levar os estudantes à compreensão e construção de outro conhecimento, ou seja, do conhecimento científico (Muenchen, 2010; Muenchen; Delizoicov, 2010, 2012; Centa; Muenchen, 2016; Giacomini; Muenchen, 2016). Sendo assim, para Delizoicov et al. (2002), nessa etapa são trabalhados:

[...] os conhecimentos selecionados como necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são sistematicamente estudados neste momento, sob a orientação do professor. As mais variadas atividades são então empregadas, de modo que o professor possa desenvolver a conceituação identificada como fundamental para uma compreensão científica das situações problematizadas. É neste momento que a resolução de problemas e exercícios, tais como os propostos em livros didáticos, pode desempenhar sua função formativa na apropriação de conhecimentos específicos. No entanto, conforme se tem destacado, esse é apenas um dos aspectos da problematização necessária para a formação do aluno. Não raramente, há uma supervalorização da abordagem de problemas e exercícios desse tipo pela prática docente, em detrimento da localização e formulação de problemas de outra espécie, tais como os caracterizados no momento anterior e aqueles cuja abordagem é sugerida no momento seguinte (Delizoicov et al., 2002, p. 201-202).

Por fim, na *Aplicação do Conhecimento*, os conceitos aprofundados na etapa anterior são explorados através de uma síntese ou aplicação dos conhecimentos científicos desenvolvidos em novas situações-problema, permitindo a condição de extrapolação dos saberes adquiridos pelos alunos. Logo, nas palavras dos autores Delizoicov et al. (2002), o terceiro momento:

[...] destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo como outras situações que, embora não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento. Do mesmo modo que no momento anterior, as mais diversas atividades devem ser desenvolvidas, buscando a generalização da conceituação que já foi abordada e até mesmo formulando os chamados problemas abertos. A meta pretendida com este momento é muito mais a de capacitar os alunos ao emprego dos conhecimentos, no intuito de formá-los para que articulem, constante e rotineiramente, a conceituação científica com situações reais, do que simplesmente encontrar uma solução, ao empregar algoritmos matemáticos que relacionam grandezas ou resolver qualquer outro problema típico dos livros-textos. Independentemente do emprego do aparato matemático disponível para enfrentar essa classe de problemas, a identificação e emprego da conceituação envolvida – ou seja, o suporte teórico fornecido pela ciência – é que estão em pauta neste momento. É um uso articulado da estrutura do conhecimento científico com as situações significativas, envolvidas nos temas, para melhor entendê-las, uma vez que essa é uma das metas a ser atingidas com o processo de ensino/aprendizagem das Ciências. É o potencial explicativo e conscientizador das teorias científicas que precisa ser explorado (Delizoicov et al., 2002, p. 203).

Dentro do Ensino de Ciências, em particular o Ensino de Astronomia, uma pergunta motivadora e problematizadora pode não necessariamente traduzir um problema ou questionamento de vida dos alunos. Nesse sentido, o papel do professor é essencial, porque ele deve trazer elementos para apresentar e contextualizar um questionamento que possa construir como um ponto de partida para a realização das atividades, tornando-se um problema para os alunos. Partindo dos elementos trazidos pelos alunos durante o diálogo, permitindo elementos envolvidos nas suas observações, sensações e vivências, e construindo colaborativamente uma problematização inicial.

A sequência didática aqui proposta aborda temas relacionados à cor e temperatura de estrelas, que podem não pertencerem ao escopo de vida dos alunos e que eles nunca tenham se debruçados ou pensado sobre estes assuntos da Astronomia. Cabe ao professor trazer elementos da vivência dos

alunos, como a observação de objetos astronômicos, sendo de forma direta ou indireta, a lembrança de imagens astronômicas, dentre as vivências como gancho para abordar o tema que se pretende desenvolver.

Com a problematização da sequência delimitada, busca-se trazer os conceitos da Astronomia através de diversas estratégias, como uso de modelos, *softwares*, textos, discussões coletivas e em grupo, observação do céu, dentre outras estratégias, como forma de desenvolver os saberes científicos e que contribuem para responder o problema inicial. O terceiro momento é o momento onde os conhecimentos desenvolvidos auxiliam na sistematização do processo ou na possibilidade de abordar novos problemas, em diferentes contextos, como por exemplo, relacionar a explicação para cor um metal aquecido com a mesma explicação da cor de uma estrela.

3.3 O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO EM UMA ABORDAGEM DIDÁTICA

As aulas de Ciências tradicionais estão focadas na figura do professor, que sempre aborda os conceitos e explicações de forma a centralizar o saber em si, sendo a principal figura no processo tradicional de ensino e aprendizado. Os alunos são passivos e não são convidados a participar de reflexões sobre os conceitos abordados, figurando apenas como receptores de informação. Nesse sentido, o Ensino por Investigação surge como uma alternativa ao ensino propedêutico das Ciências da Natureza, aproximando as Ciências do contexto escolar das salas de aula com as Ciências desenvolvidas no âmbito da pesquisa (Munford; Lima, 2007; Carvalho, 2011; Carvalho, 2018, Sasseron; Carvalho, 2011; Palmieri, 2019; Soares, 2019)

Segundo Soares (2019), o termo investigação é constantemente abordado em publicações associadas com o Ensino de Ciências, contudo, outras palavras e expressões, como *learning through inquiry*, *enseñar ciencias por indagación* e ensino de ciências por investigação, ensino por descoberta, resolução de problemas, entre outros, apresentam similaridades. Para além do termo, autores apontam uma falta de convergência sobre o que seria o Ensino por Investigação e sobre a sua abordagem, gerando uma polissemia (Munford; Lima, 2007; Sá et al., 2011; Zômpero; Laburú, 2011; Sasseron; Carvalho, 2011; Palmieri, 2019; Soares, 2019, Sasseron, 2020).

O Ensino por investigação apresenta um histórico no contexto estadunidense e europeu, principalmente por meio das ideias de John Dewey, na transição entre os XIX e XX, sendo uma das principais referências para pedagogia conhecida como Pedagogia Progressista, que pretende focar nas vivências dos alunos, integrando prática e teoria. Desse modo, a aquisição de conhecimento se daria no processo natural de reflexão da experiência educativa e a educação seria a reorganização das reflexões dos alunos (Zômpero; Laburú, 2011).

Na segunda metade do século XIX, o ensino era considerado como “clássico” e estava baseado nos estudos de Matemática e Gramática. Cientistas europeus e estadunidenses traziam que a Ciências se diferenciavam das outras disciplinas, pois tinham aspectos da lógica indutiva, que partia da observação para criar generalizações, portanto, ensinar Ciências para os alunos seria introduzir lógica indutiva, fazendo com eles pudessem aprender a produzir o conhecimento. Esta prática deu origem às práticas de investigação nas escolas, por meio da implementação dos laboratórios, apoiados no pensamento positivista do filósofo Herbert Spencer (1820 – 1903), que argumentava que a observação do mundo e os experimentos possibilitavam aos alunos contato com elementos que eram insuficientes nos livros (Zômpero; Laburú, 2011).

Segundo Zômpero e Laburú (2011), existiam três vertentes para o ensino com perspectiva investigativa: *descoberta*, *verificação* e *inquiry*. A perspectiva *descoberta* apresentava uma ideia de exploração do mundo natural, a perspectiva *verificação* utilizava o laboratório apenas como forma de confirmação dos conceitos científicos, e na perspectiva *inquiry*, os alunos teriam que se apropriar do método científico como forma de solucionar problemas. Dewey defendia que a educação científica estava baseada apenas em fatos e não apresentava estímulos e desafios para os alunos, portanto, acreditava na perspectiva *inquiry*, proporcionando um processo de ensino ativo para os alunos.

As ideias de Dewey, por meio do *inquiry*, dialogaram com as demandas de formação para o Ensino de Ciências da primeira metade do século XX, que buscava uma formação para valores sociais. Contudo, na década de 1950, cientistas, educadores e líderes industriais argumentavam que o Ensino de Ciências tinha perdido suas características, como a rigidez acadêmica, por exemplo, inviabilizando o aprendizado dos alunos. No contexto estadunidense,

o lançamento do satélite Sputnik (1957) impulsionou a volta para o academicismo do século XIX, pois surge a demanda de formação de novos cientistas. Propõe-se uma educação que alia teoria e prática, não mais com a perspectiva de formação do indivíduo, mas na perspectiva de constituição da nação norte-americana (Zômpero; Laburú, 2011).

O ensino com foco na formação de cientistas e as ideias construtivistas passam a ganhar força no final da década de 1970, tanto no contexto brasileiro como no contexto de outros países, com destaque para as Concepções Alternativas. Esse período foi marcado pelo agravamento das condições ambientais e novamente o Ensino de Ciências busca trazer os aspectos sociais do desenvolvimento científico e social. O ensino investigativo trazia elementos para que os alunos pudessem utilizar as questões ambientais e sociais como objeto de pesquisa, ou seja, uma educação científica que buscasva a compreensão de conteúdos, dos valores sociais, resolução de problemas e o entendimento das questões cotidianas (Zômpero; Laburú, 2011).

No final da década de 1980, no contexto estadunidense, surge um documento intitulado “*Science For All Americans*”, onde os autores recomendavam que o Ensino de Ciências deveria estar de acordo com a natureza investigativa das Ciências. Já em 1996, outro documento intitulado *National Science Education Standards* continua trazendo o Ensino por Investigação, contudo, com propostas e orientações para a Alfabetização Científica. No contexto brasileiro, o Ensino por Investigação está presente nos PCN (Sá et al., 2011), mas vale ressaltar que os parâmetros serviram mais para uma organização da Educação Básica do que como uma fonte de elementos pedagógicos. Mesmo com a presença do Ensino por Investigação nos parâmetros, não existe a consolidação das ideias no contexto brasileiro, pois muitos professores não apresentam segurança em abordar a perspectiva investigativa em suas aulas, ou por questão de falta de estrutura para a realização de atividades investigativas (Zômpero; Laburú, 2011).

Um ponto importante a se destacar é o fato de muitos associarem o Ensino por Investigação com experimentos e atividades práticas. Porém, essas práticas podem não apresentar característica inerentes da investigação. Desse modo, outras atividades, sem formato experimental ou atividade prática, podem apresentar elementos ricos dentro da perspectiva do Ensino por Investigação. Outro ponto para a caracterização do Ensino por Investigação é a compreensão

de que uma atividade investigativa não precisa necessariamente ter características “abertas”, sendo a figura do professor importante para dar diferentes direcionamentos e propor diferentes níveis de abertura, adequando as atividades para cada contexto (Munford; Lima, 2007, Sá et al., 2011). Carvalho (2018) apresenta em seu texto as ideias de que a Sequência de Ensino Investigativo (SEI) pretende desenvolver conteúdos científicos, desse modo, as atividades investigativas podem apresentar formatos diversos e, portanto, não apenas um tipo específico de estrutura padronizada. Logo, as atividades podem apresentar diferentes abordagens, como a utilização do laboratório aberto, a demonstração investigativa, a leitura de textos históricos, a resolução problemas abertos, a resolução de questões abertas e a utilização de recursos tecnológicos, para citar alguns exemplos.

Apesar da polissemia associada ao termo atividades de investigação e da falta de consenso quanto às peculiares que as referidas atividades apresentam, admitimos que algumas características devem estar presentes nas atividades investigativas: o engajamento dos alunos para realizar as atividades; a emissão de hipóteses, nas quais é possível a identificação dos conhecimentos prévios dos mesmos; a busca por informações, tanto por meio dos experimentos, como na bibliografia que possa ser consultada pelos alunos para ajudá-los na resolução do problema proposto na atividade; a comunicação dos estudos feitos pelos alunos para os demais colegas de sala, refletindo, assim, um momento de grande importância na comunicação do conhecimento, tal como ocorre na Ciência, para que o aluno possa compreender, além do conteúdo, também a natureza do conhecimento científico que está sendo desenvolvido por meio desta metodologia de ensino (Zômpero; Laburú, 2011, p.79).

Portanto, a concepção do Ensino por Investigação abordado ao longo do capítulo vai ao encontro de um ensino que permita o “desenvolvimento de habilidades cognitivas nos alunos, a realização de procedimentos como elaboração de hipóteses, anotação e análise de dados e o desenvolvimento da capacidade de argumentação junto aos alunos” (Zômpero; Laburú, 2011, p.73). Nesse sentido, Carvalho (2011) apresenta oito pontos a serem levados em consideração na construção da SEI, partindo de referências sociointeracionistas, que contribuem na construção das atividades investigativas. Os pontos apresentados pela autora são:

1. A participação ativa do estudante;
2. A importância de interação aluno-aluno;

3. O papel do professor como elaborador de questões;
4. A criação de um ambiente encorajador;
5. O ensino a partir do conhecimento que o aluno traz para sala de aula;
6. O conteúdo (problema) tem que ser significativo para o aluno;
7. A relação ciência, tecnologia e sociedade;
8. A passagem da linguagem cotidiana para a linguagem científica.

A denominação Ensino por Investigação em uma abordagem didática deve-se ao fato de promover, junto aos alunos, o protagonismo do processo de aprendizagem. É uma abordagem que pode ser aplicada em diferentes contextos e com diferentes conteúdos, sem a obrigatoriedade de ser um experimento ou atividade prática, não se restringindo a estratégias únicas de ensino. O professor deve promover situações onde os alunos são colocados em contato com práticas típicas das Ciências, ou seja, os alunos devem desenvolver atividades que possibilitem o levantamento de hipóteses, aquisição de dados, a resolução de problemas, exercitem a capacidade de comparação, construção de explicações e conclusões, dentre outras práticas científicas (Freiberg, 2015; Sasseron, 2015; Solino et al., 2015; Solino, 2017; Silva et al. 2018; Palmieri, 2019).

Como abordagem didática, o ensino por investigação demanda que o professor coloque em prática habilidades que ajudem os estudantes a resolver problemas a eles apresentados, devendo interagir com seus colegas, com os materiais à disposição, com os conhecimentos já sistematizados e existentes. Ao mesmo tempo, o ensino por investigação exige que o professor valorize pequenas ações do trabalho e compreenda a importância de colocá-las em destaque como, por exemplo, os pequenos erros e/ou imprecisões manifestados pelos estudantes, as hipóteses originadas em conhecimentos anteriores e na experiência de sua turma, as relações em desenvolvimento. É um trabalho em parceria entre professor e estudantes. Uma construção de entendimento sobre o que seja a ciência e sobre os conceitos, modelos e teorias que a compõem; nesse sentido, é uma construção de uma nova forma de vislumbrar os fenômenos naturais e o modo como estamos a eles conectados e submetidos, sendo a linguagem uma forma de relação com esses conhecimentos e também um aspecto a ser aprendido (Sasseron, 2015, p.58).

Logo, o Ensino por Investigação em uma abordagem didática, como apresentado anteriormente, serve de base conceitual e metodológica para a aplicação da sequência, independente da natureza das atividades. O papel do professor durante a aplicação é fundamental, pois deve promover as condições

necessárias para que os alunos sejam protagonistas do processo de aprendizagem, estimulando-os em práticas típicas da própria Ciência.

3.4 ESTRUTURA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência foi organizada de acordo com a estrutura dos Três Momentos Pedagógicos, ou seja, cada atividade apresenta *Problematização, Organização e Aplicação do Conhecimento*. Já o Ensino por Investigação em uma abordagem didática permeia todas as atividades durante a aplicação da sequência, pois demanda a interação entre o professor e os alunos ao longo de todo o processo. As atividades foram desenvolvidas para serem aplicadas aos alunos do último ano do Ensino Médio, por opção do Professor, e de fácil acesso na aplicação da sequência, totalizando 6 encontros com 2 aulas de 45 minutos. Contudo, existe a possibilidade de readequação da proposta didática para atender à primeira e segunda série do Ensino Médio ou anos finais do Ensino fundamental. Inicialmente, a sequência foi construída no formato de apresentação, apenas como uma diretriz para o professor, pois as dinâmicas que vão orientar as atividades são sempre apresentadas de forma dialógica, ou seja, se dão na interação entre o professor e os alunos. A princípio, os alunos organizam-se em pequenos grupos no momento da realização das atividades, e é proposto o compartilhamento das impressões e conclusões ao final, para toda a turma, no momento de síntese das discussões. A seguir, apresenta-se a ordem prevista para a realização das atividades:

1. ATIVIDADE – IMAGENS ASTRONÔMICAS
2. ATIVIDADE – CONSTRUÇÃO DO ESPECTROSCÓPIO
3. ATIVIDADE – CORES DOS CARTÕES
4. ATIVIDADE – TESTE DAS CHAMAS
5. ATIVIDADE – LÂMPADA DE GRAFITE
6. ATIVIDADE – MEDIDA DA CONSTANTE SOLAR

A atividade IMAGENS ASTRONÔMICAS⁴ apresenta aos alunos onze imagens de diferentes objetos celestes, como a nebulosa de Orion, os anéis de Saturno, a estrela Eta Carinae, o planeta Terra visto do espaço, dentre outras,

⁴ Todas imagens da atividade IMAGENS ASTRONÔMICAS estão no APÊNDICE 2, contidas na apresentação de slides utilizada na aplicação da sequência.

trazendo a atenção e gerando uma problematização, que busca promover o foco nas cores das imagens, criando questionamentos iniciais e provocações. Algumas imagens não deixam evidente qual o objeto celeste selecionado, outras não evidenciam se o registro foi feito no espectro visível ou não, outras fotos foram feitas no visível, contudo, estão em escala de preto e branco e algumas imagens são evidentes construções digitais, como o caso da imagem do buraco negro. É uma atividade de abertura da sequência e busca complexificar a possível relação da cor intrínseca dos objetos, o tipo de emissão e o registro. Faz parte da atividade que os alunos possam construir os seus registros e sistematizações de uma forma livre, pois esse momento permite que eles elaborem maneiras de organizar as informações e uma forma de apresentar os resultados com os demais grupos.

Em seguida, a atividade CONSTRUÇÃO DO ESPECTROSCÓPIO pretende propor aos alunos dois momentos. No Primeiro momento, apresenta-se aos alunos pequenas instruções sobre como o espectroscópio deve funcionar, deixando a confecção livre, sem nenhum roteiro determinado. Diversos materiais, como papelão, cola, tesoura, CD, dentre outros, são disponibilizados para que os alunos possam fazer suas próprias versões do dispositivo de análise. No segundo momento da atividade, já com o espectroscópio pronto, os alunos são convidados a observar diferentes fontes de luz e registrar as semelhanças e diferenças entre os espectros, e deveriam observar a luz solar, lembrando que nunca de forma direta e sempre mediada pelo espectroscópio, e a luz emitida por uma lâmpada de vapor de mercúrio ou sódio, sendo a única exigência da atividade.

A intenção é evidenciar a diferença entre a decomposição do espectro da luz solar e a decomposição do espectro da lâmpada de vapor de mercúrio, por apresentarem emissões de natureza diferentes, sendo uma delas a emissão devido à temperatura e a outra emissão por transição eletrônica. O formato do registro das atividades é livre, não apresentando um padrão estabelecido para os alunos, que devem organizar as informações da maneira que consideram melhor. Não é esperado que os alunos saibam observar e diferenciar tipos de emissões, mas é um ponto importante para dar continuidade às atividades futuras e retomar a atividade IMAGENS ASTRONÔMICAS.

A atividade CORES DOS CARTÕES coloca em debate a questão de que muitos objetos observados apresentam cores por reflexão da luz, por se tratar de uma fonte secundária de luz. Os alunos devem organizar cartões com cores diversas para realizar a atividade e, em um primeiro momento, criar hipóteses de como deve ficar a cor de cada cartão quando iluminados por fontes de cores primárias de luz (verde, vermelho e azul).

Após o registro das hipóteses, os alunos devem fazer os testes utilizando uma fonte de luz primária construídas por eles, com o auxílio de lanternas e papel celofane colorido, como “filtros” de cor. Existe a possibilidade de utilizar lâmpadas led, que já possuem sistema de cores primárias, ou kits de experimentos de óptica que tem três fontes de cores primárias de luz separadas. A atividade pretende mostrar como é a relação da cor dos objetos dependendo da fonte de cor primária, tema que já pode ser relacionado com a primeira atividade das IMAGENS ASTRONÔMICAS e com as formas de emissão de luz discutidos na atividade CONSTRUÇÃO DO ESPECTROSCÓPIO.

A atividade TESTE DAS CHAMAS⁵ tem a intenção de mostrar como a queima de sais diferentes permite a visualização de chamas de cores diferentes, que estariam diretamente associadas aos elementos químicos que compõem cada sal. É importante que os estudantes percebam que a emissão de luz nessa atividade de queima dos sais é um tipo de emissão diferente da discutida na atividade CORES DOS CARTÕES. É essencial que os alunos criem hipóteses e façam os registros para construir uma sistematização das ideias e resultados, retomando, sempre que possível, as atividades anteriores para construir elementos de análise e enriquecer o próprio repertório.

Dando continuação, a atividade LÂMPADA DE GRAFITE⁶ apoia-se na eletrodinâmica para propor a construção de circuitos simples, com pilhas, fios e grafites. Com o circuito montado, é o momento de permitir a manipulação das variáveis do experimento e estimular que os alunos consigam aumentar a potência dissipada pelo grafite, que faz o papel de um resistor no circuito. A

⁵ ATENÇÃO: IMPORTANTE REGISTRAR QUE A ATIVIDADE ENVOLVE POTENCIAIS RISCOS À INTEGRIDADE FÍSICA DOS ALUNOS E DEVE SER SUPERVÍSIONADA AO LONGO DE TODA REALIZAÇÃO.

⁶ ATENÇÃO: IMPORTANTE REGISTRAR QUE A ATIVIDADE ENVOLVE POTENCIAIS RISCOS À INTEGRIDADE FÍSICA DOS ALUNOS E DEVE SER SUPERVÍSIONADA AO LONGO DE TODA REALIZAÇÃO.

tensão é a variável mais fácil de manipular no formato que a atividade foi desenhada, pois basta associar as pilhas para elevar a tensão aplicada aos grafites. Em um determinado momento, a tensão atinge o valor necessário para transformar uma pilha em uma lâmpada incandescente, algo em torno de 12 V, que começa a brilhar com uma coloração avermelhada/alaranjada. Existe a possibilidade de abordar a atividade com os alunos de maneira apenas conceitual ou promover a sistematização matemática do experimento, com aplicação das equações da eletrodinâmica. Um momento propício para abordar temas da física moderna, como a Lei de Stefan–Boltzmann, que possibilita associar a potência dissipada pelo grafite por unidade de área com a sua temperatura de superfície, de forma conceitual ou quantitativa. É uma outra maneira de emissão de luz, diferente das atividades CORES DOS CARTÕES e TESTES DAS CHAMAS, com uma relação direta ao espectro solar observado na atividade CONSTRUÇÃO DO ESPECTROSCÓPIO.

Para finalizar a sequência, a atividade MEDIDA DA CONSTANTE SOLAR propõe a utilização de materiais simples, como termômetro, cronômetro, papel cartão, água e um pote de vidro, para determinar o fluxo da radiação solar que atinge a superfície da Terra. Com a construção de um aparato com os materiais listados, é possível medir a variação de temperatura da água exposta à radiação solar. A quantidade de energia absorvida pela água é quantificada, pois é proporcional à variação da temperatura. Com a marcação de tempo que o aparato ficou exposto ao Sol, determina-se a potência. Desse modo, é possível verificar a quantidade de energia, por unidade de área e por unidade de tempo, após o desconto da quantidade de energia recebida do ambiente. O fluxo obtido equivale a cerca de 30% do fluxo que chega do Sol (algo em torno de 1350 W/m^2) na alta atmosfera, devido ao albedo médio, que corresponde à quantidade de energia refletida pela atmosfera. Com esse valor, é possível retomar o debate de uma forma apenas conceitual e/ou quantitativa. O resultado do experimento permite extrapolar e determinar a potência na superfície solar por unidade de área e, retomando a Lei de Stefan–Boltzmann apresentada na atividade LÂMPADA DE GRAFITE, estimar a temperatura da superfície solar, que está em torno de 5800 K. É importante retomar a questão da emissão de luz pelo grafite, traçando um paralelo com a emissão de luz pelo Sol, sendo que nas duas situações, a temperatura de superfície é o principal fator para a cor observada.

A síntese da atividade é apresentar a Lei de Wien de forma conceitual e mostrar a relação entre a cor e a temperatura das estrelas, apresentando a distribuição de radiação de corpo negro para diferentes temperaturas.

Com as ideias gerais de cada atividade descritas e as possíveis relações que podem ser estabelecidas entre elas, torna-se imprescindível abordar cada uma delas dentro da estrutura dos *Três Momentos Pedagógicos*. Conseqüentemente, apresentar os principais pontos da *Problematização Inicial*, *Organização do Conhecimento* e *Aplicação do Conhecimento*, como forma de organizar a aplicação de cada elemento constituinte da sequência, porém, é importante ter em mente que a aplicação vai além do que se espera de cada atividade e do desenho dos momentos pedagógicos pensados para cada uma.

3.4.1 Atividade – Imagens Astronômicas

Objetivo: A atividade tem como objetivo apresentar diversas imagens de objetos celestes para os alunos observarem e mapearem as semelhanças e diferenças entre elas, para servir como o motivador inicial sobre os tipos de emissão de luz.

Problematização Inicial: Os alunos são convidados a observar um conjunto de imagens não convencionais ao seu repertório, como forma de provocação e estimular a participação. Por vezes, alguns objetos celestes são familiares aos alunos, contudo, a coloração da imagem ou o enquadramento dificultam o reconhecimento, tornando a atividade instigante e desafiadora.

Organização do Conhecimento: Com a atividade iniciada, é o momento do professor provocar a interação nos grupos de trabalho com perguntas e evidenciando comentários e questionamentos que surgiram na problematização. Algumas perguntas previamente pensadas são colocadas aos alunos: Existe algo comum entre as imagens? Os objetos são fontes de Luz? Todas as imagens apresentam cor? Os alunos devem trabalhar em pequenos grupos e os registros são livres, pois eles devem estruturar a melhor forma de organizar as informações entre os pequenos grupos de trabalho.

Aplicação do Conhecimento: Os objetos são identificados em um diálogo entre o professor e os alunos, que são estimulados a confrontar percepções e anotações a respeito das imagens. As perguntas tomadas como referência são novamente colocadas em destaque para, no momento de síntese, abordar a existência de diferentes tipos de emissão de luz por cada objeto e como extrapolar para outros contextos.

3.4.2 Atividade – Construção do Espectroscópio

Objetivos: A atividade é composta pela construção de um espectroscópio e a sua utilização como instrumento de observação de diferentes fontes de luz.

Problematização Inicial: Em um primeiro momento, os alunos devem ser instigados a construir um espectroscópio com materiais simples, como caixa de sapato, CD, entre outros materiais. Para a construção, optou-se em fornecer instruções mínimas sobre a construção do espectroscópio, de forma a possibilitar aos alunos a resolução do problema posto, sem nenhum roteiro a ser seguido. A própria construção do espectroscópio já serviu de problematização para o restante da atividade, pois, além da confecção, ele já seria utilizado para observar fontes de luz.

Organização do Conhecimento: Existem dois momentos para a organização do conhecimento dentro da atividade. Um dos momentos é a solução para construir um espectroscópio seguindo as poucas instruções feitas pelo professor, sendo importante os alunos colocarem em prática diversas habilidades manuais e a promoção da capacidade de elaborar soluções com os materiais disponíveis. Com o espectroscópio montado, algumas etapas são propostas para os alunos articularem as observações e soluções: Observe diferentes fontes de luz; Discuta os resultados das observações; Elabore uma forma de sistematização dos dados; Todas as fontes apresentaram o mesmo padrão? e Discuta por meio dos dados obtidos. É importante que os alunos pensem a melhor forma de organizar as informações obtidas. O papel do professor é importante para delimitar claramente a necessidade de observar principalmente a luz do Sol e a

luz vinda de uma lâmpada de vapor de mercúrio, fazendo com que percebam a diferença entre os espectros por meio de falhas nas cores.

Aplicação do Conhecimento: A sistematização da atividade deve levar em conta que as fontes apresentam um espectro observado diferente. Os alunos precisam construir o raciocínio e levantar hipóteses sobre os possíveis motivos dos espectros observados serem praticamente contínuos para o Sol e apresentarem lacunas significativas no espectro da lâmpada fluorescente. O professor deve conduzir as possíveis explicações e como o momento de síntese pode promover novas problematizações sobre os conceitos de emissão por temperatura e por transição eletrônica.

3.4.3 Atividade – Cores dos Cartões

Objetivo: Utilizando o princípio das cores primárias da luz, observar cartões de cores diferentes sendo iluminados e comparar a cor suposta pelos alunos com a cor observada.

Problematização Inicial: O momento de problematização está dividido em duas etapas. Inicialmente, a própria construção das lanternas com emissão das cores primárias da luz, utilizando lanternas e papel celofane, e depois, a proposição de hipóteses para qual cor será observado o cartão, dependendo da cor primária utilizada.

Organização do Conhecimento: Os alunos devem sistematizar a cor esperada para cada cartão e para cada cor primária e então, efetivamente, realizar o experimento e verificar se a suposta cor do cartão vai ao encontro da hipótese inicial. Os registros são livres e os alunos devem apresentar uma organização construída nos pequenos grupos, que fique de fácil acesso para compartilhar com os demais. Algumas perguntas e diretrizes são colocadas para direcionar o debate: As cores dos cartões dependem da luz? Alguma hipótese para as cores dos cartões se manteve após o experimento? Elaborar uma forma de sistematização dos dados.

Aplicação do Conhecimento: O momento de síntese da atividade deve apontar que a emissão luz pelos cartões segue uma lógica diferente da emissão contínua, no caso da observação da luz solar com o espectroscópio, e diferente da emissão discreta devido transição eletrônica, como no caso da observação da luz da lâmpada de vapor de mercúrio. O tipo de emissão é devido à reflexão da luz e, portanto, os alunos devem propor outras situações onde isso acontece, ou explicar por que a reflexão é de um tipo diferente daquele observado na atividade do espectroscópio.

3.4.4 Atividade – Teste da Chama

Objetivo: Utilizar a queima de diferentes soluções com sais e observar as colorações da chama em cada situação.

ATENÇÃO: IMPORTANTE REGISTRAR QUE A ATIVIDADE ENVOLVE POTENCIAIS RISCOS À INTEGRIDADE FÍSICA DOS ALUNOS E DEVE SER SUPERVÍSIONADA AO LONGO DE TODA REALIZAÇÃO.

Problematização Inicial: Os alunos devem ser estimulados a falar sobre o que eles esperam que aconteça quando os sais forem queimados. Existe a possibilidade de os alunos já terem realizado essa atividade em anos anteriores, desse modo, é importante o professor revisitar os pontos que eles lembram para então realizar a atividade.

Organização do Conhecimento: Os alunos devem levantar as hipóteses dos motivos da emissão de luz com colorações diferentes, dependendo do sal queimado, além de apresentar uma forma de sistematização dos dados obtidos. Dependendo do nível de familiarização dos alunos com o laboratório, os próprios alunos podem realizar a atividade ou apenas observar o professor queimar os sais.

Aplicação do Conhecimento: A extrapolação deve ser mediada pelo professor junto com os alunos, pois existe a possibilidade de surgirem demandas conceituais que os alunos não tenham, como conceitos de física moderna. Uma

possibilidade do momento de síntese é apresentar a comparação com as outras atividades já realizadas da sequência, para compreender as principais diferenças entre os tipos de emissão.

3.4.5 Atividade – Lâmpada de Grafite

Objetivo: Com materiais simples, como pilhas, fios e grafite, os alunos devem construir um circuito simples e observar a emissão de luz pelo grafite.

ATENÇÃO: IMPORTANTE REGISTRAR QUE A ATIVIDADE ENVOLVE POTENCIAIS RISCOS À INTEGRIDADE FÍSICA DOS ALUNOS E DEVE SER SUPERVISONADA AO LONGO DE TODA REALIZAÇÃO.

Problematização Inicial: A problematização está na própria construção do circuito simples, pois os alunos são convidados a produzir o aparato experimental apenas com a representação de um circuito, relacionado os fios, pilhas e grafite com os componentes. Junto com a construção, os alunos são levados a refletir sobre as variáveis que podem ser alteradas para alterar a potência dissipada pelo grafite.

Organização do Conhecimento: A construção do circuito em si e a implementação de mudanças no circuito, como a alteração da tensão aplicada ao grafite. Os alunos precisam observar o que está acontecendo e registrar de forma clara e sistemática. O debate sobre o experimento pode ser feito de uma forma apenas conceitual ou agregar elementos quantitativos, como o cálculo da potência, determinação da resistência do grafite e cálculo da corrente, por exemplo. É o momento de introduzir, por meio da intervenção do professor, aspectos teóricos e conceituais da Lei de Stefan-Boltzmann, relacionando a potência dissipada pelo grafite com a temperatura teórica atingida, de uma forma conceitual ou quantitativa.

Aplicação do Conhecimento: A síntese deve trazer os aspectos da execução e registros dos grupos de trabalho. Lembrando que a relação entre a emissão de luz e a temperatura da superfície deve ser enfatizada, sendo importante apontar

outras situações que o mesmo tipo de emissão acontece, ou mesmo comparar com as atividades anteriores da sequência.

3.4.6 Atividade – Medida da Constante Solar

Objetivo: Construção e utilização de um instrumento para determinação da constante solar.

Problematização Inicial: Apresentação da imagem de um aparato de coleta de radiação solar, como base a ser seguida para a construção dos próprios dispositivos de coleta da radiação solar. A construção é livre, sem um formato específico, e cada grupo de trabalho constrói o próprio aparato para fazer as medidas.

Organização do Conhecimento: Os alunos devem construir e debater quais são os melhores materiais e métodos para a coleta da radiação solar. A discussão é feita de forma coletiva e todos devem participar, por meio da mediação do professor. Pensar em quais variáveis são importantes tomar nota, quais medidas serão coletadas e como organizar as informações. Parte-se do pressuposto que os alunos já conheçam outros conceitos, como cálculo de área e calorimetria, por exemplo, para relacionar com as demandas conceituais e procedimentais da atividade em questão.

Aplicação do Conhecimento: Existem dois momentos de extrapolação. Um primeiro momento é a estimativa do valor da constante solar medido na superfície da Terra e comparar com o valor teórico. É importante debater os motivos que levam à diferença entre o medido e o esperado. O professor deve contribuir nesse momento, pois alguns valores e condições precisam ser apresentados e não se deve esperar que os alunos saibam o albedo médio da Terra, algo em torno de 30% do que chega na atmosfera, ou mesmo o valor da constante solar, que vale algo em torno de 1350 W/m^2 . O segundo momento de extrapolação envolve os alunos corrigirem o valor da intensidade da radiação solar que chega até a Terra, por meio do valor do albedo médio, e comparar com o valor conhecido. Com os valores determinados é possível fazer a discussão de

forma conceitual ou quantitativa, para abordar a relação da potência por unidade de área do Sol com a sua a temperatura de superfície e coloração.

4 A APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática foi estruturada para conter um total de seis atividades, contudo, apenas quatro delas foram realizadas efetivamente junto aos alunos, e duas atividades foram reorganizadas para tornarem-se suplentes. A modificação no planejamento inicial foi necessário devido às condições reais da aplicação da sequência, pois as atividades que tinham como principal ponto a observação da luz solar, CONSTRUÇÃO DO ESPECTROSCÓPIO e MEDIDA DA CONSTANTE SOLAR, devido às condições climáticas e questões de posição do Sol, por conta do horário de realização da atividade, precisaram de mais de um dia para a aplicação e conclusão. As atividades realizadas foram IMAGENS ASTRONÔMICAS, CONSTRUÇÃO DO ESPECTROSCÓPIO, LÂMPADA DE GRAFITE e MEDIDA DA CONSTANTE SOLAR, e as duas atividades que se tornaram suplentes no processo de aplicação da sequência, por não demandarem a observação direta da luz solar e por serem atividades mais objetivas e curtas, foram as atividades TESTE DA CHAMAS e CORES DOS CARTÕES. Desse modo, ter atividades suplentes tornou-se algo a ser levado em conta na construção do produto final da dissertação, visto que, ao criar a sequência didática, é necessário apontar alternativas de atividades para serem aplicadas junto aos alunos quando não houver a possibilidade de realização em situações que demandem condições específicas, como atividades de observação da luz solar. O professor precisa criar condições para que a sequência seja orgânica e atenda às demandas pedagógicas, sendo reelaborações e adequações das atividades ou da estrutura da sequência, importantes para melhor atender às necessidades dos alunos. Com as devidas alterações na estrutura inicial, as atividades ficaram organizadas da seguinte forma:

1. ATIVIDADE 1 – IMAGENS ASTRONÔMICAS
2. ATIVIDADE 2 – CONSTRUÇÃO DO ESPECTROSCÓPIO
3. ATIVIDADE 3 – LÂMPADA DE GRAFITE
4. ATIVIDADE 4 – MEDIDA DA CONSTANTE SOLAR
5. ATIVIDADE 5 – TESTE DAS CHAMAS (SUPLEMENTAR)
6. ATIVIDADE 6 – CORES DOS CARTÕES (SUPLEMENTAR)

A seguir, este capítulo busca apresentar o contexto de aplicação das atividades e a descrição da aplicação junto aos alunos. É um ponto importante para construir a narrativa entre o planejamento e a aplicação das atividades, tanto em relação às modificações de estrutura quanto às modificações necessárias no contexto da realização.

4.1 CONTEXTO DE APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA

No ano de 2023, o Colégio Albert Sabin disponibilizava aos alunos da terceira série do Ensino Médio um conjunto de aulas chamadas de “ELETIVAS”, que ocorriam no contraturno. Nessas aulas, a participação não era obrigatória, sem afetar ou influenciar diretamente o desempenho escolar dos alunos, seja por conta de faltas ou notas, abordando os mais diversos temas e assuntos dos componentes curriculares. Em conversa com a direção e a coordenação do Ensino Médio da escola, foi acordado o oferecimento de uma eletiva sobre os temas de Astronomia e Astrofísica. Os alunos foram convidados a participar da eletiva durante as aulas de Física, com a apresentação dos tópicos que seriam abordados ao longo dos encontros, e a maneira como a eletiva contribuiria com o mestrado do Professor.

A realização da sequência foi programada para acontecer em um total de 6 encontros, com duração de 1,5 hora cada, ao longo dos meses de agosto e setembro de 2023. As aulas foram realizadas no laboratório de Física, e algumas atividades usaram o espaço do pátio da escola, principalmente para a realizações das atividades CONSTRUÇÃO DO ESPECTROSCÓPIO e MEDIDA DA CONSTANTE SOLAR. Durante toda a aplicação, os alunos tiveram disponíveis uma série de materiais, como cola, papelão, régua, tesoura, entre outros, sem restrições. Um total de 16 alunos fizeram a inscrição para participar da eletiva, contudo, apenas 11 frequentaram o curso efetivamente e contribuíram para os dados que serão apresentados no capítulo 5. Devido à não obrigatoriedade, 5 alunos desistiram de participar por apresentarem outras demandas, como estudar para o vestibular, ou mesmo uma questão de logística, pois as aulas aconteciam às sextas-feiras no período da tarde. Os alunos que participaram efetivamente dividiram-se em grupos de trabalhos, contudo, como

a eletiva não tem a obrigatoriedade de presença, os grupos de trabalho se modificaram e não apresentaram padrão de composição.

Como o espaço disponibilizado foi o laboratório de Física, as atividades foram apresentadas no formato de apresentação de slides com um Data Show para os alunos, apenas com alguns tópicos mais importantes para a realização das atividades, e estava na figura do Professor complementar a apresentação e trazer objetivos e dinâmica das aulas, atendendo à estrutura desenhada para cada uma.

Um ponto importante é a inserção, nesse momento, dos aspectos do Ensino por Investigação em uma abordagem didática, que ocorre na interação do professor junto aos alunos, promovendo os pressupostos teóricos que caracterizam essa abordagem. Desse modo, a próxima seção traz a descrição de como foi a aplicação de cada atividade, apresentando somente as atividades desenvolvidas junto aos alunos: IMAGENS ASTRONÔMICAS, CONSTRUÇÃO DO ESPECTROSCÓPIO, LÂMPADA DE GRAFITE e MEDIDA DA CONSTANTE SOLAR.

4.2 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DAS ATIVIDADES

Esta seção busca descrever os principais acontecimentos ocorridos durante a aplicação das atividades selecionadas, trazendo os pontos positivos e negativos, além de abordar outros momentos que não estavam previstos na estrutura inicial da sequência.

4.2.1 Atividade 1 – Imagens Astronômicas

A primeira atividade da sequência tinha como grande objetivo um primeiro contato com os estudantes e uma primeira aproximação com as principais ideias da aplicação e desenvolvimento das atividades. Inicialmente, o Professor comentou sobre como funcionaria a dinâmica das aulas e a utilização delas como objeto de pesquisa para o mestrado, reforçando o que já havia sido abordado em sala. Foram tiradas as dúvidas sobre como os dados extraídos das aplicações relacionavam-se com os pressupostos teóricos, sendo apresentadas também as burocracias necessárias para ocorrer a pesquisa.

Para iniciar a atividade de fato, foram exibidas para os estudantes imagens astronômicas previamente selecionadas, com a intenção principal de provocá-los em relação às suas capacidades de reconhecimento de diversos objetos astronômicos. Outra intenção era apresentar a discussão sobre o que seria a cor do objeto e como essa cor estaria relacionada com o registro por meio da imagem observada. A atividade continha uma seleção de onze imagens com registros dentro e fora do espectro visível da luz, dos mais variados objetos celestes. Apenas para ilustrar, algumas das imagens estão listadas abaixo, nas figuras 1, 2 e 3:



Figura 1 - Imagem de Júpiter, em infravermelho⁷.

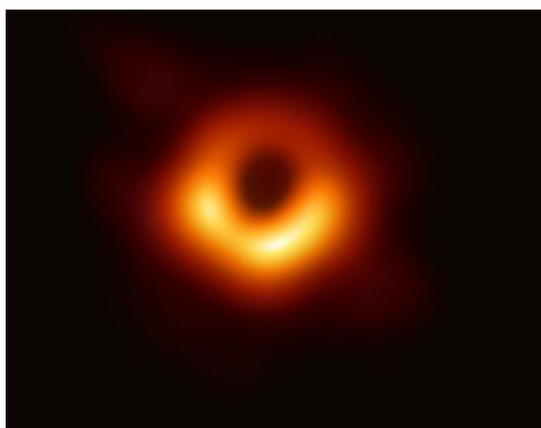


Figura 2 - Imagem do buraco negro, em rádio⁸.

⁷ Fonte: Crédito da Imagem – NASA, ESA, CSA, Jupiter ERS Team; Processamento: Ricardo Hueso (UPV/EHU) e Judy Schmidt. Disponível em: <https://apod.nasa.gov/apod/ap220830.html>. Acesso em: 20 jul. 2024.

⁸ Fonte: Crédito da Imagem – Event Horizon Telescope Collaboration. Disponível em: <https://apod.nasa.gov/apod/ap220501.html>. Acesso em: 20 jul. 2024.



Figura 3 - Terra vista da Lua, no visível⁹.

Durante a atividade, os estudantes tinham como objetivo registrar os pontos que julgavam importantes para caracterizar os objetos, desde características físicas e, principalmente, a relação entre a cor do objeto e a cor do registro. A intenção dessa primeira atividade era problematizar e trazer para a discussão a cor dos objetos devido a 3 fatores: a reflexão de luz, a emissão/absorção devido ao tipo de elemento químico e a emissão devido à temperatura dos objetos.

Depois de passar por todo o conjunto de imagens, os alunos foram organizados em pequenos grupos de trabalho para debater suas impressões e tomar nota das considerações produzidas. Depois de um certo tempo, os grupos apresentaram suas conclusões e impressões para os demais grupos, e para finalizar, voltaram aos pequenos grupos para reelaborar e comparar os seus resultados com os resultados dos outros grupos.

A atividade foi finalizada com o Professor em diálogo com os alunos, trazendo não um gabarito para atividade, mas apontando sobre o que seria cada objeto celeste presente nas imagens e as principais características das imagens. Os alunos tiveram no curso regular os conteúdos de mecânica ondulatória, logo, foi possível debater sobre o espectro eletromagnético e se o registro foi feito dentro da faixa do visível ou não, permitindo um aprofundamento no debate e criar uma contextualização para as próximas atividades.

⁹ Fonte: Crédito da Imagem – NASA, Apollo 11; Restauração: Toby Ord. Disponível em: <https://apod.nasa.gov/apod/ap210503.html>. Acesso em: 20 jul. 2024.

4.2.2 Atividade 2 – Construção do Espectroscópio

A atividade da CONSTRUÇÃO DO ESPECTROSCÓPIO foi iniciada trazendo um desafio para os alunos, que teriam que construir um espectroscópio apenas seguindo pequenas instruções fornecidas pelo Professor. Os alunos tinham que construir o equipamento apenas com a caixa de sapato, e sabendo que a luz teria que entrar por um orifício e sair por outro, por reflexão em uma mídia. A maioria dos grupos fizeram um esquema de colocar a mídia de DVD em 45° com a lateral, para conduzir a luz de um orifício ao outro. Claro que alguns grupos fizeram ajustes e personalizaram suas construções, mas rapidamente todos resolveram a primeira parte da atividade.

Problemas de outra natureza aconteceram durante a confecção dos espectroscópios, pois na construção foram utilizadas inicialmente mídias de DVD, o que impossibilitou a visualização dos espectros de forma adequada para a atividade, ou seja, a difração causada na luz não gerou um espectro com uma resolução pertinente ao que se esperava, inviabilizando a diferenciação entre o espectro da emissão contínua e o espectro da emissão discreta. Vale lembrar que as ranhuras do DVD são menores do que as ranhuras do CD, fato que torna a construção do espectroscópio com CD melhor para a natureza da atividade. Na figura 4 está o registro de um dos grupos confeccionando o espectroscópio de CD:



Figura 4 - Construção do espectroscópio¹⁰.

¹⁰ Fonte: Acervo pessoal dos alunos.

Outra questão importante em relação à realização da atividade estava na impossibilidade de observação do Sol devido ao dia nublado e chuvoso, e a observação do espectro da luz solar era algo importante para o decorrer da atividade e da sequência. Portanto, o Professor tomou a decisão de alterar o cronograma previsto, como já mencionado, e reorganizar a aplicação da atividade incluindo mais um encontro, de modo que os alunos pudessem aprimorar os espectroscópios, com a troca da mídia, e observar diferentes fontes de luz, principalmente observar o espectro do Sol. A discussão durante a concretização e momento de síntese da atividade trouxe um debate rico internamente nos grupos de trabalho e no momento de síntese geral.

Ao observarem os espectros e comparando o espectro da lâmpada com o espectro do Sol, os estudantes perceberam de prontidão as cores do espectro visível, com o surgimento das cores do arco íris, contudo, não foram capazes de perceber que o espectro da lâmpada apresentava lacunas significativas, com um grande “salto” nas cores próximas ao azul. Coube aqui a intervenção do professor, orientando e questionando os alunos até perceberem a lacuna, desenvolvendo uma nova capacidade que eles não tinham. O espectro do Sol, dentro das condições do experimento realizado, não apresentava lacunas quando comparado com o espectro da lâmpada, indicando um espectro contínuo. A diferenciação dos espectros era importante para que os alunos pudessem levantar hipóteses sobre os motivos que levavam ao resultado na comparação dos espectros da lâmpada e do Sol. A figura 5 é uma tentativa de registrar o espectro com o auxílio de uma câmera de celular:

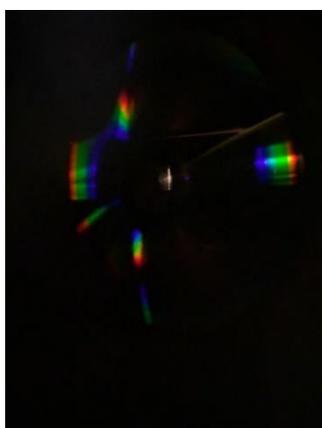


Figura 5 - Registro do espectro da lâmpada¹¹.

¹¹ Fonte: Acervo pessoal dos alunos.

No momento de síntese e compartilhamento de experiências, as trocas entre os grupos foram muito interessantes, pois mesmo todos chegando às mesmas conclusões com relação à diferença dos espectros, não tinham muito claro o motivo. Todos os alunos já tinham feito a atividade no laboratório de Química, do teste da chama, no curso regular, mas eles não conseguiram associar com a observação do espectro da lâmpada de vapor de mercúrio na situação da atividade. Uma das tentativas de explicação feita pelos alunos apontava uma linha de raciocínio de que a lâmpada era de led e funcionava nas cores primárias, e por isso o espectro tinha falhas, contudo, o equívoco na explicação estava na lâmpada que era conhecida. Vale ressaltar que alguns alunos participavam de Olimpíadas de Física, outros das Olimpíadas de Química e alguns alunos das duas, portanto, já tinham passado pelos conteúdos de Física sobre a emissão discreta devido às transições de níveis de energia do elétron. Porém, foi necessário a intervenção do Professor para que eles construíssem a linha de raciocínio adequada e pudessem compreender a lacuna no espectro da lâmpada.

A atividade de IMAGENS ASTRONÔMICAS foi retomada no momento de síntese como forma de incorporar novos elementos no repertório de análise dos alunos, e permitiu a aplicação dos pressupostos em outras situações. Como as atividades CORES DOS CARTÕES E TESTE DA CHAMAS entraram para a categoria de suplentes, os assuntos que seriam abordados nessas atividades foram incorporados pelo Professor durante a sistematização da atividade CONSTRUÇÃO DO ESPECTROSCÓPIO.

4.2.3 Atividade 3 – Lâmpada de Grafite

A atividade da construção da lâmpada de grafite foi escolhida para suceder a atividade da construção do espectroscópio, pois seria importante vincular o debate sobre a emissão de luz devido à temperatura dos corpos e utilizar os aspectos conceituais e matemáticos para estimar a temperatura do grafite quando ele se torna incandescente.

A princípio, os alunos foram convidados a construir um circuito simples, utilizando apenas grafite, fios e pilhas, com restrição, inicialmente, de

quais variáveis eles poderiam modificar nos circuitos. Foram questionados com relação ao que esperavam ocorrer após o circuito fechado e prontamente responderam sobre a dissipação da energia pelo grafite, pois fazia o papel de resistor. Os alunos já haviam trabalhado, de forma tradicional, os conteúdos associados à eletrodinâmica, com relação aos conceitos e operacionalização matemática das leis envolvidas. O Professor fez uma intervenção e colocou em debate quais variáveis os alunos poderiam alterar para aumentar a tensão, e, rapidamente, concluíram que bastava ligar mais pilhas em série, contudo, precisavam pensar em uma forma de operacionalizar a modificação no sistema. Uma das soluções foi ligar as pilhas usando fita isolante, por exemplo, enquanto outra solução apenas usou uma canaleta feita de papelão para manter a associação de pilhas conectadas. A figura 6 apresenta o circuito e a tentativa de medida da temperatura do grafite:

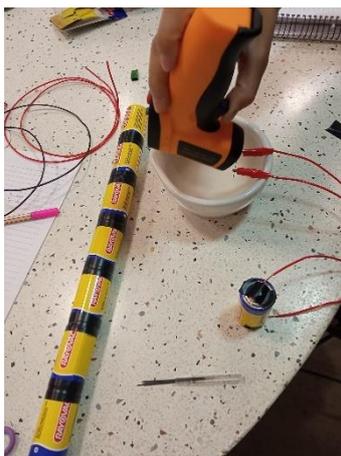


Figura 6 - Circuito com associação de pilhas¹².

Quando todos os grupos conseguiram realizar o experimento e transformaram o grafite em uma lâmpada incandescente, o Professor tomou para si o debate sobre aspectos conceituais e matemáticos para sistematização do experimento. De forma coletiva, primeiro discutiu-se como estimar a potência dissipada pelo grafite e como essa dissipação estaria associada ao fluxo através da área lateral do grafite, em uma aproximação.

Os estudantes não tinham conhecimento sobre a lei de Stefan-Boltzmann, e o experimento foi importante para a introdução de aspectos conceituais da

¹² Fonte: Acervo pessoal dos alunos.

física moderna, bem como possibilitou a estimativa da temperatura atingida pelo grafite, que estava entorno de 1500 K. Primeiro os alunos foram questionados como seria possível estimar o valor da potência dissipada pelo grafite, dentro das condições da atividade. A tensão das pilhas associadas fornecia o valor da tensão fornecida para o circuito, e o grafite tinha um formato cilíndrico, e com a sua resistividade, pesquisada na internet no momento do debate, estimou-se o valor da resistência. Com os valores da tensão e resistência foi possível determinar a potência dissipada pelo grafite, valor importante para relacionar com temas da física moderna. A figura 7 mostra o grafite antes de se tornar incandescente:



Figura 7 - Lâmpada de grafite¹³.

Todo o raciocínio foi construído de forma coletiva entre o Professor e os alunos. Em seguida, foi apresentada a Lei de Stefan-Boltzmann, que mostra uma relação proporcional entre a potência por unidade de área e a temperatura elevada à quarta potência. O debate começou de forma apenas conceitual e depois foi introduzida a parte quantitativa, utilizando os dados e cálculos do circuito para estimar a temperatura do grafite. Dividindo a potência dissipada pelo grafite pela área lateral, fazendo as devidas aproximações e aplicando a expressão da Lei de Stefan-Boltzmann, resulta-se em um valor de ordem de 1500 K, como já mencionado. A figura 8 mostra o momento em que o grafite se tornou incandescente:

¹³ Fonte: Acervo pessoal do Professor.

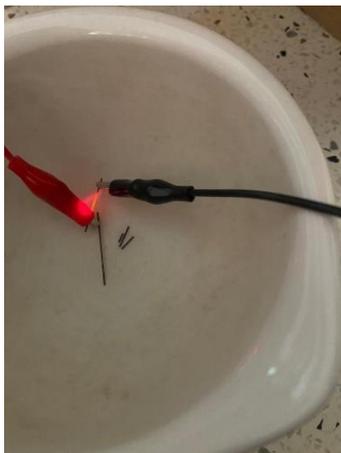


Figura 8 - Lâmpada de grafite incandescente¹⁴.

Não existia uma solução certa ou errada, algo difícil dos alunos perceberem por se tratar de uma atividade experimental, e a parte quantitativa foi construída a partir de aproximações. Mesmo durante a pesquisa da resistividade do grafite, não houve consenso do valor, mas todos dentro da mesma ordem de grandeza. A consequência imediata do valor estimado foi um espanto para os alunos, porque a ordem de grandeza da temperatura estimada atingida pelo grafite era muito elevada e era contraintuitivo, pois, nos grupos, tentaram medir a temperatura com um termômetro de infravermelho, evidenciando uma ordem de grandeza muito diferente entre a tentativa de medida e a estimativa. A discrepância foi abordada entre os grupos de trabalho e o professor, e hipóteses de falta de precisão, ou a medida da temperatura dos conectores, foram levantadas. A figura 9 é o registro da tentativa de medida de temperatura do grafite:



Figura 9 - Medida de temperatura do circuito¹⁵.

¹⁴ Fonte: Acervo pessoal do Professor.

¹⁵ Fonte: Acervo pessoal dos alunos.

De qualquer forma, a atividade foi importante para trabalhar outras questões conceituais e apresentar novos olhares para lidar com os conhecimentos da Física, para além das certezas que eles estavam acostumados. Para finalizar, o professor ajudou os alunos a sistematizarem as etapas desenvolvidas durante a atividade, retomando principalmente os tópicos conceituais da Lei de Stefan-Boltzmann e a emissão de radiação de um corpo com temperatura. Atividades anteriores foram lembradas na síntese, devido às imagens das primeiras atividades da sequência e o espectro solar observado no espectroscópio.

4.2.4 Atividade 4 – Medida da Constante Solar

A aplicação da atividade sobre a constante solar, fundamental para debater sobre o tema da cor e temperatura de estrelas, também necessitou de uma continuidade para além do planejado. No primeiro encontro, os alunos receberam novamente orientações sobre como deveriam construir o aparato experimental para realizar a estimativa da constante solar, mas não foi apresentado um modelo único e padronizado, gerando diversas possibilidades de montagens e testes, com mudanças de variáveis. A figura 10 exemplifica como o aparato experimental deve ser montado, seguindo as orientações do professor:

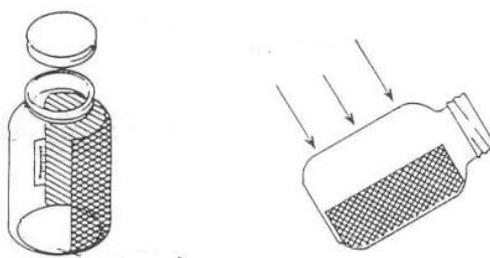


Figura 10 - Referência para a realização da atividade de medida da constante solar¹⁶.

Como os alunos tinham a liberdade na construção, alguns grupos pegaram vidros de tamanhos diferentes e usaram papel cartão de cores diferentes para construir o aparato que serviria para coletar a radiação solar.

¹⁶ Fonte: Imagem retirada de um roteiro de atividade da UFRGS. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/~fatima/trabalhos/Roteiro_Constante_Solar.htm. Acesso em: 20 jul. 2024.

O professor fez intervenções apenas para organizar quais seriam as medidas importantes para os alunos registrarem e como deveriam proceder ao tentar inclinar o frasco de vidro para alinhar com os raios solares. As figuras 11 e 12 mostram a confecção dos potes para realizar a atividade:



Figura 11 - Preparação da atividade da constante solar¹⁷.



Figura 12 – Três configurações diferentes para atividade da constante solar¹⁸.

Com os aparatos construídos para coletar a radiação solar que chegava ao experimento, os alunos tiveram problemas, pois era um dia muito quente e a água que saía da torneira não tinha um padrão de temperatura, dificultando a determinação dos parâmetros iniciais e alterando o resultado das medidas, pois, ao expor o aparato para a radiação solar, a temperatura da água diminuiu, o que em um primeiro momento não fazia sentido, dado que a hipótese inicial era de

¹⁷ Fonte: Acervo pessoal dos alunos.

¹⁸ Fonte: Acervo pessoal dos alunos.

aumento da temperatura durante a exposição do vidro com água para a radiação solar. Os alunos chegaram a procurar outras fontes de água pela escola, o que demandou um tempo maior do que o programado para a tentativa da realização do experimento.

Além da questão com a temperatura da água, os estudantes enfrentaram o problema da posição do Sol no local de realização da atividade, devido aos prédios da escola e algumas árvores que impediam a incidência direta dos raios de solares sobre o vidro. Com o passar do tempo, algumas nuvens atrapalharam a coleta, pois também impediram a incidência direta dos raios luz sobre os potes com água. Alguns grupos de trabalho sofreram mais com essas questões e chegaram a fazer medidas, porém houve divergências com o esperado.

Dado o contexto, seria importante a para finalização da sequência mais um dia para a realização da atividade para que os alunos coletassem novamente as medidas e proporcionasse o momento de síntese dentro dos grupos de trabalho e o compartilhamento das discussões entre todos.

Como não era possível prever se os problemas com o clima novamente atrapalhariam a realização da atividade, o Professor organizou uma análise com os dados coletados por ele em um outro momento, para uma disciplina do mestrado, e tomaria para ele a centralidade no debate para apontar os principais problemas na realização da atividade, os aspectos comparativos entre os problemas encontrados e os dados coletados. Vale ressaltar que o momento é rico para que os estudantes tenham a oportunidade de elaborar outros pontos da produção do conhecimento, que se estende para além dos aspectos somente conceituais, indicando ganhos nas práticas do fazer científico.

No segundo dia de aplicação da atividade, os alunos já estavam mais atentos em relação às principais mudanças na conduta da coleta que deveriam tomar. De maneira coletiva, foi decidida a divisão do trabalho, e logo os alunos foram fazer as coletas, tanto com relação ao vidro exposto diretamente como a medida da variação de temperatura da água devido ao ambiente. Nesse contexto, os grupos tiveram problemas completamente diferentes, mas ocasionados novamente pela presença de nuvens e o tempo de trabalho dos grupos serem diferentes.

Na teoria, os três grupos de trabalho desse dia teriam que medir a quantidade de energia recebida pela água devido à radiação solar e descontar o

que recebeu do ambiente. O ideal seria realizar as duas medidas no mesmo tempo, mas não foi possível. Com o valor da quantidade de energia efetivamente recebida do Sol, era possível determinar a potência por unidade de área que atingiu o aparato experimental. O valor esperado gira em torno de 945 W/m^2 , que equivale a 70 % do valor que chega na alta atmosfera, que é algo em torno de 1350 W/m^2 .

Um dos grupos fez as medidas da exposição para o Sol, mas no momento da medida do ambiente, o tempo mudou e a temperatura da água não sofreu nenhuma alteração, dificultando os ajustes para determinar a constante solar. Tentaram pegar os valores de outro grupo, que mediram os valores do ambiente no mesmo momento em que o grupo em questão estava medindo o Sol. Não foi possível fazer os ajustes, mas conversando com os alunos, eles fizeram uma estimativa para variação da água devido ao ambiente no momento da exposição ao Sol e chegaram em valores bem próximos do esperado.

Outro grupo apresentou dificuldades em relação às nuvens desde a medida da exposição direta quanto na medida da exposição do ambiente, que não apresentou nenhuma variação de temperatura. Era um momento em que o ambiente já estava em uma configuração muito diferente do início da aula. Realizando os cálculos, o grupo chegou em um valor em torno de 600 W/m^2 , valor menor do que o esperado, de 945 W/m^2 . Em um primeiro momento, era evidente a frustração dos alunos, mas em uma conversa com o Professor e pensando quais foram os pontos que influenciaram no resultado, foi consenso a questão das nuvens. Neste momento, ocorreu algo bem interessante, porque os alunos foram pesquisar quanto era a diminuição da produção de energia em placas solares em dias nublados, que gira em torno de 30%. Mesmo não sabendo que as nuvens influenciavam as placas solares e o experimento da medida da constante solar da mesma forma, eles fizeram as correções e chegaram em valores muito próximos do que era esperado.

O terceiro grupo conseguiu realizar a medida, mas chegaram em um valor fora do esperado. Não tinham realizado a medida da influência do ambiente e não puderam fazer a correção, já que a medida do ambiente foi feita em um momento posterior. Tentaram fazer ajustes baseados em valores dos outros grupos, mas não foi possível ajustar a algo razoável, impossibilitando a determinação de valores próximos ao esperado.

Até o momento, os alunos acreditavam que os valores deles estavam de acordo com o valor da medida da constante solar, contudo, o valor deles ainda não apresentava a correção do albedo médio da Terra. O Professor apresentou o valor 1350 W/m^2 , o que novamente causou o espanto pela diferença entre os valores e o valor da constante solar, e comparando de forma coletiva, foram apresentando os motivos que levaram à medida estar fora do esperado, construindo os conceitos de albedo médio. Os grupos conseguiram fazer os cálculos de correção do albedo médio (30%) e chegaram em valores bem razoáveis para a medida da constante solar.

Como o tempo de trabalho de cada grupo era diferente, o Professor foi passando pelos grupos e expandindo o debate sobre como relacionar a constante solar e o valor da potência por unidade de área emitida na superfície solar. Os alunos perceberam rapidamente a relação com a atividade do grafite e a relação entre a potência por unidade de área com a temperatura da superfície solar. Lembrando que eles já tinham contato com a ideia de intensidade de onda e familiaridade com a expressão matemática, pois tiveram o curso de mecânica ondulatória das aulas de Física regular, e junto com o Professor, estimaram a intensidade da radiação solar na superfície do Sol, e, com a aplicação da Lei de Stefan-Boltzmann, estimaram a temperatura da superfície do Sol. Foi um momento de colocar em debate outras situações onde a emissão de luz estava diretamente relacionada à temperatura e que essa emissão era diferente das outras abordagens ao longo da sequência.

Para finalizar a atividade, o Professor apresentou um simulador (*PHET*) de radiação de corpo negro e foi mostrando como era a natureza da curva e a sua dependência com o valor da temperatura. Foram simuladas 4 situações: Temperatura da superfície solar, temperatura da superfície de Sirius A (uma estrela azul), a temperatura de uma lâmpada e a temperatura de um objeto, na temperatura ambiente.

Quando os alunos fizeram a estimativa da temperatura da superfície do Sol, chegaram em valores muito próximos dos 5800 K , valores de referência do simulador. O professor conduziu o debate para mostrar como se dava a distribuição do espectro eletromagnético, com destaque para parte da radiação visível. Comparando com a cor do Sol, ele seria esbranquiçado, pois apresenta uma boa distribuição entre as cores do espectro visível, formando um certo

equilíbrio na composição. A figura 13 apresenta a simulação do espectro do corpo negro do Sol:

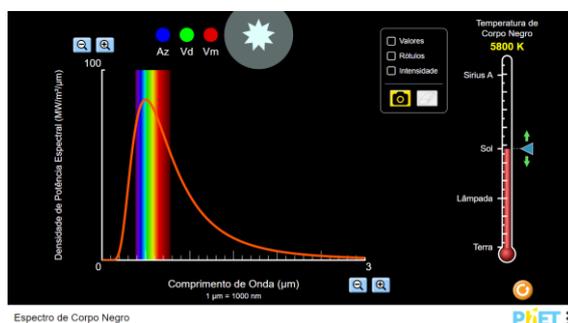


Figura 13 - Simulação do espectro do corpo negro do Sol - $T = 5800 \text{ K}$ ¹⁹.

A segunda simulação ocorreu com a temperatura de Sirius A, com temperatura de superfície da ordem de 10.000 K. O professor precisou alterar os fatores de escala para que a curva característica de emissão fosse visualizada. De qualquer forma, os alunos foram convidados a comparar o espectro do Sol com o espectro de Sirius A. Rapidamente, os alunos apontaram em relação à posição do pico da curva, que mudou de posição lateralmente, e a distribuição da faixa do visível estava diferente, com mais intensidade na cor violeta e azul, quando comparado com as cores mais avermelhadas. A conclusão era que Sirius A seria uma estrela azulada. A figura 14 apresenta a simulação do espectro do corpo negro da Sirius A:

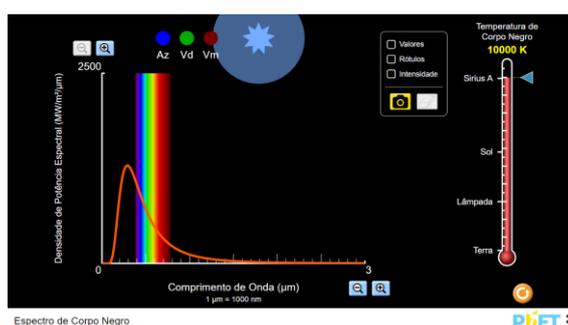


Figura 14 - Simulação do espectro do corpo negro da Sirius A - $T = 10.000 \text{ K}$.

A terceira simulação utilizou a temperatura de uma lâmpada incandescente, que fica em torno de 3.000 K. Novamente o simulador necessitou

¹⁹ As figuras 13, 14, 15 e 16 foram feitas por meio de um simulador de radiação de corpo negro, com diferentes temperaturas. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/blackbody-spectrum. Acesso em: 20 jul. 2024.

de ajustes de escala para observar a curva característica de emissão da lâmpada. Diferente da simulação anterior, fica evidente que agora a curva apresenta mais intensidade nas cores avermelhadas quando comparada com as cores azuladas, indicando que a lâmpada apresentaria uma cor avermelhada. A atividade do grafite foi retomada, com lembrança das temperaturas estimadas, mostrando coerência com o esperado para temperatura da mesma ordem de grandeza. A figura 15 apresenta a simulação do espectro do corpo negro da lâmpada:

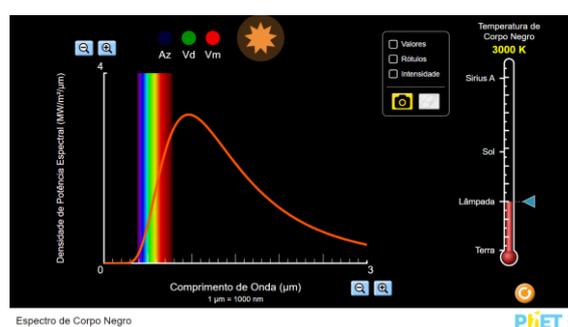


Figura 15 - Simulação do espectro do corpo negro da Lâmpada - $T = 3.000 \text{ K}$.

Para finalizar, a temperatura de um objeto na temperatura ambiente, algo em torno de 300 K , foi simulada, levando em consideração os ajustes de escalas. Ao observar, a curva característica da radiação do corpo negro estava deslocada para direita em relação ao espectro visível, como é possível verificar na figura 16, indicando que não há emissão de luz pelo objeto. A figura 16 apresenta a simulação do espectro do corpo negro de um objeto com temperatura de 300 K :

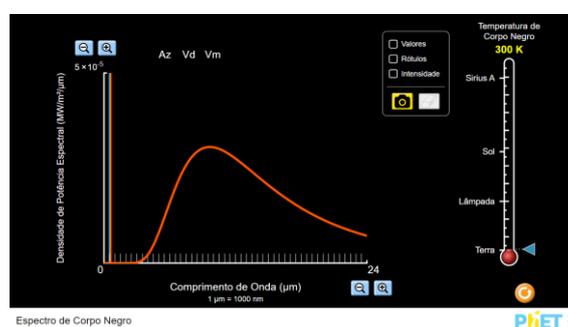


Figura 16 - Simulação do espectro do corpo negro da Terra - $T = 300 \text{ K}$.

A atividade seguiu com a discussão sobre a Lei de Wien, algo que os alunos já haviam percebido sobre o deslocamento do pico de emissão,

dependendo da temperatura, mas apenas de forma conceitual e sem abordar a relação matemática entre o comprimento de onda e a temperatura. Por fim, foram retomadas as atividades anteriores para sistematizar os debates realizados ao longo da sequência e criar uma ampliação dos conhecimentos não apenas conceituais e finalizar a disciplina eletiva.

5 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA PROPOSTA

Este capítulo apresenta a delimitação da pesquisa em relação à análise da aplicação da sequência didática dentro da perspectiva da pesquisa qualitativa, trazendo as principais características de um trabalho dessa natureza. Em seguida, o capítulo aborda as principais ideias de Duschl (2003, 2008), que por meio da síntese de trabalhos classificados em Ciências da Aprendizagem e Estudos da Ciências, apresenta os domínios conceitual, epistêmico e social, de modo a contribuir na elaboração, aplicação e avaliação de propostas de atividades investigativas. Por fim, o capítulo apresenta a sistematização da avaliação das atividades aplicadas nas sequências, que se apoia na articulação dos domínios, principalmente como uma sequência construída para abordar temas da Astronomia e promove o desenvolvimento de aspectos epistêmicos e sociais.

5.1 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa qualitativa pressupõe uma série de características próprias, com uma tradição metodológica que confere um delineamento particular a pesquisas dessa natureza, diferenciando-a de outras abordagens, como a quantitativa, por exemplo. A retomada da abordagem qualitativa remonta ao final dos anos 1960 e, principalmente, à metade dos anos 1970, passando por um período de defesa e construção de trabalhos relevantes (Deslauriers; Kérisit, 2014). Segundo Lüdke e André (1986), a pesquisa qualitativa pode ser sintetizada em cinco características básicas:

1. A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento;
2. Os dados coletados são predominantemente descritivos;
3. A preocupação com o processo é muito maior do que com o produto;
4. O significado que as pessoas dão às coisas e à sua vida são focos de atenção especial pelo pesquisador;
5. A análise dos dados tende a seguir um processo indutivo.

Desse modo, a pesquisa qualitativa pressupõe que os estudos sejam realizados no ambiente em que ocorrem, por meio do contato direto do pesquisador com as situações de investigação, em uma relação de constante interação no dia a dia escolar. O contato direto com as situações de investigação proporciona a coleta de dados que, em sua maioria, apresentam natureza descritiva das pessoas, situações e acontecimentos. O olhar ampliado para as possíveis fontes implica um cuidado maior do pesquisador, pois os dados coletados são considerados importantes. Portanto, ao examinar o contexto, o pesquisador deve ficar atento, pois, ao estudar um problema de pesquisa, as manifestações ocorrem no decorrer das atividades. Nesse sentido, perceber a forma como os participantes interagem com o processo e o contexto da pesquisa é importante, porque permite considerar diferentes pontos de vista sobre o processo, evidenciando as dinâmicas internas, o que seria inacessível a um pesquisador externo. Ao longo da realização da pesquisa, não deve existir a tentativa de comprovar diretamente alguma hipótese já estabelecida e, portanto, o estudo inicia-se com uma abordagem ampliada do processo, com o afunilamento das ideias, tornando os questionamentos mais diretos e específicos (Lüdke; André, 1986).

Dentro das vertentes da pesquisa qualitativa, a que melhor se enquadra na análise da sequência didática é o estudo de caso, pois a aplicação das atividades restringiu-se a um contexto muito específico, com características muito delimitadas, podendo ser considerada uma “unidade dentro de um sistema mais amplo” (Lüdke; André, 1986, p.17). Segundo Lüdke e André (1986), destacam-se sete características do estudo de caso:

1. Os estudos de caso visam a descoberta;
2. Os estudos de caso enfatizam a interpretação em contexto;
3. Os estudos de caso buscam retratar a realidade de forma completa e profunda;
4. Os estudos de caso usam uma variedade de fontes de informação;
5. Os estudos de caso revelam experiências vicária e permitem generalizações naturalistas;
6. Estudos de caso procuram representar os diferentes e às vezes conflitantes pontos de vistas presentes numa situação social;

7. Os relatos do estudo de caso utilizam uma linguagem e uma forma mais acessível do que outros relatórios de pesquisa.

O estudo de caso pode ser desenvolvido ao longo de três fases: fase exploratória, fase de coleta de dados e fase da análise e interpretação dos dados. Na realização de um estudo de caso, o pesquisador conta com um grande arcabouço de apontamentos e questões, que podem surgir das leituras e de outros estudos sobre o mesmo tema, da observação e vivências dos próprios pesquisadores. Este repertório de ideias iniciais permite um delineamento mais claro do estudo, permitindo ao pesquisador reformular, explicitar ou mesmo abandonar concepções construídas ao longo do processo, à medida que as situações de pesquisa ocorrem (Lüdke; André, 1986).

Dentro da própria concepção de estudo de caso que pretende não partir de uma visão predeterminada da realidade, mas apreender os aspectos ricos e imprevistos que envolvem uma determinada situação, a fase exploratória se coloca como fundamental para uma definição mais precisa do objeto de estudo. É o momento de especificar as questões ou pontos críticos, de estabelecer os contatos iniciais para entrada em campo, de localizar os informantes e as fontes de dados necessárias para o estudo. Essa visão de abertura para a realidade o tentando captá-la como ela é realmente, e não como se quereria que, fosse, deve existir não só nessa fase, mas no decorrer de todo o trabalho, já que a finalidade do estudo de caso é retratar uma unidade em ação (Lüdke; André, 1986, p.22).

Com a impossibilidade de abordar todos os focos possíveis em uma pesquisa de estudo de caso, é necessário que o pesquisador tenha um desenho e um estrutura, evidenciando os pontos relevantes, trazendo um recorte e permitindo a compreensão da situação abordada, por meio da coleta dos dados, de forma sistemática e sistematizada, de acordo com as demandas do próprio objeto de estudo. A escolha para a metodologia da coleta dos dados está relacionada com as suas sistematizações ao longo da realização da pesquisa, que busca relatar, relacionar e disponibilizar as informações coletadas, de maneira a trazer a relevância dos registros. O estudo de caso, apesar da sua natureza de caso “único”, permite apresentar pontos de generalização, contudo, depende da leitura feita e como as intersecções entre contextos diferentes se realizam (Lüdke; André, 1986).

Efetivamente, a pesquisa qualitativa instaurou uma tradição própria, que evoluiu e confere uma coloração particular ao seu delineamento;

se a lógica de base é semelhante em toda pesquisa, o delineamento de pesquisa qualitativa tem aspectos e um desenvolvimento que o distinguem. É bem verdade que as semelhanças possibilitam que os pesquisadores qualitativos estabeleçam um diálogo com outros pesquisadores, e também que as particularidades da pesquisa qualitativa ilustrem sua contribuição ao desenvolvimento metodológico (Deslauriers; Kérisit, 2014, p.127-128).

A delimitação da pesquisa para a aplicação da sequência didática, dado o contexto apresentado anteriormente, remete à sua natureza como um estudo de caso na abordagem qualitativa. Como as atividades foram aplicadas em um contexto muito específico, já apresentado no capítulo anterior, seu caráter singular e único está posto. Os relatos das atividades mostram um ambiente de contato direto entre o pesquisador e as situações de investigação, proporcionando o contato direto com os fenômenos. Vale ressaltar que o Professor que aplica a sequência também é o pesquisador, portanto, a sua leitura e registros dos acontecimentos possibilitam a construção de outra fonte de coleta de dados, ao descrever os acontecimentos e relatar suas impressões. Dentro do campo da pesquisa qualitativa existem diversas maneiras coletar os dados, como gravações das imagens, gravação de áudios, questionários, entrevistas, dentre outras formas (Lüdke; André, 1986; Bogdan; Biklen, 1994). Neste caso, a escolha feita para a coleta dos dados restringiu-se aos registros do Professor e às entregas das anotações dos alunos, que sempre tinham total liberdade para construir suas anotações e sínteses das atividades, de forma coletiva ou individual.

Com o encerramento da coleta de dados, o pesquisador pode já apresentar ideias das possíveis direções, destacando os principais pontos da pesquisa. A sistematização ocorreu por meio da criação de categorias descritivas, que surgem da base teórica, ao fornecerem uma base conceitual inicial. A depender da complexidade dos dados, novas categorias podem ser criadas, pois as categorias vindas das referências teórico podem se mostrar insuficientes, ou seja, a sua amplitude e flexibilidade não são capazes de contemplar a maior parte dos dados. A formulação das categorias implica em um processo de leitura e releitura sistemática do material coletado, indo para além do que está evidente, indo “mais a fundo, desvelando mensagens implícitas, dimensões contraditórias e temas sistematicamente silenciados” (Lüdke; André, 1986, p.48).

A etapa da análise consiste em encontrar um sentido para os dados coletados e em demonstrar como eles respondem ao problema de pesquisa que o pesquisador formulou progressivamente. Por isso, a análise ocupa um lugar de primeiro plano em toda pesquisa, mas, principalmente, na pesquisa qualitativa. Pode-se mesmo dizer que a renovação que a pesquisa qualitativa conheceu no decorrer dos últimos anos se deve aos progressos realizados na análise dos dados, a qual constituía o ponto fraco do procedimento qualitativo. Nesse sentido a teorização enraizada exerceu, certamente, uma larga influência. Brevemente resumida, a abordagem qualitativa da análise seria caracterizada pela elaboração de uma teoria baseada sobre um processo de indução e sobre a abertura aos dados. Uma vez definido o campo de pesquisa, o pesquisador organiza seus dados com a ajuda de um quadro descritivo e interpretativo bastante amplo, à luz de conceitos topológicos apoiados sobre elementos estruturais e processos específicos ao fenômeno pesquisado (Deslauriers; Kérisit, 2014, p.140).

Portanto, contempladas as principais características e delimitações da pesquisa qualitativa, a avaliação da proposta didática enquadra-se em uma pesquisa dessa natureza. A aplicação está restrita a um grupo determinado de alunos em um contexto muito específico de aplicação, trazendo um ambiente único, com predominância da coleta de dados descritivos e de registros das aplicações da sequência, escritas e fotos, além disso, a pesquisa enquadra-se em um estudo de caso. A avaliação dos dados surge do referencial teórico posto *a priori*, por uma escolha metodológica de utilizar os domínios proposto por Duschl (2008) como ferramenta de avaliação, além de observar e evidenciar os demais elementos que extrapolam os aspectos apenas conceituais dos temas da Astronomia, mobilizando os demais domínios. A seção a seguir apresenta os principais pontos que levaram ao surgimento dos domínios conceitual, epistêmico e social, bem como as relações com as atividades de investigação em sala de aula.

5.2 OS DOMÍNIOS DO CONHECIMENTO COMO CATEGORIA DE ANÁLISE

O Ensino por Investigação, desde as reformas educacionais da década de 1960, no contexto estadunidense, tende a compor as principais características de propostas educacionais inovadoras que buscam o promover o Ensino de Ciências (Duschl, 2003, 2008). Descobertas em diversas áreas, como psicologia cognitiva e social, história e filosofia da ciência, e na pesquisa

educacional, vêm promovendo o desenvolvimento das Ciências, principalmente com desenvolvimento do próprio pensamento e raciocínio científico, com evidentes contribuições para novos modelos de ensino e aprendizagem de Ciências. Contudo, diversos obstáculos, como questões de estrutura e dificuldades pedagógicas de implementação, reduziram significativamente as práticas de investigação (Duschl, 2003, 2008). Segundo Duschl (2003), os professores enfrentam o obstáculo de encontrar formas de implementar a investigação por desconhecerem atividades ou sequências didáticas que dialoguem com um currículo pautado nessa abordagem.

Duschl (2003) aponta que existem diferentes visões associadas a investigação, que podem apenas estar vinculadas à finalização e conclusão de atividades experimentais, ou a investigação apenas como forma de ensinar conceitos, ou sua utilização como base para ensinar determinadas habilidades e processos. Entretanto, o “foco na investigação científica deve estar na obtenção de evidências e em como essas evidências são usadas para gerar e justificar explicações” (Duschl, 2003, p.41, tradução nossa). Nesse sentido, Duschl (2008) realizou uma sistematização de um conjunto de trabalhos acadêmicos em diversas áreas do conhecimento, que podem ser agrupados em duas categorias: Ciências da Aprendizagem e Estudos da Ciências. As Ciências da Aprendizagem contribuíram para o entendimento do desenvolvimento cognitivo das crianças, originadas nas teorias construtivistas, que demonstram como a compreensão das crianças é diferente quando engajadas na realização de atividades. Já o Estudo de Ciências está embasado na história, filosofia, antropologia e sociologia da ciência, por exemplo, e apresenta perspectivas de concepções das próprias Ciências em si, que no século passado tinham três principais vertentes.

Uma das vertentes está associada ao positivismo lógico, com ênfase no método hipotético dedutivo, contudo, nas décadas de 1950 e 1960, diversos autores passaram a questionar essa visão epistemológica e passaram a incorporar aspectos históricos e psicológicos. A segunda vertente tem como principal representante Thomas S. Kuhn (1922 – 1996), que apresenta a ideia de paradigma e distinção entre ciências revolucionária e ciência normal. Uma nova abordagem epistemológica também permitiu abordar outros elementos das Ciências como a dimensão social da produção de conhecimento, ou seja, a

participação da comunidade científica no processo de produção de conhecimento. Por fim, a terceira vertente é vinculada a uma visão de produção de conhecimento ao interpretar a ciência como prática, com destaque às ideias apresentadas por Pickering (Duschl, 2008).

Duschl (2003) sintetiza as ideias das Ciências da Aprendizagem e dos Estudos da Ciências em três domínios do conhecimento: conceitual, epistêmico e social. O domínio conceitual é relacionado aos processos que os alunos usam ao construir um raciocínio de base científica; o domínio epistêmico é vinculado às estruturas utilizadas pelos alunos para construir e avaliar o conhecimento científico; e o domínio social apresenta como o conhecimento é debatido e argumentado. Deste modo, os domínios fomentam os professores a incorporarem a investigação em suas práticas e criam base para o processo de avaliação dos processos investigativos.

É necessária a construção de condições para que ocorra a aprendizagem, com situações que coloquem o aluno no centro do processo e que, a todo momento, sejam estimulados por atividades que integrem os domínios, como forma de promover o desenvolvimento das práticas típicas das Ciências. O papel do professor é essencial, pois deve promover o protagonismo dos alunos e, por meio da bagagem e dos conceitos prévios trazidos por eles, produzir situações e propor atividades que permitam desenvolver novas habilidades. Além de ser um facilitador para situações investigativas, cabe ao professor avaliar o processo como forma de apresentar devolutivas aos alunos sobre como ocorreu a aprendizagem dos aspectos dos três domínios, dentro de uma abordagem de Evidência e Explicação.

Ensinar de maneira a promover a investigação científica vai muito além de fornecer e gerenciar materiais e atividades para que os alunos realizem investigações. Engajar os alunos em ciência baseada em kits ou investigações laboratoriais, por si só, não é investigação. Muitas vezes, as aulas baseadas em kits e laboratoriais são projetadas para confirmar, através de uma abordagem de ciência final, o que já sabemos. O tipo de investigação que quero que consideremos é aquele em que os alunos examinam como os cientistas chegaram ao conhecimento que acreditam ser científico e por que acreditam que esse conhecimento é superior a outras reivindicações de conhecimento concorrentes. Tal instrução é fundamentada na consideração do que conta como evidência e explicações (Duschl, 2003, p. 43, tradução nossa).

A abordagem Evidência e Explicação apresenta-se como uma opção a abordagens, como Duschl (2008) denomina, em uma tradução livre, o “Conteúdo e Processo”, que apresenta uma separação entre a aprendizagem do conteúdo e a aprendizagem do processo, com evidente alusão ao método científico do teste de hipóteses como forma de verificar o que já é conhecido, e a “Descoberta e Investigação”, visão que surge na década de 1950 com a perspectiva de formação de cientistas. A Evidência e Explicação busca colocar os alunos em situações de engajamento e promover a investigação de forma que o crescimento do conhecimento científico aconteça juntamente com as práticas cognitivas e sociais. Segundo Duschl (2003), a Ciência busca, por meio dos dados, construir evidências e potencializar a explicação dentro de um contexto escolar onde:

- Os alunos são engajados por questões orientadas cientificamente;
- Os alunos dão prioridade às evidências, o que lhes permite desenvolver e avaliar explicações que abordam questões orientadas cientificamente;
- Os alunos formulam explicações a partir das evidências para abordar questões orientadas cientificamente;
- Os alunos avaliam suas explicações à luz de explicações alternativas, particularmente aquelas que refletem o entendimento científico;
- Os alunos comunicam e justificam suas explicações propostas.

A construção da Evidência e Explicação pressupõe, conforme sinaliza Duschl (2003), três transformações, sendo que:

[...] a primeira é selecionar dados para se tornarem evidências. A segunda é analisar evidências para gerar modelos e/ou localizar padrões de evidências. A terceira é localizar ou determinar explicações científicas que explicam os modelos e padrões de evidências (Duschl, 2003, p. 47 - 48, tradução nossa).

Durante as transformações, os alunos sempre são incentivados a construir argumentação e comunicação, e o professor, no processo de avaliação da investigação, promove articulações e interações entre os alunos, buscando obter e utilizar a diversidade de raciocínios que surgem ao longo da realização das atividades, mobilizando comparações das ações do contexto da investigação com os objetivos educacionais.

Uma vez apresentada a abordagem Evidência Explicação, é necessário pensar os processos de avaliação das atividades investigativas em cada um dos três domínios conceitual, epistêmico e social. O Ensino de Ciências deve se distanciar da visão predominantemente conceitual e integrar organicamente os domínios, implicando novas formas de estruturar as avaliações das investigações. Duschl (2003) propõe a avaliação como forma de apresentar aos alunos as devolutivas do processo da realização das atividades, promovendo a avaliação do próprio processo científico das atividades e a avaliação dos alunos ao executarem a Evidência e Explicação. Fica evidente os diferentes caminhos para a avaliação na realização das atividades investigativas.

A articulação entre os domínios, proposta por Duschl (2003, 2008), pressupõe a estruturação, aplicação e avaliação das atividades investigativas, dentro da lógica da Evidência e Explicação. É evidente que existe uma clara aproximação entre as concepções abordadas na Evidência e Explicação com o Ensino por Investigação numa abordagem didática. As duas abordagens buscam o levantamento de hipóteses, aquisição de dados, a resolução de problemas, exercitam a capacidade de comparação, construção de explicações e conclusões, dentre outras práticas científicas. Desse modo, a partir das ideias de Duschl (2003, 2008), a tabela 8 foi desenvolvida, com a intenção de apresentar os elementos esperados nos domínios conceitual, epistêmico e social, articulados com o Ensino por Investigação em uma abordagem didática e os Três Momentos Pedagógicos, como forma de construir categorias de análise para os dados coletados para esta dissertação. A próxima seção aborda a avaliação que surge da articulação dos dados com os elementos listados na tabela 8.

Tabela 8 - Elementos de análise por domínio.

DOMÍNIOS		
CONCEITUAL	EPISTÊMICO	SOCIAL
<ul style="list-style-type: none"> • Conceitos alternativos dos alunos; • Conceitos científicos; • Reestruturação/adequação dos conceitos; • Conceitos novos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registros dos dados; • Organização dos dados; • Explicações; • Argumentações; • Aplicação dos conceitos; • Reestruturação/adequação dos processos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicação; • Divisão de tarefas; • Negociações/acordos; • Colaboração.

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3 ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA

Os dados coletados para a realização da análise serão os registros do Professor e os registros dos alunos. Vale lembrar que os registros das atividades, por parte dos alunos, foram livres e apresentaram grande diversidade, além de entregas coletivas e individuais, mesmo com todas as atividades feitas de forma coletiva. Ao todo, 11 alunos frequentaram, 6 alunos tiveram 100 % de frequência, 2 alunos tiveram 83 %, 1 com 66 % e 2 com 50 %. Os demais inscritos que tiveram menos de 50 % de participação não foram computados, além de coincidir com os alunos que já abandonaram a eletiva nas primeiras aulas.

Para identificação dos alunos ao longo da análise, foi criado um nome fantasia, apenas seguindo uma estrutura de ordem alfabética da lista dos alunos que frequentaram as atividades. O padrão adotado chama o primeiro aluno da lista em ordem alfabética de “ALUNO A”, o segundo de “ALUNO B”, e assim por diante. A seguir, a tabela 9 apresenta a frequência dos alunos, por dia e atividade, sendo “P” e “F” para presença e falta, respectivamente:

Tabela 9 - Frequência dos alunos por dia e atividade

Identificação dos alunos	Atividade 1		Atividade 2		Atividade 3		Atividade 4	
	Encontro 1	Encontro 2	Encontro 3	Encontro 4	Encontro 5	Encontro 6	Encontro 1	Encontro 2
ALUNO A	F	P	P	F	P	F		
ALUNO B	P	P	P	P	F	P		
ALUNO C	P	P	P	P	P	P		
ALUNO D	P	P	F	P	P	F		
ALUNO E	P	P	P	P	P	P		
ALUNO F	P	P	P	P	P	P		
ALUNO G	P	P	F	P	F	F		
ALUNO H	P	P	P	P	P	P		
ALUNO I	P	P	P	P	P	P		
ALUNO J	P	P	P	P	F	P		
ALUNO K	P	P	P	P	P	P		

Fonte: Elaborado pelo autor

Apenas para relembrar, a Atividade 1, IMAGENS ASTRONÔMICAS, foi realizada em apenas 1 encontro, a Atividade 2, CONSTRUÇÃO DOS ESPECTROSCÓPIO, foi realizada em 2 encontros, a Atividade 3, LÂMPADA DE

GRAFITE, foi realizada em 1 encontro e a Atividade 4, MEDIDA DA CONSTANTE SOLAR, foi realizada em 2 encontros. Nas seções anteriores foram feitas as justificativas para esta configuração.

Na sequência, a seção avalia a aplicação das atividades, trazendo a descrição, os registros dos alunos e as devidas aproximações com as referências de análise presentes na seção dois. Vale ressaltar que a análise não apresenta todos os registros dos alunos e aprecia alguns casos, que por vezes representam os demais.

5.3.1 Atividade 1 – Imagens Astronômicas

A atividade tinha como objetivo mostrar diversas imagens astronômicas como ponto de partida para problematizar a relação entre as cores dos objetos astronômicos e os registros. Inicialmente, os alunos foram convidados a observar e anotar os aspectos que mais chamavam a atenção, sem nenhuma forma definida de sistematização, ou seja, tinham total liberdade na estrutura de anotações. Em seguida, os alunos deveriam se organizar em grupos, compartilhar suas impressões e, somente no momento de sínteses da atividade, trazer o relato das discussões para todos. Os registros dos alunos foram feitos de forma individual, pois foi uma escolha do Professor organizar a primeira entrega dessa forma, uma vez que alguns alunos poderiam não continuar participando. Apenas para lembrar, a disciplina eletiva oferecida pela escola não obriga a participação dos alunos inscritos, por isso, alguns fizeram a opção de não acompanhar mais, ou mesmo faltar a um número elevado de encontros.

Um ponto importante a se destacar é que os alunos conheciam os objetos astronômicos observados, conforme indicam os registros. Por vezes, o reconhecimento não era de forma imediata devido ao recorte feito pelo Professor. No geral, os alunos fizeram uma primeira identificação usando apenas uma enumeração dos objetos observados e muitos seguiram a mesma estrutura de organização. Portanto, a opção escolhida para abordar a primeira parte da análise da atividade 1 passa por selecionar apenas alguns registros de referências dos alunos como exemplo.

O ALUNO H apresenta uma estrutura de organização bem sintética, apenas indicando se a sua descrição e tentativa de identificação estavam

corretas ou não (Figura 17). Lembrando que após a observação das imagens e o desenvolvimento da atividade, o Professor, no momento de síntese, conduziu um debate junto aos alunos abordando imagem por imagem, trazendo elementos teóricos, debates sobre a cor dos objetos e as suas imagens, não como forma de gabarito, mas como forma de trazer a atenção dos alunos para elementos que seriam debatidos nas atividades futuras. A seguir, na Figura 17, é possível verificar os registros do ALUNO H:

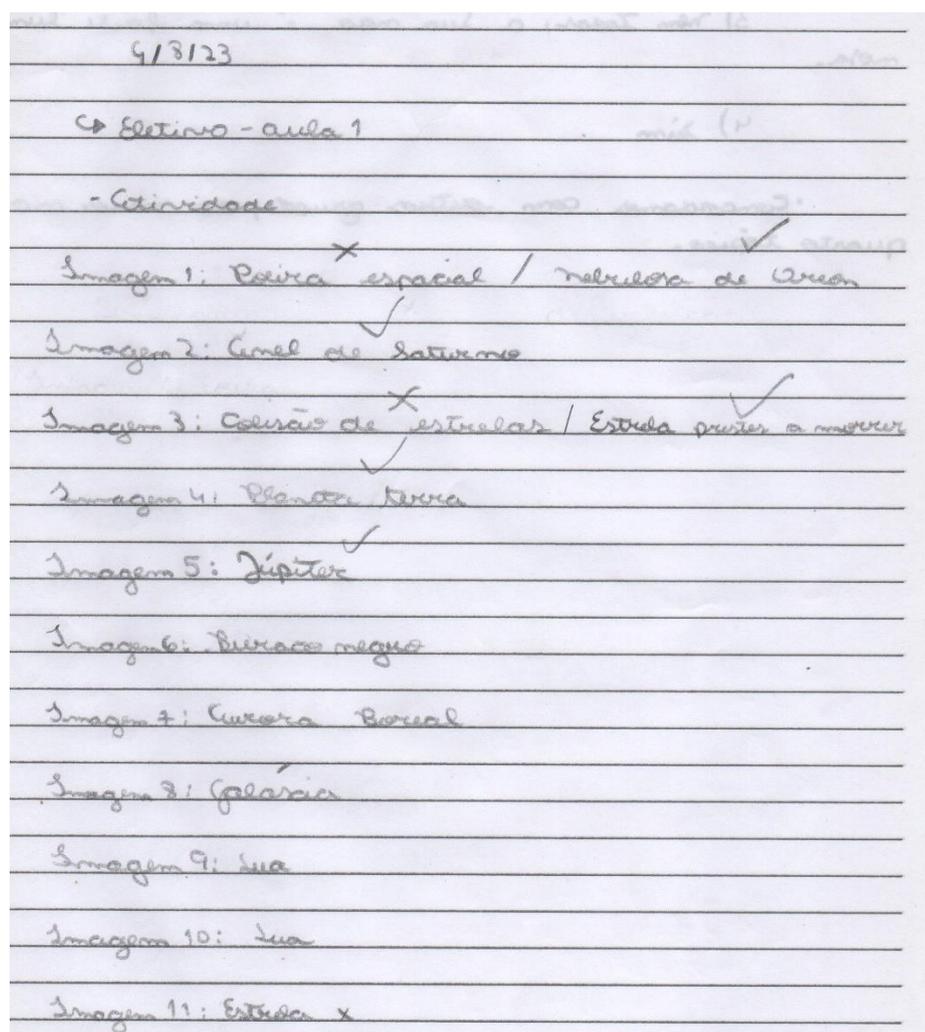


Figura 17 - Registro da atividade 1 - ALUNO H.

Já os ALUNO C e D trouxeram uma dinâmica diferente. No momento do desenvolvimento das atividades estavam trabalhando juntos, inclusive no debate em grupo e no momento de síntese, quando o Professor descreveu as imagens, identificando os objetos celestes. A dinâmica utilizada para fazer os registros era enumerar cada anotação de identificação e características das imagens, com

uma determinada cor de caneta, e usar o mesmo espaço para trazer os elementos de sínteses que o Professor conduziu, com outra cor. Indica uma forma de registro construída no momento da execução da atividade e compartilhada entre os integrantes do mesmo grupo de trabalho. A Figura 18 contém o registro da atividade do ALUNO C:

** tempestade / ~~tem~~ turbulência na atmosfera

S T Q Q S D

_ / _ / _

ASTROFÍSICA
eletiva

o que o professor falou

- Nebulosa de Orion
 - nebulosa → coloração esverdeada
 - centro luminoso e avermelhado
 - conjunto de estrelas
- anéis de um planeta → Saturno
 - conjunto de rochas pedras e pedras
 - imagem que mostra algo que não conseguimos ver
- morte de uma estrela → Etecarina → estrela ^{ver} extremamente brilhante
 - libração (?) de pórcia
 - centro luminoso
 - * não são os cores reais do objeto, ~~apenas~~ ^{apenas} ~~de~~ ^{de} ~~se~~ ^{de} pórcia
- imagem de algum planeta → Júpiter X → Terra
 - sub objetivo: registro do contraste
- Júpiter → registro imagem em infravermelho ^{mais bilhões de}
 - registros mais claros → Aurora Boreal
 - ** mescla de cores
- buraco negro → imagem ~~após~~ ^{após} partir de ondas de rádio
 - borrão avermelhado
 - ñ tem cor
- céu estrelado
 - é possível ver parte do Via Láctea
- uma parte de um planeta
- imagem da Terra vista com o ponto de vista no Lua
- satélite na lua para pesquisas no local

* isto prestar a morrer → uma estrela gira entorno de si e algum momento essa estrela vai virar **spiral** uma ~~super~~ super nova.

Figura 18 - Registro da atividade 1 - ALUNO C²⁰.

²⁰ Os retângulos foram inseridos para evitar a identificação do aluno.

Nos registros do ALUNO D, Figura 19, é possível verificar o mesmo padrão de registro da atividade feita pelo ALUNO C. O padrão refere-se à inserção de elementos das discussões, do momento de síntese, no meio dos registros iniciais:

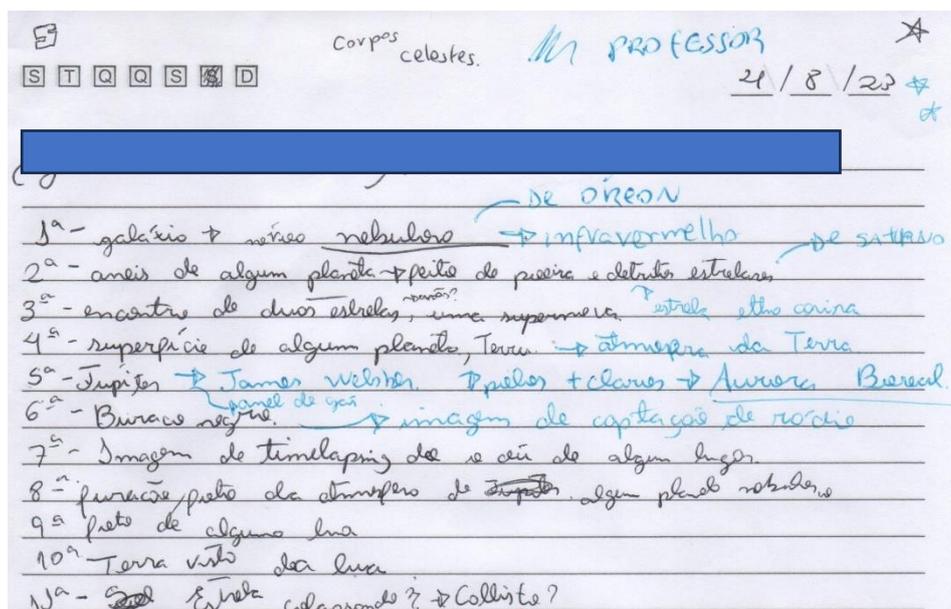


Figura 19 - Registro da atividade 1 - ALUNO D²¹.

Já o ALUNO K fez outra abordagem. Não buscou identificar o objeto celeste e listou as características observadas. Junto com as anotações iniciais, colocou os comentários do momento de síntese, ao identificar cada objeto celeste contido na lista de imagens. A Figura 20 apresenta uma parte dos registros do ALUNO K:

²¹ O retângulo foi inserido para evitar a identificação do aluno.

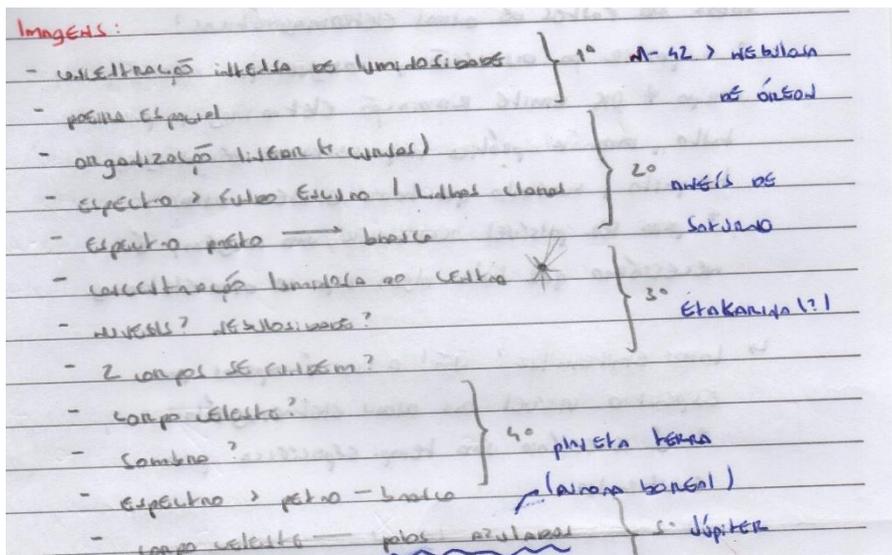


Figura 20 - Registro da atividade 1 - ALUNO K.

As anotações do ALUNO B indicam outra abordagem para apresentar as sínteses conduzida pelo Professor. O aluno iniciou uma nova seção nos seus apontamentos para trazer os elementos discutidos, com as identificações dos objetos celestes e a lista de algumas características. A seguir, a Figura 21 contempla os registros do ALUNO B:

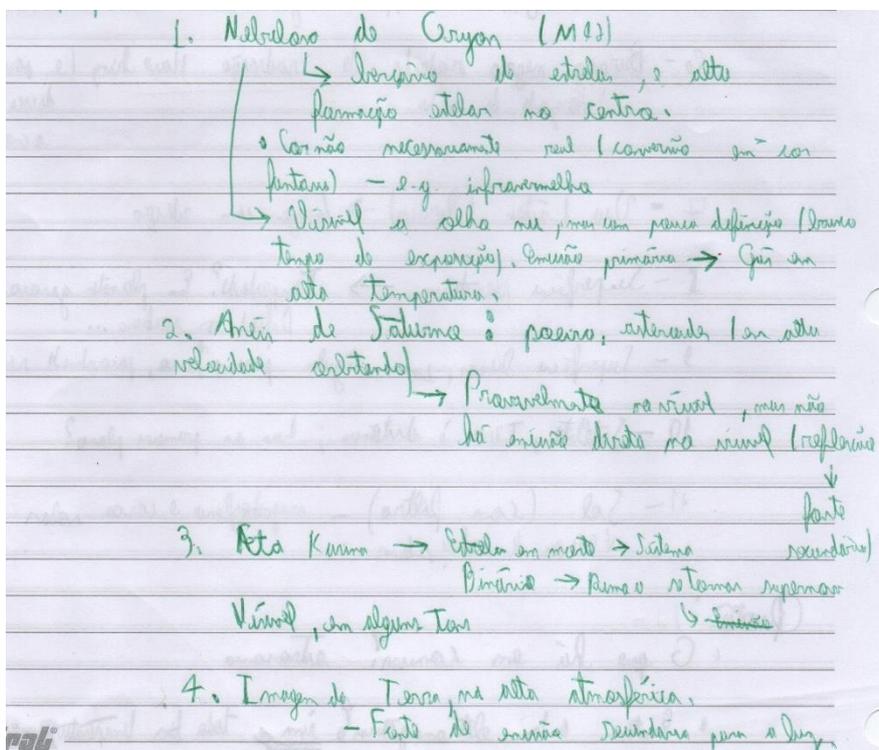
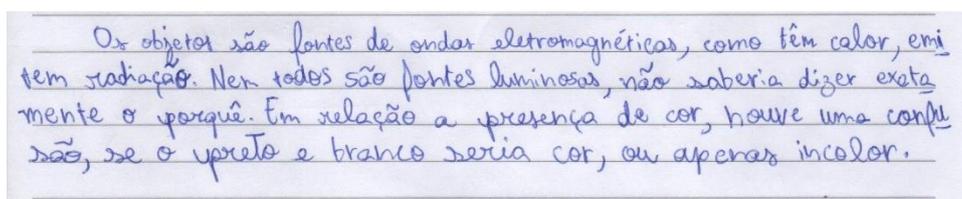


Figura 21 - Registro do momento de síntese - ALUNO B.

Os alunos deveriam responder a algumas questões como forma de fomentar o debate sobre as observações das imagens. As perguntas estavam centradas na ideia de problematizar a questão da cor das imagens e a cor dos objetos. Além disso, os alunos eram estimulados a notar as semelhanças e diferença entre as imagens, com relação à coloração. Nesse sentido, alguns alunos trouxeram elementos da síntese das discussões entre os próprios grupos de trabalho e a turma toda. Nem todos os registros dos alunos fazem parte deste momento da análise, e somente uma seleção está contemplada, pois alguns fizeram em outro formato, como os ALUNOS C, D, B e K.

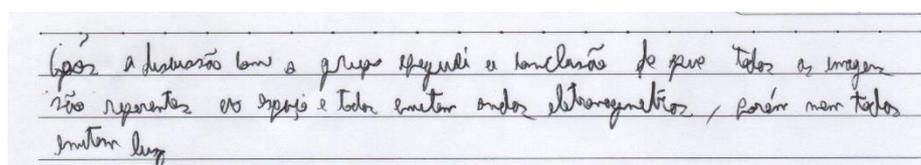
Iniciando com a síntese do ALUNO I, que aborda a relação entre os objetos como fontes de ondas eletromagnéticas e a emissão de radiação, contudo indica uma certa “confusão” com relação à cor quando aborda a questão do preto e branco como cor, indicando uma mistura entre o registro e a emissão de luz. A Figura 22 traz as anotações do ALUNO I:



Os objetos são fontes de ondas eletromagnéticas, como têm calor, emitem radiação. Nem todos são fontes luminosas, não saberia dizer exatamente o porquê. Em relação a presença de cor, houve uma confusão, se o preto e branco seria cor, ou apenas incolor.

Figura 22 - Registro da síntese da atividade 1 - ALUNO I.

O ALUNO E apenas indicou que todos os objetos eram objetos do espaço e que todos eles emitem ondas eletromagnéticas, mas nem todos emitem luz. A resposta vai ao encontro das ideias presentes na síntese do ALUNO I, pois eles trabalharam juntos. A Figura 23 contempla as anotações do ALUNO E:



Após a discussão com o grupo chegou à conclusão de que todos os objetos são presentes no espaço e todos emitem ondas eletromagnéticas, porém nem todos emitem luz.

Figura 23 - Registro da síntese da atividade 1 - ALUNO E.

Considerando as discussões e os registros dos alunos, juntamente com as anotações e impressões do professor, a Tabela 10 apresenta a sistematização de cada domínio do conhecimento abordado na Atividade 1:

Tabela 10 - Elementos de análise, por domínio - Atividade 1.

Domínios – Atividade 1		
Conceitual	Epistêmico	Social
<ul style="list-style-type: none"> • Conceitos alternativos dos alunos sobre planetas, nebulosas, cores e registro das imagens. • Conceitos científicos; • Conceitos novos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registros dos dados; • Organização dos dados; • Explicações; • Argumentações; • Aplicação dos conceitos; 	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicação entre os alunos; • Comunicação entre os alunos e Professor; • Colaboração entre os grupos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3.2 Atividade 2 – Construção do Espectroscópio

A atividade foi dividida entre a construção do espectroscópio e a observação de diferentes fontes de luz. A apresentação da análise inicia-se com as diferentes abordagens de registros e construção feitas pelos alunos. Uma das formas encontradas foi feita pelos alunos ALUNO A, ALUNO B e ALUNO K. Os passos seguidos ao longo da construção dos espectroscópios foram feitos em forma de tópicos, com a descrição das etapas, escolhas iniciais e modificações feitas ao longo da atividade. Um ponto a se destacar é a implementação de um mecanismo de ajuste no espectroscópio, para melhor alinhar o caminho feito pela luz, algo que não apareceu em outros grupos de trabalho. A maneira como o grupo realizou o registro da construção pode ser visualizada na figura 24:

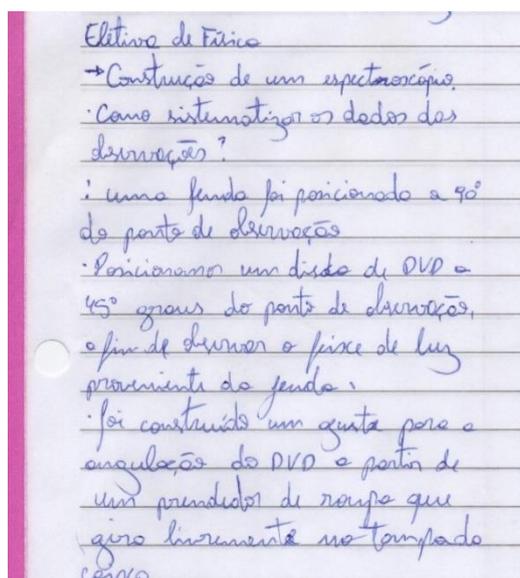


Figura 24 - Registro da construção do espectroscópio - ALUNO A, ALUNO B e ALUNO K.

O grupo composto pelo ALUNO H e ALUNO J fez o registro da construção com outra abordagem. A opção trazida pelo grupo contém um desenho do espectroscópio, onde é possível verificar as partes que o compõem. Na representação, é possível verificar o caminho da luz dentro do equipamento, que entra através do “filtro”, que na verdade consiste em uma fenda, reflete no disco, no caso seria o CD, e sai pela lateral da caixa. O registro coloca uma ampliação de algumas partes do sistema para enfatizar como são as características das estruturas, destacando o disco e o “filtro”. Junto com a representação do espectroscópio existe a explicação de como foi a organização das ideias e sua implementação. A descrição contempla o caminho que a luz deve fazer, enfatizando o ângulo de posicionamento do disco em relação a posição da fenda e a posição do ponto de observação da luz. Os esquemas descritos podem ser observados a seguir, na Figura 25:

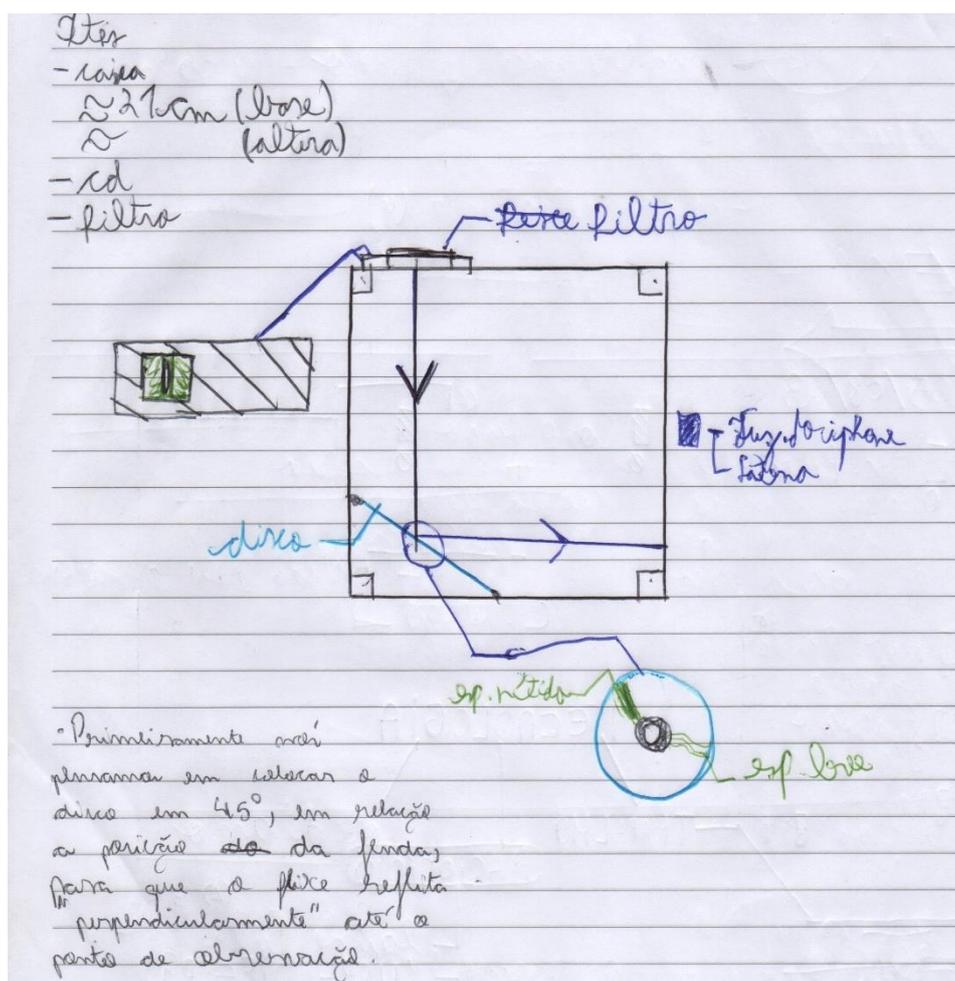


Figura 25 - Registro da construção do espectroscópio - ALUNO H e ALUNO J.

Os ALUNOS E, F e I fizeram um esquema de registro semelhante ao registro dos ALUNOS H e J, descritos anteriormente. Inicialmente, registraram os passos seguidos para construção do espectroscópio, indicando o caminho da luz, passando pela fenda, atingindo o CD e saindo por outro orifício. A descrição coloca a fenda e o orifício de observação com um ângulo de 90° entre eles, e o CD a 45° . A descrição apresenta um conceito empregado de maneira equivocada, pois diz que ocorre refração da luz, contudo ela não mudou de meio e a interação com o CD é a difração. Os alunos fizeram um desenho do esquema do espectroscópio, com uma representação em perspectiva tridimensional do projeto, indicando o ponto de entrada da luz pela fenda, o posicionamento do CD e o posicionamento do orifício de observação. É possível ver uma lista de quatro fontes diferentes observadas com o instrumento construído pelo grupo, nas anotações dos alunos. Os registros podem ser observados na Figura 26:

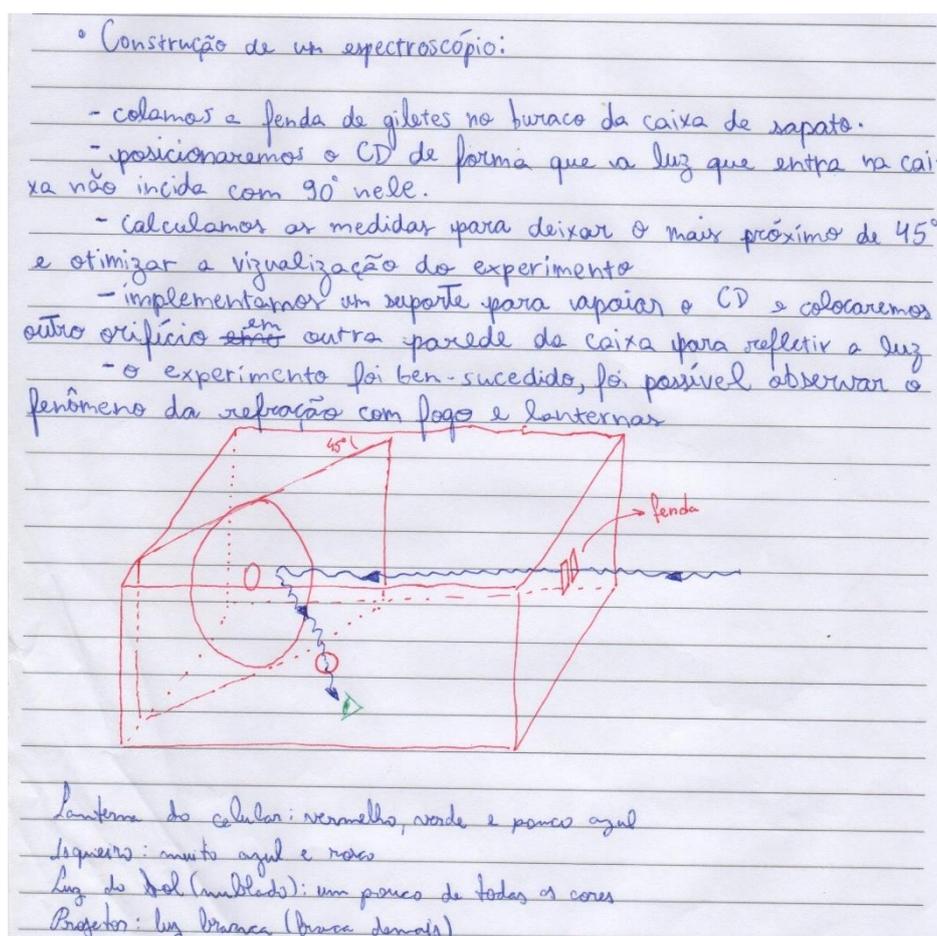


Figura 26 - Registro da construção do espectroscópio - ALUNO E, ALUNO F e ALUNO I.

As discussões da produção dos alunos vão agora para os registros da realização das atividades de observação de diferentes fontes de luz. Vale ressaltar que era importante a observação pelos menos da luz solar e da luz da lâmpada de vapor de mercúrio da sala de aula. A primeira sistematização apresentada é a dos ALUNOS A, B e K, que fizeram a opção de registrar os dados na forma de uma tabela, onde a primeira coluna refere-se às cores da luz do espectro e as demais marcam a presença ou não das colorações, nos espectros observados. Os alunos utilizaram quatro fontes: luz branca do laboratório de Física (lâmpada de mercúrio), luz amarela do laboratório de Biologia (lâmpada de filamento), luz azul do laboratório de Biologia (lâmpada ultravioleta de aquário) e luz solar. A Figura 27 apresenta os dados coletados pelo grupo:

Fonte de Luz	Luz Branca (Lâmp. Física)	Luz Amarela (Lâmp. Bio)	Luz Azul (Lâmp. Bio aquário)	Sol (Sistema Solar)	Luz Solar (1, 2, 3)
Vermelha	✓	✓ 2	✓ 3	✓	3
Amarela	✓	✓ 1	✓ 1	✓	1
Amarela	✓	✓ 2	✓ 1	✓	2
Verde	✓	✓ 2	✓ 3	✓	3
Azul	✓	✓ 1	✓ 1	✓	1
Anil	X	✓ 2	✓ 3	✓	1
Violeta	✓	✓ 2	✓ 1	✓	3

Figura 27 - Dados coletados com o espectroscópio - ALUNO A, ALUNO B e ALUNO K.

É importante destacar a rasura na anotação da coloração azul e anil, quando observada a luz do laboratório. Os alunos sabiam que veriam o espectro de luz com o equipamento que eles construíram, contudo, não sabiam que o espectro necessariamente seria diferente, principalmente quando comparado o espectro do Sol com o espectro da lâmpada de mercúrio. Aqui coube a intervenção do Professor e, por isso, os alunos alteraram o registro dos dados com um risco. A discussão ficou no entorno do Professor evidenciar aos alunos a atenção para a falha do espectro e fazer perguntas para os alunos construírem explicações sobre o ocorrido. Aqui, a observação fez parte do conteúdo dos alunos, porque eles tiveram que aprender a observar as linhas dos espectros e

fazer as comparações novamente, verificando a não continuidade do espectro da lâmpada de mercúrio.

Após a intervenção do Professor, os alunos fizeram as anotações e levantaram a questão da diferença entre os espectros. Com isso, apontaram algumas hipóteses sobre os resultados observados. As hipóteses foram feitas no grupo de trabalho e abordadas na discussão geral da turma, no momento de síntese. Após a discussão geral, com as intervenções do Professor, trouxeram as conclusões da diferença entre os espectros, apontando que o espectro do Sol tem uma relação direta com a temperatura, enquanto o espectro da lâmpada se deve às excitação e transições eletrônicas. A Figura 28 apresenta os registros dos ALUNOS A, B e K:

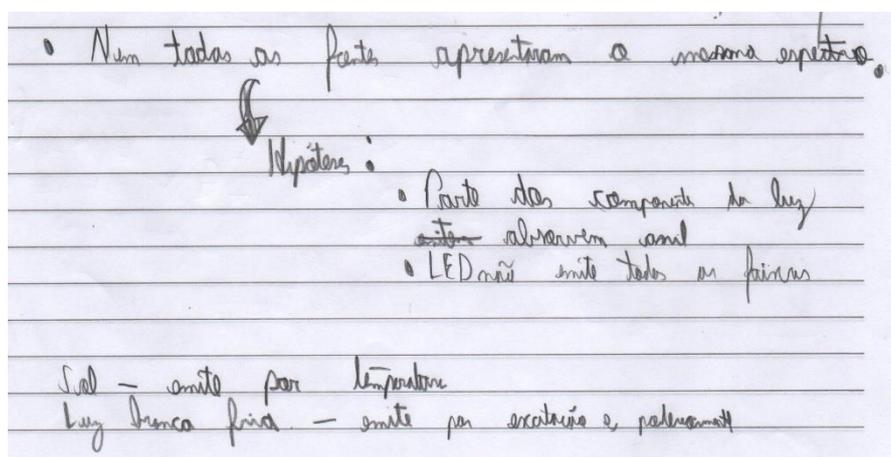


Figura 28 - Registro das discussões da atividade 2 - ALUNO A, ALUNO B e ALUNO K.

Os ALUNOS H e J apresentaram uma sistematização diferente do grupo anterior. No registro, fica evidente a descrição das etapas seguidas para a realização da atividade, com a descrição das dificuldades de observar o espectro, indicando a necessidade de ajustar o posicionamento do CD. Após os ajustes, os alunos descrevem que conseguiram observar a luz da lâmpada e a luz do Sol, destacando as diferenças entre os espectros. Aqui vale ressaltar que houve intervenção do Professor para evidenciar as diferenças, pois os alunos precisavam desenvolver a habilidade de diferenciar o espectro contínuo do espectro discreto. Os alunos relatam a observação de outras fontes como uma pequena chama, manipulada pelo professor, e a lanterna, que funcionava com LED. As etapas descritas anteriormente são observadas na Figura 29,

ressaltando alguns erros conceituais trazidos pelos alunos ao afirmarem que a chama não apresentaria continuidade na emissão de luz.

Já a Figura 30 e a Figura 31 abordam os debates do momento coletivo de síntese. Os alunos registraram a questão da fonte como principal fator no espectro observado e abordam a continuidade do espectro solar devido somente à relação da temperatura. A diferença da emissão contínua para a emissão discreta, no caso da emissão dos elementos químicos, também apareceu nos registros (Figura 31). Outros pontos discutidos em aula, junto ao Professor, também apareceram nos registros dos alunos, como a explicação da coloração azulada do céu.

- Primeiramente, colocamos um "CD" do lado oposto ad da fenda. Entretanto, o fíxe de luz não ficou muito intenso. Assim, decidimos reposicionar o "CD", de modo um pouco mais centralizado. Com o CD centralizado, usamos uma lanterna para tentar a mesma posição (Além disso, inclinamos horizontalmente o CD, para ficar alinhado com o ponto observado). A partir do momento que testamos a nova posição, conseguimos ver diferentes padrões de reflexão e espectro de cores. Quando usamos a luz de uma lanterna, haviam menos cores e um menor espectro dessas ~~em~~ quando comparada a luz solar. No meio do experimento, também, colocamos a luz da lanterna direcionada, de maneira direta, ao CD, e conseguimos ver um espectro de cores muito maior, formado a uma grande quantidade de linhas, de intensidade. Também testamos a luz emitida por um queimador, no qual emitia um baixo espectro de cores, de maneira menos intensa e com menos cores. Na luz solar não haviam falhas no espectro diferentemente das luzes da lanterna e do queimador.

Figura 29 - Descrição da realização da atividade 2 - ALUNO H e ALUNO J.

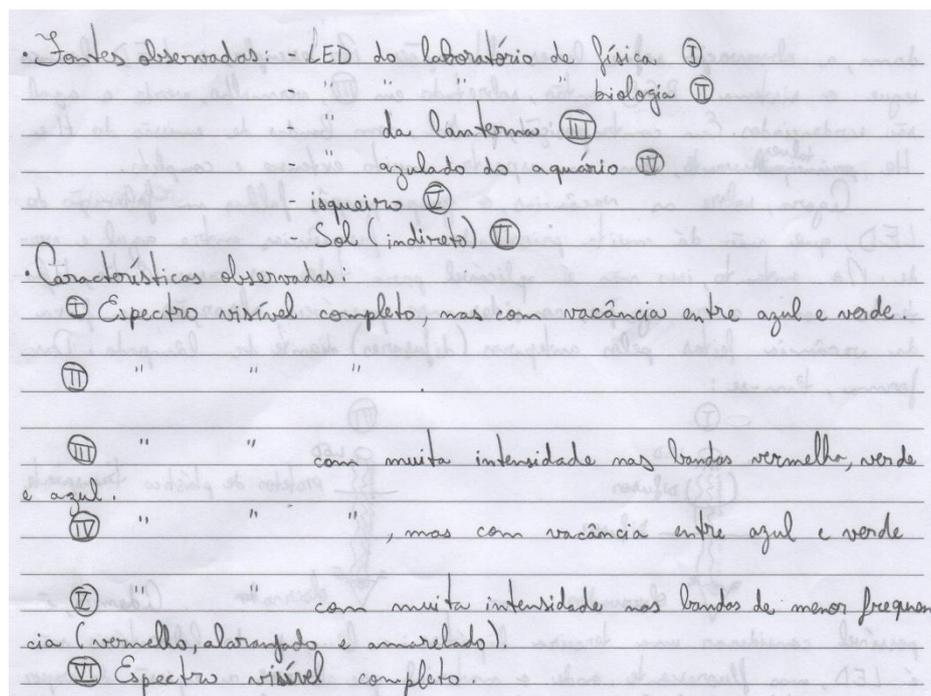


Figura 32 - Registro das características dos espectros de diferentes fontes - ALUNO E, ALUNO F e ALUNO I.

O grupo apresenta hipóteses e comparações para justificar a observação dos espectros de luz. A ideia inicial é a difração da luz pelo CD, abrindo o espectro da luz branca nas cores observadas. Outra hipótese é a comparação com o que ocorre no processo de interferência da luz em uma mancha de óleo. Os motivos da coloração, nos dois casos, são diferentes, contudo, é interessante apontar as relações construídas pelos alunos. Os registros podem ser observados na Figura 33 e continuam na Figura 34. Outros pontos são levantados pelos alunos, como a composição RGB dos LEDs. A emissão do elemento químico hidrogênio no Sol e a fluorescência da lâmpada de mercúrio também foram levantadas dentre as hipóteses, representadas na Figura 34.

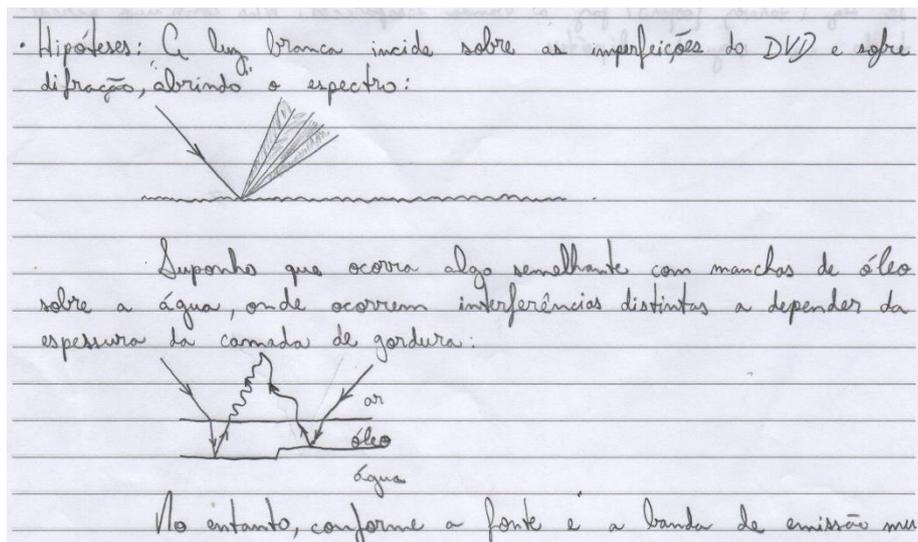


Figura 33 - Registro das hipóteses para a observação das cores nos espectros - parte 1 - ALUNO E, ALUNO F e ALUNO I.

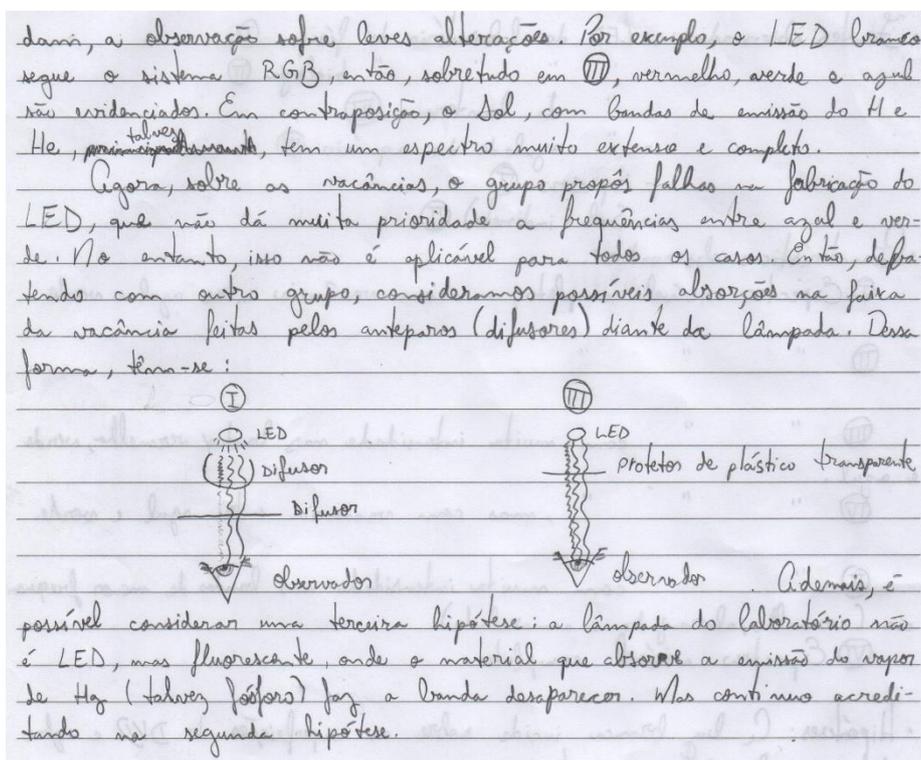


Figura 34 - Registro das hipóteses para a observação das cores nos espectros - parte 2 - ALUNO E, ALUNO F e ALUNO I.

Considerando as discussões e apresentações dos registros, juntamente com as anotações e impressões do professor, a Tabela 11 apresenta a sistematização de cada domínio do conhecimento abordado na Atividade 2:

Tabela 11 - Elementos de análise, por domínio - Atividade 2.

DOMÍNIOS – ATIVIDADE 2		
CONCEITUAL	EPISTÊMICO	SOCIAL
<ul style="list-style-type: none"> • Conceitos alternativos dos alunos para explicar as falhas; • Conceitos científicos aplicados para explicar as falhas; • Reestruturação/adequação dos conceitos ao observarem os espectros; • Conceitos de emissão por temperatura; • Conceitos de emissão por transição eletrônica; • Construção do espectroscópio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Construção de tabelas; • Construção de textos; • Construção de esquemas e desenhos; • Levantamento de hipóteses; • Organização dos dados; • Aplicação dos conceitos; • Reestruturação/adequação dos processos, ao ajustarem os espectroscópios; • Utilização de instrumentos experimentais de observação do espectro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicação entre os alunos; • Comunicação entre os alunos e Professor; • Divisão de tarefas; • Negociações/acordos; • Colaboração.

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3.3 Atividade 3 – Lâmpada de Grafite

A Atividade 3 tinha como objetivo a construção de um circuito simples com fios, grafite e pilhas, sendo que o papel dos alunos era apresentar soluções para aumentar a potência dissipada pelo grafite até torná-lo incandescente. A construção do circuito não foi demorada, e rapidamente os alunos resolveram a questão da montagem do aparato experimental. O momento foi propício para o Professor questionar sobre as possíveis variáveis que poderiam influenciar diretamente na potência dissipada pelo grafite e, sabendo a função dele no circuito, o que aconteceria. Todos os alunos chegaram à conclusão de alterar a quantidade de pilhas e, com a modificação, o grafite deveria aumentar a sua temperatura, pois teria mais dissipação de energia. Os alunos já tinham passado pelo curso de eletrodinâmica nas aulas regulares de Física, o que certamente ajudou nas repostas objetivas trazidas por eles.

Os ALUNOS C, D e G chegaram nas conclusões descritas anteriormente, e para testar as hipóteses levantadas, usaram um termômetro para medir a temperatura do grafite. Conforme foram alterando o número de pilhas, a temperatura do grafite foi aumentando, indicando exatamente o esperado. Nos registros do grupo, o número de pilhas variou de 1 a 14, com a temperatura medida do grafite variando de 29,6 °C até 219,1 °C, respectivamente. Os registros do grupo podem ser observados na Figura 35:

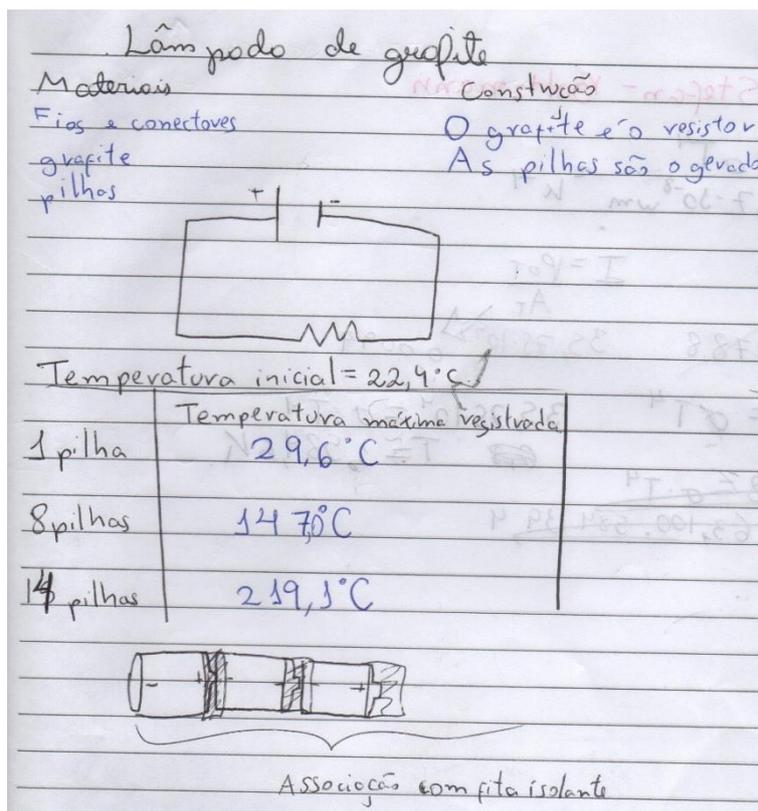


Figura 35 - Registro do aumento da temperatura do grafite - ALUNO C, ALUNO D e ALUNO G.

O grupo dos ALUNO B e K chegaram às mesmas conclusões sobre o debate inicial junto ao professor e os demais colegas. Fizeram uma sistematização dos valores obtidos para temperatura do grafite, enquanto foram realizando a adição de novas pilhas ao circuito para aumentar a tensão nos polos do grafite. Fica evidente que quando adicionaram pilhas ao circuito, a temperatura atingida pelo grafite foi aumentando de valor, saindo de 22,3 °C com 1 pilha e atingindo 90,1 °C, com 8 pilhas. Percebe-se, na Figura 36, que os registros foram riscados. Isso ocorreu porque os dados não estavam de acordo com a continuação proposta pelo Professor, que será apresentada ainda nessa seção. Os dois alunos entregaram seus registros, e como o trabalho foi feito de forma conjunta e sem grandes diferenças na sistematização, optou-se em trazer o registro do ALUNO B como registro da dupla, que pode ser observado na Figura 36:

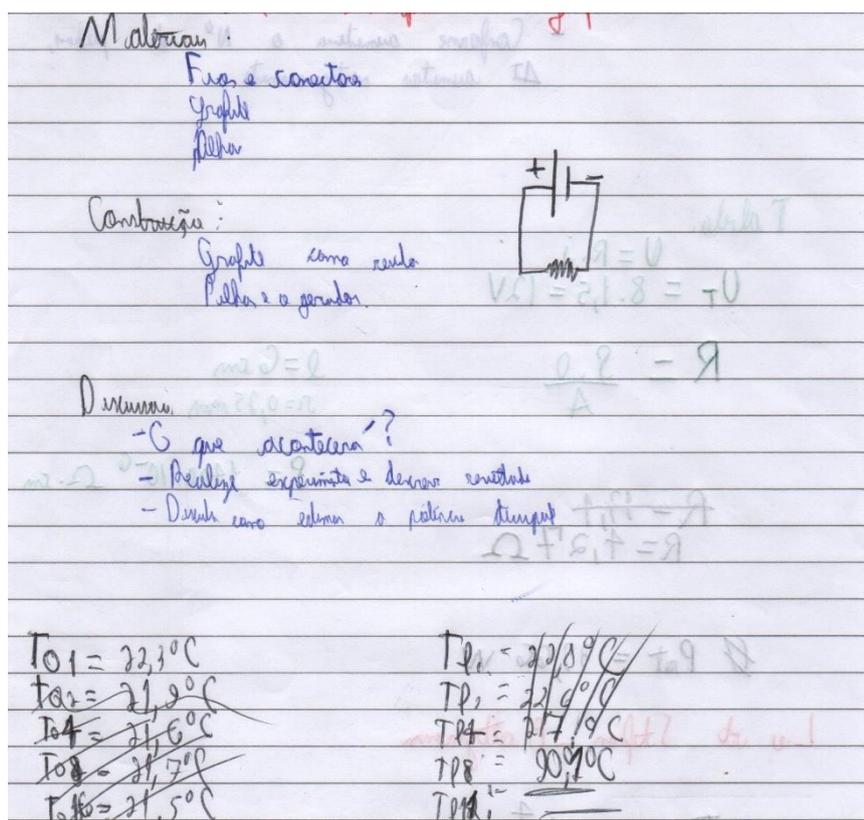


Figura 36 - Registro do aumento da temperatura do grafite - ALUNO B e ALUNO K.

Os ALUNOS H e J apresentaram uma dinâmica de trabalho onde geralmente o ALUNO J ficava responsável por tomar nota das atividades e dos registros. Esse apontamento é importante, pois o estilo de sistematização do ALUNO J é diferente dos demais alunos que participaram da aplicação da sequência. As anotações são muito mais descritivas e trazem sempre elementos que abordam os passos tomados ao longo da realização da atividade, sendo evidente, pois indicou que a sua posição era debaixo ar-condicionado. Os alunos partem de uma temperatura inicial de $22,4^{\circ}\text{C}$ e chegam em $114,3^{\circ}\text{C}$ com a associação de mais pilhas. Descrevem que o grafite chega a ficar avermelhado e liberar fumaça, compatível com o que esperavam acontecer. A seguir, a Figura 37 apresenta os registros feitos pelos alunos:

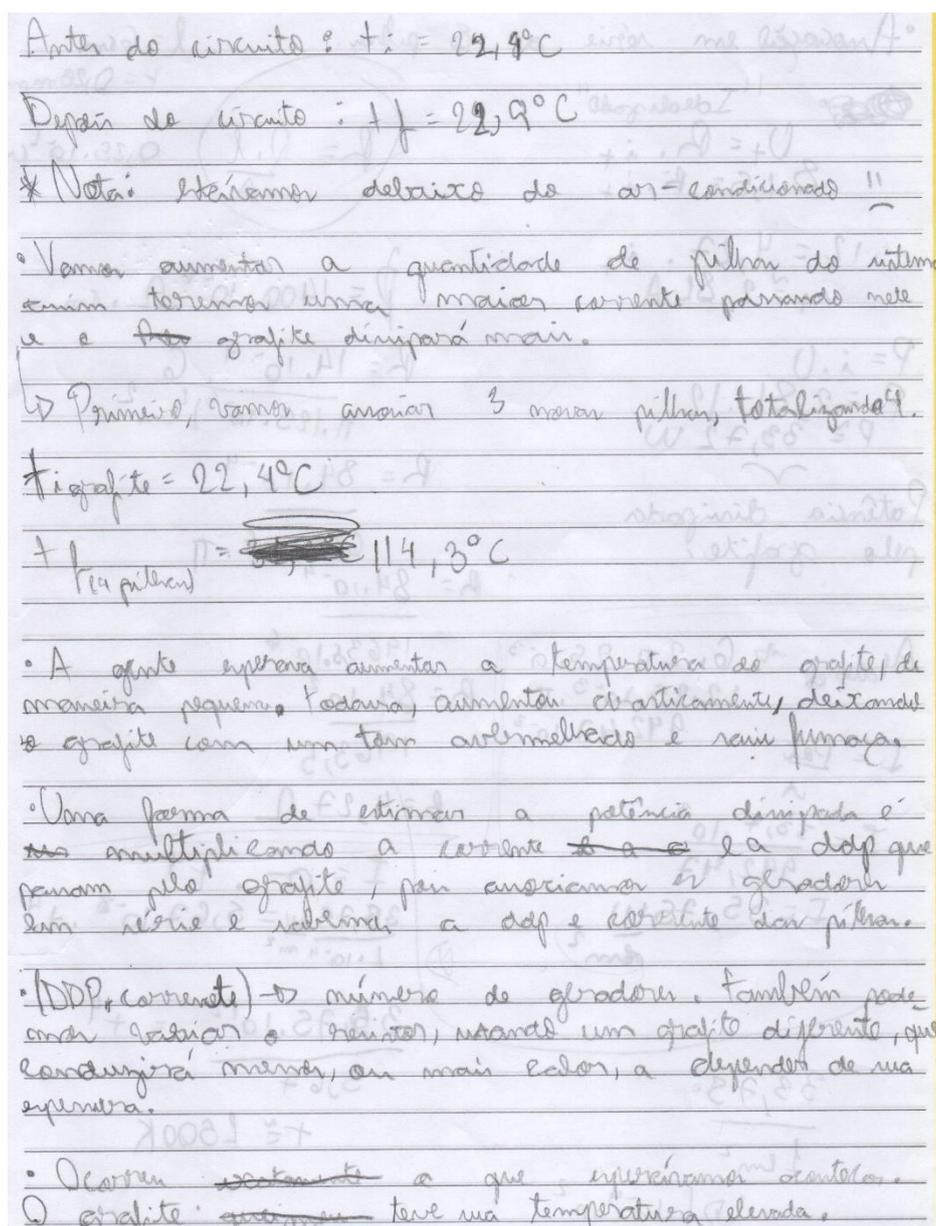


Figura 37 - Registro do aumento da temperatura do grafite - ALUNO H e ALUNO J.

Já os ALUNOS E, F e I trouxeram suas sistematizações por meio de tópicos, que constroem a narrativa de como foram executando a realização do experimento. Partem da hipótese de aumento da temperatura do grafite devido à associação das pilhas e vão medindo os efeitos sobre o circuito. Os experimentos mostraram que com 8 pilhas a temperatura superou os 100°C e passou a emitir luz, pois o grafite ficou incandescente. Um dos alunos do grupo tinha um grafite diferente do proposto na atividade, e ao refazer o experimento, perceberam que o novo grafite não apresentou o mesmo comportamento. Os alunos não argumentam, mas o motivo está na dimensão do grafite novo em

comparação ao grafite inicial. Os registros feitos pelos alunos estão sistematizados na Figura 38:

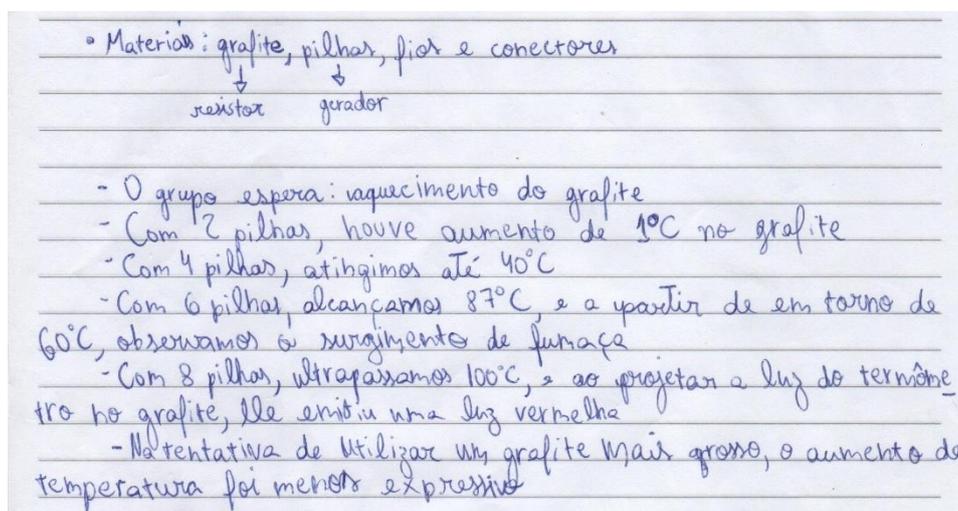


Figura 38 - Registro do aumento da temperatura do grafite - ALUNO E, ALUNO F e ALUNO I.

Em relação ao debate inicial, todos os alunos chegaram às mesmas conclusões, conforme visto nos registros. Contudo, o Professor passa a dialogar sobre como seria possível estimar a potência dissipada pelo grafite. Todos os grupos chegaram, pelo menos, até as 8 pilhas associadas como tensão aplicada nos terminais do grafite. Os alunos deveriam perceber as relações entre os conceitos de eletrodinâmica, vindos do curso regular de Física, e as aplicações na parte experimental, estimando, assim, a potência dissipada pelo grafite. Durante o diálogo com o Professor, de forma coletiva, os alunos levantaram hipóteses de como fazer a estimativa da resistência do grafite e, rapidamente, chegaram às Leis de Ohm, principalmente a segunda, que mostra a relação proporcional com a resistividade, o comprimento do condutor e a relação inversamente proporcional com área da secção transversal.

Como o grafite tem diâmetro de 0,5 mm, com medidas padronizadas, apresenta todas as dimensões necessárias para o cálculo da sua resistência, faltando apenas o valor da sua resistividade. Tratando-se de uma estimativa, a ordem de grandeza era mais importante do que o valor exato, sendo que os alunos encontraram, em busca pela internet, um valor de $1400 \Omega \cdot \text{cm}$ para a resistividade do grafite. Ao determinar o valor estimado da resistência e sabendo a tensão aplicada, 8 pilhas associadas em série, totalizando 12 V, estimaram o valor da potência dissipada pelo grafite, da ordem de 33,7 W.

Até o momento, a discussão conceitual girava em torno de questões que os alunos estavam familiarizados e não apresentou nenhuma quebra de expectativa até então. Nesse momento, o Professor, de forma coletiva, trouxe a Lei de Stefan-Boltzmann, mostrando a relação da quantidade de energia por unidade área, por unidade de tempo e emitida por um objetado, devido somente à relação da quarta potência de sua temperatura.

Quando os alunos fizeram os cálculos, chegaram em uma estimativa para a temperatura da ordem de 1500 K, valor muito acima do valor medido por eles com o auxílio do termômetro, indicando uma contradição com os valores, pois as leituras feitas chegavam na ordem de grandeza das centenas de graus e não na ordem dos milhares de graus Celsius. As Figuras 39 até a Figura 45 apresentam as sistematizações dos grupos.

Handwritten student work for Figure 39:

$$U = R \cdot i$$

$$U_T = 8 \cdot 1,5 = 12V$$

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad l = 6 \text{ cm} \quad \rho = 1400 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$$

$$v = 0,25 \text{ mm} \quad R = 4,27 \Omega$$

$$A = 0,00396$$

$$P = \frac{U^2}{R} \quad P = 33,72 \text{ W}$$

Figura 39 - Estimativa da potência e temperatura do grafite - parte 1 - ALUNO C, ALUNO D e ALUNO G.

Handwritten student work for Figure 40:

Lei de Stefan-Boltzmann

$$R_T = \sigma T^4$$

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

$$I = R_T \quad I = \frac{P_{\text{ot}}}{A_T}$$

$$I = 3,578,8 \quad 35,75 \cdot 10^4 \cdot 0,0094$$

$$R_T = \sigma T^4 \quad 35,75 \cdot 10^4 = \sigma \cdot T^4$$

$$T \approx 1,584,6 \text{ K}$$

$$T^4 = 63,100 \cdot 584,139,4$$

Figura 40 - Estimativa da potência e temperatura do grafite - parte 2 - ALUNO C, ALUNO D e ALUNO G.

- Conforme sistema o N° de pilhas,
 Δt aumenta proporcionalmente.

Tabola:

$$U = R \cdot i$$

$$U_T = 8 \cdot 1,5 = 12V$$

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

$l = 6 \text{ cm}$
 $r = 0,25 \text{ mm}$
 $\rho = 1400 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$

$$R = 13,1$$

$$R = 4,27 \Omega$$

$P_{\text{at}} = 93,66 \text{ W}$

Lei de Stefan - B. atzmann

$$I = \sigma \cdot T^4 = \frac{P_{\text{at}}}{A_{\text{ampf.}}}$$

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$$

$$A_{\text{ampf.}} = 0,94 \text{ cm}^2 = 0,94 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$= 9,4 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$T = \sqrt[4]{\frac{P_{\text{at}}}{A \cdot \sigma}} = 1585 \text{ K}$$

$$= 1312^\circ \text{C}$$

Não se pode usar o método do termômetro não por depender
 para a medição do gráfico. Pois se houver variação de temperatura,
 resistores.

Figura 41 - Estimativa da potência e temperatura do grafite - ALUNO B.

Em relação ao grupo formado pelos ALUNOS B e K, o registro das estimativas foram apresentadas pois apresentam valores diferentes. O motivo principal é a diferença nos “arredondamentos” dos calculos. Apenas para retomar as discussões anteriores, a diferença nos valores medidos pelo termômetro e o valor estimado para a temperatura fez com que eles riscassem as temperaturas medidas, conforme a Figura 36.

↳ Discussões:

- ↳ Espéculos: aquecimento e irradiação
- ↳ resultados: aumento em $62;8^{\circ}\text{C}$ — irradiação
- ↳ variáveis: comprimento do grafite, telas
- ↳ cálculos:

$$V = R \cdot i$$

Associação
Em SÉRIE

$$\left[\begin{array}{l} V = 1,5,8 = 12 \text{ V} \\ R = \frac{\rho \cdot L}{A} = \frac{1500 \cdot 10^{-6} \cdot 6}{\pi \cdot (2,5 \cdot 10^{-2})^2} = 4,27 \, \Omega \end{array} \right.$$

$$\left[\begin{array}{l} \rho = 1500 \cdot 10^{-6} \, \Omega \cdot \text{cm} \\ L = 6 \, \text{cm} \\ r = 0,25 \, \text{mm} = 0,025 \, \text{cm} = 2,5 \cdot 10^{-2} \, \text{cm} \end{array} \right.$$

$$P_{\text{el}} = \frac{V^2}{R} \rightarrow P_{\text{el}} = \frac{12^2}{4,27} \rightarrow P_{\text{el}} \hat{=} 33,72 \text{ W}$$

Figura 42 - Estimativa da potência e temperatura do grafite - parte 1 - ALUNO K.

$$\left[\begin{array}{l} I = \frac{P_{\text{el}}}{A} \rightarrow I = \frac{33,72}{2\pi \cdot 6} \rightarrow I = 33,72 \\ I \hat{=} 35,78 \cdot 10^4 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$\left[\begin{array}{l} I = \sigma \cdot T^4 \\ 35,78 \cdot 10^4 = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot T^4 \\ T \hat{=} 1500 \text{ K} \end{array} \right.$$

Figura 43 - Estimativa da potência e temperatura do grafite - parte 2 - ALUNO K.

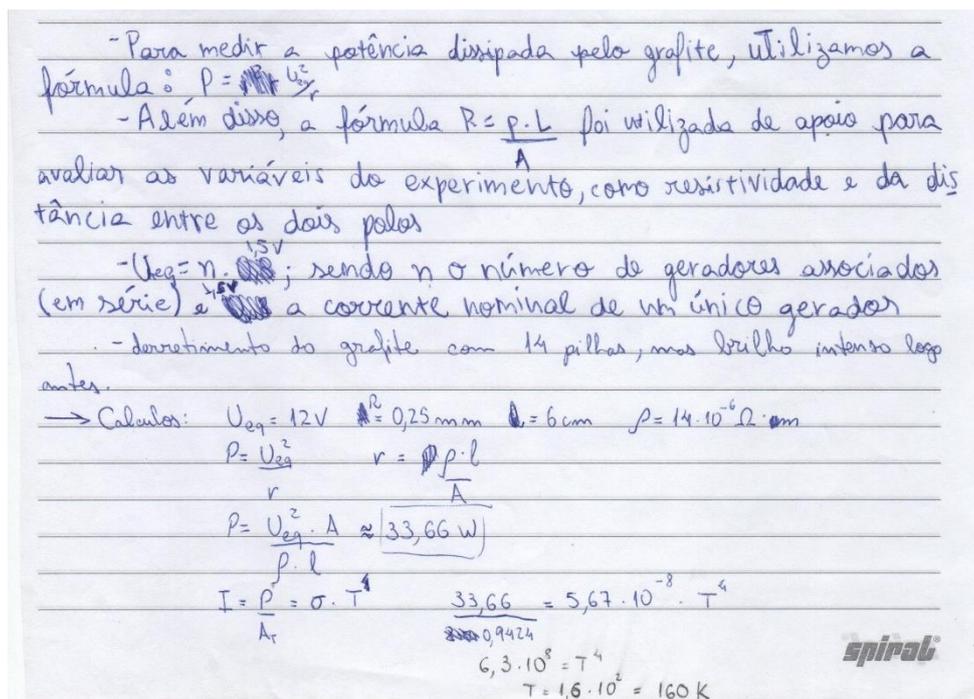


Figura 45 - Estimativa da potência e temperatura do grafite - ALUNO E ALUNO F e ALUNO I.

Todos os grupos de trabalhos chegaram em valores próximos e nas mesmas conclusões em relação às estimativas de potência e temperatura do grafite, como já apresentado anteriormente, com exceção dos ALUNOS E, F e I, que estimaram o valor da área lateral do grafite de forma equivocada, prejudicando a estimativa da temperatura, mas com todo o raciocínio correto. Infelizmente, os registros não apresentam o debate que ocorreu no momento de síntese da atividade ao discutir as questões sobre a ineficiência do termômetro ao realizar as medições de temperatura nesse contexto. Os registros do ALUNO B (Figura 41) mencionam a ineficiência da medida de temperatura, contudo, não se demora em uma explicação mais aprofundada.

Considerando as discussões e os registros dos alunos, juntamente com as anotações e impressões do professor, a Tabela 12 apresenta a sistematização de cada domínio do conhecimento abordado na Atividade 3:

Tabela 12 - Elementos de análise, por domínio - Atividade 3.

Domínios – Atividade 3		
Conceitual	Epistêmico	Social
<ul style="list-style-type: none"> • Conceitos alternativos dos alunos; • Conceitos científicos com aplicação das Leis de Ohm; • Aplicação de conceitos teóricos em situações reais. • Conceitos novos de física moderna; 	<ul style="list-style-type: none"> • Registros dos dados em tabelas; • Registros dos dados em tópicos; • Comparação entre os dados de temperatura medida e estimada; • Limitação dos instrumentos de medida; • Organização dos dados; • Explicações; • Argumentações; • Aplicação dos conceitos conhecidos; • Levantamento de hipóteses; • Reestruturação/adequação dos processos, nas modificações dos circuitos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicação entre os alunos; • Comunicação entre os alunos e Professor; • Divisão de tarefas; • Negociações/acordos para as modificações do circuito; • Colaboração entre os grupos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3.4 Atividade 4 – Medida da Constante Solar

Durante a aplicação da atividade, alguns grupos tiveram que se reorganizar devido às faltas nos encontros 5 e 6, o que modificou a rotina estabelecida nas atividades anteriores. No geral, as atividades sempre tiveram algo em torno de 4 grupos de trabalho, mas a atividade da constante solar teve apenas 3. O grupo formado pelos ALUNOS E, F e I, não finalizou os registros no momento da atividade e ficaram de apresentar ao Professor em outro momento, o que infelizmente não ocorreu. Dois grupos de trabalho fizeram os registros e entregaram: o grupo dos ALUNOS H e J, e grupo dos ALUNOS A, C, G e K, que incorporou o ALUNO B no último dia.

O registro das atividades dos ALUNOS A, C, G e K indica que os alunos fizeram a atividade levando em consideração a possibilidade de utilizar cores diferentes no papel cartão que faz a cobertura da parte de traz do recipiente de vidro. Eles construíram o experimento de forma a testar mudanças de variáveis, mas tiveram problemas ao realizar as medidas, como já descrito no capítulo 4. Com um número maior de integrantes e um tempo estendido de negociação para as delegações de tarefas, eles demoraram mais para realizar as medidas. O que

implicou, no segundo dia de realização da atividade, em demora para colocar os potes com água no Sol. Basicamente, o tempo se modificou e ficou nublado, diminuindo a captação do fluxo de energia do Sol. Além de modificar a coleta da radiação solar, o tempo nublado mudou a temperatura ambiente e nenhuma alteração da medida da temperatura da água ocorreu. Os alunos enfrentaram problemas com a temperatura da água, pois saía do encanamento com temperatura maior do que a ambiente.

Dado o contexto, o grupo mediu um valor menor do que deveria medir, conforme registrado na Figura 46, mas isso trouxe um debate rico entre os alunos e o Professor. Em uma busca na internet, foi descoberta a informação de que em dias nublados as placas solares perdem cerca de 30% da eficiência, como apresentado anteriormente no capítulo 4. Os alunos utilizaram as correções para estimar a constante solar, sem a correção do albedo, portanto a estimativa para a superfície da Terra, e com a correção do albedo, portanto, a estimativa para a alta atmosfera. Com as devidas correções, os alunos fizeram os cálculos para o valor médio para a constante solar, resultando em 1278 W/m^2 , cerca de 94,5% de precisão, após realizar as correções descritas. As Figuras 46 e 47 apresentam os registros feitos pelos alunos:

Plata	1	2
Área	81 cm ²	65 cm ²
Volume	210 mL	150 mL
Cor	ROXO	PRETO
Tempo	3 min	5 min
T _o	26 °C	26 °C
T _f	27 °C	28 °C

$$I = \frac{Q}{\Delta t \cdot A} = \frac{m \cdot c \cdot \Delta t}{\Delta t \cdot A}$$

I₁ ≈ 609,41 → 70% considerando nuvens, ventos e consequente diminuição da temperatura

100% = 869,19 ← 70% considerando o albedo

100% REAL = 1239,56 W/m²

valor esperado: 1350 W/m²

∴ acuracidade: 91,4%

OS PRINCIPAIS PROBLEMAS NO EXPERIMENTO FORAM AS CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS (NUVENS, VENTO) E A TEMPERATURA INICIAL.

Questões desconsideradas:
 Ângulo de incidência
 Absorção da cor
 Perca de calor p. o ambi
 Dispersão pelo vidro

Problemas

↳ ÁGUA DO CANO estava quente

Figura 46 - Registro da estimativa da constante solar - parte 1 - ALUNO A, ALUNO C, ALUNO D e ALUNO K.

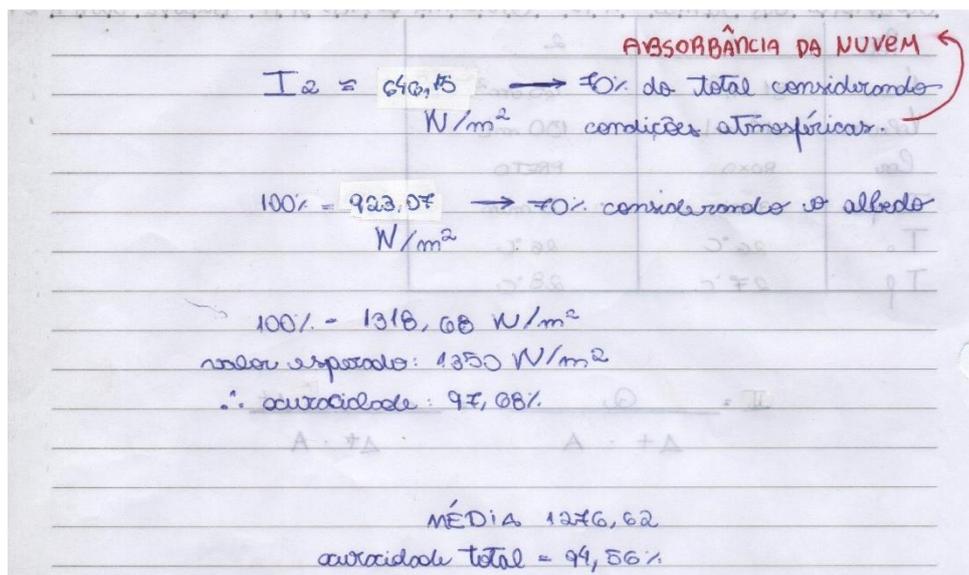


Figura 47 - Registro da estimativa da constante solar - parte 2 - ALUNO A, ALUNO C, ALUNO D e ALUNO K.

Como cada grupo teve um tempo diferente para realizar a atividade, o Professor passou e conversou com os alunos em momento diferentes, levantando o debate de como o valor estimado para a constante solar poderia ser utilizado para estimar a temperatura de superfície do Sol, pela Lei de Stefan-Boltzmann, já utilizada na atividade 3. Os alunos já sabiam, devido às aulas regulares de Física, relacionar a intensidade de ondas em duas diferentes distâncias, o que facilitou na estimativa do valor da intensidade da radiação solar na superfície do Sol. O grupo chegou em um valor de cerca 5687 K, com 98% de precisão em relação ao valor de 5800 K, fornecido como referência pelo Professor. A Figura 48 apresenta o registro da estimativa para a temperatura da superfície do Sol:

$$I = \frac{P}{A} \rightarrow \frac{I_{SOL}}{I_{TERRA}} = \frac{P_{SOL}}{P_{TERRA}} = \frac{P_{SOL}}{4\pi \cdot R_{SOL}^2} = \frac{P_{SOL}}{4\pi \cdot R_{TERRA}^2} \cdot \left(\frac{R_{SOL}}{R_{TERRA}}\right)^2$$

$$\frac{I_{SOL}}{I_{TERRA}} \cdot \left(\frac{R_{TERRA}}{R_{SOL}}\right)^2 \rightarrow \frac{I_{SOL}}{1276,62} = \frac{1,5 \cdot 10^{11}}{6957 \cdot 10^5}$$

$$I_{SOL} = 5,93972 \cdot 10^7$$

QUA 200 ALUNOS
 acuracidade de 98%

Figura 48 - Registro da estimativa da temperatura da superfície do Sol - ALUNO A, ALUNO C, ALUNO D e ALUNO K.

Os ALUNOS H e J participaram como dupla em toda a aplicação da sequência, contudo, na última atividade, o ALUNO J faltou em um dos dias e o ALUNO H iniciou a atividade e seus devidos registros. No encontro 5, o ALUNO H teve uma postura muito dinâmica para realizar as medidas, construindo o aparato experimental rapidamente e conseguiu um momento onde a incidência dos raios solares ainda estava intensa, portanto, não houve problemas com nuvens e posicionamento do Sol, nem mesmo problemas com a água quente do encanamento, pois ainda apresentava temperatura menor do que a ambiente, o que não criou dificuldades para a realização do experimento. Como o clima de São Paulo é muito dinâmico, assim que foi completar a coleta dos dados e mediar a influência do ambiente, a temperatura estava muito diferente da primeira coleta.

No segundo encontro, a tentativa foi a de utilizar como correção os dados dos outros grupos, mas os alunos não conseguiram ajustar os dados para a sua realidade. Percebe-se que os problemas dos ALUNOS H e J foram de natureza diferente do grupo apresentado anteriormente. A primeira tentativa de estimativa para a constante solar na superfície da Terra chegou em um valor de aproximadamente 1666 W/m^2 , mas sem a possibilidade de correção, como já mencionado. Já no segundo dia, os alunos refizeram a coleta dos dados e

estimaram um valor de 1333 W/m^2 , mas sem a correção, devido a questões ambientais no dia. As Figuras 49 e 50 apresentam os registros das atividades:

Experimento

Na primeira parte a água aqueceu 5°C

Usei 200 ml de água para 10 min

$$I = \frac{Q}{\Delta t \cdot A}$$

$$A = \frac{6 \cdot 10^{-4} \cdot 7 \cdot 10^{-4}}{2} = 42 \cdot 10^{-8} = 4,2 \cdot 10^{-3}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$Q = 200 \cdot 4,2 \cdot 5 = 4,2 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$I = \frac{4,2 \cdot 10^3}{600 \cdot 4,2 \cdot 10^{-3} \cdot 1} = \frac{10^3}{0,6} \approx 1666,7 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Figura 49 - Registro da estimativa da constante solar - parte 1 - ALUNO H e ALUNO J.

Sem os dados para fazer os ajustes devido à influência do ambiente, os alunos tiveram a ideia de fazer uma estimativa para o valor da variação de temperatura. Apesar de ser uma especulação, a introdução da correção por meio de uma estimativa fez com que os alunos percebessem as relações entre as variáveis e como elas estão relacionadas dentro do experimento. A justificativa utilizada foi a comparação com os valores que os outros grupos tiveram para a temperatura da água, pois usaram quantidades de água da mesma ordem de grandeza. Para a estimativa da constante com as correções ajustadas, os alunos calcularam um valor de 1000 W/m^2 , que, considerando o albedo médio, fornece

o valor estimado de 1428 W/m^2 para a constante solar, conforme indicado na Figura 50:

Continuação

$Q_T - Q_M = Q_V$

Energia do meio

$Q_M = 200 \cdot 4,2 \cdot 2 = 1680$

$Q_M = 840$

$4200 - 840 = Q_V$

$Q_V = 3360 \text{ J}$

$I = \frac{Q_V}{\Delta x \cdot A}$

$I = \frac{3360}{100 \cdot 4,2 \cdot 10^{-3}}$

$I = \frac{5,6}{4,2 \cdot 10^{-3}} \approx 1333,3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$

fazendo uma aproximação

$Q_M = 200 \cdot 4,2 \cdot 2 = 1680 \text{ J}$

$Q_V = 2520 \text{ J}$

$I = \frac{2520}{100 \cdot 4,2 \cdot 10^{-3}} = \frac{1}{10^3} = 1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$

$1 - x$
 $0,7 - 1000$

$x \approx 1428,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$

Figura 50 - Registro da estimativa da constante solar - parte 2 - ALUNO H e ALUNO J.

Com o valor da constante solar, o Professor conversou com os alunos de forma separada, pois cada grupo encerrou a estimativa da constante em momentos diferentes, apresentando o raciocínio de como determinar a intensidade na superfície do Sol e a relação do valor com a Lei de Stefan-Boltzmann. Inclusive, é possível verificar anotações do próprio Professor nos registros dos alunos. Ajustando os valores, os alunos estimaram a temperatura

da superfície solar da ordem de 5957 K, valor muito próximo do valor de referência de 5800 K. A Figura 51 apresenta os registros da estimativa da temperatura da superfície do Sol:

Handwritten mathematical work on lined paper showing the derivation of the Sun's surface temperature. The work includes the following steps:

$$I = \frac{P_{\text{sol}}}{4\pi r^2}$$

$$\frac{I_T}{I_S} = \frac{P_{\text{sol}}}{4\pi r^2} \cdot \frac{4\pi R_S^2}{P_{\text{sol}}}$$

$$\frac{I_T}{I_S} = \frac{R_S^2}{r^2}$$

$$\frac{I_T}{I_S} = \frac{R_S^3}{r^2}$$

$$\frac{I_T}{I_S} = \frac{49 \cdot 10^8}{225 \cdot 10^{24}}$$

$$\frac{I_T}{I_S} = 4,7 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-5}$$

$$I_S \approx 206107 \text{ W/m}^2$$

$$R_T = \sigma \cdot T^4$$

$$\hookrightarrow 5,67 \cdot 10^{-8}$$

$$\frac{71425000}{5,67 \cdot 10^{-8}} = T^4$$

$$T \approx 5957,5 \text{ K}$$

Figura 51 - Registro da estimativa da temperatura da superfície do Sol - ALUNO H e ALUNO J.

Os registros, como mencionando anteriormente, foram feitos pelos ALUNOS H e J, ficando evidente a diferença na forma de organização e de estrutura. Enquanto um deles fez algo mais objetivo e sistematizado na estrutura lógica da matemática, o outro tem um estilo de registro que se baseia na construção de textos, que descrevem o processo da execução do experimento. A estimativa dos alunos apresenta um erro de somente 2%, conforme a Figura 52 apresenta:

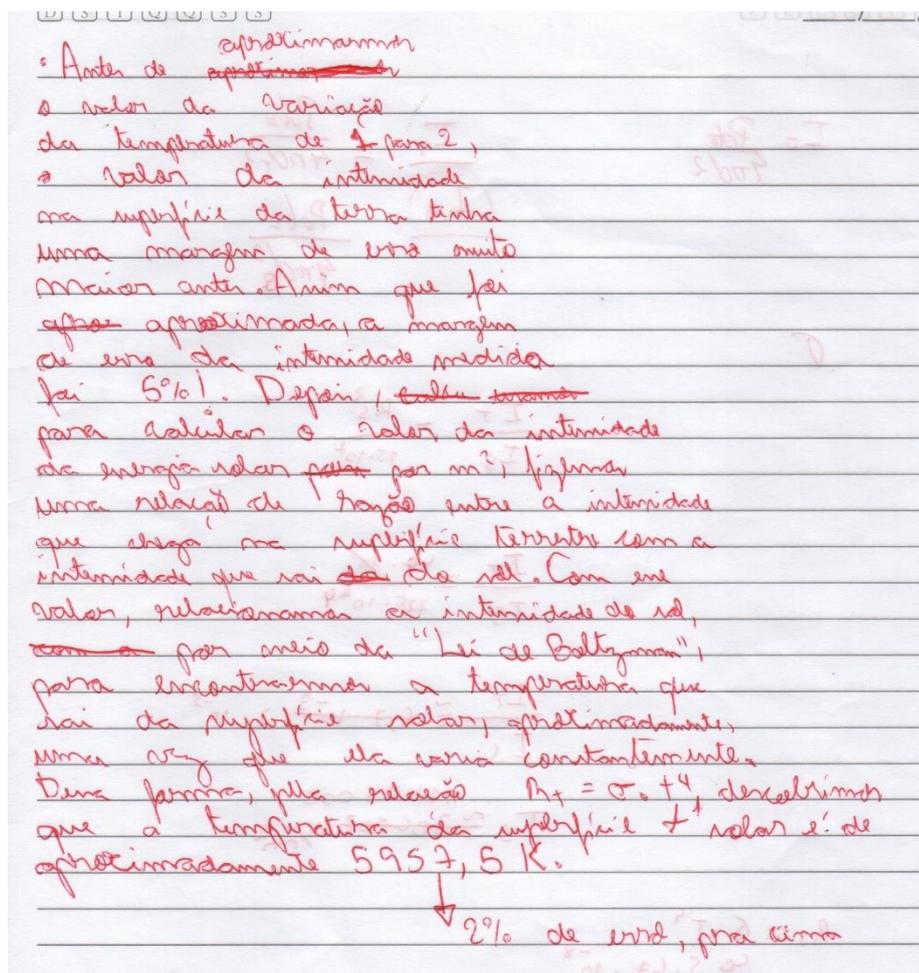


Figura 52 - Registro da síntese da atividade 4 - ALUNO H e ALUNO J.

Considerando as discussões e apresentações dos registros, juntamente com as anotações e impressões do professor, a Tabela 13 apresenta a sistematização de cada domínio do conhecimento abordado na Atividade 4:

Tabela 13 - Elementos de análise, por domínio - Atividade 4.

Domínios – Atividade 4		
Conceitual	Epistêmico	Social
<ul style="list-style-type: none"> • Conceitos alternativos dos alunos; • Conceitos científicos com aplicação da calorimetria; • Aplicação de conceitos teóricos em situações reais. • Reestruturação/adequação dos conceitos; • Conceitos novos de física moderna. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registros dos dados em tabelas; • Registros dos dados em tópicos; • Comparação entre a estimativa da constante solar e o valor fornecido; • Comparação entre a estimativa da temperatura da superfície do Sol e o valor fornecido; 	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicação entre os alunos; • Comunicação entre os alunos e Professor; • Divisão de tarefas; • Negociações/acordos para as modificações das estimativas da constante solar e temperatura de superfície do Sol;

- Organização dos dados;
 - Explicações;
 - Argumentações;
 - Aplicação dos conceitos conhecidos;
 - Levantamento de hipóteses;
 - Reestruturação/adequação dos processos, na estimativa da constante solar e na estimativa da temperatura da superfície solar.
- Colaboração entre os grupos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do desenvolvimento da sequência didática, sua implementação e a redação da dissertação, diversos elementos surgiram no processo. A sistematização desses elementos, por meio de algumas considerações, revela pontos relevantes que merecem ser revisitados neste capítulo. Um primeiro apontamento remete à presença da Astronomia nos currículos, com destaque aos conteúdos que, na BNCC, são chamados de objetos de conhecimentos. Na área de Ciências da Natureza, em particular no Ensino Fundamental, os conteúdos típicos da Astronomia aparecem de forma explícita e direta na unidade temática Terra e Universo. É possível observar termos como “identificar pontos cardeais”, “identificar algumas constelações”, “movimento de rotação da Terra”, “movimentos relativos entre Terra e o Sol”, “fases da Lua”, “estações do ano”, “sistema solar”, entre diversos outros, que claramente remetem a conteúdos da Astronomia fundamental, abordados com níveis de debates diferentes, tanto nos anos iniciais quanto nos finais.

A BNCC, em relação ao Ensino de Ciências no Ensino Médio, apresenta uma sistematização das habilidades diferente do Ensino Fundamental, pois apresenta uma estrutura curricular muito mais ampla, com apenas três competências específicas. Os temas típicos da astronomia aparecem em algumas habilidades, como na competência específica 3, de forma a ser abordada sempre de uma maneira ampla. Por exemplo, a habilidade EM13CNT201, diz respeito a “comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente”, a habilidade EM13CNT204 pede a elaboração de “explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo” e a habilidade EM13CNT209 apresenta elementos para “analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo” (Brasil, 2018). Percebe-se como as habilidades são extremamente amplas e pouco elaboram sobre quais objetos de conhecimento podem ser abordados para desenvolver as habilidades da competência 2, nem mesmo o grau de profundidade em que os temas da Astronomia devem ser abordados em atividades. São muitas possibilidades que demandam aspectos da competência do professor para elaborar, por meio do

currículo, atividades que abordem os assuntos típicos dessa área de conhecimento.

Com relação às leituras dos trabalhos que fazem parte da revisão bibliográfica, muitos trabalhos não deixam de forma evidente os pressupostos teóricos que dão suporte à construção e aplicação das atividades propostas, indicando uma tendência aos aspectos somente conceituais da Astronomia, se distanciando dos fatores pedagógicos, sem dialogar com as demandas formativas presentes nos currículos, como a BNCC. O Ensino de Astronomia precisa estar integrado com o Ensino de Ciências, tanto em uma relação de prática, quanto de base teórica, portanto, além de um distanciamento dos currículos, as leituras dos trabalhos indicam um distanciamento das referências do Ensino de Ciências, como os domínios do conhecimento proposto por Duschl (2003, 2008), por exemplo. Os três momentos pedagógicos, por vezes, são utilizados, mas sempre de uma maneira objetiva e estrutural, sem um debate mais aprofundado das suas bases teóricas e as implicações para a construção e implementação das atividades.

Em relação a aplicação da sequência, é evidente que foram abordadas questões conceituais, tanto no que se refere ao conhecimento prévio dos alunos, quanto com o desenvolvimento de novos conceitos. Os alunos tiveram a oportunidade do contato com conceitos da física moderna, como a Lei de Stefan-Boltzmann e a Lei de Wien, aplicadas em situações pontuais no laboratório, possibilitando a extrapolação para situações mais amplas, como a explicação da relação da cor das estrelas devido à temperatura. Com as atividades experimentais, os alunos puderam ter contato com situações em que a Física aprendida no ensino regular não dava conta de explicar, pois se mostrava com limitações de atuação na resolução de problemas reais, diferente dos problemas típicos de vestibulares. Os alunos foram colocados sempre em posição de aplicar o que sabiam em situações que forçavam a readequação e adaptação do que já era sabido, ou em uma posição de aquisição de novos saberes.

Foi uma opção didática não entregar os aparatos experimentais prontos aos alunos, o que configurou a construção dos experimentos como algo a ser desenvolvido. Apenas com algumas pequenas orientações, eles tiveram que construir o espectroscópio, a lâmpada de grafite e o aparato para estimar a constante solar, fazendo com que tivessem que apreender novos conhecimentos

para construir e utilizar esses aparatos. Assim, desenvolveram de novos saberes que não estão contidos de forma clássica na Física ou Astronomia. O desenvolvimento dos alunos não se dá somente na construção, mas também na utilização dos aparatos experimentais, quando passam a empregar sentido, como no caso da observação das falhas no espectro, ou na observação do grafite, que passa a brilhar e a temperatura medida não está de acordo com o valor teórico, ou na estimativa da constante solar, que demanda uma relação complexa entre as diversas variáveis, tanto na construção do aparato experimental, quanto na sua utilização.

A descrição da aplicação da sequência, presente no capítulo 4, e a análise dos registros dos alunos, capítulo 5, indicaram que os Três Momentos Pedagógicos não se encerram em uma única atividade. Cada atividade apresenta problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento, contudo, por diversas vezes, essas estruturas eram retomadas em atividades adiante na sequência, indicando uma constante retomada dos momentos pedagógicos. Por exemplo, na atividade do espectroscópio, sempre eram retomados os debates da atividade para exemplificar, fomentando a construção de novas relações entre o que já sabiam com o que estavam observando e debatendo. O mesmo ocorreu quando os alunos estimaram a temperatura da superfície do Sol e necessitaram retomar e extrapolar os conceitos desenvolvidos e sistematizados na atividade do grafite incandescente, extrapolando para outros contextos.

Em relação aos registros das atividades, optou-se por não existir um padrão estabelecido. O resultado da escolha foi uma grande multiplicidade de padrões de organização das informações e registros feitos pelos alunos. Nas atividades do espectroscópio, por exemplo, os registros foram feitos em tabela, no formato de texto, e esquemas, por exemplo, indicando que diversos elementos das práticas científicas foram desenvolvidos. Contudo, ficou evidente que a tarefa-registro deve ser sempre feita por alunos diferentes, para que todos tenham a possibilidade de desenvolver essa habilidade. Os ALUNOS H e J tinham estilos de registro completamente diferentes, e só foi possível verificar quando um deles faltou em uma das atividades, mostrando a importância de todos desenvolverem as habilidades necessárias de sistematização das atividades e possibilitar a comunicação dos dados e conclusões.

A sequência didática desenvolvida, aplicada e analisada, apresentou um grande potencial para dialogar, tanto com as demandas curriculares presentes na BNCC, quanto com os referenciais do Ensino de Ciências, que apoiaram não só a aplicação das atividades com o Ensino por Investigação em uma abordagem didática, mas também a análise dos registros por meio dos domínios do conhecimento, como proposto por Duschl (2003, 2008). Dinâmicas pensadas nessas referências teóricas permitem aos alunos a aproximação e desenvolvimento de práticas típicas da Ciências, como o capítulos 4, que contém as descrições das aplicações, e 5, que contém as análises dos registros dos alunos, evidenciam. Portanto, o tema cor e temperatura foi abordado no decorrer da aplicação das atividades, promovendo dinâmicas que, para além do domínio conceitual, permitiu o desenvolvimento dos domínios epistêmico e social, conforme indicou as análises dos registros das atividades.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. R.; HOUSUME, Y. Tópicos de astronomia, astrofísica e cosmologia na 1ª série do ensino médio como parte integrante de um projeto curricular diferenciado de física. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA*, n. 25, p. 51-70, 2018.
- ALMEIDA, R. S.; PEREZ, C. A. C. Espectroscopia no ensino de astronomia: uma abordagem da física moderna e contemporânea. *Atas do XXIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF*, 2019.
- AMORIM, M. A.; FARIAS, D. A.; ANJOS, E. M.; NASCIMENTO, E. C. V.; SILVA, W. F. Análise de espectros utilizando espectroscópio caseiro. *Atas do V Simpósio Nacional de Educação em Astronomia*, Londrina, PR, 2018.
- ANNUNCIACÃO, M. *Ensino de astronomia através de uma sequência didática: observe as estrelas e aprenda com elas*. 2020. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ARAÚJO, S. A. *O olho e o céu – contextualizando o ensino de astronomia no ensino médio*. 2005. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN.
- BASTOS, A. P. S. *Potenciais problemas significadores em aulas investigativas: contribuições da perspectiva histórico-cultural*. 2017. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Tradução de M. J. Alvarez, S. B. Santos e T. M. Baptista. Porto: Porto Editora, 1994.
- BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. Ministério da Educação e Cultura – MEC. Brasília, DF, 2018.
- BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil* (1988). Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 05 jul. 2024.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. *LDB - Lei nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996*.
- BRASIL. *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+ - Ensino Médio): Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Ministério da Educação e dos Desportos – MEC. Brasília, DF, 2002.

BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza*. Ministério da Educação e dos Desportos – MEC. Brasília, DF, 1998.

BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio. Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Ministério da Educação e dos Desportos – MEC. Brasília, DF, 2000.

BRETONES, P. S.; COMPIANI, M. A observação do céu como ponto de partida e eixo central em um curso de formação de professores. *Revista Ensaio*, v. 12, n. 2, 2010.

CALADO, F. D.; OLIVEIRA, H. L. O diagrama HR como ideia-âncora para a organização prévia no ensino de astronomia e física. *Atas do XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF*, 2015.

CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (SEI). In: LONGHINI, M. D. (Org.). *O Uno e o Diverso*. Uberlândia: EDUFU, cap. 18, p. 253-266, 2011.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. *RBPEC*, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.

CARVALHO, T. F. G. *Da divulgação ao ensino: um olhar para céu*. 2016. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CENTA, F. G.; MUENCHEN, C. O despertar para uma cultura de participação no trabalho com um tema gerador. *ALEXANDRIA - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 9, n. 1, p. 263-291, 2016.

CESTARI, T. N.; SANTOS, M. G.; AMARAL, R. A. Uma proposta de ensino de fundamentos de astronomia e astrofísica via ensino sob medida. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA*, n. 29, p. 7-25, 2020.

CHALMERS, A. F. *O que é ciência afinal?* Trad.: Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1993.

CUNHA, M. V. John Dewey e o pensamento educacional brasileiro: a centralidade da noção de movimento. *Revista Brasileira de Educação*, v. 17, 2001.

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

DESLAURIERS, J. P.; KÉRISIT, M. O delineamento de pesquisa qualitativa. In: VÁRIOS AUTORES. *A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos*. Trad.: Ana Cristina Nasser. 4. ed. Petrópolis: Vozes, 2014.

DEWEY, J. O desenvolvimento do pragmatismo americano. *Scientiae Studia*, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 227-243, 2007.

DUSCHL, R. A. Assessment of inquiry. In: ATKIN, J. M.; COFFEY, J. E. (Ed.). *Everyday assessment in the science classroom*. Washington, DC: National Science Teachers Association Press, 2003. Cap. 4, p. 41-59.

FARES, E. A.; MARTINS, K. P.; ARAÚJO, L. M.; FILHO, M. S. O universo das sociedades numa perspectiva relativa: exercícios de etnoastronomia. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, n. 1, p. 77-85, 2004.

FARIA, R. P. *Fundamentos de astronomia*. São Paulo: Papirus, 2001.

FORNAZARI, J. F. *Diagrama de Hertzsprung-Russell como ferramenta de ensino de física: proposta de uma sequência didática*. 2021. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

FREIBERG, H. L. Elementos catalisadores para a promoção da negociação de sentidos. 2015. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

FREITAS, N. C.; ROMEU, M. C. Ensino de física no contexto da astronomia: um estudo de cores e espectros eletromagnéticos a partir da aprendizagem cooperativa jigsaw. In: *Atas do XXIV Simpósio Nacional de Ensino de Física - SNEF 2021*.

GEE, J. P. *An introduction to discourse analysis: theory and method*. Routledge, 2010.

GIACOMINI, A.; MUENCHEN, C. Os três momentos pedagógicos como organizadores de um processo formativo: algumas reflexões. *RBPEC - Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 15, n. 2, 2015.

KELLY, G.; LICONA, P. Epistemic practices and science education. In: MATTHEWS, M. *History, philosophy and science teaching*. 2018.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. *São Paulo em Perspectiva*, v. 14, n. 1, 2000.

LANGHI, R. *Astronomia observacional para professores de ciências: uma introdução ao reconhecimento do céu noturno*. In: LONGUINI, M. D. (Org.). *Educação em Astronomia: uma experiência e contribuições para a prática pedagógica*. Campinas: Átomo, 2010.

LIMA, M. S. S.; NASCIMENTO, J. C. S.; CAMPOS, A. Astrônomo mirim: uma atividade de espectroscopia nos anos finais do ensino fundamental. *Atas do XXV Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2023*.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: E.P.U., 1986.

MACHADO, A. S.; COIMBRA, D. Projeto astronomia para amadores mirins: ciência além dos muros da escola. *Atas do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física*. Rio de Janeiro – RJ, 2005.

MACHADO, D. I. Estrelas variáveis no contexto educacional: uma proposta envolvendo a observação de cefeidas clássicas no ensino médio. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA*, n. 28, p. 7-25, 2019.

MUENCHE, C. *A disseminação dos três momentos pedagógicos: um estudo sobre práticas docentes na região de Santa Marina/RS*. 2010. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC – SC.

MUENCHE, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos: um olhar histórico-epistemológico. *Atas do XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*. Águas de Lindóia – SP, 2010.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. A construção de um processo didático-pedagógico dialógico: aspectos epistemológicos. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v. 14, n. 3, p. 199-215, 2012.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? *Revista Ensaio*, v. 9, n. 1, p. 72-89, 2007.

NAPOLEÃO, T. A. J. *Diagrama de Hertzsprung-Russell como ferramenta de ensino de física: uma proposta de uma sequência didática*. 2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

NASCIMENTO, S. S. Astronomia popular e astronomia escolar – uma perspectiva de diálogo de ensino em espaços escolares e não escolares. *Atas do VII Encontro Nacional em Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis – SC, 2009.

NASCIMENTO, S. S.; HAMBURGER, E. W. Considerações sobre um curso de extensão para professores de ciência. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 11, p. 43-51, abr. 1994.

OLIVEIRA, M. V.; BISCH, S. M. Buracos negros, estrelas e galáxias: uma proposta didática para o ensino médio referenciada nos três momentos pedagógicos e na significação conceitual. *Atas do VI Simpósio Nacional de Educação em Astronomia*. Bauru – SP, 2022.

PALMIERI, M. *Aspectos epistêmicos e conceituais em interações discursivas possibilitadas por atividades investigativas em aulas de física*. 2019.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

RONAN, C. A. *Histórias ilustradas das ciências: I das origens à Grécia*. Rio de Janeiro: Zahar, 1987.

ROSA, C. W.; ROSA, A. B. O ensino de ciências (física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. *Revista Ibero-Americana de Educação*, n. 58, 2012.

SÁ, E. F.; LIMA, M. E. C. C.; JUNIOR, O. A. A construção de sentidos para o termo ensino por investigação no contexto de um curso de formação. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16, n. 1, p. 79-102, 2011.

SANTOS, P. A. D. A. S. *A física moderna no interior das estrelas massivas*. 2022. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e a escola. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ensino de Ciências*, v. 17, especial, 2015.

SASSERON, L. H. Ensinar ciências em um mundo repleto de informações: do reconhecimento e dos obstáculos à necessidade de práticas em sala de aula. In: SILVA, A. C. T.; SOUZA, D. N. *Sequências didáticas investigativas para o ensino de ciências*. Curitiba: CRV, 2020.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. *Ciência e Educação*, v. 17, n. 1, p. 97-114, 2011.

SIEMSEN, G. H.; LORENZETTI, L. Potencialidades para a promoção da alfabetização científica e tecnológica a partir de uma proposta interdisciplinar de ensino de astronomia para o ensino médio. *Atas do V Simpósio Nacional de Educação em Astronomia*. Londrina – PR, 2018.

SILVA, M. B.; GEROLIN, E. C.; TRIVELATO, S. L. F. A importância da autonomia dos estudantes para a ocorrência de práticas epistêmicas no ensino por investigação. *RBPEC*, v. 18, n. 3, p. 905-933, 2018.

SILVA, M. B.; SASSERON, L. H. Alfabetização científica e domínios do conhecimento científico: proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a transformação social. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ensino de Ciências*, v. 23, 2021.

SOARES, N. *O mapeamento dos domínios conceitual, epistêmico e social e das perguntas do professor no ensino de ciências por investigação*. 2019.

Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

SOLINO, A. P.; FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Ensino por investigação como abordagem didática: desenvolvimento de práticas científicas escolares. *Atas do XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF*. 2015.

SOUZA, R. A.; NARTINELI, T. A. P. Considerações históricas sobre a influência de John Dewey no pensamento pedagógico brasileiro. *Revista HISTEDBR On-line*, Campinas, n. 35, p. 160-162, 2009.

STROUPE, D.; CABALLERO, M. D.; WHITE, P. Fostering students' epistemic agency through the configuration of moth research. *Science Education*, 2018.

SUTTON, C. Ideas sobre ciencia e ideas sobre lenguaje. *Alambique*, 1997.

VIEIRA, M. B. F. *Astrofísica estelar para o ensino médio: análise de uma proposta didática*. 2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

ZABALLA, A. *A prática educativa: como ensinar*. Trad. Ernani F. F. Rosa. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

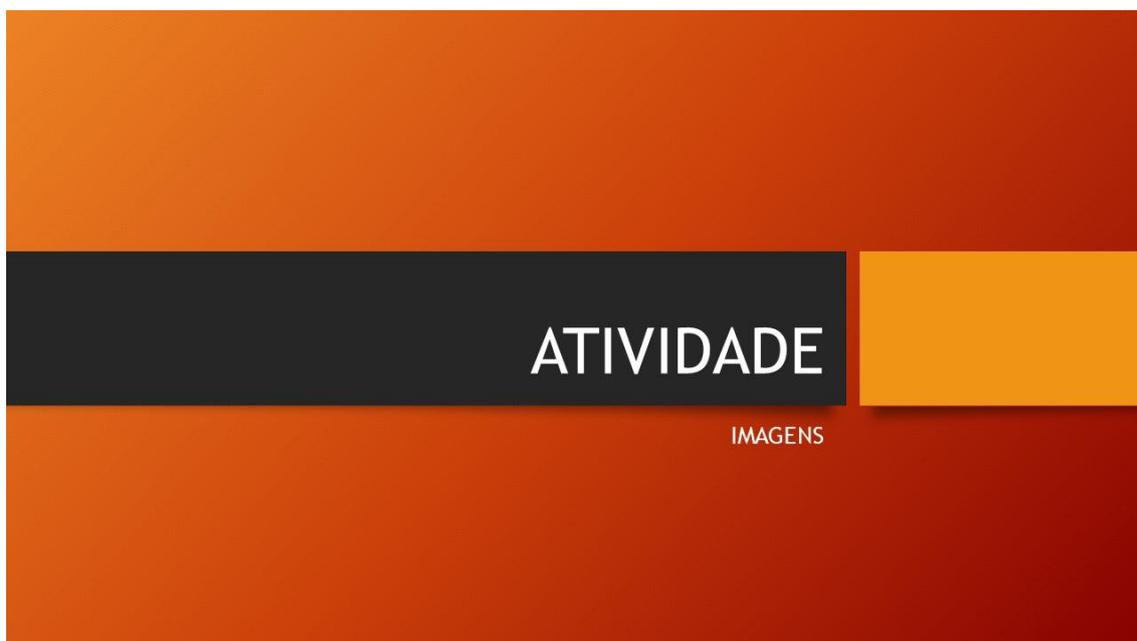
APÊNDICE

APÊNDICE 1 – TABELA DE TRABALHOS SELECIONADOS PARA A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

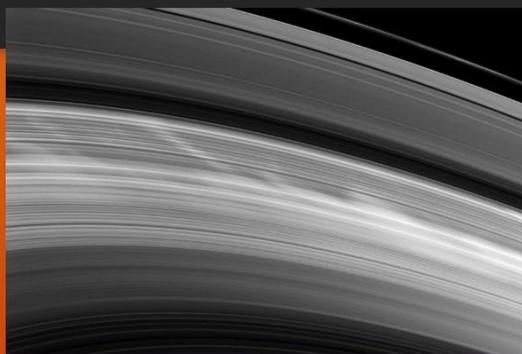
Tabela 14 - Trabalhos selecionados para a revisão bibliográfica.

FONTE	ANO	TÍTULO
MPEA	2022	A FÍSICA MODERNA NO INTERIOR DAS ESTRELAS MASSIVAS
MPEA	2021	DIAGRAMA DE HERTZSPRUNG-RUSSEL COMO FERRAMENTA DE ENSINO DE FÍSICA: UMA PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA
MPEA	2020	ENSINO DE ASTRONOMIA ATRAVES DE SEQUENCIA DIDÁTICA: OBSERVE AS ESTRELAS E APRENDA COM ELAS
MPEA	2018	ASTROFÍSICA ESTELAR PARA O ENSINO MÉDIO: ANÁLISE DE UMA PROPOSTA DIDÁTICA
MPEA	2018	ASTROFÍSICA ESTELAR PARA O ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM EMPÍRICA BASEADA NA OBSERVAÇÃO VISUAL DAS ESTRELAS VARIÁVIES
RELEA	2020	UMA PROPOSTA DE ENSINO DE FUNDAMENTOS DE VIA ENSINO SOB MEDIDA
RELEA	2019	ESTRELAS VARIÁVEIS NO CONTEXTO EDUCACIONAL: UMA PROPOSTA ENVOLVENDO A OBSERVAÇÃO DE CEFEIDAS CLÁSSICAS NO ENSINO MÉDIO
RELEA	2018	TÓPICOS DE ASTRONOMIA, ASTROFÍSICA E COSMOLOGIA NA 1ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO COMO PARTE INTEGRANTE DE UM PROJETO CURRICULAR DIFERENCIADO DE FÍSICA
SNEA	2022	BURACOS NEGROS, ESTRELAS E GALÁXIAS: UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO REFERENCIADA NOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS E NA SIGNIFICAÇÃO CONCEITUAL
SNEA	2018	POTENCIALIDADES PARA A PROMOÇÃO DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA A PARTIR DE UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR DE ENSINO DE ASTRONOMIA PARA O ENSINO MÉDIO
SNEA	2018	ANÁLISE DE ESPECTROS UTILIZANDO ESPECTROSCÓPIO CASEIRO
SNEF	2023	ASTRÔNOMO MIRIM: UMA ATIVIDADE DE ESPECTROSCOPIA NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL
SNEF	2021	ENSINO DE FÍSICA NO CONTEXTO DA ASTRONOMIA: UM ESTUDO DE CORES E ESPECTROS ELETROMAGNÉTICOS A PARTIR DA APRENDIZAGEM COOPERATIVA JIGSAW
SNEF	2019	ESPECTROSCOPIA NO ENSINO DE ASTRONOMIA: UMA ABORDAGEM DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA.
SNEF	2015	O DIAGRAMA HR COMO IDEIA-ÂNCORA PARA A ORGANIZAÇÃO PRÉVIA NO ENSINO DE ASTRONOMIA E FÍSICA

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE 2 – SLIDES UTILIZADOS NAS ATIVIDADES APLICADAS²²

²² A apresentação de slides utilizada para aplicar a sequência foi elaborada pelo autor.



Fonte: Crédito da Imagem – Cassini Imaging Team, ISS, JPL, ESA, NASA – Disponível em:
<https://apod.nasa.gov/apod/ap090901.html>



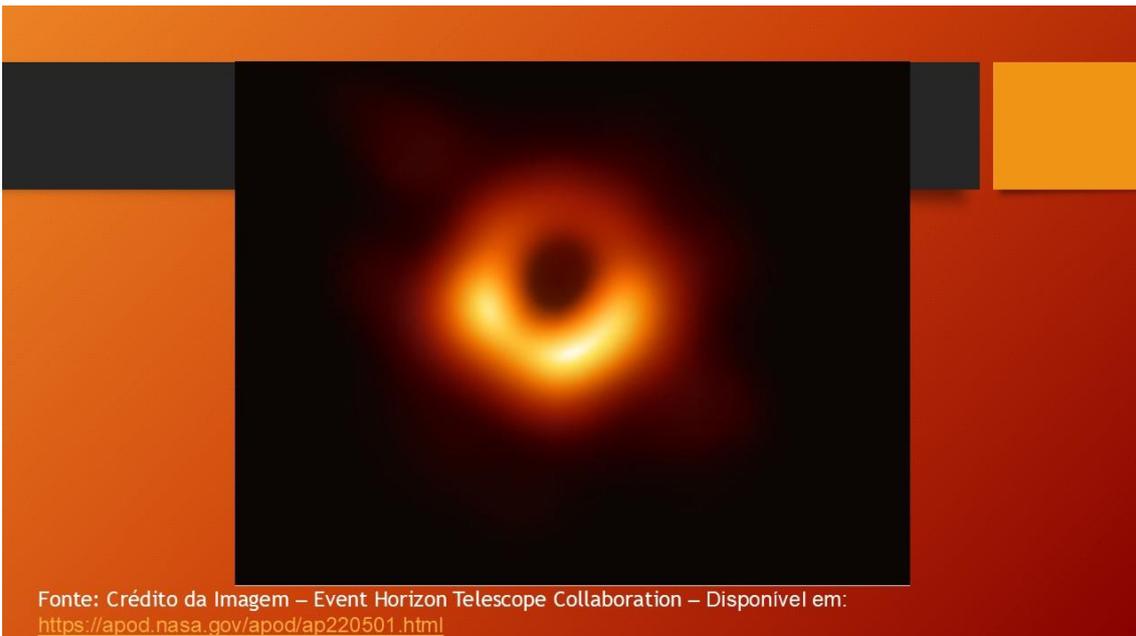
Fonte: Crédito da Imagem – NASA, ESA, Hubble; Processamento : Judy Schmidt – Disponível em:
<https://apod.nasa.gov/apod/ap230709.html>



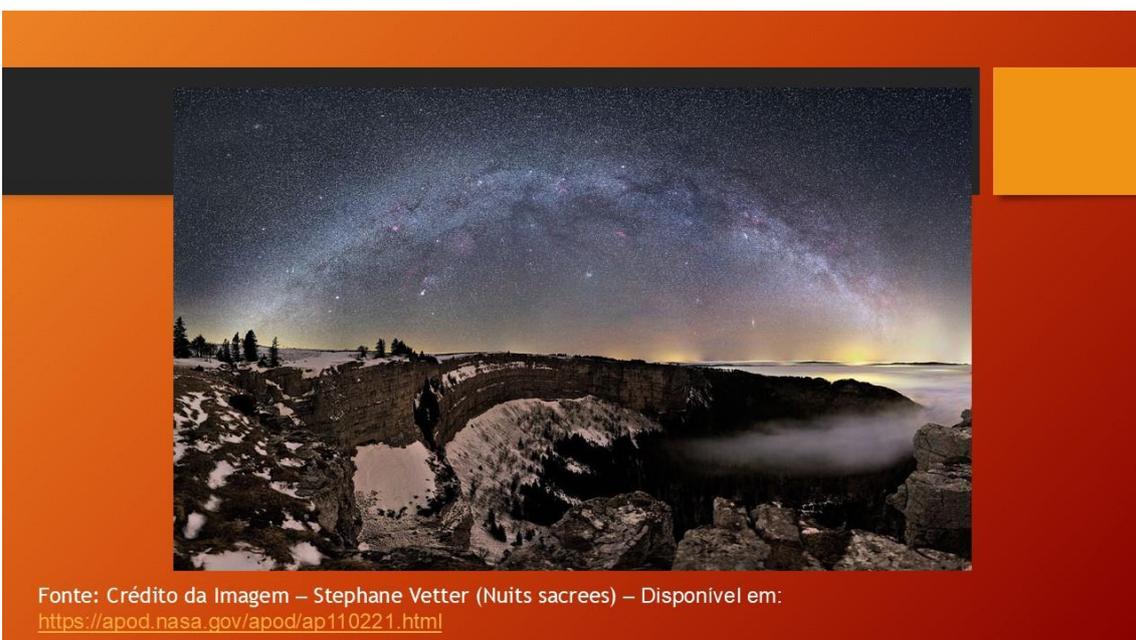
Fonte: Crédito da Imagem – TIROS Program, NASA – Disponível em:
<https://apod.nasa.gov/apod/ap000401.html>



Fonte: Crédito da Imagem – NASA, ESA, CSA, Jupiter ERS Team; Processamento: Ricardo Hueso (UPV/EHU)
e Judy Schmidt – Disponível em: <https://apod.nasa.gov/apod/ap220830.html>



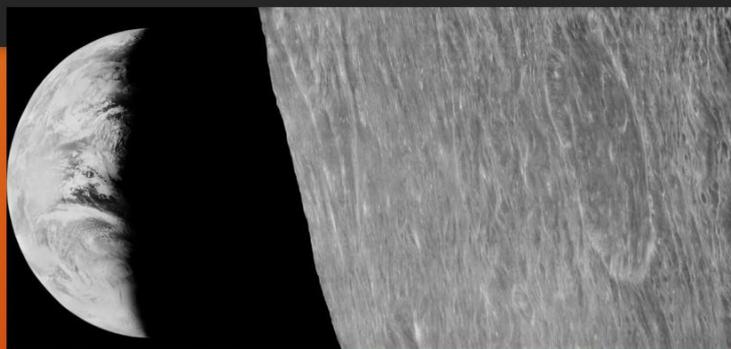
Fonte: Crédito da Imagem – Event Horizon Telescope Collaboration – Disponível em:
<https://apod.nasa.gov/apod/ap220501.html>



Fonte: Crédito da Imagem – Stephane Vetter (Nuits sacrees) – Disponível em:
<https://apod.nasa.gov/apod/ap110221.html>



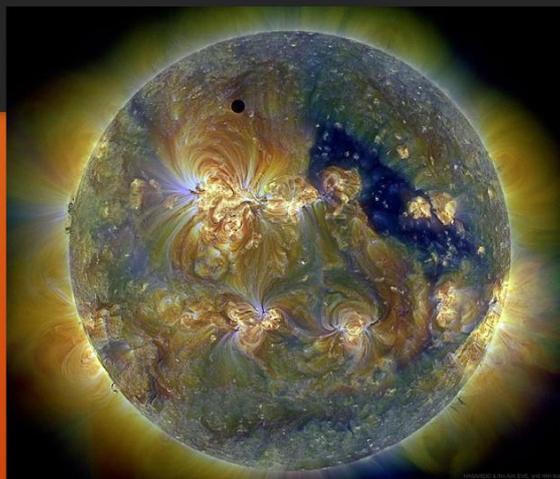
Fonte: Crédito da Imagem – Cassini Imaging Team, SSI, JPL, ESA, NASA – Disponível em:
<https://apod.nasa.gov/apod/ap161212.html>



Fonte: Crédito da Imagem – NASA / Lunar Orbiter Image Recovery Project – Disponível em:
<https://apod.nasa.gov/apod/ap160827.html>



Fonte: Crédito da Imagem – NASA, Apollo 11; Restauração:Toby Ord – Disponível em:
<https://apod.nasa.gov/apod/ap210503.html>



Fonte: Crédito da Imagem – NASA/SDO & the AIA, EVE, and HMI teams; Composição: Peter L. Dove –
Disponível em: <https://apod.nasa.gov/apod/ap220306.html>

Discuta no grupo

- Existe algo comum entre as imagens?
- Os objetos são fontes de Luz?
- Todas as imagens apresentam cor?

Discussão da turma

ATIVIDADE

CONSTRUIR UM ESPECTROSCÓPIO

Materiais

- Caixa de sapato
- CD
- Fenda

Construção

- A luz entra pela fenda;
- Reflete no CD;
- Sai por outra abertura (ponto de observação).

Discuta em grupo

- Observe diferentes fontes de luz;
- Discuta os resultados das observações;
- Elaborar uma forma de sistematização dos dados;
- Todas as fontes apresentaram o mesmo padrão? Discuta por meio dos dados obtidos.

Discussão da turma

ATIVIDADE

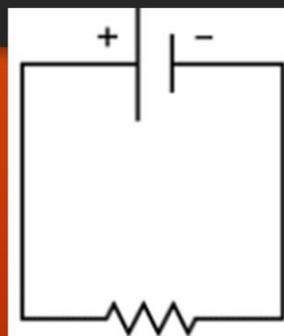
LÂMPADA DE GRAFITE

Materiais

- Fios e conectores
- Grafite
- Pilhas

Construção

- O Grafite é o resistor;
- A pilha é o gerador.



Discuta em grupo

- O que o grupo espera acontecer?
- Realize o experimento e descreva os resultados.
- Discuta no grupo uma forma de estimar a potência dissipada pelo grafite.
- Quais aspectos do experimento podemos variar? O que muda no resultado? Repita os procedimentos anteriores.
- Elaborar uma forma de sistematização dos dados;
- Discuta os resultados das observações.

Discussão da turma

ATIVIDADE

CONSTANTE SOLAR

Materiais

- Pote de vidro
- Termômetro
- Papel cartão
- Água

Construção

- Observar a imagem



Discuta em grupo

- O que o grupo espera acontecer? Quais são as principais variáveis que devemos medir?
- Realize o experimento e descreva os resultados.
- Elaborar uma forma de sistematização dos dados;
- Discuta no grupo uma forma de estimar a constante solar.
- Quais aspectos do experimento podemos variar? O que muda no resultado? Repita os procedimentos anteriores.
- Elaborar uma forma de sistematização dos dados.
- Discuta os resultados das observações.

Discussão da turma

ESTIMATIVA DA CONSTANTE SOLAR



Fonte: Acervo do Professor

ESTIMATIVA DA CONSTANTE SOLAR



Fonte: Acervo do Professor

ESTIMATIVA DA CONSTANTE SOLAR

$$m = 300 \text{ g}$$

$$c = 4,2 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

$$\Delta t = 15 \text{ min} \rightarrow \Delta t = 900 \text{ s}$$

$$\text{Área} \rightarrow A = 5,355 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

ESTIMATIVA DA CONSTANTE SOLAR

Situação	Ti - Água (°C)	Tf - Água (°C)	Varição (°C)
1,0	22,0	25,5	3,5
2,0	20,0	24,7	4,7
3,0	21,1	25,9	4,8

Situação	Ti - sombra (°C)	Tf - sombra (°C)	Varição (°C)
1,0	23,2	23,2	0,0
2,0	20,5	21,5	1,0
3,0	21,0	22,0	1,0

ESTIMATIVA DA CONSTANTE SOLAR

Situação	Calor - água (J)	Calor - sombra (J)	Diferença (J)
1	4410,0	0,0	4410,0
2	5922,0	1260,0	4662,0
3	6048,0	1260,0	4788,0

Situação	Intensidade (W/m ²)
1	915,0
2	967,3
3	993,5

Intensidade média (W/m ²)
958,6

CONSTANTE SOLAR (W/m ²)
1369,4

ESTIMATIVA DA CONSTANTE SOLAR

$P_o \rightarrow$ Potência do Sol

$R_T = 1,496 \times 10^{11} m \rightarrow$ Raio de órbita da Terra

$R_o = 6,96 \times 10^8 m \rightarrow$ Raio do Sol

$I_{sol} = 1369,4 \text{ W/m}^2 \rightarrow$ Constante solar média

$I_o \rightarrow$ na superfície do Sol

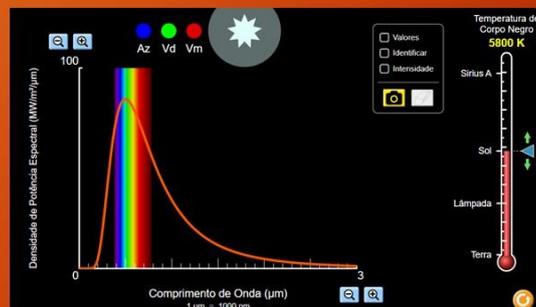
ESTIMATIVA DA CONSTANTE SOLAR

$$I = \frac{P}{4\pi R} \rightarrow \frac{I_o}{I_{sol}} = \frac{P_o}{4\pi R_o^2} \times \frac{4\pi R_T^2}{P_o}$$

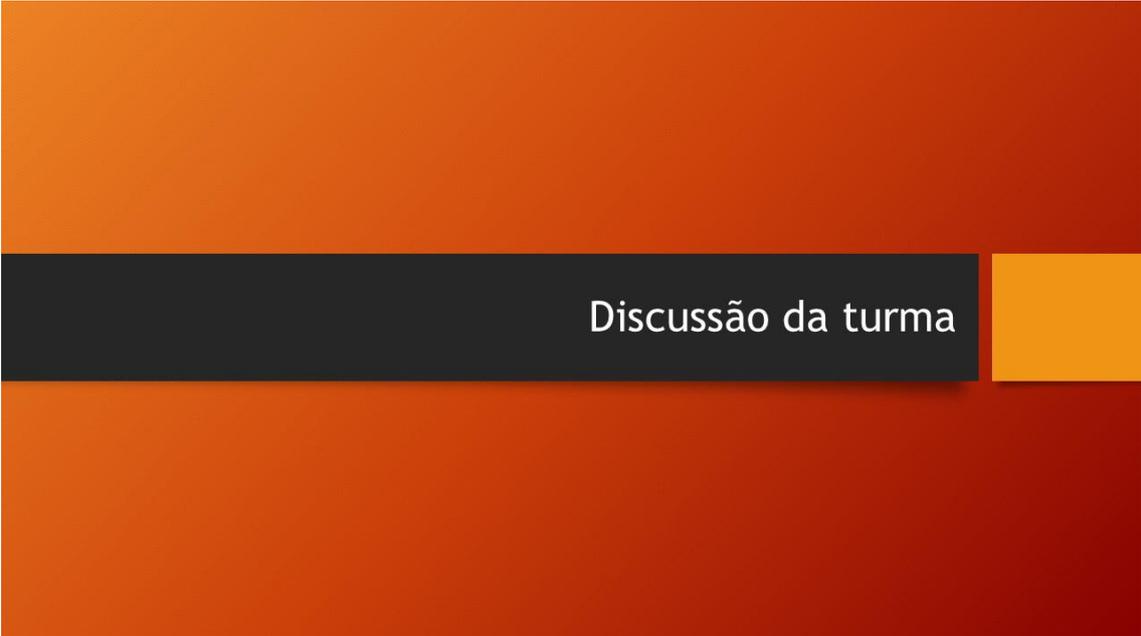
$$I_o = I_{sol} \left(\frac{R_T}{R_o} \right)^2 \rightarrow I_o = 6,33 \times 10^7 \text{ W/m}^2$$

ESTIMATIVA DA CONSTANTE SOLAR

$$I_o = \sigma T^4 \rightarrow T \cong 5772 \text{ K}$$



Fonte: Acervo do Professor



Discussão da turma

APÊNDICE 3 – SEQUÊNCIA DIDÁTICA – COR E TEMPERATURA DE ESTRELAS

APRESENTAÇÃO

A sequência foi organizada de acordo com a estrutura dos Três Momentos Pedagógicos, ou seja, cada atividade apresenta *Problematização*, *Organização* e *Aplicação do Conhecimento*. Já o Ensino por Investigação em uma abordagem didática, permeia todas as atividades durante a aplicação da sequência, pois demanda a interação entre o professor e os alunos ao longo de todo o processo. As atividades foram desenvolvidas para serem aplicadas com alunos do último ano do Ensino Médio, totalizando 6 encontros com 2 aulas de 45 minutos, contudo, existe a possibilidade de readequação da proposta didática e atender a primeira e segunda série do Ensino Médio ou anos finais do Ensino Fundamental. A princípio, os alunos sempre se organizam em pequenos grupos no momento da realização das atividades e é proposto o compartilhamento das impressões e conclusões ao final, para toda a turma, no momento de síntese das discussões. Vale ressaltar que a sequência pode e deve ser modificada para atender às demandas de cada contexto de aplicação, ou mesmo readequação de tempo, ou quantidade de atividades. A seguir, apresenta-se a ordem prevista para a realização das atividades:

1. ATIVIDADE – IMAGENS ASTRONÔMICAS
2. ATIVIDADE – CONSTRUÇÃO DO ESPECTROSCÓPIO
3. ATIVIDADE – CORES DOS CARTÕES
4. ATIVIDADE – TESTE DAS CHAMAS
5. ATIVIDADE – LÂMPADA DE GRAFITE
6. ATIVIDADE – MEDIDA DA CONSTANTE SOLAR

A atividade IMAGENS ASTRONÔMICAS apresenta aos alunos onze imagens de diferentes objetos celestes, como a nebulosa de Orion, os anéis de Saturno, a estrela Eta Carinae, o planeta Terra visto do espaço, dentre outras, trazendo a atenção e gerando uma problematização, que busca promover o foco nas cores das imagens, criando questionamentos iniciais e provocações.

Algumas imagens não deixam evidente qual o objeto celeste selecionado, outras não evidenciam se o registro foi feito no espectro visível ou não, outras fotos foram feitas no visível, contudo, estão em escala de preto e branco e algumas imagens são evidentes construções digitais, como o caso da imagem do buraco negro. É uma atividade de abertura da sequência e busca complexificar a possível relação da cor intrínseca dos objetos, o tipo de emissão e o registro. Faz parte da atividade que os alunos possam construir os seus registros e sistematizações de uma forma livre, pois esse momento permite que eles elaborem maneiras de organizar as informações e uma forma de apresentar os resultados com os demais grupos.

Em seguida, a atividade CONSTRUÇÃO DO ESPECTROSCÓPIO pretende propor aos alunos dois momentos. No Primeiro momento, apresentam-se aos alunos pequenas instruções sobre como o espectroscópio deve funcionar, deixando a confecção livre, sem nenhum roteiro determinado. Diversos materiais, como papelão, cola, tesoura, CD, entre outros, são disponibilizados para que os alunos possam fazer suas próprias versões do dispositivo de análise. No segundo momento da atividade, já com o espectroscópio pronto, os alunos são convidados a observar diferentes fontes de luz e registrar as semelhanças e diferenças entre os espectros, contudo, minimamente, deveriam observar a luz solar, lembrando que nunca de forma direta e sempre mediada pelo espectroscópio, e a luz emitida por uma lâmpada de vapor de mercúrio ou sódio sendo a única exigência da atividade.

A intenção é evidenciar a diferença entre a decomposição do espectro da luz solar e a decomposição do espectro da lâmpada de vapor de mercúrio, por apresentarem emissões de natureza diferentes, sendo uma delas emissão devido à temperatura e a outra emissão por transição eletrônica. O formato do registro das atividades é livre, não apresentando um padrão estabelecido para os alunos, que devem organizar as informações da maneira que consideram melhor. Não é esperado que os alunos saibam observar e diferenciar tipos de emissões, mas é um ponto importante para dar continuidade as atividades futuras e retomar a atividade IMAGENS ASTRONÔMICAS.

Dando continuidade, a atividade CORES DOS CARTÕES coloca em debate a questão de que muitos objetos observados apresentam cores por reflexão da luz por se tratar de uma fonte secundária de luz. Os alunos devem

organizar cartões, com cores diversas, para realizar a atividade e, em um primeiro momento, criar hipóteses de como deve ficar a cor de cada cartão quando eles são iluminados por fontes de cores primárias de luz (verde, vermelho e azul).

Após o registro das hipóteses, os alunos devem fazer os testes utilizando uma fonte de luz primária construída por eles, com o auxílio de lanternas e papel celofane colorido, como “filtros” de cor. Existe a possibilidade de utilizar lâmpadas led, que já possuem sistema de cores primárias, ou kits de experimentos de óptica que tem três fontes de cores primárias de luz separadas. A atividade pretende mostrar como é a relação da cor dos objetos dependendo da fonte de cor primária, tema que já pode ser relacionado com a primeira atividade das IMAGENS ASTRONÔMICAS e também relacionado com as formas de emissão de luz discutidos na atividade CONSTRUÇÃO DO ESPECTROSCÓPIO.

A atividade TESTE DAS CHAMAS²³ tem a intenção de mostrar como a queima de sais diferentes permite a visualização de chamas de cores diferentes, que estariam diretamente associadas aos elementos químicos que compõem cada sal. É importante que os estudantes percebam que a emissão de luz nessa atividade de queima dos sais é um tipo de emissão diferente da discutida na atividade CORES DOS CARTÕES. É essencial que os alunos criem hipóteses e façam os registros para construir uma sistematização das ideias e resultados, retomando, sempre que possível, as atividades anteriores para construir elementos de análise e enriquecer o próprio repertório.

Dando continuação, a atividade LÂMPADA DE GRAFITE²⁴ apoia-se na eletrodinâmica para propor a construção de circuitos simples, com pilhas, fios e grafites. Com o circuito montado, é o momento de permitir a manipulação das variáveis do experimento e estimular que os alunos consigam aumentar a potência dissipada pelo grafite, que faz o papel de um resistor no circuito. A tensão é a variável mais fácil de manipular no formato que a atividade foi

²³ ATENÇÃO: IMPORTANTE REGISTRAR QUE A ATIVIDADE ENVOLVE POTENCIAIS RISCOS À INTEGRIDADE FÍSICA DOS ALUNOS E DEVE SER SUPERVISIONADA AO LONGO DE TODA REALIZAÇÃO.

²⁴ ATENÇÃO: IMPORTANTE REGISTRAR QUE A ATIVIDADE ENVOLVE POTENCIAIS RISCOS À INTEGRIDADE FÍSICA DOS ALUNOS E DEVE SER SUPERVISIONADA AO LONGO DE TODA REALIZAÇÃO.

desenhada, pois basta associar as pilhas para elevar a tensão aplicada aos grafites. Em um determinado momento, a tensão atinge o valor necessário para transformar o grafite em uma lâmpada incandescente, algo em torno de 12 V, que começa a brilhar com uma coloração avermelhada/alaranjada. Existe a possibilidade de abordar a atividade com os alunos de maneira apenas conceitual ou promover a sistematização matemática do experimento, com aplicação das equações da eletrodinâmica. Um momento propício para abordar temas da física moderna, como a Lei de Stefan–Boltzmann, que possibilita associar a potência dissipada pelo grafite por unidade de área, com a sua temperatura de superfície, de forma conceitual ou quantitativa. É uma outra maneira de emissão de luz, diferente das atividades CORES DOS CARTÕES e TESTES DAS CHAMAS, com uma relação direta ao espectro solar observado na atividade CONSTRUÇÃO DO ESPECTROSCÓPIO.

Para finalizar a sequência, a atividade MEDIDA DA CONSTANTE SOLAR propõe a utilização de materiais simples, como termômetro, cronômetro, papel cartão, água e um pote de vidro, para determinar o fluxo da radiação solar que atinge a superfície da Terra. Com a construção de um aparato com os materiais listados, é possível medir a variação de temperatura da água exposta à radiação solar. A quantidade de energia absorvida pela água é quantificada, pois é proporcional à variação da temperatura. Com a marcação de tempo que o aparato ficou exposto ao Sol, determina-se a potência. Desse modo, é possível determinar a quantidade de energia por unidade de área e por unidade de tempo após o desconto da quantidade de energia recebida do ambiente. O fluxo obtido equivale a cerca de 30% do fluxo que chega do Sol (algo em torno de 1350 W/m^2) na alta atmosfera, devido ao albedo médio, que corresponde à quantidade de energia refletida pela atmosfera. Com esse valor, é possível retomar o debate de uma forma apenas conceitual e/ou quantitativa. O resultado do experimento permite extrapolar e determinar a potência na superfície solar, por unidade de área e, retomando a Lei de Stefan–Boltzmann apresentada na atividade LÂMPADA DE GRAFITE, estimar a temperatura da superfície solar, que está em torno de 5800 K. É importante retomar a questão da emissão de luz pelo grafite, traçando um paralelo com a emissão de luz pelo Sol, sendo que, nas duas situações, a temperatura de superfície é o principal fator para a cor observada. A síntese da atividade é apresentar a Lei de Wien de forma conceitual e mostrar

a relação entre a cor e a temperatura das estrelas, apresentando a distribuição de radiação de corpo negro para diferentes temperaturas.

AS ATIVIDADES NO CONTEXTO DOS TRÊS MOMENTO PEDAGÓGICOS

Com as ideias gerais de cada atividade descritas e as possíveis relações que podem ser estabelecidas entre elas, torna-se imprescindível abordar cada uma delas dentro da estrutura dos *Três Momentos Pedagógicos*. Conseqüentemente, apresentar os principais pontos da *Problematização Inicial*, *Organização do Conhecimento* e *Aplicação do Conhecimento*, como forma de organizar a aplicação de cada elemento constituinte da sequência. Contudo, é importante ter em mente que a aplicação vai além do que se espera de cada atividade e do desenho dos momentos pedagógicos pensados para cada uma.

ATIVIDADE – IMAGENS ASTRONÔMICAS

Objetivo: A atividade tem como objetivo apresentar diversas imagens de objetos celestes para os alunos observarem e mapearem as semelhanças e diferenças entre elas, para servir como o motivador inicial sobre os tipos de emissão de luz.

Problematização Inicial: Os alunos são convidados a observar um conjunto de imagens não convencionais ao seu repertório, como forma de provocação e estimular a participação. Por vezes, alguns objetos celestes são familiares aos alunos, contudo, a coloração da imagem ou o enquadramento dificultam o reconhecimento, tornando a atividade instigante e desafiadora.

Organização do Conhecimento: Com a atividade iniciada, é o momento do professor provocar a interação nos grupos de trabalho com perguntas e evidenciando comentários e questionamentos que surgiram na problematização. Algumas perguntas previamente pensadas são colocadas aos alunos: Existe algo comum entre as imagens? Os objetos são fontes de Luz? Todas as imagens apresentam cor? Os alunos devem trabalhar em pequenos grupos e os registros são livres, pois eles devem estruturar a melhor forma de organizar as

informações entre os pequenos grupos de trabalho. As Figuras 53 a 63 mostram as imagens utilizadas.

Aplicação do Conhecimento: Os objetos são identificados em um diálogo ente o professor e os alunos, que são estimulados a confrontar percepções e anotações a respeito das imagens. As perguntas tomadas como referência são novamente colocadas em destaque para, no momento de síntese, abordar a existência de diferentes tipos de emissão de luz por cada objeto e como extrapolar para outros contextos.

IMAGENS



Figura 53 - Nebulosa de Orion, em infravermelho²⁵.

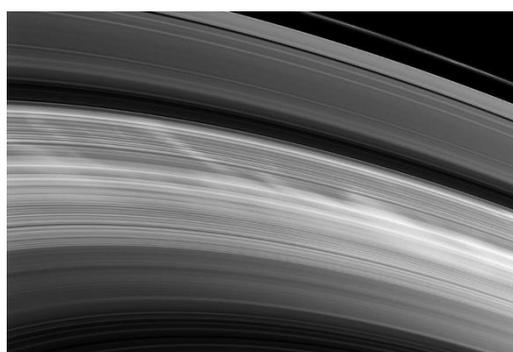


Figura 54 - Anéis de Saturno²⁶.

²⁵ Fonte: Crédito da imagem – NASA, JPL-Caltech, UCLA – Disponível em: <https://apod.nasa.gov/apod/ap130213.html>

²⁶ Fonte: Crédito da Imagem – Cassini Imaging Team, ISS, JPL, ESA, NASA – Disponível em: <https://apod.nasa.gov/apod/ap090901.html>



Figura 55 - Estrela Eta Carinae²⁷.



Figura 56 - Imagem da Terra²⁸.



Figura 57 - Planeta Júpiter, em infravermelho²⁹.

²⁷ Fonte: Crédito da Imagem – NASA, ESA, Hubble; Processamento : Judy Schmidt – Disponível em: <https://apod.nasa.gov/apod/ap230709.html>

²⁸ Fonte: Crédito da Imagem – TIROS Program, NASA – Disponível em: <https://apod.nasa.gov/apod/ap000401.html>

²⁹ Fonte: Crédito da Imagem – NASA, ESA, CSA, Jupiter ERS Team; Processamento: Ricardo Hueso (UPV/EHU) e Judy Schmidt – Disponível em: <https://apod.nasa.gov/apod/ap220830.html>

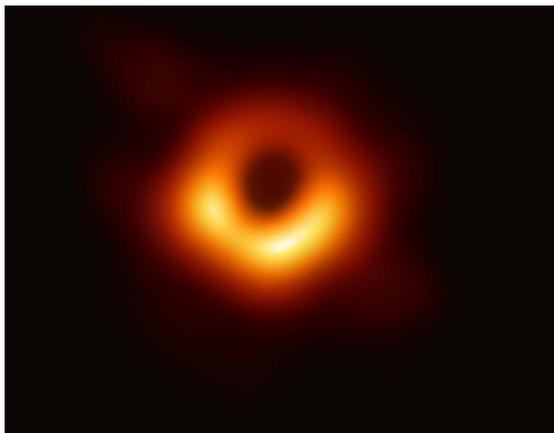


Figura 58 - Imagem indireta de um buraco negro, em rádio³⁰.



Figura 59 - Imagem da via Láctea³¹.

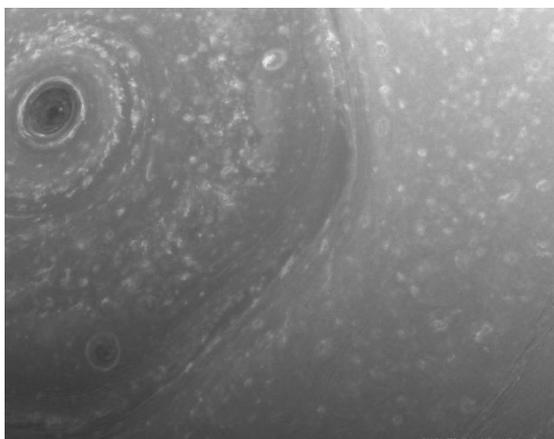


Figura 60 - Superfície de Saturno³².

³⁰ Fonte: Crédito da Imagem – Event Horizon Telescope Collaboration – Disponível em: <https://apod.nasa.gov/apod/ap220501.html>

³¹ Fonte: Crédito da Imagem – Stephane Vetter (Nuits sacrees) – Disponível em: <https://apod.nasa.gov/apod/ap110221.html>

³² Fonte: Crédito da Imagem – Cassini Imaging Team, SSI, JPL, ESA, NASA – Disponível em: <https://apod.nasa.gov/apod/ap161212.html>

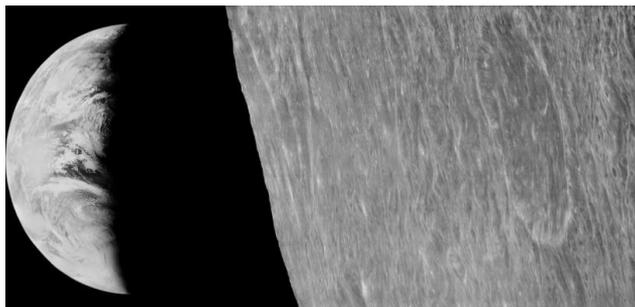


Figura 61 - Imagem da Terra, vista da Lua³³.



Figura 62 - Módulo lunar, sobrevoando a Lua e a Terra ao fundo³⁴.

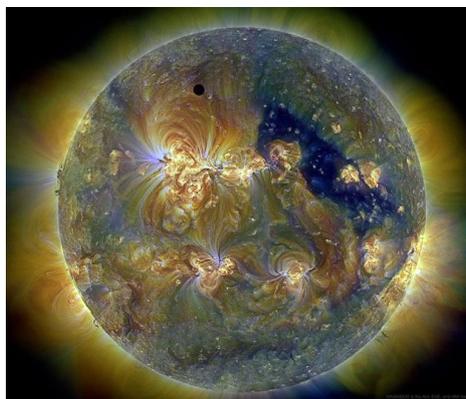


Figura 63 - Imagem do Sol, em ultravioleta³⁵.

³³ Fonte: Crédito da Imagem – NASA / Lunar Orbiter Image Recovery Project – Disponível em: <https://apod.nasa.gov/apod/ap160827.html>

³⁴ Fonte: Crédito da Imagem – NASA, Apollo 11; Restauração: Toby Ord – Disponível em: <https://apod.nasa.gov/apod/ap210503.html>

³⁵ Fonte: Crédito da Imagem – NASA/SDO & the AIA, EVE, and HMI teams; Composição: Peter L. Dove – Disponível em: <https://apod.nasa.gov/apod/ap220306.html>

POSSÍVEIS ENCAMINHAMENTOS E PERGUNTAS

- Existe algo comum entre as imagens?
- Os objetos são fontes de Luz?
- Todas as imagens apresentam cor?

ATIVIDADE – CONSTRUÇÃO DO ESPECTROSCÓPIO

Objetivos: A atividade é composta pela construção de um espectroscópio e a sua utilização como instrumento de observação de diferentes fontes de luz.

Problematização Inicial: Em um primeiro momento, os alunos devem ser instigados a construir um espectroscópio com materiais simples, como caixa de sapato, CD, dentre outros materiais. Para a construção, optou-se por fornecer instruções mínimas sobre a construção do espectroscópio, de forma a possibilitar aos alunos a resolução do problema posto, sem nenhum roteiro a ser seguido. A própria construção do espectroscópio já serviu de problematização para o restante da atividade, pois além da confecção, ele já seria utilizado para observar fontes de luz.

Organização do Conhecimento: Existem dois momentos para a organização do conhecimento dentro da atividade. Um dos momentos é a solução para construir um espectroscópio seguindo as poucas instruções feitas pelo professor, sendo importante que os alunos coloquem em prática diversas habilidades manuais e a promoção da capacidade de elaborar soluções com os materiais disponíveis. Com o espectroscópio montado, algumas etapas são propostas para os alunos articularem as observações e soluções: Observe diferentes fontes de luz; Discuta os resultados das observações; Elabore uma forma de sistematização dos dados; Todas as fontes apresentaram o mesmo padrão? e Discuta por meio dos dados obtidos. É importante os alunos pensarem a melhor forma de organizar as informações obtidas. O papel do professor é importante para delimitar claramente a necessidade de observar principalmente a luz do Sol e a luz vinda de uma lâmpada de vapor de mercúrio, fazendo com que percebam a diferença entre os espectros por meio de falhas nas cores.

Aplicação do Conhecimento: A sistematização da atividade deve levar em conta que as fontes apresentam um espectro observado diferentes. Os alunos precisam construir o raciocínio e levantar hipóteses sobre os possíveis motivos dos espectros observados serem praticamente contínuos para o Sol e apresentarem lacunas significativas no espectro da lâmpada fluorescente. O professor deve conduzir as possíveis explicações e como o momento de síntese pode promover novas problematizações sobre os conceitos de emissão por temperatura e por transição eletrônica.

MATERIAIS

- Caixa de sapato;
- CD;
- Papelão;
- Fita adesiva;
- Papel alumínio.

POSSÍVEIS ENCAMINHAMENTOS E PERGUNTAS

- Observe diferentes fontes de luz;
- Discuta os resultados das observações;
- Elaborar uma forma de sistematização dos dados;
- Todas as fontes apresentaram o mesmo padrão? Discuta por meio dos dados obtidos.

ATIVIDADE – CORES DOS CARTÕES

Objetivo: Utilizando o princípio das cores primárias da luz, observar cartões de cores diferentes sendo iluminados e comparar a cor suposta pelos alunos com a cor observada.

Problematização Inicial: O momento de problematização está dividido em duas etapas. Inicialmente, a própria construção das lanternas com emissão das cores

primárias da luz, utilizando lanternas e papel celofane, e depois, a proposição de hipóteses para qual cor será observado o cartão dependendo da cor primária utilizada.

Organização do Conhecimento: Os alunos devem sistematizar a cor esperada para cada cartão para cada cor primária e então, efetivamente realizar o experimento e verificar se a suposta cor do cartão vai ao encontro da hipótese inicial. Os registros são livres e os alunos devem apresentar uma organização construída nos pequenos grupos, que fique de fácil acesso para compartilhar com os demais. Algumas perguntas e diretrizes são colocadas para direcionar o debate: As cores dos cartões dependem da luz? Alguma hipótese para as cores dos cartões se manteve após o experimento? Elaborar uma forma de sistematização dos dados.

Aplicação do Conhecimento: O momento de síntese da atividade deve apontar que a emissão luz pelos cartões segue uma lógica diferente da emissão contínua, no caso da observação da luz solar com o espectroscópio, e diferente da emissão discreta devido transição eletrônica, como no caso da observação da luz da lâmpada de vapor de mercúrio. O tipo de emissão é devido à reflexão da luz e, portanto, os alunos devem propor outras situações onde isso acontece, ou explicar por que a reflexão é de um tipo diferente daquele observado na atividade do espectroscópio.

MATERIAIS

- Lanterna;
- Papel celofane (verde, vermelho e azul);
- Papel cartão de cores diferentes.

POSSÍVEIS ENCAMINHAMENTOS E PERGUNTAS

- Ilumine o papel cartão com as fontes de cores primárias de luz (lanterna + celofane);
- Discuta os resultados das observações;

- Elabore uma forma de sistematização dos dados;
- Como explicar os resultados do experimento? Discuta por meio dos dados obtidos.

ATIVIDADE – TESTE DA CHAMA

Objetivo: Utilizar a queima de diferentes soluções com sais e observar as colorações da chama em cada situação.

ATENÇÃO: IMPORTANTE REGISTRAR QUE A ATIVIDADE ENVOLVE POTENCIAIS RISCOS À INTEGRIDADE FÍSICA DOS ALUNOS E DEVE SER SUPERVISIONADA AO LONGO DE TODA REALIZAÇÃO.

Problematização Inicial: Os alunos devem ser estimulados a falar sobre o que eles esperam acontecer quando os sais forem queimados. Existe a possibilidade de os alunos já terem realizado essa atividade em anos anteriores, desse modo, é importante o professor revisitar os pontos que eles lembram, para então realizar a atividade.

Organização do Conhecimento: Os alunos devem levantar as hipóteses dos motivos da emissão de luz com colorações diferentes, dependendo do sal queimado, além de apresentar uma forma de sistematização dos dados obtidos. Dependendo do nível de familiarização dos alunos com o laboratório, os próprios alunos podem realizar a atividade ou apenas observar o professor queimar os sais.

Aplicação do Conhecimento: A extrapolação deve ser mediada pelo professor junto com os alunos, pois existe a possibilidade de surgirem demandas conceituais que os alunos não tenham, como conceitos de física moderna. Uma possibilidade do momento de síntese é apresentar a comparação com as outras atividades já realizadas da sequência, para compreender as principais diferenças entre os tipos de emissão.

MATERIAIS

- Lamparina ou bico de Bunsen;
- Diferentes tipos de sais (LiCl, BaCl₂, NaCl, CuSO₄, CaCl₂, KCl);
- Água destilada;
- Haste.

POSSÍVEIS ENCAMINHAMENTOS E PERGUNTAS

- Aqueça a extremidade da haste que contém o sal, na zona quente do bico de Bunsen;
- Observe a cor da chama ao entrar em contato com o sal;
- Discuta os resultados das observações;
- Elabore uma forma de sistematização dos dados;
- Como explicar os resultados do experimento? Discuta por meio dos dados obtidos.

ATIVIDADE – LÂMPADA DE GRAFITE

Objetivo: Com materiais simples, como pilhas, fios e grafite, os alunos devem construir um circuito simples e observar a emissão de luz pelo grafite.

ATENÇÃO: IMPORTANTE REGISTRAR QUE A ATIVIDADE ENVOLVE POTENCIAIS RISCOS À INTEGRIDADE FÍSICA DOS ALUNOS E DEVE SER SUPERVISIONADA AO LONGO DE TODA REALIZAÇÃO.

Problematização Inicial: A problematização está na própria construção do circuito simples, pois os alunos são convidados a produzir o aparato experimental apenas com a representação de um circuito, relacionado os fios, pilhas e grafite com os componentes. Junto com a construção, os alunos são levados a refletir sobre as variáveis que podem ser alteradas para alterar a potência dissipada pelo grafite.

Organização do Conhecimento: A construção do circuito em si e a implementação de mudanças no circuito, como a alteração da tensão aplicada ao grafite. Os alunos precisam observar o que está acontecendo e registrar de forma clara e sistemática. O debate sobre o experimento pode ser feito de uma forma apenas conceitual ou agregar elementos quantitativos, como o cálculo da potência, determinação da resistência do grafite e cálculo da corrente, por exemplo. É o momento de introduzir, por meio da intervenção do professor, aspectos teóricos e conceituais da Lei de Stefan-Boltzmann, relacionando a potência dissipada pelo grafite com a temperatura teórica atingida, de uma forma conceitual ou quantitativa.

Aplicação do Conhecimento: A síntese deve trazer os aspectos da execução e registros dos grupos de trabalho. Lembrando que a relação entre a emissão de luz e a temperatura da superfície deve ser enfatizada, sendo importante apontar outras situações que o mesmo tipo de emissão acontece, ou mesmo comparar com as atividades anteriores da sequência.

MATERIAIS

- Grafite 0,5 mm;
- Fios e conectores;
- Pilhas D (pelo menos 8 associadas, por grupo).

POSSÍVEIS ENCAMINHAMENTOS E PERGUNTAS

- O que o grupo espera acontecer?
- Realize o experimento e descreva os resultados;
- Discuta no grupo uma forma de estimar a potência dissipada pelo grafite;
- Quais aspectos do experimento podemos variar? O que muda no resultado? Repita os procedimentos anteriores;
- Elabore uma forma de sistematização dos dados;
- Discuta os resultados das observações.

CÁLCULO DA TEMPERATURA DO GRAFITE

Por meio das equações da eletrodinâmica, é possível estimar a potência dissipada pelo grafite, e com este valor é possível estimar a temperatura atingida quando o sistema fica incandescente. Para determinar a potência, é necessário conhecer a tensão total aplicada nos terminais do grafite e a sua resistência. Como são associadas 8 pilhas em série, a tensão aplicada nos terminais do grafite é de 12 V, pois cada pilha tem 1,5 V. Já para determinar a resistência do grafite é necessário aplicar a segunda Lei de Ohm:

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{\rho l}{\pi r^2}$$

O mais importante é a ordem de grandeza do valor da resistividade do grafite, que, em uma busca rápida pela internet, indica o valor de $14 \text{ } \Omega\text{m}$. O comprimento do grafite é de 6 cm e o raio da seção transversal é de 5 mm. Após as substituições, o valor aproximado da resistência do grafite é de $4,27 \text{ } \Omega$. A potência é determinada por uma relação direta entre a tensão aplicada nos terminais e o valor da resistência estimada:

$$Pot = \frac{U^2}{R}$$

Substituindo os valores na equação, resulta-se o valor de $33,66 \text{ W}$. A potência por unidade de área, que no caso pode ser considerada apenas a área lateral do grafite, está diretamente relacionada com a Lei de Stefan-Boltzmann:

$$\frac{Pot}{A} = \sigma T^4 \Rightarrow \frac{Pot}{2\pi r l} = \sigma T^4$$

Ao realizar os cálculos, a estimativa para a temperatura do grafite é da ordem de 1585 K .

ATIVIDADE – MEDIDA DA CONSTANTE SOLAR

Objetivo: Construção e utilização de um instrumento para determinação da constante solar.

Problematização Inicial: Apresentação da imagem de um aparato de coleta de radiação solar como base a ser seguida para a construção dos próprios dispositivos de coleta da radiação solar. A construção é livre, sem um formato específico, e cada grupo de trabalho constrói o próprio aparato para fazer as medidas.

Organização do Conhecimento: Os alunos devem construir e debater quais são os melhores materiais e métodos para a coleta da radiação solar. A discussão é feita de forma coletiva e todos devem participar, por meio da mediação do professor. Pensar em quais variáveis são importantes tomar nota, quais medidas serão coletadas e como organizar as informações. Parte-se do pressuposto que os alunos já conheçam outros conceitos, como cálculo de área e calorimetria, por exemplo, para relacionar com as demandas conceituais e procedimentais da atividade em questão.

Aplicação do Conhecimento: Existem dois momentos de extrapolação. Um primeiro momento é a estimativa do valor da constante solar medido na superfície da Terra e comparar com o valor teórico. É importante debater os motivos que levam a diferença entre o medido e o esperado. O professor deve contribuir nesse momento, pois alguns valores e condições precisam ser apresentados e não se deve esperar que os alunos saibam o albedo médio da Terra, algo em torno de 30% do que chega na atmosfera, ou mesmo o valor da constante solar, que vale algo em torno de 1350 W/m^2 . O segundo momento de extrapolação envolve os alunos corrigirem o valor da intensidade da radiação solar que chega até a Terra, por meio do valor do albedo médio, e comparar com o valor conhecido. Com os valores determinados, é possível fazer a discussão de forma conceitual ou quantitativa, para abordar a relação da potência por unidade de área do Sol com a sua temperatura de superfície e coloração.

MATERIAIS

- Pote de vidro;
- Termômetro;
- Papel cartão preto;
- Relógio ou cronometro.

POSSÍVEIS ENCAMINHAMENTOS E PERGUNTAS

- O que o grupo espera acontecer? Quais são as principais variáveis que devemos medir?
 - Realize o experimento e descreva os resultados;
 - Elabore uma forma de sistematização dos dados;
 - Discuta no grupo uma forma de estimar a constante solar;
 - Quais aspectos do experimento podemos variar? O que muda no resultado? Repita os procedimentos anteriores.

ESTIMATIVA DA CONSTANTE SOLAR

A atividade consiste em colocar um recipiente transparente com água, voltado para o Sol, sendo que a parte de trás fica coberta com fita adesiva preta ou papel cartão, para melhorar a absorção de energia solar pela água. Após um determinado intervalo de tempo, espera-se que a água do recipiente aumente de temperatura, pois absorveu a energia da radiação solar e a energia do ambiente. Outro recipiente fica em uma região com sombra para estimar a quantidade de energia que é absorvida devido à temperatura do ambiente e pela não exposição ao Sol. Basta determinar a quantidade de energia absorvida vinda do Sol e calcular o fluxo através da área da seção transversal do recipiente. O valor determinado representa cerca de 70% da radiação solar que atinge a nossa atmosfera, portanto, um pequeno ajuste mostra o fluxo da radiação solar a uma distância média de 150 milhões de quilômetros do Sol.

Para a realização da atividade, foram utilizados recipientes modificados de forma à realização da medida da constante solar. Eles já tinham abertura para inserir um termômetro para medir a temperatura inicial e a temperatura final da água, além de marcação para a quantidade de 300 ml de água. A utilização de dois recipientes é exatamente para realizar as medidas ao mesmo tempo da

influência do Sol e a influência do ambiente, sendo uma forma mais rápida de fazer as duas medidas principais da atividade. Na Figura 64 temos uma imagem dos recipientes:



Figura 64 - Recipientes com água para realizar as medidas da atividade.

Para melhorar o fluxo da radiação solar, foi utilizado um pregador para melhor alinhar o fluxo de energia com a face do recipiente, como mostra a Figura 65. Note que o experimento é uma estimativa, e por isso não apresenta grande rigor em suas medidas. A Figura 66 mostra o recipiente exposto ao Sol.



Figura 65 - Alinhamento do recipiente com a luz solar.



Figura 66 - Recipiente exposto ao Sol.

Também foi observada a variação da temperatura da água na sombra, como já mencionado anteriormente, para realizar os devidos ajustes. Ao organizar as informações obtidas, é possível determinar uma estimativa para o valor da constante solar. Na primeira situação, os valores do recipiente voltado para os raios solares estão organizados na tabela:

Tabela 15 - Dados coletados para a atividade da constante solar – recipiente exposto ao Sol.

Situação	Ti - Água (°C)	Tf - Água (°C)	Varição (°C)
1,0	22,0	25,5	3,5

Utilizando os valores da tabela determinou-se a quantidade de calor absorvido pela água exposta a radiação solar.

$$Q_{\text{água}} = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q_{\text{água}} = 300 \cdot (4,2) \cdot (3,5)$$

$$Q_{\text{água}} = 4410,0 \text{ J}$$

Lembrando que esse valor corresponde não somente à radiação solar, mas também a possíveis influências do ambiente. Logo, é necessário determinar o aquecimento da mesma quantidade de água na sombra. A seguir, temos os valores do recipiente exposto somente ao ambiente:

Tabela 16 - Dados coletados para a atividade da constante solar – recipiente na sombra.

Situação	Ti - sombra (°C)	Tf - sombra (°C)	Varição (°C)
1,0	23,2	23,2	0,0

Determinando o valor de energia absorvida pela exposição ao ambiente:

$$Q_{sombra} = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q_{sombra} = 300 \cdot (4,2) \cdot (0,0)$$

$$Q_{sombra} = 0 J$$

Note que, no momento que foi realizada a coleta de dados, a variação de temperatura da água era muito pequena e impossível de ser determinada com a leitura do termômetro utilizado, indicando uma variação de temperatura próxima de zero. Lembrando que para fins de cálculos, são considerados os seguintes valores:

$$m = 300 g$$

$$c = 4,2 \frac{J}{g^{\circ}C}$$

$$\Delta t = 15 \text{ min} \rightarrow \Delta t = 900 s$$

$$\text{Área} \rightarrow A = 5,355 \times 10^{-3} m^2$$

Determinando o valor da quantidade de energia absorvida pela água, verifica-se que o seu aquecimento se deu devido à exposição à radiação solar. A absorção de energia foi determinada, conforme cálculos a seguir:

$$\Delta Q = Q_{\text{água}} - Q_{sombra} = 4410,0 J$$

Assim, basta calcular o fluxo de energia para estimar a quantidade de energia por unidade de tempo e por unidade de área:

$$I = \frac{\Delta Q}{A \Delta t} \rightarrow I = \frac{P}{A}$$

$$I = \frac{4410,0}{(5,355 \times 10^{-3} \times 900)} \cong 915,0 W/m^2$$

O valor obtido representa somente 70% da constante solar, pois cerca de 30% da radiação não entra na atmosfera e é refletida novamente para o espaço. Portanto, a primeira estimativa para a constante solar é de:

$$I = 0,7I_{sol}$$

$$I_{sol} = \frac{I}{0,7} = \frac{915,0}{0,7} = 1307,2 \text{ W/m}^2$$

Para melhor estimar o valor, a atividade foi refeita duas vezes, e todos os cálculos repetidos para a determinação de um valor médio para a constante.

Tabela 17 - Dados coletados para a atividade da constante solar - 3 medidas - recipiente exposto ao Sol.

Situação	Ti - Água (°C)	Tf - Água (°C)	Variação (°C)
1,0	22,0	25,5	3,5
2,0	20,0	24,7	4,7
3,0	21,1	25,9	4,8

Tabela 18 - Dados coletados para a atividade da constante solar - 3 medidas - recipiente na sombra.

Situação	Ti - sombra (°C)	Tf - sombra (°C)	Variação (°C)
1,0	23,2	23,2	0,0
2,0	20,5	21,5	1,0
3,0	21,0	22,0	1,0

Tabela 19 - Valores das energias trocadas - 3 situações.

Situação	Calor - água (J)	Calor - sombra (J)	Diferença (J)
1	4410,0	0,0	4410,0
2	5922,0	1260,0	4662,0
3	6048,0	1260,0	4788,0

Tabela 20 - Valores estimados, na superfície da Terra - 3 situações.

Situação	Intensidade (W/m ²)
1	915,0
2	967,3
3	993,5

Tabela 21 - Valor estimado médio na superfície da Terra.

Intensidade média (W/m ²)
958,6

Tabela 22 - Valor estimado da constante solar.

CONSTANTE SOLAR (W/m ²)
1369,4

O valor obtido para constante solar é muito próximo do valor esperado, que é de cerca 1350 W/m², mostrando que a atividade, por mais simples que possa parecer, permite a determinação de um valor estimado muito próximo do real. A atividade permite outros desdobramentos, pois é possível determinar o fluxo de energia na superfície do Sol e estimar a sua temperatura de superfície.

$P_o \rightarrow$ Potência do Sol

$R_T = 1,496 \times 10^{11} m \rightarrow$ Raio de órbita da Terra

$R_o = 6,96 \times 10^8 m \rightarrow$ Raio do Sol

$I_{sol} = 1369,4 \text{ W/m}^2 \rightarrow$ Constante solar média

$I_o \rightarrow$ na superfície do Sol

$$I = \frac{P}{4\pi R} \rightarrow \frac{I_o}{I_{sol}} = \frac{P_o}{4\pi R_o^2} \times \frac{4\pi R_T^2}{P_o}$$

$$I_o = I_{sol} \left(\frac{R_T}{R_o} \right)^2 \rightarrow I_o = 6,33 \times 10^7 \frac{W}{m^2}$$

Conhecido o fluxo na superfície, é possível estimar a temperatura da superfície, por meio da lei de Stefan-Boltzmann.

$$I_o = \sigma T^4 \rightarrow T \cong 5772 K$$