



A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE LÂMPADAS: UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO
INVESTIGATIVO SOBRE ELETRICIDADE NO 9º ANO

Júlio Francisco dos Santos Sousa

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Wytler Cordeiro dos Santos

Brasília

Dezembro de 2022

A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE LÂMPADAS: UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO
INVESTIGATIVO SOBRE ELETRICIDADE NO 9º ANO

Júlio Francisco dos Santos Sousa

Orientador(es):

Prof. Dr. Wytler Cordeiro dos Santos

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por

Prof. Dr. Wytler Cordeiro dos Santos

Prof. Dr. Ronni Geraldo Gomes Amorim

Prof. Dr. Caio Marcello Mota Polito (Membro Externo)

Brasília
Dezembro de 2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Sousa, Julio Francisco dos Santos

A eficiência energética de lâmpadas: uma Sequência de Ensino Investigativo sobre eletricidade no 9ºano / Julio Francisco dos Santos Sousa - Brasília: UnB / IF, 2022. viii, 157 f.: il.;30cm.

Orientador: Wytler Cordeiro dos Santos

Dissertação (mestrado) – UnB / Instituto de Física / Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2022.

Referências Bibliográficas: f. 152-157.

1. Ensino de Física. 2. ensino investigativo. 3. socio-interacionismo. 4.Vigotski
5. eletricidade 6. eficiência energética I. Sousa, Júlio Francisco dos Santos. II.
Universidade de Brasília, Instituto de Física, Mestrado Nacional Profissional em
Ensino de Física. III. A eficiência energética de lâmpadas: uma Sequência de
Ensino Investigativo sobre eletricidade no 9ºano.

"Se, à princípio, a ideia não é absurda, então não há esperança para ela."

Albert Einstein

Este texto é dedicado a Maria do Socorro dos Santos, in memoriam, uma mulher que sempre confiou que a educação fosse o bem mais precioso.

Agradecimentos

Agradeço a minha família, que sempre se dedicou a me acompanhar no trajeto dos meus desejos acadêmicos e profissionais, em especial aos meus irmãos Ian e José, que de perto ou de longe souberam me despertar e me fortalecer nos dias nublados. Ao meu pai e seu exemplo de homem honrado.

Agradeço aos professores que me desvendaram o amor pelo ensino de Física, em especial a meu professor e orientador Prof. Dr. Wytler Cordeiro dos Santos, que sentou ao meu lado para se certificar que o experimento fosse a cereja no bolo neste produto educacional. Também, à pessoa da Profa. Dra. Vanessa Carvalho de Andrade, por fomentar em suas aulas a transposição didática, e ao Prof. Dr. Marcello Ferreira, que me acolheu com pequenos gestos e em quem me espelho para ser, não só um pesquisador em educação, mas também um professor atento a seus estudantes. À Universidade de Brasília, ao Instituto de Física e ao Mestrado Profissional em Ensino de Física.

Agradeço aos meus amigos de várias esferas de relacionamento, em especial à amiga e professora de ensino básico Amanda Rocha Azevedo, cujo amor e amparo foram essenciais para que cada palavra deste texto ressignificasse o suor e o sangue de muitas batalhas, me ajudando a transformar o que tivesse de reativo em potência ativa e útil.

Agradeço ao Colégio Dromos, em nome do diretor Rafael Pácios, que incentivou que minhas ideias florescessem e desse frutos.

Agradeço ao Gustavo, pelos melhores abraços que eu poderia receber.

E finalmente agradeço aos meus guias e orixás, aos quais me prosto em homenagem. As orações e velas acesas foram fortificações que me defenderam do mal.

RESUMO

A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE LÂMPADAS: UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO SOBRE ELETRICIDADE NO 9º ANO

Júlio Francisco dos Santos Sousa

Orientador:

Wytler Cordeiro dos Santos

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Essa dissertação desenvolve uma sequência didática para ensino de eletricidade em uma turma de 9º ano. Pressupõe-se que o ensino de eletricidade em nível fundamental deve se munir de duas estratégias: a contextualização da temática científica e a atividade experimental, como formas de motivação do estudante e para aproximação do fazer científico para a sala de aula de ciências. Para tanto, as aulas se fundamentaram na Sequência de Ensino Investigativa (SEI), proposta por Carvalho (2013), entrecortada por pressupostos socio-interacionistas da teoria de Vigotski (2001). Neste trabalho, a partir da contextualização sobre o consumo de energia elétrica, a sequência de aulas se concentrou em propor problemas relacionados à eficiência energética de lâmpadas. Para uma investigação mais comparativa entre as diferentes tipologias de lâmpadas, foi desenvolvida uma Bancada Experimental para medição de iluminância e consumo energético. Os estudantes foram divididos em grupos e estimulados a manipular o aparato experimental segundo suas próprias hipóteses. Além da investigação experimental, mesclou-se a leitura de textos para sistematização do conhecimento com discussões sobre os temas abordados, em um ambiente rico para intercâmbio de significados e vivências.

Palavras-chave: Ensino de Física, ensino investigativo, socio-interacionismo, Vigotski, eletricidade, eficiência energética.

Brasília

Dezembro de 2022

ABSTRACT

THE ENERGY EFFICIENCY OF LAMPS: A TEACHING SEQUENCE INVESTIGATIVE ON ELECTRICITY IN THE 9TH YEAR

Júlio Francisco dos Santos Sousa

Supervisor(s):

Wytler Cordeiro dos Santos

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

This dissertation develops a didactic sequence for teaching electricity in a 9th grade class. In elementary education is premised that teaching electricity demands two strategies: the context of the scientific thematic and the experimental activities as a way to motivate the student and to approach the scientific achievements inside a science classroom. Therefore, the classes was based in the Investigative Teaching Sequence (ITS) proposed by Carvalho(2013) and transposed by the Social Interacionism theory by Vygotsky (2001). In this paper the context started analysing the energy consumption and the following classes was tough to propose a problem resolution about the energetic efficiency of the lamps. For a more comparative investigation about the lamp's typology differences, was developed a experimental banch to measure their illuminances and energetic consumptions. The class was separated in groups being stimulated to manipulate the materials following their own hypotheses. Beyond the experimental investigation the students had a company of texts to systematize the themes in order to enrich the intership of meanings and life experiences.

Keywords: Physics education, Investigative Teaching Sequence, ITS, Vygotsky, eletricity, energy efficiency.

Brasília

December 2022

Lista de Figuras

2.1	elementos de uma placa Arduino UNO. Fonte: 3EUnicamp (2022).	28
3.1	corrente elétrica em um fio condutor. Fonte: próprio autor	33
3.2	catálogo de informações de uma lâmpada de LED. Fonte: Amazon (2022).	36
3.3	intensidade luminosa em um feixe de luz. Fonte: próprio autor.	37
3.4	Exemplo de sala de aula e disposição de lâmpadas. Fonte: próprio autor.	38
3.5	Volume cônico iluminado por uma lâmpada. Fonte: próprio autor.	38
3.6	Espectro de emissão de quatro lâmpadas comerciais. Fonte: Alves et al (2008).	39
3.7	Comparação entre os parâmetros da lâmpada. Fonte: RETECJR (2022).	40
4.1	o módulo GY-302 com o sensor de luminosidade BH 1750 e pinos de conexão Fonte: FilipeFlop (2022).	45
4.2	detalhes da Banca Experimental: o trilho graduado e a plataforma para o bocal Fonte: próprio autor.	46
4.3	detalhes da Banca Experimental: a case com o sensor e o Arduino. Fonte: próprio autor	46
4.4	esquema eletrônico do sistema de aquisição de dados Fonte: próprio autor.	47
4.5	Detalhe da Bancada Didática: o interruptor na alimentação da lâmpada Fonte: próprio autor.	48
4.6	Uso correto e incorreto do amperímetro alicate. Fonte: Mundo da Elétrica (2022).	48
4.7	Caixas com materiais para confecção de circuitos à disposição dos estudan- tes Fonte: próprio autor.	56
4.8	Montagem do circuito elétrico pelos estudantes (Foto 1) Fonte: próprio autor.	56
4.9	Montagem do circuito elétrico pelos estudantes (Foto 2) Fonte: próprio autor.	57

4.10 Exemplo de Circuito montado no simulador PHET - Kit para Montar Circuito DC. Fonte: PHET (2022).	58
4.11 Kit com 3 lâmpadas de diferentes tipologias. Fonte: próprio autor.	61
4.12 Kit de lâmpadas: detalhe dos rótulos. Fonte: próprio autor.	62
4.13 Estudantes manipulando a Bancada Experimental (Foto 1) Fonte: próprio autor.	63
4.14 Estudantes manipulando a Bancada Experimental (Foto 2) Fonte: próprio autor.	64
4.15 Estudantes fazendo anotações no questionário (Foto 1) Fonte: próprio autor.	64
4.16 Estudantes fazendo anotações no questionário (Foto 2) Fonte: próprio autor.	64
5.1 Resposta da Pergunta 1 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor. . .	83
5.2 Resposta da Pergunta 1 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor. . .	83
5.3 Resposta da Pergunta 2 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor. . .	84
5.4 Resposta da Pergunta 2 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor. . .	84
5.5 Resposta da Pergunta 3 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor. . .	84
5.6 Resposta da Pergunta 3 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor. . .	84
5.7 Resposta da Pergunta 4 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor. . .	85
5.8 Resposta da Pergunta 4 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor. . .	85
5.9 Resposta da Pergunta 5 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor. . .	85
5.10 Resposta da Pergunta 5 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor. . .	85
5.11 Resposta da Pergunta 6 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor. . .	86
5.12 Resposta da Pergunta 6 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor. . .	86
5.13 Resposta da Pergunta 7 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor. . .	87
5.14 Resposta da Pergunta 7 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor. . .	87
5.15 Print do circuito feito no simulador. Fonte: próprio autor.	88
5.16 Resposta para Questão 1 - Grupo G2. Fonte: próprio autor.	100
5.17 Resposta para Questão 1 - Grupo G4. Fonte: próprio autor.	100
5.18 Resposta para Questão 2 - Grupo G2. Fonte: próprio autor.	101
5.19 Resposta para Questão 2 - Grupo G4. Fonte: próprio autor.	101
5.20 Resposta para Questão 3 - Grupo G1. Fonte: próprio autor.	101
5.21 Resposta para Questão 3 - Grupo G2. Fonte: próprio autor.	102
5.22 Resposta para Questão 4 - Grupo G2. Fonte: próprio autor.	102
5.23 Resposta para Questão 4 - Grupo G3. Fonte: próprio autor.	103

5.24 Resposta para Questão 5 - Grupo G1. Fonte: próprio autor.	103
5.25 Resposta para Questão 5 - Grupo G3. Fonte: próprio autor.	103
5.26 Respostas do Grupo G1. Fonte: próprio autor.	111
5.27 Respostas do Grupo G4. Fonte: próprio autor.	111
A.1 Corrente elétrica (Parte 1). Fonte: próprio autor, adaptado de Marmo e Ferrer (2019)	122
A.2 Corrente elétrica (Parte 2). Fonte: próprio autor, adaptado de Marmo e Ferrer (2019)	123
A.3 Corrente elétrica (Parte 3). Fonte: próprio autor, adaptado de Marmo e Ferrer (2019)	124
A.4 Intensidade de Corrente Elétrica. Fonte: próprio autor, adaptado de Marmo e Ferrer (2019)	125
A.5 Atividade 1. Fonte: próprio autor, adaptado de Marmo e Ferrer (2019).	126
A.6 Efeitos da Corrente Elétrica e Potência (Parte 1) Fonte: próprio autor, adaptado de Ramalho, Nicolau e Toledo (2007).	127
A.7 Efeitos da Corrente Elétrica e Potência (Parte 2) Fonte: próprio autor, adaptado de Ramalho, Nicolau e Toledo (2007).	128
A.8 Efeitos da Corrente Elétrica e Potência (Parte 3) Fonte: próprio autor, adaptado de Ramalho, Nicolau e Toledo (2007).	128
A.9 Efeitos da Corrente Elétrica e Potência (Parte 4) Fonte: próprio autor, adaptado de Ramalho, Nicolau e Toledo (2007).	129
A.10 Efeitos da Corrente Elétrica e Potência (Parte 5) Fonte: próprio autor, adaptado de Ramalho, Nicolau e Toledo (2007).	129
B.1 Texto 1. Fonte: próprio autor.	130
B.2 Texto 2. Fonte: próprio autor.	131
B.3 Texto 3. Fonte: próprio autor.	131
B.4 Texto 4. Fonte: próprio autor.	132
B.5 Texto 5. Fonte: próprio autor.	132
B.6 Texto 6. Fonte: próprio autor.	133
B.7 Texto 7. Fonte: próprio autor.	133
B.8 Texto 8. Fonte: próprio autor.	134
B.9 Texto 9. Fonte: próprio autor.	134
B.10 Texto 10. Fonte: próprio autor.	135

B.11 Texto 11. Fonte: próprio autor.	135
B.12 Texto 12. Fonte: próprio autor.	136
B.13 Texto 13. Fonte: próprio autor.	136
B.14 Texto 14. Fonte: próprio autor.	137
B.15 Texto 15. Fonte: próprio autor.	137
B.16 Texto 16. Fonte: próprio autor.	138
B.17 Texto 17. Fonte: próprio autor.	138
C.1 elementos de uma placa Arduino UNO. Fonte: 3EUnicamp (2022).	142
C.2 sistema de controle de acesso para portas automáticas. Fonte: Unisanta (2022).	143
C.3 o módulo GY-302 com o sensor de luminosidade BH 1750 e pinos de conexão Fonte: FilipeFlop (2022).	144
C.4 detalhes da Banca Experimental: o trilho graduado e a plataforma para o bocal Fonte: próprio autor.	145
C.5 detalhes da Banca Experimental: a case com o sensor e o Arduino. Fonte: próprio autor	145
C.6 esquema eletrônico do sistema de aquisição de dados Fonte: próprio autor.	146
C.7 Detalhe da Bancada Didática: o interruptor na alimentação da lâmpada Fonte: próprio autor.	147
C.8 Uso correto e incorreto do amperímetro alicate. Fonte: Mundo da Elétrica (2022).	148

Lista de Tabelas

1.1	Habilidades descritas na BNCC acerca do ensino de Ciências nos conteúdos de energia, circuitos elétricos e radiação luminosa (BNCC, 2018) - Parte 1. .	7
1.2	Habilidades descritas na BNCC acerca do ensino de Ciências nos conteúdos de energia, circuitos elétricos e radiação luminosa (BNCC, 2018) - Parte 2. .	8
3.1	exemplos de iluminância para ambientes interiores	37
4.1	Disposição das aulas da Sequência Didática.	51
4.2	Continuação da Disposição das aulas da Sequência Didática.	52
5.1	Trecho 1 - Objetivo 1 - Aula 1	72
5.2	Trecho 2 - Objetivo 2 - Aula 1	73
5.3	Trecho 3 - Objetivo 3 - Aula 1	75
5.4	Trecho 4 - Objetivo 4 - Aula 1	76
5.5	Trecho 5 - Objetivo 4 - Aula 1	77
5.6	Trecho 6 - Objetivo 4 - Aula 1	78
5.7	Trecho 7 - Conceito Científico - Aula 1	78
5.8	Continuação do Trecho 7 - Conceito Científico - Aula 1	79
5.9	Trecho 8 - Objetivo 1 - Aula 2	80
5.10	Continuação do Trecho 8 - Objetivo 1 - Aula 2	81
5.11	Trecho 9 - Objetivos 2 e 4 - Aula 2	81
5.12	Continuação do Trecho 9 - Objetivos 2 e 4 - Aula 2	82
5.13	Trecho 10 - Objetivo 3 - Aula 2	82
5.14	Trecho 12 - Intensidade - Aula 3	89
5.15	Trecho 13 - Maior corrente e maior brilho - Aula 3	90
5.16	Trecho 14 - Pilhas e Amperagem - Aula 3	90
5.17	Trecho 14 - Pilhas e Amperagem - Aula 3	91
5.18	Trecho 15 - Esclarecimentos - Aula 4	92

5.19 Trecho 16 - Pergunta 1 (Parte 1) - Aula 4	93
5.20 Trecho 17 - Pergunta 1 (Parte 2) - Aula 4	94
5.21 Trecho 18 - Pergunta 2 - Aula 4	95
5.22 Trecho 19 - Pergunta 3 - Aula 4	96
5.23 Trecho 20 - Pergunta 3 (Parte 2) - Aula 4	97
5.24 Trecho 21 - Frases soltas durante o experimento - Aulas 5 e 6	98
5.25 Trecho 22 - Ideia Inicial sobre Potência - Aula 7	104
5.26 Continuação do Trecho 22 - Ideia Inicial sobre Potência - Aula 7	105
5.27 Trecho 23 - Efeito Térmico - Aula 7	105
5.28 Continuação do Trecho 23 - Efeito Térmico - Aula 7	106
5.29 Trecho 24 - Potência e Brilho - Aula 7	106
5.30 Trecho 24 - Potência e Brilho - Aula 7	107
5.31 Trecho 25 - Interação Social em torno do Experimento - Aula 8	107
5.32 Continuação do Trecho 25 - Interação Social em torno do Experimento - Aula 8	108
5.33 Trecho 26 - Valores medidos no amperímetro - Aula 8	109
5.34 Trecho 27 - Qual o catálogo certo? - Aula 8	109
5.35 Continuação do Trecho 27 - Qual o catálogo certo? - Aula 8	110
5.36 Comparação das Respostas sobre Brilho e Potência das lâmpadas dos gru- pos G1 e G4.	112
5.37 Quantidade de Trabalhos por Aparelho Eletrodoméstico	113
5.38 Trecho 28 - Por que o ventilador? - Aulas 9 e 10	114
5.39 Trecho 28 - Por que o ventilador? - Aulas 9 e 10	115
5.40 Trecho 29 - Ventilador com relé temporizado - Aula 8	115
5.41 Continuação do Trecho 29 - Ventilador com relé temporizado - Aula 8	116
5.42 Trecho 30 - Opinião dos Estudantes - Aula 8	117

Sumário

1	Introdução	2
1.1	Motivação	2
1.2	Objetivos	7
2	Referenciais de Ensino e Aprendizagem	11
2.1	O sociointeracionismo em Vigotski	12
2.2	O ensino de Ciências por investigação (EnCI) e as Sequências de Ensino Investigativas (SEI)	18
2.3	As atividades experimentais no ensino de Física	25
2.3.1	A plataforma Arduino	27
2.3.2	Atividades Experimentais em Eletromagnetismo	29
3	Conceitos de Eletricidade e Iluminação	32
3.1	Da corrente elétrica à conta de luz	32
3.2	Iluminação e suas medidas	35
4	Metodologia do Produto Educacional	41
4.1	O contexto escolar em um ambiente de Ensino Híbrido	42
4.2	A Bancada Experimental	44
4.3	A atividade de Intervenção Doméstica	49
4.4	A Sequência Didática	51
4.4.1	Aula 1 - Leitura e Discussão de Textos Jornalísticos sobre o Consumo de Energia Elétrica	52
4.4.2	Aula 2 - Investigação Experimental sobre o funcionamento de um circuito elétrico simples	55
4.4.3	Aula 3 - Leitura de Texto de Sistematização sobre Corrente Elétrica	58
4.4.4	Aula 4 - Discussão e Vídeo sobre “O caminho da energia elétrica”	59

4.4.5	Aulas 5 e 6 - Investigação Experimental sobre o brilho das lâmpadas na Bancada Experimental	60
4.4.6	Aula 7 - Potência Elétrica e os Efeitos da Corrente Elétrica	65
4.4.7	Aula 8 - Investigação Experimental sobre a potência das lâmpadas na Bancada Experimental	66
4.4.8	Aulas 9 e 10 - Apresentação dos Trabalhos de Intervenção Doméstica	68
5	Análise e Resultados da Aplicação do Produto Educacional	70
5.1	Aula 1	71
5.2	Aula 2	79
5.3	Aula 3	88
5.4	Aula 4	92
5.5	Aulas 5 e 6	98
5.6	Aula 7	104
5.7	Aula 8	107
5.8	Aulas 9 e 10	113
6	Considerações Finais	119
A	Textos de Sistematização do Conhecimento	122
A.1	Aula 3	122
A.2	Aula 7	127
B	Textos de Intervenção Doméstica	130
C	Produto Educacional	139
	Bibliografia	152

Capítulo 1

Introdução

Ensinar Física no Brasil nos dias de hoje é um desafio. O cotidiano do professor é uma maratona: correr com as poucas aulas semanais para cumprir um currículo. O estudante geralmente não se vê estimulado a aprender o conteúdo de Física, porque, para ele, são só fórmulas vazias de significados relacionados à sua vida. O entusiasmo da infância em descobrir o que explica os fenômenos da natureza vai se perdendo. As aulas experimentais, que poderiam ser empolgantes nesse contexto, se tornam raros momentos: o tempo é tão curto que quase não se vê professores que conseguem fazê-las (Moreira, 2018).

Esta dissertação apresenta uma sequência didática que se propõe a resgatar a curiosidade e a empolgação do estudante. Usando uma abordagem investigativa, em que há leituras contextualizadas e atividades experimentais, o estudante do final do ensino fundamental será estimulado a pensar em fenômenos eletromagnéticos no contexto de sua residência, estudando sobre o consumo de energia elétrica e sua eficiência.

1.1 Motivação

A investigação de diferentes tipologias de lâmpadas e suas eficiências é um tema rico para análise e discussão de conceitos científicos, tanto porque permite estudar conceitos abstratos de eletromagnetismo, como corrente elétrica e consumo de energia, mas também insere o tema em um contexto social próximo do cotidiano dos estudantes. Porém, essa não foi a motivação inicial deste trabalho. A sequência didática apresentada nesta dissertação nasceu de uma indagação pessoal sobre o efetivo aprendizado da ideia de energia, suas modalidades e transformações.

Desde a vida escolar básica do autor, o tema de transformações de energia era uma

fonte de indagações que gerava uma inquietude: “por que para cozinhar o alimento a água é aquecida com gás, e no chuveiro é aquecida com eletricidade? Será que acontece a mesma coisa?”; “como o programa de TV chega no aparelho em casa? Como funciona a antena?”; “como que a água que corre no rio vira eletricidade?”; “como que a eletricidade vira som?”...

Ainda na época da escola, ao conhecer o conceito de energia, essa característica escalar e abstrata que rege as transformações no Universo, e estudar as suas transformações, várias respostas sobre as indagações da natureza foram sendo esclarecidas. Conhecer, por exemplo, que a radiação solar aumentava a temperatura de rios e lagos, a ponto de evaporar a água e, em grandes altitudes, condensar e, no estado líquido, retornar ao solo pela ação da gravidade, me desbloqueou um sentimento de completude sobre o que era a chuva se não mais um episódio da dança da energia no universo, transformando-se e se transformando, como bem pontuou Lavoisier.

Porém, o que parecia ser uma poesia, essa “dança da energia no universo”, não chegava nem perto de um arrepio para os alunos. Para a maioria deles, a energia da água em movimento na hidrelétrica não tinha relação nenhuma com o calor no chuveiro elétrico ou o brilho da lâmpada, e que “nada fazia sentido”, e que “não tem lógica”, e que “só gente doida entendia como isso funcionava”, e que “isso é muito difícil, professor”, e que “eu odeio física”; tudo isso conduzia a uma posição de frustração pessoal e profissional. Porém, ao ingressar na pós-graduação, foi possível problematizar se o possível desinteresse dos estudantes não estava relacionado com uma situação de não-aprendizagem.

Depois de um tempo em reflexão sobre o problema, fruto das aulas de Fundamentos Teóricos de Ensino e Aprendizagem (FTEA), foi percebido que entender o mínimo sobre energia e relacionar com o que estava consolidado na ciência era um privilégio da trajetória pessoal, e não um fruto do que geralmente era transmitido na sala de aula de Física. A questão era imediata: por que os jovens nas escolas do Brasil geralmente não entendem os conceitos relacionados à energia, suas modalidades e suas transformações? A partir dessa pergunta, foi possível pesquisar com mais ênfase como se poderia atacar esse problema.

O campo de pesquisa sobre as concepções acerca do conceito de energia se apresentou ser bem amplo. Barbosa e Borges (2006) realizam uma pesquisa com os estudantes sobre o conceito de energia e em que elementos do cotidiano ou senso comum eles estão presentes. Além disso, os pesquisadores apresentam algumas categorias de falas e discursos dos estudantes, baseadas no livro de Driver et al (1994), o qual sintetiza várias pesquisas sobre as concepções prévias de estudantes sobre o tema. As categorias no que

diz respeito à modelos de energia, em resumo, são:

- i. antropocentrismo, vitalismo e atividade - seres que são vivos precisam de energia para continuarem vivos, a energia se gasta e deve ser repostada;
- ii. energia armazenada, de forma passiva (um depósito, uma bateria) ou de forma ativa (a lâmpada acender depende do fornecimento da bateria);
- iii. força e movimento - uma bolinha “tem força” para rolar, a correnteza dá movimento para o moinho d’água girar;
- iv. combustível - petróleo, carvão, vento, rios e urânio são combustíveis para o mundo funcionar, em lugar de fontes de energia;
- v. fluido, ingrediente ou produto - “Quando corremos, perdemos energia e precisamos alimento e repouso”(Driver et al, 1994).

A dificuldade apresentada por Barbosa e Borges (2006) em relação à aprendizagem dos estudantes no conceito de energia tem várias razões: não só no que diz respeito ao significado, mas em sua diversidade temática, sendo apresentado em diversas disciplinas e diferentes modalidades, na maioria das vezes sem muita correlação entre si por apresentarem especificidades em cada abordagem. O alto grau de abstração do conceito de energia também é um problema central, já que não se tem uma declaração objetiva do que é energia e se faz necessário o entendimento em várias áreas do conhecimento para que seja entendido em plenitude. Uma outra dificuldade apontada é na compreensão dos termos sistema, evento e processo por parte dos estudantes, termos esses que estão presentes na modelagem conservativa e transformativa de energia.

Santos e Mianutti (2018) apontam a contextualização do tema energia como ponto a ser centralizado quando se sugere uma intervenção no ensino. Em uma sequência de ensino baseada em Vigotski, os autores apresentam imagens e situações cotidianas com a intenção de absorver os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o conceito de energia e a elaboração e amadurecimento das estruturas cognitivas que sustentam esse significado, aliando a desafiadora apresentação de diferentes formas de energia no ensino fundamental à citação de situações rotineiras.

Arantes (2016) conclui que estudantes do ensino médio têm grande dificuldade no conceito de energia devido à apresentação dispersa dos diferentes tópicos sobre energia no decorrer dos anos do ensino médio, dificultando a associação entre esses tópicos. Após

um levantamento criterioso usando a Teoria Clássica de Testes e a Teoria de Resposta ao Item, o autor criou um banco de exercícios desenvolvidos em vestibulares e aplicou a estudantes dos três anos do ensino médio em busca de avaliar o aprendizado de energia em Física.

Rangel (2017) levantou como concepção prévia o termo “energia elétrica” quando confrontou os alunos sobre as ideias acerca do tema Energia. Nessa atividade, os estudantes apresentaram um número significativo de respostas que faziam menção a fios, aparelhos elétricos e iluminação ou à energia da água e dos ventos na produção de energia elétrica. O mais curioso é que os estudantes não sabiam que parte da proposta do trabalho seria visitar uma hidrelétrica. O autor também apresenta uma abordagem sócio-histórica sobre a importância dessa hidrelétrica na cidade em que atua. Consegue inclusive respostas positivas dos estudantes ao se dar liberdade na construção de experimentos e melhora na atitude frente a atividades pedagógicas que fogem ao tradicional.

A leitura da dissertação de Rangel e sua riqueza revelaram muitas características que se tornaram essenciais na sequência didática apresentada neste trabalho: o uso de atividades experimentais e a abordagem investigativa, o tema de energia elétrica como norteador, uma relevância social e a efetividade na atitude dos estudantes quanto às aulas de Física. Todas essas características foram levadas em conta ao se refletir sobre as aulas de Eletricidade e, nelas, a presença do conceito de energia.

O tema “Efeitos da Corrente Elétrica” presente nas aulas de Eletricidade, na Física do ensino básico, foi o pontapé inicial para introduzir essa discussão. Pensar sobre a transformação de energia elétrica em energia térmica (Efeito Joule), energia elétrica em energia mecânica (Leis de Ampère e Faraday), bem como os efeitos luminosos, químicos e fisiológicos, se tornaram o carro-chefe de uma pesquisa mais voltada sobre as transformações energéticas que envolvem a energia elétrica.

Continuando com a pesquisa sobre as experiências de sala de aula, agora não mais com foco em “energia” no geral, mas em “transformações de energia que envolvam eletricidade”, começando pela problematização do tema em sala de aula. Dias, Barlette e Martins (2009) escreveram um texto com um título chamativo: “A opinião de alunos sobre as aulas de eletricidade: uma reflexão sobre fatores intervenientes na aprendizagem”. Nesse texto, foi possível perceber pelas respostas dos estudantes que um fator preponderante no aprendizado e na motivação do estudo é a contextualização do tema com as experiências diárias, demonstrando que um tema abstrato pode ser exemplificado, melhorando o aprendizado nesse conteúdo.

Pacca et al (2003) salienta que os conceitos em senso comum sobre corrente elétrica dificultam o aprendizado significativo dos estudantes, ao passo em que os conceitos ligados à concepção de circuito elétrico fechado se esbarra em expressões com significados unilaterais como “a pilha manda energia” e “a corrente positiva e a corrente negativa entram em choque”. É apresentada uma linha de trabalho em que se coloca uma associação entre a natureza do material metálico (elétrons, átomos, moléculas) que compõe os condutores e o conceito de corrente elétrica, porém as falas confusas, incompletas e errôneas dos estudantes apontam a não-correlação entre os conceitos aprendidos em Química e a abordagem na disciplina de Física.

Laburu, Gouveia e Barros (2009) apresentam uma inovação nos estudos de circuito elétrico ao incorporarem na sala de aula o livre desenho dos alunos, em contraponto à simbologia oficial. Dessa maneira, eles conseguiram apontar dificuldades conceituais dos estudantes durante o processo, porque a análise das imagens surgiu como um “indicativo ágil e eficaz das falhas conceituais dos aprendizes”. Os autores apontam que o trabalho precoce com simbologias oficiais podem mascarar dificuldades conceituais, e esse método de instrução com desenhos se mostra como uma alternativa para sanar essa dificuldade. No entanto, eles também afirmam que essa técnica não é unânime, porque a verbalização do procedimento pode ajudar a reparar noções incorretas mascaradas por um desenho avaliado como correto.

Santos et al (2007) propõem a construção de um aparato experimental para apresentar as diferentes transformações de energia envolvidas, bem como os conceitos de geração, dissipação e conversão de energia. A escolha pela adaptação de uma bicicleta com um alternador e farol se deu pela proximidade do experimento com o cotidiano do estudante. O sucesso do aprendizado de transformação de energia mecânica em energia elétrica que se deu através de um experimento abre uma série de ideias sobre propostas similares.

Enfim, todas essas primeiras leituras foram essenciais para o esboço do que viria a ser a proposta descrita nessa dissertação: o uso de atividades experimentais variadas, tais que cada uma seria uma investigação sobre os efeitos da corrente elétrica, para o aprendizado de diferentes formas de transformação de energia. O plano inicial era construir três experimentos: um aquecedor elétrico de água, um motor elétrico e um medidor de luminosidade. Além disso, como a natureza da metodologia escolhida se baseava em investigação e interação social, não bastava que fossem feitas medições nas bancadas experimentais, mas também que se discutisse os resultados e contextualizasse a temática.

Das dificuldades logísticas em realizar o plano inicial, o amadurecimento da proposta

levou a delimitação do trabalho para um só experimento. Foi escolhido, então, construir uma bancada didática para investigação do brilho e consumo energético de diferentes lâmpadas. Essa determinação se baseou na versatilidade do fenômeno, pois envolve não só a transformação elétrica em energia radiante, mas também energia térmica.

Uma última decisão no escopo deste trabalho foi a proposta de intervenção didática em uma turma de 9° ano do Ensino Fundamental. O motivo principal é que essa sequência servisse como base para estabelecer trocas de conhecimento mais amadurecidas sobre energia elétrica e suas transformações no decorrer do Ensino Médio. Outras decisões metodológicas serão apresentadas no próximo tópico e nos próximos capítulos, no que concerne à transposição desse problema em uma sequência didática autoral.

1.2 Objetivos

Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a aprendizagem de ciências nos anos finais do Ensino Fundamental (6° a 9° anos) deve estimular e desafiar os estudantes. Em seu desenvolvimento cognitivo, os estudantes já apresentam um amadurecimento das habilidades de abstração e já adquirem autonomia, inclusive de uma forma mais acelerada pela grande disponibilidade de informação e estímulos próprios do desenvolvimento científico-tecnológico dos últimos anos.

Nos parâmetros do currículo vigente, as habilidades que devem ser adquiridas pelos estudantes até o final do Ensino Fundamental, em Ciências Naturais, no que diz respeito aos temas de conservação e transformações de energia, efeitos da corrente elétrica e radiação luminosa, são apresentadas na tabela que segue:

Objeto de Conhecimento	Habilidade
Fontes e tipos de energia	(EF08CI01) Identificar e classificar diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades.
Circuitos elétricos	(EF08CI02) Construir circuitos elétricos com pilha/bateria, fios e lâmpada ou outros dispositivos e compará-los a circuitos elétricos residenciais.

Tabela 1.1: Habilidades descritas na BNCC acerca do ensino de Ciências nos conteúdos de energia, circuitos elétricos e radiação luminosa (BNCC, 2018) - Parte 1.

Objeto de Conhecimento	Habilidade
Transformação de energia	(EF08CI03) Classificar equipamentos elétricos residenciais (chuveiro, ferro, lâmpadas, TV, rádio, geladeira etc.) de acordo com o tipo de transformação de energia (da energia elétrica para a térmica, luminosa, sonora e mecânica, por exemplo).
Cálculo de consumo de energia elétrica	(EF08CI04) Calcular o consumo de eletrodomésticos a partir dos dados de potência (descritos no próprio equipamento) e tempo médio de uso para avaliar o impacto de cada equipamento no consumo doméstico mensal.
Uso consciente de energia elétrica	(EF08CI05) Propor ações coletivas para otimizar o uso de energia elétrica em sua escola e/ou comunidade, com base na seleção de equipamentos segundo critérios de sustentabilidade (consumo de energia e eficiência energética) e hábitos de consumo responsável.
Radiações e suas aplicações na saúde	(EF09CI06) Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.

Tabela 1.2: Habilidades descritas na BNCC acerca do ensino de Ciências nos conteúdos de energia, circuitos elétricos e radiação luminosa (BNCC, 2018) - Parte 2.

A partir dessas habilidades, foram traçados objetivos para a inclusão de uma proposta de sequência didática em um contexto que obedecesse a essas diretrizes curriculares. Além disso, o uso do material didático¹ já adotado na escola serviu como uma primeira fonte de informações sobre o tema, mas não foi suficiente para abarcar todos os objetivos propostos. O material pressupõe alguns objetivos em seu manual do professor (Marmo e Ferrer, 2019). Dos objetivos propostos pelo material, são relacionados abaixo os mais próximos à sequência didática a ser proposta, retirados de diferentes capítulos do material:

- Conceituar corrente elétrica baseando-se em observações e dados dos experimentos realizados;
- Identificar alguns elementos de um circuito elétrico em dado experimento;
- Caracterizar diferença de potencial (ddp) ou tensão elétrica;

¹A escola utiliza um material didático apostilado, dividido em 4 cadernos. Para o 9º ano, cada caderno é subdividido nas disciplinas Língua Portuguesa, História, Geografia, Matemática, Química e Física. A coleção de apostilas se intitula "Ensino Fundamental", do Sistema Anglo de Ensino. As unidades temáticas de Física estão referenciadas nos textos de Marmo e Ferrer (2019).

- Definir potência a partir da energia transferida ou transformada por uma máquina em determinado intervalo de tempo;
- Compreender que o quilowatt-hora (kWh) é uma unidade de quantidade de energia consumida/produzida e saber transformar kWh em J, e vice-versa;
- Efetuar cálculos de consumo de energia com base nos dados de conta de luz residencial ou nas potências dos aparelhos e em seus intervalos de tempo de utilização.
- Compreender os conceitos de corrente elétrica contínua e corrente elétrica alternada, constatando as suas semelhanças e diferenças e verificando as suas principais ocorrências práticas;
- Conhecer o percurso realizado pela energia elétrica desde a sua geração em uma usina até o ponto de consumo, em uma residência;
- Refletir sobre as relações entre produção/consumo de energia, sociedade e meio ambiente.

Foram aproveitados, então, textos e atividades complementares do material adotado pela escola, a fim de incorporar à sequência didática proposta os objetivos já traçados. Ainda assim, foi necessário complementar e adaptar tais objetivos à proposta investigativa. É possível notar a diferença entre a proposta determinística do material e a linguagem metodológica investigativa que se seguirá neste trabalho. Isto posto, foi possível enumerar os seguintes objetivos específicos para essa Sequência Didática:

- i. apresentar os conceitos de grandezas elétricas: corrente, potência e consumo de energia elétrica, em um contexto fenomenológico e que não envolvesse uma abordagem usando modelos matemáticos;
- ii. incentivar a leitura no aprofundamento de temas da ciência e contextos sociais;
- iii. associar fenômenos do eletromagnetismo a situações do cotidiano dos estudantes, mais especificamente ao contexto residencial;
- iv. problematizar o consumo de energia elétrica por parte dos estudantes e seus familiares e suas implicações sociais;
- v. aproximar os estudantes de um ambiente técnico de um laboratório de estudo de eletricidade, ao propor uma atividade experimental usando equipamentos próprios deste ambiente;

- vi. investigar o consumo energético e a eficiência de um conjunto de lâmpadas levando em consideração os parâmetros de brilho, distância de um objeto a ser iluminado e intensidade de corrente elétrica consumida;
- vii. proporcionar um ambiente de criatividade, câmbio de ideias e argumentação em conceitos científicos.

Para proporcionar o aprendizado dos estudantes em vias de alcançar esses objetivos, foi elaborada essa Sequência Didática, que se resume a uma série de atividades investigativas, utilizando leituras de textos, realização de experimentos e elaboração de uma proposta interventiva como forma de avaliação. A elaboração e suas especificidades são apresentadas em 6 (seis) capítulos, incluindo este capítulo de introdução.

No Capítulo 2, intitulado “Referenciais de Ensino e Aprendizagem”, são descritos os alicerces teóricos do campo da Psicologia e da Educação que direcionam a prática educacional.

No Capítulo 3, intitulado “Conceitos de Eletricidade e Iluminação”, são apresentados os conceitos de Física necessários para fundamentar os temas a serem abordados na Sequência Didática.

No Capítulo 4, intitulado “Metodologia do Produto Educacional”, a Sequência Didática é descrita e discutida em detalhes, demonstrando a metodologia a ser utilizada em sala de aula.

No Capítulo 5, intitulado “Análise e Resultados da Aplicação do Produto Educacional”, os dados coletados em sala de aula são apresentados e postos à discussão formal, à luz das teorias educacionais.

No Capítulo 6, intitulado “Considerações Finais”, observa-se a adequação dos dados analisados em relação aos objetivos traçados, resumindo os resultados alcançados com a aplicação da Sequência Didática.

Há também três apêndices: o primeiro, apresenta os textos de sistematização utilizados em algumas aulas; o segundo, apresenta os trabalhos de Intervenção Doméstica dos estudantes na íntegra; e o terceiro é apresentada a proposta de Produto Educacional, na íntegra, como um manual a ser utilizado por quaisquer professores que se sentirem contemplados com este trabalho. É disponibilizado também um link de uma pasta, com os documentos utilizados para implementação do Produto Educacional e para a confecção da Bancada Experimental.

Capítulo 2

Referenciais de Ensino e Aprendizagem

Para servir como alicerce na construção de conceitos específicos de Física no contexto da sala de aula, para um grupo heterogêneo de estudantes, as dissertações de Ensino de Física lançam mão de referenciais de ensino e aprendizagem que orientem essa jornada. A escolha por estratégias e teorias não é uma tarefa tão simples e a execução de métodos e diretrizes tampouco tornam o ambiente de fácil circulação. Para tanto, uma escolha coerente a se fazer é recorrer a teóricos e linhas de pesquisa que tracem uma metodologia coerente aos objetivos a serem alcançados.

Neste trabalho, o objetivo em se discutir conceitos e fenômenos do eletromagnetismo, por meio da discussão de um problema social (o consumo residencial de energia elétrica) através de momentos que aproximam os estudantes dos fenômenos a serem estudados, se traduziu na escolha dos seguintes referenciais teóricos de ensino e aprendizagem:

- i. o sociointeracionismo em Vigotski e suas implicações pedagógicas no ensino de Física, baseado em textos do próprio autor (Vigotski, 2001) e nos estudos de Moreira (1999) e Gaspar (2014), apropriando-se da tese de que os processos psicológicos superiores são alcançados por meio de trocas dos indivíduos com outros indivíduos em um ambiente social;
- ii. o ensino investigativo de Ciências, principalmente baseado nos trabalhos de Carvalho (2013), aproveitando da investigação e da argumentação como estratégias para se discutir um problema experimental e contextualizado;
- iii. a escolha de se usar atividades experimentais como motivação e apresentação de conceitos, amparado por trabalhos diversos na área do Ensino de Física, bem como o uso específico da plataforma Arduino e seus benefícios.

Esses três conjuntos de referenciais serão analisados com mais ênfase nas seções que seguem.

2.1 O sociointeracionismo em Vigotski

Uma expressão exaustivamente citada e debatida em trabalhos que se dedicam a escrever sobre ensino de ciências é “interação social”. Apesar de o processo da aprendizagem ser efetivo no interior do indivíduo, a convivência em um ambiente social, neste trabalho com o foco no espaço escolar, é imprescindível para o desenvolvimento de conhecimento. Entretanto, não basta que, nas salas de aula abarrotadas de estudantes, estes interajam socialmente por, possivelmente, horas em atividades letivas. O conceito de interação social nas leituras sobre Vigotski não é um conceito sinonimizado com sociabilidade ou que signifique uma facilidade em se fazer amigos ou construir relações. Interação social passa a ser parte de um processo essencial no aprendizado de crianças, da qual se desenvolveu uma linha de pesquisa bem sólida em psicologia infantil.

Lev Semionovitch Vigotski (1896-1934) foi um psicólogo russo que estabeleceu novos rumos para a psicologia moderna, logo após a Revolução Russa, em 1917. Seus trabalhos mais proeminentes foram voltados a pesquisas sobre o desenvolvimento da criança, apesar de seu método experimental ter inaugurado a importância da cultura e do social na origem do pensamento e da fala do indivíduo (Cole e Scribner, 2007). A obra “Construção do Pensamento e Linguagem” é um dos seus principais livros que fundamentam uma teoria sólida baseada em processos e conceitos sobre a formação do pensar e falar no desenvolvimento infantil. Vários autores, após sua morte precoce por tuberculose, continuaram seus trabalhos e popularizaram em todo mundo métodos pedagógicos para ensino de crianças e adolescentes, baseados em termos amplamente associados à sua teoria, como a citada “interação social”, bem como “zona de desenvolvimento imediato (ou proximal)”, “teoria da mediação” e “aspecto histórico, cultural e social do desenvolvimento”.

Segundo Pereira e Lima (2014), Vigotski “estava interessado em estabelecer as bases para a construção de uma psicologia essencialmente marxista”. A revolução político-econômica ocorrida na Rússia implantando o socialismo se baseou nas obras de Karl Marx (1818-1883) e Friedrich Engels (1820-1895) que apresentaram ao mundo o socialismo científico ou marxismo. Vigotski viu nas teorias socialistas uma referência a se basear para pôr em prática os métodos que ele julgava coerente em psicologia, como os processos

que se davam em movimento e em mudança. Para ele, assim como a cultura, os modos econômicos e o comportamento de uma sociedade estavam sujeitos à história e seus desdobramentos (materialismo histórico), as funções superiores da consciência e o modo de aprendizado do indivíduo se davam com base nas trocas culturais com os indivíduos próximos e como as experiências influenciavam no desenvolvimento (Sirgado, 2000).

Outro ponto importante que exemplifica a contribuição do marxismo na psicologia de Vigotski é o conceito de signo, que se assemelha ao conceito de instrumento para o marxismo. O instrumento (ferramenta, máquina, paradigma de produção) é um elemento criado pela sociedade e que condiciona os modos de pensar e de se comportar dos indivíduos. Esses instrumentos são elementos que se acumulam na história e na cultura de uma sociedade e a modificam. O signo para Vigotski é uma ferramenta cognitiva que o indivíduo cria, e junto da concordância com outros indivíduos que conhecem o significado desse signo, comunicam e compartilham um pensamento (Cole e Scribner, 2007).

Antes de direcionarmos o objetivo desse texto à teorização da aprendizagem propriamente dita, é necessário reparar a conceituação dos termos “pensamento” e “linguagem” para Vigotski. A tradução do original russo para o inglês e a posterior tradução para o português traz equívocos que, em vários trabalhos sobre o teórico russo, podem ser cruciais para o entendimento de detalhes da teoria. Seguindo a tradução do russo para o português por Bezerra (2001), no prólogo de “Construção do Pensamento e Linguagem”, pensamento está mais próximo da ação de pensar, lembrar, raciocinar, do que uma dita memória ou raciocínio que se tem ou que se acumula na mente. A linguagem, por outro lado, é o ato de falar, transmitir o pensar em palavras (sons e significados), em contraponto a um sistema de códigos e regras sobre como o ser humano se comunica. Neste texto, foi preferível utilizar os termos “pensamento” e “linguagem” como são sugeridos pelo tradutor.

Para iniciarmos o enfoque das teorias vigotskianas, partiremos da ideia de comunicação - para Vigotski uma função primordial da linguagem - ao comentarmos sobre a relação entre pensamento e linguagem. Quando um indivíduo quer comunicar a um interlocutor uma experiência, essa comunicação é efetiva, isto é, haverá a total compreensão, quando o primeiro indivíduo usa de um conjunto generalizado de significados, que já estão estabelecidas em uma cultura e no ambiente que se dá a troca - são estados já conhecidos em uma generalização das experiências.

Dentro dessa generalização, é possível inferir que deve haver um elemento, uma unidade, que seja um objeto fracionado nas entidades maiores de pensamento e linguagem, e que tenha características essenciais de ambos os conceitos. Essa unidade é o significado

da palavra (seja ela falada ou pensada interiormente); é, portanto, uma “unidade do pensamento verbalizado” (Vigotski, 2001). Quando se generaliza a palavra e seu significado se torna social e habita um campo cultural e histórico para os indivíduos, há um “ato de pensamento”. Vigotski, por sorte, dá um exemplo da Física para endossar essa premissa, que se escreve na íntegra:

"Quero comunicar alguém que estou com frio. Posso lhe dar a entender isto através de vários movimentos expressivos, mas a verdadeira compreensão e a comunicação só irão ocorrer quando eu conseguir generalizar e nomear o que eu estou vivenciando, ou seja, quando eu conseguir situar a sensação de frio por mim experimentada em uma determinada classe de estados conhecidos pelo meu interlocutor"(Vigotski, 2001, p.13).

E como a criança incorpora em sua fala e em seu interior essa “classe de estados conhecidos” durante o seu desenvolvimento? Vigotski encontrou nos estudos de Jean Piaget (1896-1980), psicólogo suíço que tinha pesquisas revolucionárias sobre o desenvolvimento infantil, um ponto de partida para o que viriam a ser suas próprias teorias sobre a formação do pensamento da criança. Vigotski elogia Piaget em suas pesquisas experimentais com crianças por fornecer fatos concretos, não só hipóteses teóricas, sobre o desenvolvimento infantil, mas critica o significado de alguns conceitos de Piaget, como a importância da linguagem egocêntrica e o papel do fator social.

Sobre este último, Piaget estabelece a importância do meio social ao permitir que haja um amadurecimento e permita que a criança se aproxime de um pensamento realista. Ao mesmo tempo, esse social é um ente externo à criança, como resultado de uma abordagem sociológica, que “a pressiona e reprime os seus próprios modos de pensamento” (Vigotski, 2001). A socialização é, portanto, uma forma de incorporar o pensamento da criança ao pensamento hegemônico estabelecido, moldando o que anteriormente era inconsciente, egocêntrico e sonhador. Em resumo: o pensamento interno era modificado pelo meio externo regulador.

Vigotski critica a importância que Piaget dá ao meio social e investe em uma tese que apresenta a interação como um construtor biológico do desenvolvimento, que não só age externamente na tomada de consciência do indivíduo, mas que é fundamental na estruturação de complexos processos psicológicos. Segundo resumem Pereira e Lima (2014), “tudo

aquilo que conseguimos realizar mentalmente, foi, em algum estágio do nosso desenvolvimento, realizado em colaboração com outros, através da interação social”. O processo de aprendizagem se apresenta do meio externo para o meio interno, do contato com o ambiente formador e interiorizado na substância psicológica.

Essa dualidade de formulações (em Piaget, o interno modificado pelo externo; em Vigotski, o externo formador do interno) pode explicar a comparação imediata entre esses dois autores e como seus seguidores iam formulando práticas educacionais antagônicas baseadas em suas teorias. Para Castorina (2000), esse contraste pode fazer gestores e educadores optarem por uma das vertentes, mas isso pode ser resultado de leituras duvidosas, as quais no decorrer das pesquisas e publicações tornam o debate superficial e dogmático. Porém, as práticas pedagógicas não podem ser uma alegoria da eficácia de uma ou outra teoria de desenvolvimento, já que - apesar da crítica direta de Vigotski à abordagem de Piaget - os estudos não são próximos quanto à metodologia nas pesquisas sobre o desenvolvimento infantil e a participação deste na aprendizagem. Pode haver inclusive práticas escolares complementares sobre os dois autores, como o próprio modelo de Sequência Investigativa a ser apresentado na próxima seção.

Em contraponto a Piaget, Vigotski se utilizou de uma investigação experimental, com o foco em determinar eventos atitudinais na criança durante a elaboração de um conceito abstrato. Em um dos métodos experimentais, o autor usou de um conjunto de objetos com diferentes formatos, espessuras, alturas e cores, para demonstrar a formação de um conceito original. Esse conceito era simbolizado por uma sequência de caracteres sem significados (OAX, por exemplo) que estavam no dorso dos objetos que representavam tal conceito. Os resultados de experimentos dessa natureza possibilitaram a elaboração de uma série de etapas (estágios) com diferentes manifestações do comportamento intelectual do indivíduo.

Em síntese, a construção do pensamento se inicia com imagens pontuais, que fazem a criança agrupar objetos desordenadamente, usando de uma intuição primitiva ou decisão que está fora do que o adulto chamaria de consciente. A forma, a cor, o sabor, são características primeiras que irão começar a diferenciar as diversas entidades do mundo concreto que as crianças podem ver, tocar, levar à boca. Esse amontoado de imagens e investigações do exterior por vezes aleatórias, Vigotski chamou de imagens sincréticas, que se valem de noções subjetivas sobre o ambiente, e é o primeiro estágio do desenvolvimento do pensamento abstrato (Vigotski, 2001).

Ao passo em que essas características podem ser agrupadas seguindo alguma relação

(associação, comparação, ordenação), as crianças irão construir estruturas ainda pouco coesas sobre um determinado conceito. Toda essa segunda fase de classificação se define como a construção de complexos (Vigotski, 2001). Algumas etapas podem ser analisadas nesse estágio: (i) as crianças tendem a associar os objetos que têm propriedades semelhantes; (ii) logo após, há coleções de diferentes objetos que são classificados em torno de uma expressão falada; (iii) a ideia (conceito) se renova ao conectar em cadeia novos objetos em seu complexo, quando se aprimoram as classificações e ao se perceber novas características em suas investigações; (iv) com as escolhas de agrupamento por vezes confusa e “sem lógica”, há um estágio em que as classificações já não são tão primitivas e se levam em conta escolhas mais diversas, o complexo se torna difuso; (v) até que haja na criança uma espécie de pseudoconceito, um conceito que por vezes pode ser entendido como o conceito final entendido pelos adultos, mas que é frágil, não determina o estágio final de desenvolvimento do conceito.

A fala das crianças, em geral, está recheada de pseudoconceitos; tanto que os adultos podem confundir com os conceitos finais: é a ilusão do pseudoconceito (Vigotski, 2001). Nesse estágio, a criança já “aprendeu” a palavra e a utiliza para se comunicar com os outros, mas não interiorizou o real significado. Um exemplo: uma criança pode usar o vocábulo “bola” para se referir ao seu brinquedo e a brinquedos parecidos com o mesmo formato, cores diferentes, em casa ou em uma loja. Quando um adulto oferece uma garrafinha vazia para uma criança e joga no chão, dizendo “vamos jogar bola” talvez a criança não associe em primeiro momento a palavra ao ato de se brincar “como se fosse uma bola”. Esse exemplo pode mostrar não só a diferença entre o pseudoconceito e o conceito já elaborado, mas também a importância que há na interação social, de outro indivíduo inserido em uma cultura que transmite o significado, de forma a contribuir com o desenvolvimento genético do conceito no cognitivo da criança.

Para o pseudoconceito se transformar em um conceito potencial, os processos de abstração, decomposição e análise devem ser utilizados na classificação de objetos. Essas relações já vêm exercendo um papel primordial nas fases de imagens sincréticas e na formação por complexos, mas nessa terceira etapa da formação do conceito a importância desses processos se faz necessária (Vigotski, 2001). Nesse estágio, a criança já deve ser capaz de analisar um objeto fora de um contexto concreto: a “bola” deve deixar de ser um brinquedo para se tornar uma ideia, um conceito abstrato, que se relaciona ao futebol, à ação de chutar, ao formato de qualquer objeto esférico (“A Terra é uma bola”), entre outros significados e abstrações.

É nesse contexto que a palavra se torna um signo. A palavra deixa de ser um verbete que classifica um objeto concreto e passa a ser uma ferramenta que o indivíduo, inserido em uma situação social, cria e utiliza para “diferentes operações intelectuais e são precisamente essas operações, realizadas por intermédio da palavra, que levam a distinção fundamental entre complexo e conceito” (Vigotski, 2001). Segundo Gaspar (2014), esse é o cerne da teoria de Vigotski, em que a palavra não é uma consequência do que está sendo pensado, mas o uso da palavra é formador do próprio pensamento: “o pensamento existe porque a palavra existe”.

O signo, como um instrumento em uma oficina, deve ser ensinado e essa aprendizagem se dá no meio social. Tal aprendizagem será mais efetiva se estiver inserida em uma etapa do desenvolvimento da criança em que ela possa resolver problemas um pouco mais avançados do que teoricamente ela consegue. Moreira (1999) relembra uma máxima de Vigotski quando afirma que “o único bom ensino é aquele que está à frente do desenvolvimento cognitivo e o dirige”. O conceito de zona de desenvolvimento imediato (ZDI) resume essa ideia, se tratando de um estágio em que o indivíduo não consegue realizar uma ação sozinho, mas logo o faz se tiver auxílio de um mediador mais experiente. Para tornar efetiva a aprendizagem, esse mediador garantirá que o aprendiz possa ser capaz de exercer a ação, não sendo ela inalcançável (Vigotski, 2001).

O papel do professor, à luz do que podemos compreender em Vigotski, tem esse papel de mediador entre o estudante e o conhecimento. O professor é um sujeito com mais vivências, que consegue repassar aos seus estudantes um conceito previamente estabelecido em uma cultura. O estudante, por sua vez, deve ser capaz de interiorizar esse conceito, em uma ambiente motivador e desafiador, e posteriormente devolver esse conceito para o professor, em um intercâmbio de significados. O professor precisa trabalhar dentro da ZDI dos estudantes, sem esquecer que cada estudante terá seu desenvolvimento distinto um do outro, por conta do ambiente cultural além da sala de aula ser diverso (Moreira, 1999).

Gaspar (2014) também aponta outras implicações pedagógicas, como a motivação, a imitação e a colaboração. A motivação, segundo Gaspar, deve ser o ponto de partida em todo o trabalho que utilize a teoria de Vigotski. O estudante aprende ao querer aprender, ou quando é levado a querer aprender pela ação convincente do professor. Além disso, o uso da imitação pelos estudantes ao conseguir refazer um exercício proposto pelo professor, por exemplo, é um sinal de que eles estão trabalhando dentro de sua ZDI, porque a priori o estudante não sabe resolver o exercício, mas se ampara na explicação do professor para o seu desenvolvimento - daqui vem a defesa de Gaspar pelas atividades propostas para casa.

Por fim, a colaboração se traduz na realidade que os estudantes não aprendem sozinhos, sem um mediador mais experiente, e sem um ambiente de troca em que haja integrantes de diferentes papéis sociais, utilizando diversas formas de comunicação (escrita, falada, visual) com riqueza de pontos de vista, atitudes e valores.

Essa dissertação tem o objetivo de descrever a prática de um professor com tendências vigotskianas. Não só no que diz respeito à aplicação de métodos educacionais que se baseiam em Vigotski, mas sendo um investigador experimental na formação dos conceitos de Física: buscando na fala do estudante características de se avaliar seu nível de desenvolvimento, bem como intercambiar os signos e significados culturais do meio científico, e retornando a eles com ações (novos questionamentos, desafios, propostas de investigação e intervenção) que os motive a se desenvolver dentro de suas possibilidades.

2.2 O ensino de Ciências por investigação (EnCI) e as Sequências de Ensino Investigativas (SEI)

A curiosidade é uma característica própria da natureza do ser humano. Tanto é que as crianças utilizam dessa motivação para tentar entender o ambiente em que vivem (Por quê? O que é? Como acontece?). Dessa curiosidade nasce a necessidade de investigar: questiona-se, dialoga-se, traçam-se ações para elaborar respostas sobre um fenômeno ou fato observado que, a princípio, não tem uma explicação à altura. O Ensino por Investigação deve ter nascido dessa indagação. Deve, porque pouco se conhece, ou é um tanto turva, a origem dessa abordagem de aprendizagem. De acordo com Rodrigues e Borges (2008), a busca por uma data de início nem faz sentido para alguns pesquisadores, senão delegar à curiosidade a façanha da inauguração dessa metodologia.

Sendo assim, é possível associar diretamente o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) à natureza da própria Ciência e seu processo. Não com o intuito de transformar o estudante do ensino básico em um cientista, mas de forma a utilizar um olhar científico para satisfazer suas hipóteses e construir ativamente seu conhecimento. O objetivo do EnCI é a alfabetização científica: fazer o estudante pensar individual e coletivamente, organizar e expor suas ideias de forma oral, escrita ou simbólica, ler efetivamente, tudo isso associado a conteúdos das ciências vistos em sala de aula e que se expandem para a vida cotidiana, em um processo que amplia gradativamente sua cultura científica (Carvalho, 2018).

Para se alcançar a plena alfabetização científica, um dos principais conceitos-chave a

ser levado em conta é a argumentação. O conhecimento científico não pode estar alheio aos eventos sociais e históricos que vêm à tona no momento em que se estuda determinado fenômeno natural. Sendo assim, as variáveis sócio-culturais, econômicas e políticas são essenciais nas discussões sobre ciência na sala de aula. Os estudantes são bombardeados de informações e a necessidade de se falar sobre temas sociais à luz da ciência se torna um dever de cidadania. Aprender a falar (e escrever) criticamente e argumentar sobre suas ideias deve ser um objetivo a ser alcançado nas sequências investigativas. Ao argumentar na aula de ciências, o estudante é levado a raciocinar cientificamente, praticar a autonomia em sua aprendizagem, ouvir e contra-argumentar, valores necessários para seu desenvolvimento intelectual e humano (Motokane, 2020).

Para Sasseron (2020), três práticas epistemológicas associadas às ciências não se desvinculam: a investigação, a argumentação e a modelagem, e são essenciais para a construção do conhecimento científico em sala de aula. Quando o estudante é instigado a resolver um problema que o motive a pensar soluções para si e para sua comunidade, ao ser estimulado a argumentar sobre suas ideias frente às opiniões outrora diversas dos seus colegas e professor e, por fim, ao confrontar suas próprias ideias com discussões clássicas ou modernas no campo das ciências, esse estudante está sendo levado a aprender ciências em moldes semelhantes à própria atividade científica.

A argumentação, a escrita científica, a elaboração do conceito, todos esses objetivos podem ser potencializados por uma ação primordial, que é dever de cada disciplina na escola: a leitura. Apesar de a leitura ser, por vezes, uma atividade individual, ler é um ato social. Ler um texto não só aproxima o estudante do conhecimento científico que ele deve aprender e enriquece seu vocabulário sobre determinado tema, mas acrescenta ao indivíduo o ponto de vista do autor. A leitura deve ser uma conversa entre esse autor e o estudante, uma interação social que se dá pela troca de experiências e significados. Durante essa conversa, se o estudante for estimulado a selecionar os trechos mais relevantes para o tema e elaborar uma fala sobre sua perspectiva do texto, já estará engajado em uma atividade investigativa (Sedano, 2013).

Nesse contexto, a Sequência de Ensino Investigativo (SEI) elaborada por Carvalho (2013) é uma aplicação metodológica direta dessa abordagem investigativa nas salas de aula de ciências. Primeiramente, o estudante é apresentado a um problema, seja ele experimental ou teórico, de forma contextualizada e instigante. O estudante deve ser fomentado a elaborar hipóteses para resolver o problema, discutindo com seus colegas, argumentando sobre caminhos e abordagens, utilizando de seus conhecimentos espontâneos ou já elabo-

rados. O papel do professor é mediar o diálogo e motivar os estudantes a elaborar soluções próprias. Todo esse processo de investigação deve culminar em uma etapa de consolidação e sistematização, momento em que o conhecimento espontâneo (primitivo, senso comum) será confrontado ao conteúdo adquirido durante a investigação e transformado em conhecimento científico, proporcionando condições para entender temas já consolidados ou em construção na ciência. Por fim, uma atividade de contextualização aproxima o cotidiano do estudante ao tema investigado e sistematizado, acrescentando o contexto social à construção coletiva da ciência.

O problema a ser investigado é o foco central no planejamento da SEI. Esse problema pode ser de cunho experimental, em que possa ser manuseado, dobrado, girado, posto à luz solar, mergulhado em água; ou pode ser simplesmente um texto de jornal, um vídeo da internet ou um experimento mental como Einstein fazia. Para isso, é essencial a criação de um material didático que faça o estudante utilizar da manipulação, discutindo com os colegas e o professor, para obter uma elaboração intelectual mais robusta, não de forma a trazer as respostas já prontas, mas de possibilitar a criação de hipóteses, a argumentação e a criticidade.

Por exemplo, a atração de dois ímãs ao serem aproximados pode significar, para um estudante, que "há um campo energético invisível entre os ímãs que puxa um em direção ao outro, mas só se tiver muito perto". Da manipulação do material se contrói uma hipótese fundamentada em um conceito desconhecido, que pode ser debatido e confrontado pelos colegas. Conforme a mediação do professor, os termos desconhecidos podem ganhar nomes científicos: campo magnético, atração e repulsão magnética, o campo aumenta conforme a proximidade.

Nesse contexto, algumas etapas são sugeridas na proposta de uma típica aula investigativa em uma SEI (Carvalho, 2013), que são:

- i. a divisão da turma em pequenos grupos e a distribuição do material a ser utilizado;
- ii. a explanação do problema por parte do professor, de forma clara e objetiva, sanando todas as dúvidas que os estudantes venham a ter sobre o que deve ser realizado;
- iii. a resolução do problema por parte dos estudantes em grupo, manipulando o material, levantando suas hipóteses, errando e reconstruindo suas ações, sempre em comunicação com os colegas e supervisão do professor;
- iv. a sistematização dos conhecimentos após a resolução do problema, em que os es-

tudantes são colocados em um grande grupo de discussão para argumentar sobre suas ações; as indagações do professor são essenciais nessa etapa, como “como vocês conseguiram resolver o problema?”, “o que vocês precisaram modificar para dar certo?”, “por que vocês acham que deu certo?” - das respostas dessas perguntas, sempre tentando incorporar todos os estudantes na discussão, o conhecimento dos estudantes amadurece cientificamente, transformando o espontâneo em intelectual.

- v. o momento individual de sistematização do conhecimento, que o estudante é posto a escrever sobre suas ações e/ou desenhar seus esquemas, consolidando seu conhecimento de forma pessoal.

A experimentação investigativa aflora habilidades do meio científico, as quais os estudantes poderiam demorar ou nem desenvolver sem o olhar epistemológico da implementação da SEI. Almejando a alfabetização científica em uma aula investigativa, Carvalho e Sedano (2008) organizaram indicadores que refletem habilidades próprias do fazer científico que podem ser encontrados nas ações dos estudantes enquanto resolvem um problema. Os indicadores de alfabetização científica se dividem em três blocos de ações distintos, ainda que complementáveis:

- o primeiro bloco diz respeito ao trabalho com os dados coletados na investigação. Os estudantes podem *seriar*, *organizar* e *classificar* as informações. Por exemplo, ao descrever os dados (seriação), compor uma tabela (organização) e classificar os dados segundo alguma relação (classificação), o estudante está manipulando as informações coletadas a seu favor.
- o segundo bloco se refere à estruturação do pensamento, a partir da fala dos estudantes. Ele pode utilizar o *raciocínio lógico* para desenvolver suas ideias e/ou o *raciocínio proporcional* para identificar a relação entre propriedades ou variáveis.
- o último bloco se detém a tentar explicar a situação realizada. Neste grupo, é possível perceber alguns passos próprios da epistemologia da ciência, se aproximando até do método científico. Os estudantes conseguem: *levantar hipóteses*; propor ações e *testes de hipóteses* para suas decisões; garantir em palavras o que foi feito, a partir de uma *justificativa*; fazer *previsão* sobre possíveis consequências da experimentação; e concluir brevemente com uma *explicação*.

No caso de problemas investigativos que envolvem a leitura de textos, Sedano (2013) sugere que o professor avalie as falas dos estudantes, de forma a identificar singularidades

ou indícios de uma compreensão do texto lido. As singularidades buscadas através das falas dos alunos é se eles: identificam as ideias principais do texto; relacionam as ideias do texto com outras trabalhadas em aula; aplica as ideias do texto na discussão posterior; e/ou relaciona as ações realizadas na aula.

Relembramos que essa metodologia converge para uma aula voltada à resolução de um problema, a chamada aula investigativa. Porém, o conhecimento após a manipulação do kit ou leitura do texto ainda está amadurecendo, necessita de uma fundamentação mais robusta. As aulas com leituras de textos de sistematização do conhecimento têm esse objetivo, em que a abordagem científica e os resultados clássicos se confrontam com o resultado investigado. Assemelha-se a uma aula expositiva, em que o professor sugere um texto científico do livro didático e debate o tema ou resolve exercícios. A diferença está na indissociação com a atividade prática, porque o professor deve sempre retomar o olhar do fenômeno estudado para as habilidades construídas no momento investigativo (Carvalho, 2013).

Além da sistematização do conhecimento, as aulas com atividades de contextualização surgem como iniciativas transversais, geralmente com propostas mais ligadas a temas do campo social, cultural ou histórico que se entrelaça ao conhecimento científico (Carvalho, 2013).

Para a formação do professor que utiliza SEIs, é necessário que eles sejam instigadores da argumentação e da criticidade em temas científicos. Sasseron (2013) apresenta dois grandes grupos de propósitos para o professor, que culminam em ações de caráter pedagógico ou epistemológicos. Os propósitos pedagógicos são ações metodológicas do trabalho do professor em sala de aula, coerente, inclusive, com propostas de aulas em áreas de ensino diferente das ciências. São elas:

- planejamento da atividade: é anterior ao início da aula. Os objetivos devem ser traçados de forma a garantir a interação da turma para serem ativos durante a resolução do problema. Adaptar a sala de aula, preparar os kits para que estejam prontos para a aula, elaborar os roteiros e questionários de investigação, são exemplos de ações que visam esse planejamento.
- organização para a atividade: se preocupa com a execução de ações mais gerenciais da aula: divisão de grupos e funções, espaço e tempo da aula, organização do trabalho. O professor se torna um líder que gerencia uma equipe de trabalho e precisa que os seus colaboradores-estudantes se mantenham motivados durante toda a

investigação.

- ações disciplinares: oferecem um poder de decisão para o professor, mais voltado para a gestão de pessoas. Construir um ambiente de argumentações não pode se tornar um campo de guerra, em que não há respeito aos colegas, ao professor e ao espaço físico. Ações mais incisivas em caso de atitudes inapropriadas podem ser necessárias. Transversalmente, a boa comunicação entre o professor e seus estudantes deve ser o ponto de partida e de chegada para que haja respeito e disciplina: se não há diálogo, logo se parte para a violência.
- motivação dos estudantes: o professor é o motivador da fala do aluno, mas não só, é também um absorvedor do que esse aluno fala. Quando toma posse do discurso, esse professor precisa tomar duas atitudes: estimular o estudante que falou, independente se foi algo relevante ou uma piada, porque propõe o espaço democrático de interação; ao passo que deve retornar a própria ideia dos estudantes para eles mesmos, reconstruindo o vocabulário, propondo outro ponto de vista, instigando a elaboração de hipóteses e argumentos.

Os propósitos epistemológicos são voltados à construção do próprio conhecimento científico. Se os propósitos pedagógicos se voltaram ao ambiente e a construção da aula, nestes já é possível perceber ações que objetivam a alfabetização científica. São elas:

- retomada de ideias: é o conhecimento prévio do estudante, seja ele o arcabouço de ideias garantidas externamente à escola, ou conteúdos e atividades anteriores à corrente. É o momento em que o professor enfatiza que o conhecimento científico parte de um pressuposto, uma ideia antecessora e se desenvolve - a ciência não é criada de um "eureka", é uma construção.
- proposição de um problema: é o "gatilho para a investigação". O trabalho do cientista parte de um ato curioso que o move para a elaboração de respostas. Assim como o cientista, o estudante deve se motivar para a investigação proposta e é papel do professor a motivação para a curiosidade do estudante.
- teste de ideias: a elaboração de uma hipótese ("eu acho que...") para a ação que reflete a solução do problema ("e se...") deve ser o caminho a ser estimulado no pensamento do estudante. Aqui, o professor deve abrir espaço para que os estudantes proponham soluções, seja nos grupos, seja diante de toda a turma, de forma a testar suas próprias hipóteses.

- delimitação de condições: quando o estudante testa suas hipóteses e verifica que nem tudo o que pensou é possível, ou era coerente, e repensa, aqui há uma delimitação das suas ações. Nesse momento, o professor deve estar atento a como o estudante se comporta ao errar: o ideal é que o erro o motive a caminhar em outra direção, não que promova desistência. Fomentar que só se constrói conhecimento a partir de tentativas e erros pode estimular que a atitude do estudante sempre seja de encorajamento, verificação de seus resultados e posterior análise.
- reconhecimento de variáveis: ao tomar consciência das ações e efeitos ao testar suas hipóteses, os estudantes tendem a dar nome ao que está fazendo, e começa-se a aproximar de linguagens científicas: "mais perto", "por mais tempo", "ficou mais quente". Estabelecer conexões entre as grandezas, os fenômenos e as quantidades deve ser estimulado e enfatizado pelo professor, para que os estudantes dêem importância a fazer análises cada vez mais elaboradas.
- correlação de variáveis: neste passo, os estudantes já devem demonstrar consciência mais abstrata: "quanto mais aproximar, mais quente ficará". O papel do professor é estimular que os estudantes elaborem um pensamento correlacional: se acontecer algo, há tal consequência. Daí, as ações dos estudantes serão cada vez mais profundas para se obter a solução do problema.
- avaliação de ideias: o propósito final é de conclusão: "por que isso aconteceu?", "por que não?"; responder a essas questões mais uma vez remete ao fazer científico. A partir da hipótese, o resultado foi tal que se esperava devido a tais condições. A escrita final e/ou a fala individual sobre o processo, as conclusões e novas investidas, deve ser encorajadas pelo professor. O estudante, portanto, toma consciência de suas ações.

Como referenciais teóricos que embasam a construção do conhecimento do estudante durante a SEI, as obras de Piaget e Vigotski se fazem presentes em diferentes enfoques, de forma a aproveitar do que se tem de melhor nas respectivas teorias. De Piaget foi aproveitado, dentre outras coisas, a tomada de consciência por parte do estudante para a construção do conhecimento científico, o qual nem sempre será espontânea; é onde o papel da instrução se faz essencial nesse ponto. De Vigotski vêm as propostas interacionistas, como o protagonismo do estudante e as relações entre eles, o ambiente encorajador e a mediação do professor (Carvalho, 2013).

Podemos concluir que a abordagem investigativa é ampla no que concerne a conceitos pedagógicos e epistemológicos, os quais direcionam o processo de ensino-aprendizagem em Ciências. Mesmo assim, é possível resumir em um rápido fluxo: da curiosidade, vem a investigação; desta, os resultados e, porventura, uma nova investigação; que culmina em uma construção de conhecimento científico utilizando a própria ação científica. Tudo isso sem tornar o estudante um cientista, mas um cidadão mais consciente do papel da ciência na sociedade. O produto educacional desta dissertação se propõe a um resultado coerente ao referencial teórico, que o estímulo à investigação de fenômenos eletromagnéticos culmina em uma reflexão sobre o consumo de energia elétrica em suas residências.

2.3 As atividades experimentais no ensino de Física

Na descrição do canal do Manual do Mundo (2022) no Youtube, um famoso canal de divulgação científica e experimentação de ciências no Brasil, é destacado que “há sempre um caminho mais interessante e divertido para aprender sobre as coisas ao nosso redor”. Nesse trecho, os responsáveis pelo canal conseguem emocionar qualquer jovem estudante de ciências, ao centralizar a diversão como o âmago na descoberta do mundo que o rodeia. Se fosse feita uma pesquisa sobre a preferência dos jovens brasileiros em se aprender Física com vídeos do Manual do Mundo ou com as aulas expositivas do seu professor, ousado antecipar que a nossa classe poderia perder miseravelmente essa disputa. Dessa suposição, nasce uma pergunta imediata: como fazer para que a sala de aula de ciências seja um desses “caminhos mais interessantes”?

Bonadiman e Nonenmacher (2007) colocam a metodologia do professor como o ponto decisivo para introduzir na sala de aula condições favoráveis “para o gostar e para o aprender” Física. A proposta metodológica deve ser inovadora, de forma a proporcionar que o próprio estudante tenha interesse e busque o conhecimento por si próprio, sempre mediado pelo professor que transforma os conceitos e fenômenos físicos em significados do mundo vivido pelo aluno. O ponto principal na proposta de metodologia desses autores estava diretamente ligada à aplicação de práticas experimentais como motivadoras, construtoras do aprendizado, quando estão estritamente relacionadas com o cotidiano do estudante.

Gaspar (2014) foi categórico ao afirmar que para aprender algum conhecimento científico, em especial na Física, a escolha na experimentação seria fundamental. Pereira e Moreira (2017) vão além: eles apontam um possível papel imprescindível da experimen-

tação no processo de ensino-aprendizagem, por esta servir como uma possível explicação da realidade dos fenômenos naturais ao ser reproduzida em laboratório. Borges (2002) lembra que, além da eficiência do laboratório tradicional, há também uma nova forma de laboratório didático em que o estudante investiga problemas mais abertos, a partir de suas próprias hipóteses e conhecimentos prévios: as atividades investigativas.

No entanto, ao resgatarmos os contextos históricos, é possível perceber que a experimentação como solução para os problemas do ensino de ciências nem sempre foi unânime ou acertiva. Para contrapor o ensino tradicional vigente nas aulas de ciências, houve diversas iniciativas de ir contra o papel demonstrador do professor e a passividade do estudante diante das atividades experimentais. O surgimento da Escola Nova, algumas iniciativas acadêmicas como o Physical Science Study Committee (PSSC) e o Projeto Harvard, nos Estados Unidos, o The Nuffield Physics Project, no Reino Unido, e os projetos Física Auto-Instrutiva e Projeto de Ensino de Física (PEF) foram norteadores para ações educativas brasileiras, ao incentivar a reestruturação do currículo para uma sequência lógica, uma postura de protagonismo para o estudante, a crença na validade do método científico e, principalmente, o efetivo papel das experimentações no aprendizado dos conceitos e na redescoberta de leis da Física (Gaspar, 2014; Pereira e Moreira, 2017).

Segundo Gaspar (2014), apesar de projetos notáveis no que tange às suas concepções, as iniciativas citadas não obtiveram sucesso em suas realizações, tendo uma curta duração em suas atuações. O autor aponta alguns motivos para o fracasso dessas iniciativas: a crença excessiva na motivação do estudante na busca do seu conhecimento individual e no uso solitário dos materiais experimentais; a escrita de políticas públicas por agentes que não estavam inseridos na real situação das escolas em que seriam aplicados os métodos; a pequena influência dada à presença e mediação do professor, amedrontada por um possível retorno à centralidade, bem como a restrita ou nenhuma formação desses profissionais para o uso dos materiais. O que pode ser resumido sobre essas experiências é que, quanto mais se aproximava do ideal experimental das aulas de Física, menos o professor era importante na mediação do aprendizado do aluno.

Para combater essa premissa, os referenciais que enfatizavam o uso das experimentações tiveram que se aproximar de ideais sociointeracionistas em sua metodologia. Características já levantadas na elaboração de um ensino investigativo e levadas à luz da teoria de Vigotski, nos tópicos anteriores, podem ser reescritas para contribuir na construção de práticas contemporâneas do ensino experimental: motivação do estudante como motor para sua ação; um ambiente favorável à troca de informações e respeitoso a opiniões; contex-

tualização e proximidade com a realidade do estudante; e, principalmente, confiança no protagonismo individual, bem como o papel direcionador do professor para se alcançar objetivos além do potencial (Gaspar, 2014).

Em contrapartida, não são muitos os professores que adotam essa prática como uma estratégia no ensino. Percebemos aqui uma contradição: se é tão benéfico o uso de experimentação, por que os professores não escolhem fazê-lo? Qual a diferença entre o sucesso do canal do youtube e o fracasso das salas de aula das escolas no Brasil? A resposta relacionada ao investimento financeiro pode ser imediata, mas podemos elencar diversos motivos para explicar o desafio que é trabalhar com atividades experimentais.

Por meio de um apanhado de trabalhos com experimentação em artigos nacionais, entre 1971 e 2006, Pena e Ribeiro Filho (2009) enfatizaram alguns problemas nos laboratórios didáticos de Física, tais como: não há muita ênfase na pesquisa do real aprendizado do estudante atribuído à atividade experimental, a má formação e o despreparo do professor na prática e as péssimas condições de trabalho (escassez de tempo, espaço, materiais, segurança, incentivo).

Gaspar (2014) responde que são de natureza pedagógica as verdadeiras dificuldades na implementação das práticas experimentais na sala de aula. Mesmo quando há um espaço privilegiado na escola (um laboratório), tempo e materiais disponíveis, o professor ainda se demonstra despreparado para o comando de aulas experimentais. Encontrar atividades que conversem com o conteúdo ministrado não é uma tarefa elementar; felizmente, os programas de ensino de ciências no Brasil têm contribuído para a disponibilização de iniciativas de experimentações. O professor deve ser criativo, precisa estar motivado, e, principalmente, ciente do aporte de teorias da aprendizagem para alicerçar suas atividades. Nesse contexto, o uso de plataformas eletrônicas para aquisição de dados se apresenta como uma solução envolvente para a experimentação em sala de aula (Haag, Araujo e Veit, 2005).

2.3.1 A plataforma Arduino

A dificuldade em se equipar um laboratório de Física na escola é apontada nas pesquisas sobre o uso de atividades experimentais em sala de aula. De forma a simplificar o trabalho do professor, muitas são as propostas de experimentação com equipamentos de baixo custo ou que não envolvam grandes investimentos. A plataforma Arduino, nesse contexto, permite a elaboração de práticas um pouco mais sofisticadas quanto à aquisição

de dados e automatização de processos, colaborando na inserção de novas tecnologias em sala de aula (Haag, Araujo e Veit, 2005).

Em síntese, Arduino é uma placa com circuitos eletrônicos que agrega um microcontrolador programável e alguns pinos de saída e entrada de sinais digitais e analógicos, que permitem fazer medições de grandezas do ambiente (utilizando sensores), bem como responder externamente a comandos, seja fazendo girar um motor ou acendendo um LED. Podemos classificar o Arduino como uma plataforma de aquisição de dados (Souza et al, 2011). Por se tratar de uma tecnologia *open source* (código aberto), são incontáveis os projetos realizados por desenvolvedores, makers, pesquisadores, professores e estudantes, em todo o mundo, livremente disseminados por uma interface básica de programação (linguagem C/C++) e uma extensa linha de produtos de fácil conexão com a plataforma (Arduino, 2022).

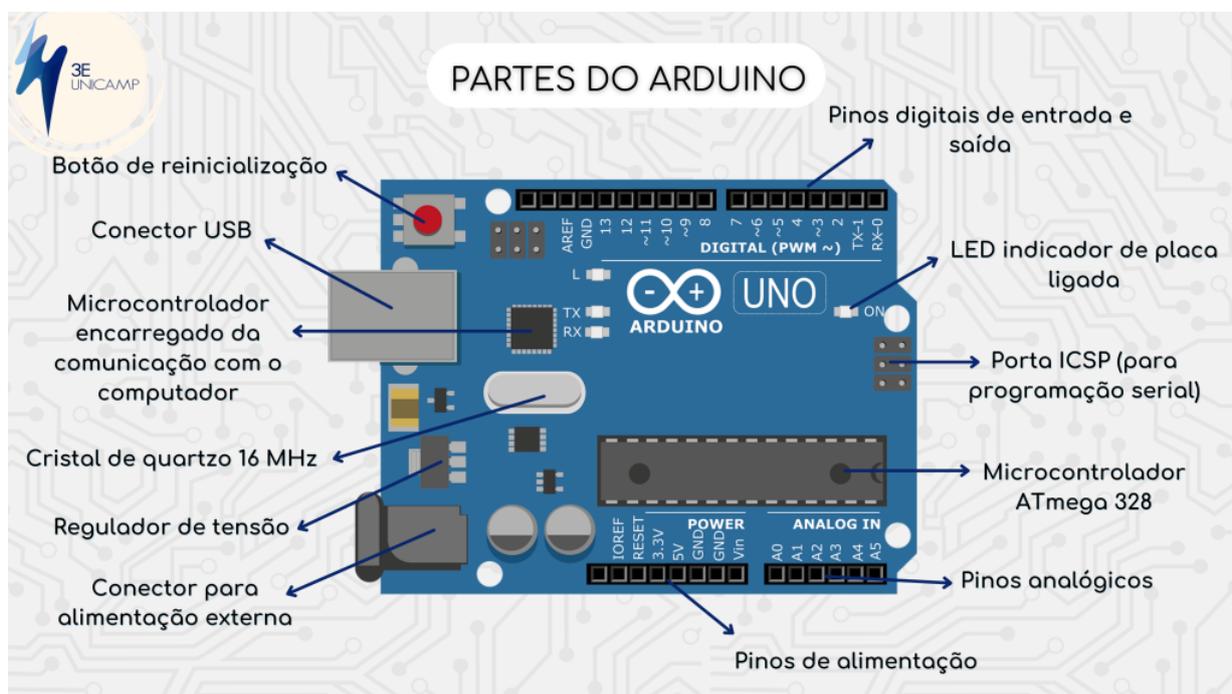


Figura 2.1: elementos de uma placa Arduino UNO. Fonte: 3EUnicamp (2022).

O experimento didático usando Arduino tem se mostrado popular nas aulas práticas de Física, estando contemplados em vários artigos na área. Por sua versatilidade, a plataforma funciona como um elemento enriquecedor, ao inserir a tecnologia como uma ferramenta para a construção do conhecimento, tornando significativos os resultados de ensino e aprendizagem (Martinazzo et al., 2014; Souza et al, 2011; Cavalcante, Tavolaro e Molisani, 2011).

Segundo o apanhado feito por Moreira et al (2018) em vários artigos, os objetivos no

uso do Arduino nas atividades experimentais de Física são: a inovação do laboratório; interdisciplinaridade e contextualização; potencializar a aprendizagem dos conceitos físicos; tornar as aulas atraentes e motivadoras; obtenção de dados; e difusão do Arduino.

Neste trabalho, a presença do Arduino na proposta perpassa todos os objetivos mencionados por Moreira et al (2018), embora a ênfase esteja na inovação do laboratório. Porém, atingir o pleno interesse do estudante é um combate contra as várias mídias que desviam os olhares e chamam mais atenção. O Arduino deve ser, portanto, o aliado necessário nesse combate, sendo uma proposta tecnológica, inovadora e versátil, que se alia às novas mídias, como o canal de vídeos citado no início da seção.

2.3.2 Atividades Experimentais em Eletromagnetismo

A busca por um aparato experimental que se aliasse às expectativas e aos objetivos discutidos na Introdução deste texto desencadearam uma preocupação quanto à eficácia dessas atividades experimentais no aprendizado de eletromagnetismo. A experiência pessoal durante a formação tecnológica e o trabalho no ensino profissional nos garantiram uma perspectiva de que o laboratório de circuitos elétricos, quando os objetivos estavam bem traçados, era uma excelente forma de aprendizado. Nessas experiências, a contextualização era imediata: apesar de se operar com resistores, capacitores ou transformadores, bastava indicar esses componentes como elementos essenciais de um eletrodoméstico que o interesse na aula aumentava consideravelmente.

No entanto, a preocupação continua, porque os estudantes do ensino básico não detêm conhecimentos teóricos suficientes para entender os fenômenos eletromagnéticos, muito menos tinham habilidades com equipamentos de análise e medição. O processo tradicional da teoria eletromagnética do ensino básico era exaustivo. A ideia de instruir os estudantes do ensino básico, como se faz no ensino profissional ou superior, também demandaria um grande esforço. Era necessário, pois, verificar que trabalhos tinham sucesso nessa área e como adaptá-los à proposta investigativa e sociointeracionista. Abaixo são apresentados cinco trabalhos, dentre eles artigos e dissertações, que nortearam este trabalho.

Barros (2015) criou uma corajosa Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) em que conseguiu reproduzir o tradicional laboratório de circuitos elétricos em uma escola particular do Distrito Federal. A prática experimental se deu por medições de corrente e tensão elétricas em circuitos resistivos, enfatizando o fenômeno de Efeito Joule e as técnicas de associação de resistores. A discussão dos resultados se baseou na comparação en-

tre duas turmas estudadas, uma experimental e outra de controle, realçando os resultados quantitativos da aplicação de um teste inicial e outro ao final do método. Barros concluiu que a turma em que foi submetida à intervenção experimental, teve um “crescimento conceitual, principalmente em situações problemas que envolviam situações mais próximas do cotidiano”. Dessa forma, podemos sublinhar o papel agregador de conhecimento como um resultado da contextualização.

Gonçalves (2018) também sistematizou seu trabalho em uma UEPS com ênfase em atividades experimentais. Diferente de Barros, Gonçalves partiu do fator “contextualização” para a construção da sua proposta e trabalhou com os alunos os efeitos químico e magnético da corrente elétrica, inicialmente. No entanto, em relação à temática, a ênfase maior de seu trabalho foi o estudo de uma tábua com comandos elétricos, ensinando aos alunos diferentes tipologias com interruptores e lâmpadas em um contexto residencial. Além da aprendizagem significativa e a necessidade de contextualização, Gonçalves apontou como prática a ser continuada a mescla de atividades experimentais com atividades de leitura e sistematização do conhecimento.

Soares (2018) mescla uma UEPS com uma contextualização mais referenciada nos textos de Paulo Freire, ao trabalhar com o ensino de Efeito Fotovoltaico em turmas de 3ª série do Ensino Médio, utilizando uma mini usina solar como aparato experimental. Apesar de não se tratar de uma proposta investigativa a priori, as aulas em que se utilizavam da mini usina se tornaram momentos de interações manipulativas com o aparato além do que estava roteirizado pelo professor. A variada ação manipulativa demonstra não só o engajamento dos estudantes, mas também a eficácia do produto quanto à versatilidade. As argumentações sobre temas sociais ligados à geração de energia enriqueceram os debates em sala, realçando a importância da problematização para a formação do conhecimento científico. O arremate da Sequência Didática com a apresentação de seminários, sugerida pelos estudantes, se distancia da metodologia de Moreira e Ausubel, ainda que os resultados tenham se baseado nas avaliações dos testes inicial e final. Esse distanciamento não é negativo no que tange aos resultados alcançados pelos estudantes, mas sim complementa os objetivos metodológicos traçados na pesquisa do autor.

Costa (2017) apresentou vários experimentos da área de Eletrostática de forma a motivar os estudantes na introdução ao eletromagnetismo. Foram utilizados experimentos de baixo custo, como eletrização por atrito usando objetos comuns, até o uso de um gerador de Van De Graaff emprestado. Outra vez, as atividades práticas tiveram um apelo investigativo, apesar de não serem referenciadas pesquisas nessa área no decorrer do texto. Os

alunos foram submetidos à manipulação do material, instigados a responder questões que geraram debates e argumentações. O sucesso nas aulas experimentais foi tão grande, que a professora junto com estudantes interessados se reuniam em contraturno para construção de protótipos para práticas a ser usados em todas as turmas, o que demonstra o quão transformadoras foram as aulas.

Pascoal (2016) se aventurou no ensino de eletromagnetismo no 9º ano do Ensino Fundamental. O professor propôs a construção de circuitos elétricos simples em uma típica aula de laboratório e, depois, em uma aula usando simuladores. O autor explica que a ordem na proposição dos experimentos se tornou relevante no aprendizado. Primeiramente, os estudantes analisaram o fenômeno da corrente elétrica macroscopicamente, usando um circuito elétrico de corrente contínua com uma pilha e uma lâmpada. Depois, o mesmo experimento foi refeito em simulação, aprimorando o entendimento do fenômeno ao relacionar as entidades microscópicas (elétrons livres). Para o professor, os estudantes progressivamente obtiveram uma aprendizagem mais significativa ao abordar uma explicação mais profunda da eletricidade, ao se dar ênfase aos portadores de carga livres.

Munido dessas experiências pedagógicas, dos referenciais de aprendizagem e de Física, no próximo capítulo, foi proposto e aplicado o Produto Educacional deste trabalho, que envolveu diversos elementos citados nesses textos: a contextualização do tema no cotidiano do estudante, a utilização de atividades experimentais para a investigação do fenômeno e do conceito científico, em um ambiente respeitoso e estimulante de troca de ideias e argumentações na resolução de problemas de cunho social e científico.

Capítulo 3

Conceitos de Eletricidade e Iluminação

Os temas de Eletromagnetismo estão presentes em inúmeros trabalhos em Ensino de Física. A abordagem teórica desse conteúdo necessita de um alto grau de abstração, com conceitos difíceis de ser compreendidos por completo nas turmas de ensino básico. Ao passo em que esse conteúdo é identificado em fenômenos naturais e em processos tecnológicos, utilizando uma abordagem mais contextualizada, a compreensão dos conceitos se torna mais palpável para os estudantes. Neste capítulo, serão apresentados os conceitos necessários para o processo de ensino-aprendizagem de corrente, potência e energia elétricas, bem como noções de fotometria e radiação luminosa, que é um campo do Eletromagnetismo que se cruza com temas de Óptica Física, para apresentação em turmas de Ensino Fundamental.

3.1 Da corrente elétrica à conta de luz

A definição clássica diz que "a corrente em um fio é a carga por unidade de tempo que passa por um determinado ponto"(Griffits, 2010). Em suma, corrente elétrica é a taxa temporal de partículas dotadas de carga elétrica que atravessam uma seção transversal, no caso de um fio cilíndrico. A unidade de corrente elétrica é ampére (A) ou coulombs por segundo (C/s). Nos circuitos elétricos, as partículas carregadas são elétrons livres disponíveis nos materiais condutores, como as ligas metálicas de cobre, amplamente utilizadas em componentes elétricos.

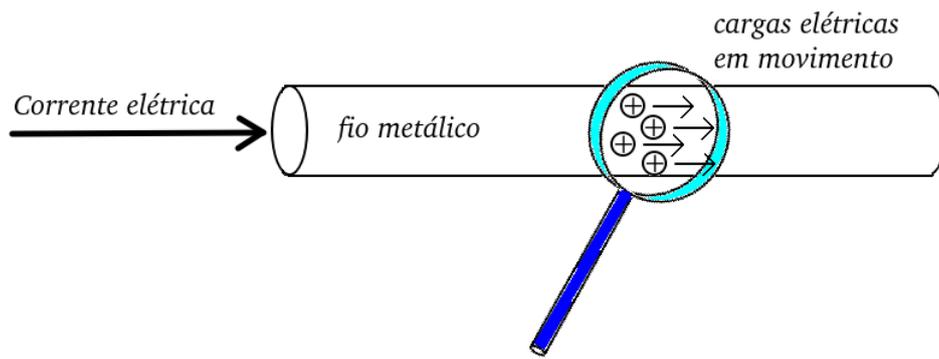


Figura 3.1: corrente elétrica em um fio condutor. Fonte: próprio autor

Para nomear a corrente elétrica, utiliza-se a letra i para simbolizar a intensidade de corrente elétrica média:

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t}. \quad (3.1)$$

Quando a corrente elétrica se mantém invariável de sinal, em relação ao tempo, em uma seção, dizemos que a corrente é contínua. Circuitos em regime de corrente contínua são comuns em aparelhos dotados de pilhas ou baterias (geradores químicos). Quando a corrente elétrica varia periodicamente no tempo, geralmente representada por uma função senoidal, dizemos que a corrente é alternada. Circuitos em regime de corrente alternada são comuns para alimentação dos eletrodomésticos, como geladeira e televisão, sendo a forma de geração por meio de indução eletromagnética.

O que impulsiona o movimento de cargas elétricas, originando a corrente elétrica, é uma diferença de potencial elétrico entre dois terminais. Uma carga elétrica imersa em um campo elétrico é submetida a uma força externa de aproximação ou repulsão. O trabalho W da força elétrica por unidade de carga necessário para impulsionar uma carga q de um ponto a inicial a um ponto b final é definido como a diferença de potencial elétrico U entre os pontos, ou apenas ddp, ou tensão elétrica, medida em volts (V), conforme a equação a seguir:

$$U = \frac{W_{a \rightarrow b}}{q}. \quad (3.2)$$

No caso de uma pilha, por exemplo, há uma ddp entre os terminais positivo e negativo da pilha, gerada por um processo eletroquímico. Quando se conecta os terminais da pilha através de um circuito fechado, ocorre a passagem do fluxo de elétrons, ou seja, a corrente elétrica.

Porém, uma mesma fonte de tensão elétrica pode integrar circuitos com diferentes intensidades de corrente elétrica. Esses circuitos podem se diferenciar em relação à geometria (comprimento do fio, área da seção do fio) e ao material presente na liga metálica, para cada componente do circuito. A grandeza que relaciona essas propriedades é a resistência elétrica, medida em ohms (Ω). A resistência elétrica R representa a dificuldade que os elétrons encontram ao circular em um circuito. Se o condutor em um circuito elétrico tem um comportamento resistivo linear em relação à diferença de potencial U adotada em seus terminais, este condutor obedece à Lei de Ohm (Griffits, 2000), representada pela equação abaixo:

$$U = R \cdot i, \quad (3.3)$$

onde, se um circuito tem mais resistência, há menor intensidade de corrente, e vice-versa.

Os circuitos de corrente alternada são originados por geradores eletromagnéticos. De acordo com a lei de Faraday, quando um fluxo magnético variável é aplicado a um circuito, há a verificação de uma diferença de potencial elétrico e consequente geração de corrente elétrica em um circuito fechado (Griffits, 2000). Nas usinas de energia elétrica, esse fluxo magnético variável é originado pelo movimento relativo de rotação entre um conjunto de espiras e um ímã (ou eletroímã), na turbina da usina, que gira conforme uma ação mecânica (queda d'água, vento, vapor, por exemplo). A tensão elétrica resultante $u(t)$ desse processo é periódica e obedece à seguinte função:

$$u(t) = U_0 \sin(2\pi ft + \Phi), \quad (3.4)$$

A função acima origina o regime de tensão alternada, representada pela frequência f e um valor eficaz V_{RMS} , dado por:

$$V_{RMS} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}. \quad (3.5)$$

Em Brasília, por exemplo, a tensão alternada nas tomadas de uma residência tem valor eficaz de 220 V a uma frequência de 60 Hz.

A potência elétrica é um parâmetro relevante para a caracterização de um aparelho elétrico, denotando o desempenho energético desse aparelho. A potência nominal é o valor típico que um aparelho pode aproveitar da energia elétrica e transformar em outras formas de energia. Por exemplo: energia radiante nas lâmpadas; energia térmica nos chuveiros;

e energia mecânica nos ventiladores. A potência P é medida em watts (W) e representa a taxa temporal do trabalho elétrico W produzido pela corrente elétrica i através dos terminais de um componente, com uma diferença de potencial U :

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{U \cdot \Delta q}{\Delta t} = U \frac{\Delta q}{\Delta t} = U \cdot i. \quad (3.6)$$

O produto entre a corrente e a tensão determina a potência elétrica em um determinado trecho do circuito. Quanto maior a potência de um aparelho, maior será o consumo energético em funcionamento. O tempo de uso se faz relevante, então, para contabilizar a quantidade de energia consumida por um aparelho. Para o consumo de energia elétrica, a unidade de medida é o quilowatt-hora, equivalente ao consumo de energia de um aparelho de 1 kW de potência no tempo de uma hora.

A soma do consumo energético de todos os aparelhos de uma residência no tempo de um mês é registrado por um medidor, popularmente chamado de relógio. A partir dessa quantidade de kWh e taxas governamentais, dá-se o cálculo da "conta de energia", valor a ser pago mensalmente por cada residência no país. O valor da conta de luz é uma fração relevante da renda mensal de uma família, sendo centro de discussões na sociedade em diferentes contextos, seja a relação conforto/consumo, democracia do uso de energia, preocupação ambiental, clandestinidade de instalações, gestão das concessionárias e uso racional.

3.2 Iluminação e suas medidas

Os circuitos de iluminação são de grande importância na discussão do consumo de energia elétrica, visto que são utilizadas lâmpadas elétricas quase na totalidade das residências do país. Nos últimos anos, a substituição de lâmpadas incandescentes ou fluorescentes por lâmpadas de LED tomou conta das discussões sobre desempenho energético na área de iluminação, devido à alta eficiência do LED em relação às lâmpadas anteriores (Extra, 2022). Porém, para compreender efetivamente essa mudança de paradigma, é necessário apresentar uma relação entre a quantidade de luz emitida por uma lâmpada e os parâmetros energéticos associados.

Ao tomarmos uma fonte pontual de luz, podemos estabelecer que a quantidade de radiação luminosa, que se propaga através de um feixe, é denominada fluxo luminoso F e é medido em lúmens (lm) (Atchison, Smith, 2000). Há diferentes processos de emissão

de luz, como a fluorescência ou a incandescência, em que há transformação de energia elétrica em energia luminosa. A eficiência energética da emissão de uma lâmpada se dá exatamente pela razão entre a quantidade de lúmens emitidos e a potência elétrica, medido em lm/W. Esse parâmetro é utilizado para comparação entre diferentes tipologias de lâmpadas, sendo obrigatória a apresentação dessas informações na embalagem da lâmpada, como exemplificado na figura abaixo:



ALTA POTÊNCIA 20W 100-240V 6500K		BENEFÍCIOS
POTÊNCIA	20W	<ul style="list-style-type: none"> • Economiza 86% de energia elétrica • Baixa emissão de calor • Maior eficiência luminosa (lm/W) • Vida mediana 25.000h • Ecoeficiente: <ul style="list-style-type: none"> • não emite ultravioleta • não emite radiação infravermelho • não contém mercúrio
TENSÃO	100-240V	
TEMPERATURA DE COR	6500K	
BASE	E27	
ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DE COR	80%	
VIDA MÉDIA	25.000 HORAS	
FLUXO LUMINOSO	1800 lm	
EFICIÊNCIA LUMINOSA	90 lm/W	
ABERTURA FACHO	180°	
DIMERIZÁVEL	NÃO	
EXPOSIÇÃO AO TEMPO	NÃO	
GARANTIA	2 ANOS	

DIMENSÕES DA LÂMPADA



TONALIDADE DE COR

Branco

A luz branca (6500 K) é indicada para ambientes que necessitam de iluminação mais estimulante.



Figura 3.2: catálogo de informações de uma lâmpada de LED. Fonte: Amazon (2022).

Em diferentes direções em que se dá o fluxo luminoso, pode haver diferentes sensações de emissão de luz, o que é caracterizado pela grandeza intensidade luminosa I , que é a quantidade de lúmens em um cone de luz, delimitado por um ângulo sólido, de acordo com a figura 3.3 . A unidade de medida de intensidade luminosa é o candela (cd) que resulta da razão entre o fluxo luminoso F , medido em lúmens, e o ângulo sólido Ω , medido em esterorradiano, conforme a equação abaixo:

$$I = \frac{\Delta F}{\Delta \Omega}. \quad (3.7)$$

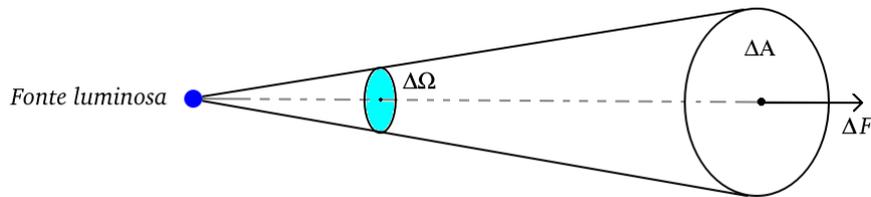


Figura 3.3: intensidade luminosa em um feixe de luz. Fonte: próprio autor.

O mais relevante da discussão sobre iluminação é compreender o quanto a luz deixa o ambiente confortável para se realizar tarefas. Para a vida prática é mais importante verificar o quanto dessa luz consegue atingir uma superfície, ou chegar à retina dos nossos olhos. Para essa determinação, foi definido o conceito de iluminância E que é a quantidade de lúmens que atinge ou atravessa uma determinada área. A unidade de medida é o lúmen por metro quadrado (lm/m^2), definido como lux. Um luxímetro, aparelho que mede a iluminância, é um efetivo medidor da sensação de brilho de uma fonte luminosa.

A iluminância é o parâmetro principal para iluminação de ambientes (luminotécnica), visando o conforto visual do brilho das lâmpadas para cada necessidade. A tabela a seguir mostra os níveis de iluminância recomendáveis para alguns espaços, apresentados na norma NBR-5413 (1992), que detalha as características de instalações de iluminação em interiores.

Ambiente	Iluminância (lux)
Sala de uma residência	150
Depósito	200
Sala de aula de uma escola	300
Sala de leitura de uma biblioteca	500
Sala de desenho de arquitetura	1000

Tabela 3.1: exemplos de iluminância para ambientes interiores

A iluminância de um feixe de luz varia inversamente proporcional ao quadrado da distância entre fonte e anteparo. Quanto mais longe esses objetos estiverem, mais disperso estará o fluxo luminoso. Essa relação é importante para a alocação de lâmpadas, em edificações. Nesse sentido, é possível analisar em que ponto há um melhor aproveitamento do brilho ou até o número de lâmpadas por cômodo.

Para exemplificar, considera-se uma sala de aula em uma escola, com dimensões de 6,00 m por 4,00 m, com o teto a 3,00 m de altura. São dispostas 6 lâmpadas para iluminar cada sexto da sala de aula. A área no solo iluminada por cada lâmpada é apresentada na

3.4, onde as lâmpadas são representadas por pontos brancos e cada quadrado tracejado tem 1 m² de área. O círculo circunscrito, por consequência, tem 2π m² de área. O volume iluminado pela lâmpada é descrito por um cone plano, conforme a imagem 3.5.

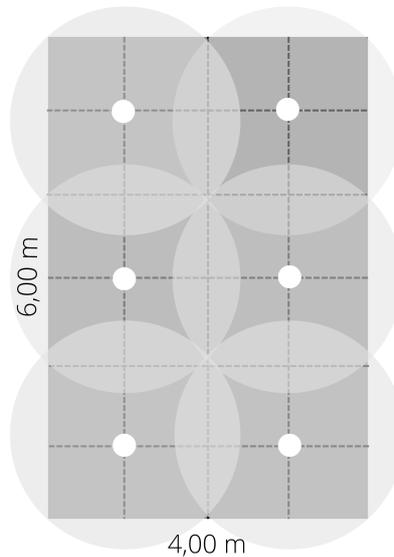


Figura 3.4: Exemplo de sala de aula e disposição de lâmpadas. Fonte: próprio autor.

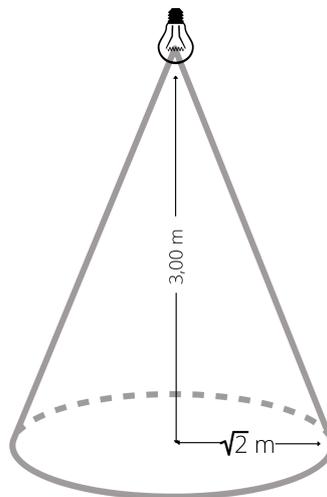


Figura 3.5: Volume cônico iluminado por uma lâmpada. Fonte: próprio autor.

Calcula-se então o fluxo luminoso F de uma das lâmpadas, iluminando uma área A , obedecendo à norma de iluminância E para ambientes interiores (tabela 3.1), da seguinte forma:

$$E = \frac{F}{A} \therefore F = E \cdot A \quad (3.8)$$

$$F = 300 \cdot \pi(\sqrt{2})^2 = 1884,96lm. \quad (3.9)$$

Assim, cada uma das lâmpadas deve emitir um fluxo luminoso mínimo de 1885 lúmens. A lâmpada da figura 3.2 pode atender, um pouco abaixo da iluminância exigida, mas com uma alta eficiência luminosa. Há outros modelos de lâmpadas, com diferentes potências, fluxo luminoso, ângulo de abertura e durabilidade. Todos esse itens são avaliados em um projeto luminotécnico (iluminação de ambientes).

Diferentes tipologias de lâmpadas têm comportamentos distintos quanto ao padrão de emissão de radiação, devido à composição química dos materiais e o processo de emissão de luz. A figura 3.6 mostra a variação da intensidade da radiação em relação ao comprimento de onda de quatro lâmpadas fluorescentes. Essas lâmpadas têm um padrão de emissão como uma curva suave, devido a cobertura de fósforo, com picos de intensidade em alguns comprimentos específicos por conta do vapor de mercúrio (UFRGS, 2004). Para ter uma melhor qualidade, os fabricantes de lâmpadas buscam aproveitar a intensidade de radiação dentro do espectro visível.

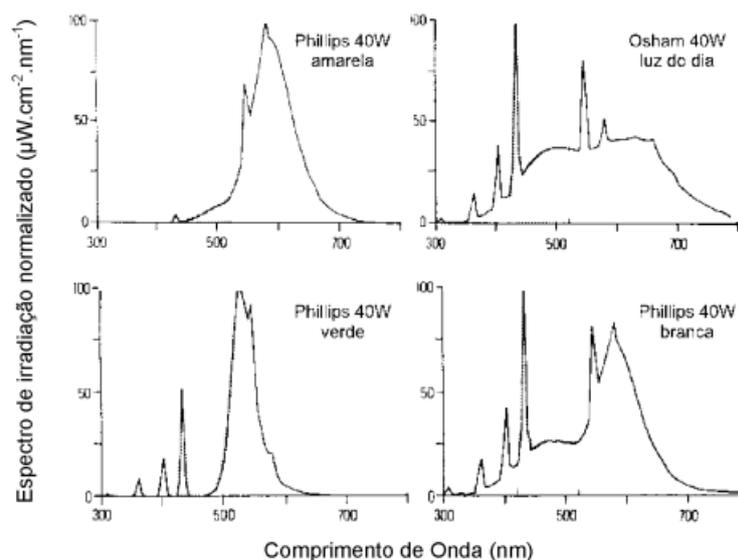


Figura 3.6: Espectro de emissão de quatro lâmpadas comerciais. Fonte: Alves et al (2008).

Além do padrão de emissão, a eficiência energética, em lm/W, se distingue para variadas tipologias de lâmpadas. A diferença entre a a lâmpada LED e as outras lâmpadas é enorme. Por isso, há uma campanha universal para a troca de lâmpadas menos eficientes por outras de maior qualidade. A figura a seguir mostra uma comparação entre as lâmpadas e os parâmetros de eficiência:

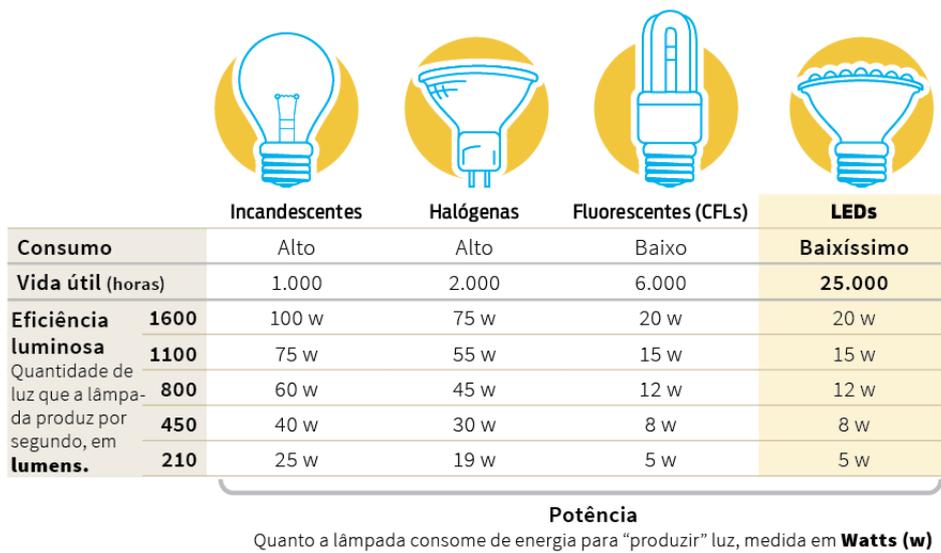


Figura 3.7: Comparação entre os parâmetros da lâmpada. Fonte: RETECJR (2022).

Capítulo 4

Metodologia do Produto Educacional

O produto proposto por essa dissertação tem como objetivo apresentar aos estudantes de 9º ano do Ensino Fundamental um olhar mais científico sobre o consumo de energia elétrica em suas residências. Para tanto, partiu-se da contextualização de problemáticas sociais, concentrou-se no tema de eficiência de lâmpadas como foco de investigação e ampliou-se para uma intervenção doméstica mais generalizada nos contextos das famílias dos estudantes. Além das atividades investigativas, foram propostas atividades de sistematização do conhecimento de conceitos físicos, como corrente e potência elétricas.

O Produto Educacional (PE) apresentado consiste de uma Sequência Didática em 10 encontros, dividida em aulas de 50 minutos que mesclam as atividades de investigação, divulgação científica e leituras de textos de sistematização e contextualização, embasados nos referenciais teóricos de Ensino e Aprendizagem e de Física, mencionados nos capítulos anteriores.

Antes de introduzir a sequência didática em si, é preciso destacar três detalhes do projeto que são essenciais para entender o PE como um todo: o primeiro, é o contexto da sala de aula em sistema híbrido devido à pandemia de Covid-19; o segundo, a construção de uma bancada experimental para análise da eficiência energética de variadas lâmpadas de uso doméstico; e em terceiro, a proposta de atividade avaliativa que encerra o trabalho, chamada de Intervenção Doméstica.

A construção da bancada experimental, bem como as atividades investigativas associadas à ela, são apresentados em um texto à parte, no Apêndice C, de forma a ajudar o professor interessado em reproduzir essa metodologia nas aulas de Física Elétrica, em nível básico ou até em nível superior.

4.1 O contexto escolar em um ambiente de Ensino Híbrido

A sequência didática foi conduzida em agosto/setembro de 2021, no Colégio Dromos, uma escola particular de Brasília, inserida em uma comunidade escolar em que a maioria das famílias são de classe média alta. Na escola, funcionam no mesmo turno as turmas de Ensino Fundamental e Ensino Médio, o que garante uma grande interação entre os estudantes, seja afetiva, intelectual ou cultural. O câmbio de ideias se estende ao verificar a atuação de alguns professores nos dois segmentos de ensino. Por ser uma escola pequena, só há uma classe de cada série, com uma média de 20 a 25 alunos por turma, contribuindo para o perfil intimista e familiar do convívio escolar.

A turma escolhida para aplicação do produto foi a classe do 9º ano, a qual continha 20 alunos. Esses estudantes, em sua maioria, já estudavam na escola, compartilhando com os mesmos colegas em outras séries, o que caracteriza uma histórica construção de relação. É preciso levar em conta esse dado, já que a aprendizagem deles vem da troca de significados e da relevância histórico-cultural nas relações.

Sobre os temas aplicados anteriormente em sala, podemos destacar alguns momentos relevantes para a elaboração de conhecimentos científicos prévios. Essa turma estudou as diferentes modalidades de energia e suas transformações, no início do ano, exemplificando-as e diferenciando-as, com uma abordagem contextualizada e problematizadora. Em outra ocasião, os estudantes foram apresentados às ondas eletromagnéticas e ao estudo de Ótica e Ondulatória, enfatizando os fenômenos e as tecnologias relacionadas aos temas. Logo antes da aplicação dessa sequência didática, os estudantes foram apresentados a conceitos próprios da Eletrostática, que são a natureza elétrica da matéria, as ideias de carga elétrica e campo elétrico, bem como os processos de eletrização. A metodologia sobre eletrização, inclusive, também foi uma sequência investigativa, usando atividade experimental. Portanto, esses conhecimentos prévios servirão de base para assentar os novos conhecimentos em Eletrodinâmica.

A sequência de aulas foi aplicada em contexto da pandemia de COVID-19, o que dificultou a participação de alguns alunos na proposta didática. O sistema de aulas vigente na escola durante o ano de 2021 foi o ensino híbrido. Essa modalidade de ensino foi adotada por muitas instituições de ensino no país e no mundo, aliando as atividades presenciais, que eram realizadas de forma restrita devido aos protocolos sanitários, e o Ensino à Distância (EaD), utilizando plataformas digitais. O Ensino Híbrido não é uma novidade imposta pela pandemia (BACICH, TANZI NETO e TREVISANI, 2015), mas acelerada nesse contexto,

porque obrigou as escolas a se adaptarem a uma realidade de crise de saúde e isolamento social, ao tempo em que se retornavam diversas atividades presenciais devido à vacinação da população e conseqüente diminuição dos casos.

Segundo Oliveira et Al (2021), o Ensino Híbrido se dá pelo aproveitamento do que há de melhor em ambas as modalidades de ensino (presencial e à distância), mas enfatiza que o uso da tecnologia é essencial para haver essa união. Iniciativas anteriores à pandemia já apontavam o Ensino Híbrido como uma iniciativa de sucesso na Educação no século XXI, respaldados pela aproximação das novas tecnologias no ambiente da sala de aula:

"O que a tecnologia traz hoje é integração de todos os espaços e tempos. O ensinar e o aprender acontecem em uma interligação simbiótica, profunda e constante entre os chamados mundo físico e digital. Não são dois mundos ou espaços, mas um espaço estendido, uma sala de aula ampliada, que se mescla, hibridiza constantemente. Por isso, a educação formal é cada vez mais blended, misturada, híbrida, porque não acontece só no espaço físico da sala de aula, mas nos múltiplos espaços do cotidiano, que incluem os digitais"(BACICH; TANZI NETO; TREVISANI, 2015, p 56).

Para viabilizar esse sistema, houve um investimento por parte da escola para instalação de um canal eletrônico de comunicação com os estudantes cujos pais preferiam que os filhos assistissem às aulas de casa. Esse canal foi composto por: uma câmera com resolução Full HD para transmissão simultânea das aulas, instalada com enquadramento no quadro e parte da área em que o professor se desloca; um microfone com transmissor RF; e um computador instalado, com acesso dedicado à videoconferência. O software utilizado para as chamadas foi o Google Meet, com o acesso pessoal do estudante via e-mail institucional.

Na escola em estudo, o Ensino Híbrido foi adotado de uma forma particular, ao qual vai ser nomeado com letra minúscula. Os estudantes não realizavam parte do programa educacional na escola e outro remotamente, como propõe o sistema. Na verdade, a escola deixou à cargo dos responsáveis a escolha da presença dos estudantes na escola. Era possível, então, que um estudante só tivesse aulas remotas, enquanto que outro poderia ter todas as aulas presenciais. Ou até uma situação intermediária, ter aulas presenciais em

alguns dias e aulas remotas em outro, à escolha dos responsáveis. Este sistema híbrido, com aulas ora presenciais, ora à distância, foi utilizado e denominado assim pelas escolas como uma forma de remediar o impacto da pandemia de Covid-19.

Por conta deste sistema, 3 alunos nunca compareceram às aulas presenciais. Uma média de 10 alunos sempre compareciam presencialmente. Os demais alunos compareciam eventualmente à escola, mas, quando estavam em casa, participavam por meio da videochamada. Portanto, a sala de aula não era um caso típico para a aplicação da pesquisa, também por isso o caráter qualitativo da avaliação se fazia necessário.

Quanto à metodologia, houve modificações devido ao sistema híbrido. Na proposta inicial, a sequência didática não incluía estudantes de forma remota, visto que seriam utilizadas atividades experimentais. Algumas dessas atividades tiveram que ser adaptadas, outras criadas além do previsto, de forma a atender essa demanda. Mesmo diante das condições sanitárias, sempre que possível, foi recomendada aos alunos a participação em atividades presenciais, principalmente nas aulas práticas na aplicação do Produto.

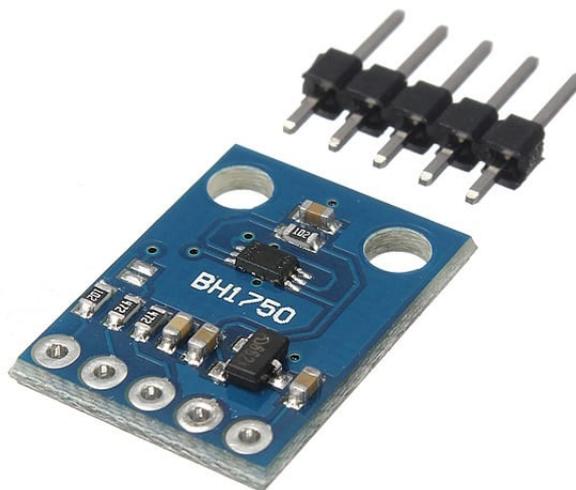
Quanto aos resultados, houve uma dificuldade em se analisar o quanto o ensino híbrido impactou a aprendizagem do conceito físico. Por conta da não-uniformidade da presença dos estudantes, alguns até sempre em atividade remota, a percepção de aprendizagem por parte do professor não foi facilitada. Porém, quando os estudantes estavam assistindo à aula de casa e eram estimulados por uma atividade própria para o ambiente virtual, a maioria deles participavam, respondendo às questões e tirando dúvidas. Nesse caso, era possível avaliar os conhecimentos adquiridos, enfatizando que a participação é uma variável relevante para o aprendizado.

4.2 A Bancada Experimental

Em algumas aulas na sequência didática, utilizou-se um experimento de bancada para análise de grandezas relacionadas ao brilho e ao consumo energético de lâmpadas. A Bancada Experimental (BE) foi elaborada para que os estudantes tivessem contato com um ambiente instigante de investigação, de forma a fazê-los analisar e criticar o uso de diferentes tipologias de lâmpadas à luz da medição de grandezas físicas.

A ideia primordial da bancada foi retirada do artigo de Guadagnini, Rocha e Barlette (2019). Nesse texto, os autores apresentam a construção de um medidor de iluminância, denominado luxímetro, baseado no sensor BH1750, da fabricante Rohm Semiconductor.

Esse sensor mede a luminosidade do ambiente em uma faixa de 0 a 65535 lux (unidade de iluminância), já calibrado de fábrica. Com uma grande precisão, este sensor foi fabricado para controle de luminosidade de telas de LCD em celulares (Rohm, 2014). Ele é comumente encontrado no mercado em um módulo mais condensado, de mais fácil utilização em microcontroladores, chamado GY-302 .



*Figura 4.1: o módulo GY-302 com o sensor de luminosidade BH 1750 e pinos de conexão
Fonte: FilipeFlop (2022).*

No artigo citado, é feito um estudo para viabilidade de integração desse sensor com a plataforma Arduino, para produção de iniciativas pedagógicas e experimentais no Ensino de Física. O Arduino tem o papel de aquisição de dados: recebe o sinal do sensor e operacionaliza a demonstração dos valores, de forma bruta ou apurada, utilizando gráficos ou displays de consulta. Apesar de objetivar o uso em sala de aula, o artigo não propõe uma sequência didática, porém faz sugestões sobre possíveis usos da proposta. Uma das sugestões é a construção de um arranjo experimental que conecte a medição de iluminância à medição de energia elétrica para estudo de diferentes tipologias de lâmpadas residenciais. A Bancada Experimental aqui construída é fruto dessa sugestão, aliando o referencial técnico dos autores do artigo à proposta didática de análise da eficiência energética.

A BE consiste de uma base de madeira com trilho metálico, com 1,5 m de comprimento, graduado em centímetros. Um bocal universal para lâmpada é colocado sobre um suporte acrílico que se movimenta linearmente sobre o trilho, por meio de rolamentos.

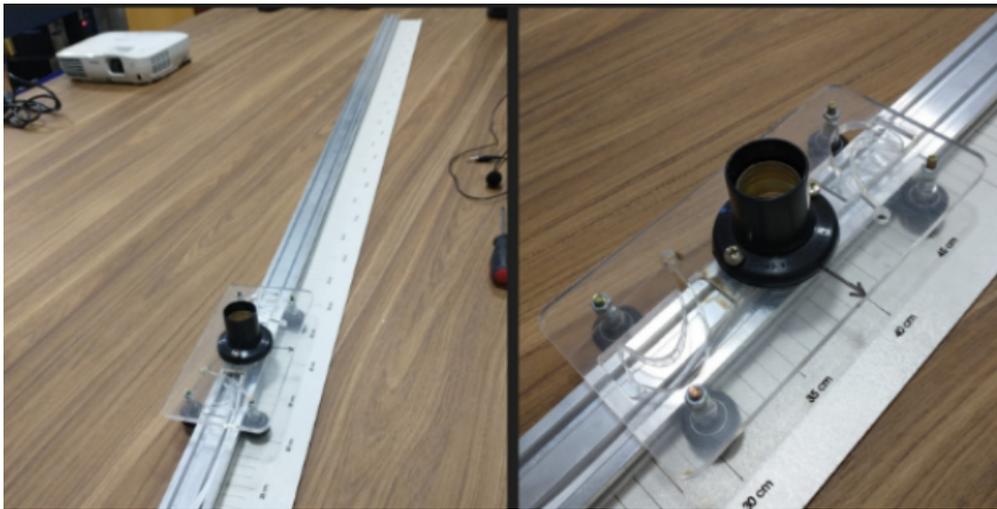


Figura 4.2: detalhes da Banca Experimental: o trilho graduado e a plataforma para o bocal
Fonte: próprio autor.

Em uma extremidade desse trilho, há a instalação do luxímetro (módulo sensor GY-302) sobre uma caixa protetora que também acomoda uma placa Arduino Uno. O sensor foi posicionado a 90° do plano por onde desliza a plataforma com a lâmpada, de forma a receber a luz direta da fonte.

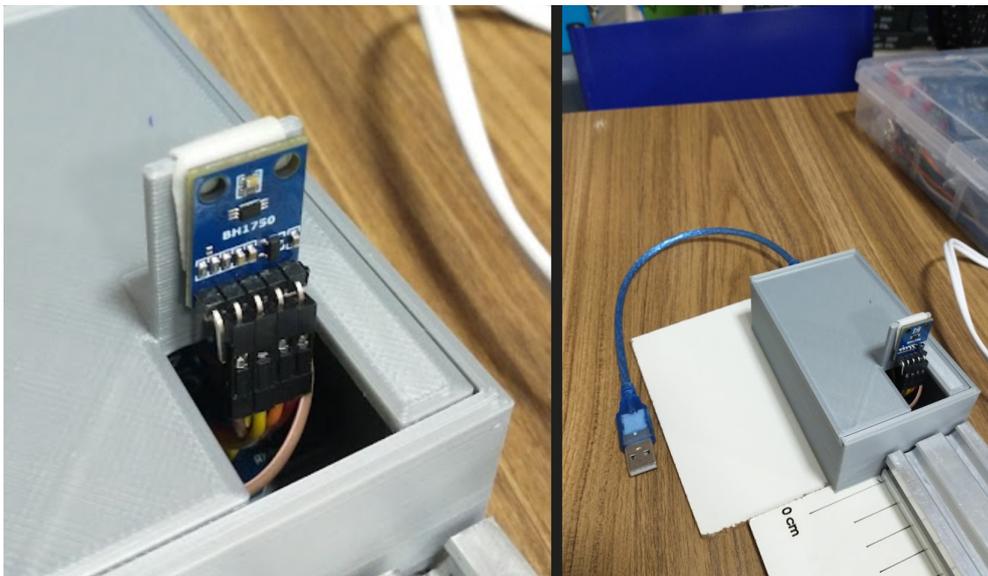


Figura 4.3: detalhes da Banca Experimental: a case com o sensor e o Arduino. Fonte: próprio autor

A aquisição de dados consiste de duas etapas:

- i o sensor envia os dados de iluminância, em lux, para o Arduino, por meio de um canal de comunicação digital, denominado I²C. I²C significa Inter-Integrated Circuit (Circuito Inter-Integrado). Esse canal consiste de uma interface serial de transporte de dados

por duas vias: a via SDA de transmissão e recepção alternadas (comunicação half-duplex); e a via SCL, de clock, para sincronização dos dispositivos. A conexão, no entanto, tem baixa velocidade, uma média de 100 kbit/s, porém esse protocolo permite conectar vários sensores com apenas dois fios (Mundo Projetado, 2022). Como a aplicação da bancada não exige tal velocidade, esse canal de comunicação é suficiente;

ii a leitura do sensor é feita a cada segundo. Para simplificação do código, não foi utilizado nenhum filtro de dados. Como o próprio dado de iluminância deveria ser apresentado aos estudantes no momento em que ele movesse a plataforma, essa frequência de dados seria suficiente para ele perceber a mudança de leitura. O valor da iluminância do ambiente é mostrado em um display digital, do tipo de 7 segmentos, com 4 dígitos, o que abrange uma faixa de valores de 0 a 9999, suficiente para a verificação do brilho das lâmpadas.

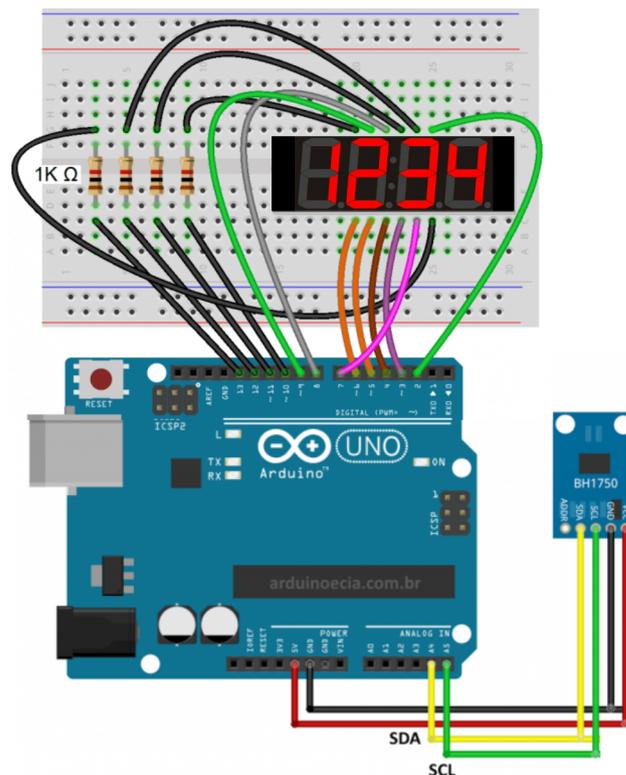


Figura 4.4: esquema eletrônico do sistema de aquisição de dados Fonte: próprio autor.

A plataforma com o bocal tem uma terminação de alimentação elétrica de corrente alternada, para ser conectada à tomada. No fio de alimentação, há um interruptor para que os estudantes pudessem acionar a lâmpada com facilidade. Em um primeiro esboço do projeto, em vez de um interruptor, seria colocado um dimmer, para facilitar a mudança de

brilho da lâmpada. Esse detalhe enriqueceria a investigação do consumo de energia. Porém, nem todas as lâmpadas residenciais respondem ao dispositivo, o que poderia limitar a diversidade dos elementos a serem pesquisados.



Figura 4.5: Detalhe da Bancada Didática: o interruptor na alimentação da lâmpada Fonte: próprio autor.

Para medição de corrente elétrica eficaz, foi usado um amperímetro alicate, que faz a medição por indução eletromagnética, ao se colocar o medidor em torno do fio de alimentação. Tomou-se o cuidado de separar os cabos de fase e neutro para fazer a leitura de corrente em apenas uma via, como é ensinado na Figura C.7 Se o sensor envolvesse a dupla de fios, a corrente líquida seria nula, pois o fluxo magnético envolvido tem sentidos opostos e mesma intensidade.

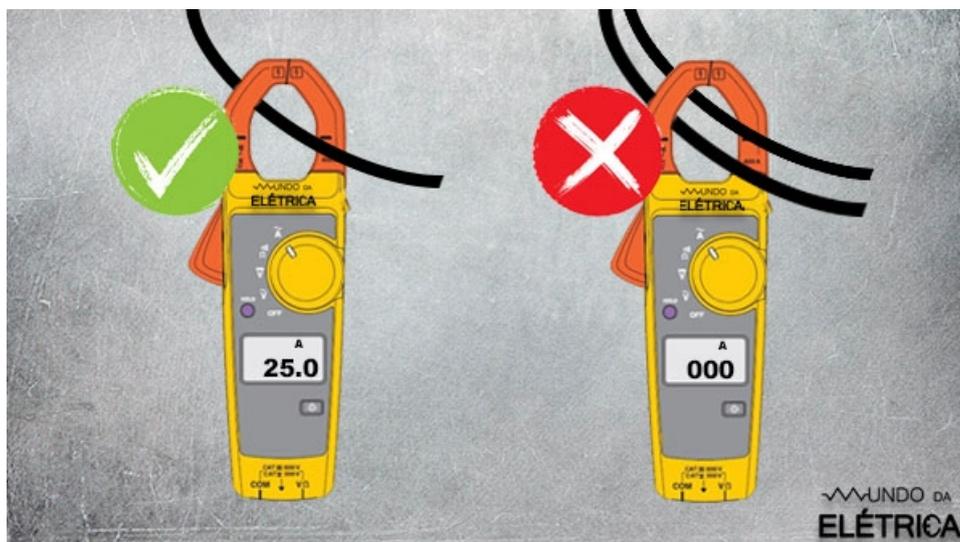


Figura 4.6: Uso correto e incorreto do amperímetro alicate. Fonte: Mundo da Elétrica (2022).

O objetivo da construção dessa bancada é proporcionar aos estudantes a manipulação de grandezas físicas associadas à eficiência de lâmpadas, deixando-os explorar diferentes contextos em sua investigação, como:

- i. a variação de iluminância de uma lâmpada em relação à distância da lâmpada ao sensor, ao se deslocar a plataforma móvel no trilho.
- ii. a correlação entre a iluminância de uma lâmpada e a intensidade de corrente elétrica, ao se verificar os valores nos dois dispositivos de medida (luxímetro e amperímetro).
- iii. a comparação entre diversas tipologias de lâmpadas, sejam elas incandescentes, fluorescentes, halógenas ou de LEDs, de diferentes potências e formatos, graças ao bocal universal.

Para a construção mecânica da bancada (trilhos, plataforma, caixa protetora para o arduino), foi firmada uma parceria entre o autor, a escola e a TECMEC, uma empresa júnior do curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Brasília (UnB). Essa parceria se deu quando a direção da escola se interessou por investir na confecção de um protótipo mais robusto e com maior durabilidade. A construção da BE, porém, pode ser feita utilizando materiais alternativos, no caso de menor orçamento. São sugeridos trilhos de gavetas, fios elétricos e régua, por exemplo.

O projeto mecânico foi baseado em esboços próprios do autor, em colaboração com a equipe da TECMEC. Já o software de aquisição de dados e a prototipagem eletrônica foram inteiramente desenvolvidas pelo autor. Todos os arquivos para prototipagem da parte mecânica e a programação do sistema de aquisição de dados são disponibilizados no Apêndice, em uma pasta compartilhada do Google Drive (2022). Nesta pasta, há também vídeos do funcionamento da Bancada.

4.3 A atividade de Intervenção Doméstica

Para finalizar as atividades do Produto Educacional, foi proposto um trabalho individual para os estudantes. A importância desse trabalho era que o produto culminasse em uma atividade científica que resgatasse vários itens explorados na sequência de ensino investigativa: a interação social, a contextualização do tema científico e a divulgação científica.

A atividade de Intervenção Doméstica consiste da pesquisa, elaboração de projeto e divulgação de uma proposta de intervenção no contexto da residência do estudante, de

forma em que ele proponha, junto da família, uma solução para economizar o consumo de energia elétrica. Essa proposta de intervenção pode ser de cunho técnica, como a troca de todas as lâmpadas por modelos de LED, ou de cunho comportamental, como juntar todas as roupas para lavar, a fim de diminuir a frequência de uso da lavadora. Essa proposta poderia ou não ser implementada pela família, isto é, não era necessário construir um protótipo ou comprar equipamentos mais eficientes. Como o próprio nome sugere, é apenas uma proposta de intervenção, que tem por objetivo instigar o estudante a levantar dados e sugerir soluções sobre o problema.

A execução da atividade ocorreu em algumas etapas. A primeira etapa, a pesquisa, se trata de um levantamento dos aparelhos elétricos da casa do estudante, enfatizando o total de consumo de cada aparelho. A partir da estimativa do tempo de uso do aparelho, em horas, e as informações de potência, em watts, de cada aparelho, é possível verificar relativamente que aparelhos consomem mais energia elétrica, necessitando de uma intervenção. Para organizar os resultados dessa pesquisa, foi solicitado que os estudantes apresentassem as tabelas com a potência dos eletrodomésticos de sua residência e o número de horas em que eles permanecem ligados.

Logo após o levantamento, foi solicitado que os estudantes reunissem com seu pais e irmãos, ou outras pessoas que convivem na mesma residência, para escolher qual seria a intervenção, com base nos dados coletados na tabela. Essa ação de reunir a família desenvolve a argumentação do estudante, no sentido que esse aluno deve explicar aos demais qual a proposta do trabalho, pontuar suas observações, sugerir uma ideia e debater possíveis soluções. A solução escolhida deve ser inovadora e criativa e deve levar em conta a opinião de todos os membros da residência. Para finalizar a elaboração do projeto, o estudante deve escrever um texto em que apresenta a sua proposta de intervenção, assinado por todos os membros da família, e deve criar um esboço (desenho ou figura) do projeto. É o momento de etapa individual, em que o estudante demonstra a aprendizagem de escrita científica e argumentação.

Ao final, os estudantes devem apresentar brevemente sua proposta de intervenção para toda a turma e para o professor, como forma de divulgação de seu trabalho. Essa apresentação deve ser breve (em torno de 5 minutos) para que todos os estudantes consigam apresentar em duas aulas, conforme o planejamento da Sequência Didática. Também, é necessário haver tempo para comentário dos colegas e do professor no decorrer das apresentações. São objetivos dessa etapa: a síntese do projeto, o confronto de ideias e soluções, as trocas de experiências, o aperfeiçoamento da fala científica e a experiência do

falar em público, como um momento único no processo de interação social.

Esse trabalho deve ser o arremate da Sequência Didática. Para isso, foi preciso que o professor apresentasse um roteiro de como o estudante devia confeccionar o trabalho, na primeira aula. No decorrer das outras aulas, sempre que houve oportunidades, foi questionado aos estudantes sobre o andamento do trabalho. Nas aulas finais, o professor avaliou as propostas dos estudantes sempre atento às falas, resgatando o papel de mediador nas investigações.

Como ultima função da Sequência Didática, o professor pode aproveitar as falas dos estudantes para retomar conceitos científicos abordados, relembrar ações das aulas páticas ou trechos dos textos discutidos, para amarrar todas as atividades a um único objetivo. Dessa forma, o aprendizado será bem mais construtivo, agregador e enriquecedor para os estudantes.

4.4 A Sequência Didática

A Sequência Didática (SD) proposta é um apanhado de diferentes unidades de Sequências Investigativas. A mediação do professor no decorrer do processo se baseia na abordagem da metodologia de Carvalho (2013) mas também à luz da teoria da mediação de Vigotski, abordada no texto de Moreira (1999) de uma forma mais próxima ao contexto dos profissionais de ensino de Física. A linha geral da SD é desenhada a partir da contextualização do tema, passando pela investigação de diferentes problemas pontuais, de forma a amadurecer a alfabetização científica e o pensamento crítico sobre o tema, para, enfim, proporcionar ao estudante a possibilidade de proposição de uma análise individual acerca do tema.

A tabela que segue informa a divisão da SD por aulas em detalhes:

	Atividade	Etapa de uma SEI
Aula 1	Leitura e Discussão de Textos Jornalísticos sobre o Consumo de Energia Elétrica.	Investigação de um problema não-experimental. Atividade que leva à contextualização social do conhecimento.
Aula 2	Investigação Experimental sobre o funcionamento de um circuito elétrico simples (pilha, fios e lâmpadas)	Investigação de um problema experimental

Tabela 4.1: Disposição das aulas da Sequência Didática.

	Atividade	Etapas de uma SEI
Aula 3	Leitura de Texto sobre o conceito de corrente elétrica	Sistematização do Conhecimento
Aula 4	Discussão e Apresentação de Vídeo sobre a Transmissão de Energia Elétrica	Sistematização do Conhecimento
Aula 5	Investigação Experimental sobre o brilho das lâmpadas na Bancada Experimental	Investigação de um problema experimental
Aula 6	Continuação de Investigação Experimental sobre o brilho das lâmpadas na Bancada Experimental	Investigação de um problema experimental
Aula 7	Leitura de Texto sobre Potência Elétrica e Efeitos da Corrente Elétrica	Sistematização do Conhecimento
Aula 8	Investigação Experimental sobre a potência das lâmpadas na Bancada Experimental	Investigação de um problema experimental
Aula 9	Apresentação dos Trabalhos de Intervenção Doméstica	Atividade que leva à contextualização social do conhecimento. Atividade de Avaliação
Aula 10	Continuação da Apresentação dos Trabalhos de Intervenção Doméstica	Atividade que leva à contextualização social do conhecimento. Atividade de Avaliação

Tabela 4.2: Continuação da Disposição das aulas da Sequência Didática.

4.4.1 Aula 1 - Leitura e Discussão de Textos Jornalísticos sobre o Consumo de Energia Elétrica

A aula de abertura da Sequência Didática (SD) apresentou aos estudantes o contexto abordado no decorrer das aulas, que foi o consumo de energia elétrica residencial. Os objetivos específicos dessa primeira aula foram: (i) familiarizar os estudantes com o tema, optando pela leitura de textos jornalísticos como apresentação de uma linguagem mais técnica; (ii) resgatar os conhecimentos prévios; (iii) envolver os estudantes em atividades interacionistas; (iv) estimular a argumentação dos estudantes acerca dos textos, associando-os à relevância social da temática e experiências vividas.

O professor tomou a atenção da turma ao anotar no quadro a questão-problema a ser investigada: “Como consumir menos energia elétrica em casa, sem mudar hábitos e necessidades essenciais?”. Ele, então, dividiu a turma em pequenos grupos, de 2 a 3 alunos, e fez a entrega do material de investigação, que são textos jornalísticos atuais (reportagens) que versam sobre problemáticas relacionadas ao consumo residencial de energia elétrica. O professor escolheu para cada grupo um texto, garantindo que cada estudante do grupo tivesse uma cópia própria, para que todos conseguissem ler o texto na íntegra.

As reportagens foram escolhidas após pesquisa em veículos de comunicação que são considerados como fontes confiáveis de informação, ainda que alguns sejam sites populares. A escolha dos textos se pautou no tipo de linguagem, na temática abordada e na discussão atualizada. Quanto à linguagem, os textos deveriam ser de fácil entendimento por partes dos estudantes, ainda que não fossem abolidos os termos científicos, já que uma preocupação no desenvolvimento da aprendizagem no Ensino Investigativo é o amadurecimento da alfabetização científica. Quanto aos temas, os textos deveriam oferecer questões conhecidas pelos estudantes e atuais.

Os textos discutidos foram:

- Texto 1 : Ar-condicionado aumenta muito a conta de luz; veja se vale a pena para você (Tilt Uol, 2022).
- Texto 2: Automação residencial traz até 30% de economia na conta de energia (Terra, 2022).
- Texto 3: EUA: PCs gamers são banidos em 5 estados por alto consumo de energia (Olhar Digital, 2022)
- Texto 4: Ducha eletrônica economiza energia? (Revista Potência, 2022).
- Texto 5: Quarentena poderá aumentar consumo residencial de água e energia (Agência Brasil, 2022).

Os estudantes foram orientados a ler os textos, debater entre si sobre a questão-problema e formular uma resposta. Foi necessário que o professor indicasse aos alunos que os textos eram apenas motivadores na discussão, mas que eles podem se utilizar da experiência particular para que haja uma riqueza de pensamentos no debate. Como os textos têm temas bem específicos, foi preferível que os estudantes não se restringissem ao problema no texto, mas que pudessem extrapolar a pergunta para suas residências, utilizando informações que não sejam necessariamente um conteúdo explícito no texto.

Enquanto os estudantes liam, foi essencial que o professor se aproximasse de cada grupo para verificar se eles entenderam o problema, não só nessa atividade mas em todas que submetem os alunos ao trabalho individual e de grupo. Entender bem o problema por parte dos alunos fez com que os objetivos que o professor almejava alcançar com essa atividade ficassem bem alinhados, e que a resposta dos alunos estivesse também alinhada às perguntas. No caso específico dessa atividade, a expressão “hábitos e necessidades

essenciais” direcionava à ações básicas como dormir, comer ou se higienizar, por exemplo. A discussão sobre o que é essencial ou não também foi debatido na aula.

A proximidade do professor com os alunos serviu também para ajudar os estudantes em conceitos que eles não conheciam, direcionando a dúvida para uma pesquisa ativa. Nesse caso, foi permitido que utilizassem de uma pesquisa específica, seja no livro ou na internet, para que eles se pudessem se apropriar da resolução de problemas, sem a ajuda do professor. O protagonismo, aqui, foi enaltecido, de forma a garantir que os estudantes tivessem confiança em sua investigação.

Após um tempo razoável para discussão em grupo (de 10 a 15 minutos foram suficientes), os grupos foram desfeitos e os estudantes foram posicionados em semicírculo. O professor, então, refez a questão-problema para uma discussão geral. Em um primeiro momento, um representante (ou mais de um) de cada grupo resumiu o texto com suas palavras. Depois, leram a resposta à questão-problema. O professor se manteve atento às respostas para discutir com todos os temas e conceitos que foram abordados em cada fala. Sempre com o foco nos objetivos específicos, o professor pôde apontar questões como: “o que levou vocês a concluir isso?”, “que experiências vocês tiveram que se assemelham a essa situação?”, “todas as pessoas do grupo concordam?”, “como vocês chegaram a um consenso nessa resposta?”.

O professor incluiu todos os estudantes em uma discussão que, a priori, tivesse sido de um grupo em especial. Perguntas, como “todo mundo concorda?”, “todos discordam?”, “alguém tem uma colocação a fazer?”, “você tem uma opinião diferente?”, contribuíram para o poder argumentativo dos estudantes, que é uma habilidade que foi estimulada em um ambiente investigativo, principalmente quando se associava a ciência às situações sociais que eles virão a enfrentar em suas vidas fora da escola. Treinando na escola uma análise crítica, argumentativa, se preocupando em escolher bem as palavras e com respeito à fala do outro, os estudantes estão sendo preparados para uma cidadania futura que discute temas científicos.

Temas transversais surgiram durante a discussão dos textos, como serão mostradas, no próximo capítulo, as falas sobre a automação residencial e a geração de energia residencial. Foi importante que o professor sempre se atentasse à relevância desses temas transversais porque eles enriqueceram o debate. Porém, tomou-se cuidado com temas destoantes à discussão; nesse caso, a mediação do professor se comprometeu à atenção e ao foco, a fim de se retornar ao tema principal.

O final da primeira aula foi o momento ideal para apresentar a atividade final, que aqui

chamamos de “Intervenção Doméstica”. Nessa atividade, os estudantes, individualmente, deviam voltar sua atenção ao consumo de energia elétrica em sua residência, monitorando quais aparelhos eram utilizados normalmente e com que frequência. Também devia ser observado por que se utilizava determinado equipamento, se ocorreu mau uso ou uso exagerado. Em resumo, devia-se observar a relação entre as pessoas que convivem na residência e os aparelhos que nela existem. Foi mostrado um material da ANEEL para motivar os estudantes na concepção de seus projetos (ANEEL, 2013).

4.4.2 Aula 2 - Investigação Experimental sobre o funcionamento de um circuito elétrico simples

Nesta aula, os estudantes foram apresentados à prática com circuitos elétricos. O objetivo desta aula foi resgatar possíveis conceitos espontâneos que os alunos trazem sobre o funcionamento de um circuito. Nesta unidade didática, os objetivos específicos foram fazê-los criar e testar hipóteses, manipular um material experimental e cooperar em grupo para um resultado em comum.

A aula investigativa foi organizada em três etapas: (i) formulou-se de hipóteses sobre como seria possível acender uma lâmpada; (ii) manipulou-se os materiais disponíveis para acender uma lâmpada, seguindo a hipótese já formulada; (iii) foram relatados os procedimentos e discutir com a turma e o professor os pontos positivos e negativos da investigação.

Para a primeira etapa, o professor dividiu a turma em grupos de 2 a 3 alunos para construir hipóteses acerca do seguinte problema: “Que procedimentos vocês precisam fazer para acender uma lâmpada?”. Para esclarecer a pergunta, e não existirem respostas como “é só ligar no interruptor que fica na parede”, foi preciso explicar o contexto: “se vocês tivessem uma pequena lâmpada e uma pilha, como vocês fariam para acender essa lâmpada?” O professor, então, distribuiu um questionário para auxiliá-los durante a aula e pediu que o grupo debatesse e escrevesse uma resposta para essa pergunta inicial. O professor também indicou que o verso da folha poderia ser usado como rascunho para esboçar em desenhos a montagem. Foi utilizado um tempo de 10 minutos.



*Figura 4.7: Caixas com materiais para confecção de circuitos à disposição dos estudantes
Fonte: próprio autor.*

Para a segunda etapa, a investigação em si, o professor deixou à disposição em uma mesa à frente da classe alguns materiais: pequenas lâmpadas, soquetes, fios, pilhas, interruptores e fita isolante. Os estudantes foram estimulados a pegar os materiais e quantidades que eles julgassem necessários para satisfazer o seguinte problema experimental: acender uma pequena lâmpada usando pilhas.

O professor não interferiu nas escolhas dos alunos, mas incentivou que eles testassem a hipótese que tinham escrito no primeiro questionamento. Foi importante discutir com os alunos a importância de eles serem responsáveis pelo material experimental e que cuidassem, não só por ser propriedade da escola, mas por ser um elemento essencial da aprendizagem deles. Essa etapa deve durou a maior parte da aula, mas foi preciso garantir que não levasse o tempo total. Foi utilizado um tempo de 25 minutos.

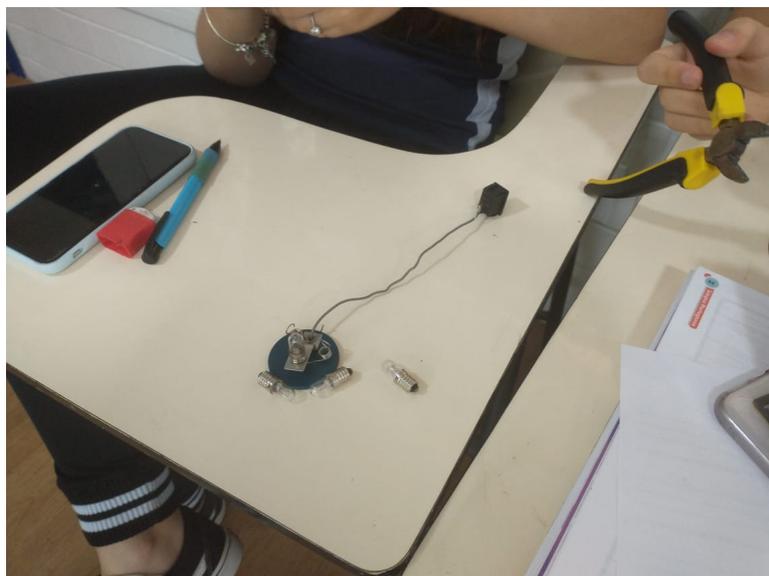


Figura 4.8: Montagem do circuito elétrico pelos estudantes (Foto 1) Fonte: próprio autor.

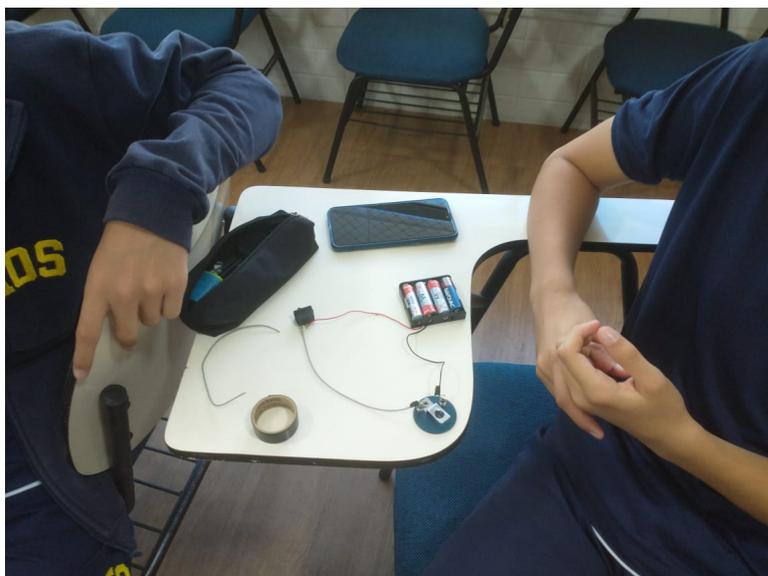


Figura 4.9: Montagem do circuito elétrico pelos estudantes (Foto 2) Fonte: próprio autor.

Ao final da segunda etapa foi recomendado que os estudantes respondessem o questionário. O professor sugeriu que um dos estudantes do grupo tenha a função de responder o questionário, sempre consultando todos os membros do grupo sobre a escolha do que deve ser escrito, independente do resultado do experimento.

Na terceira etapa, os estudantes desfizeram os grupos e devolveram os materiais. Então, foram questionados sobre: os procedimentos que utilizaram; se conseguiram ou não acender a lâmpada; se precisaram modificar seus planos, entre outras perguntas da prática experimental. O professor pediu que seus alunos lessem suas respostas no questionário e incentivou que eles falassem, com suas próprias palavras, como se sucedeu a atividade prática. A segunda forma foi recomendada porque eles poderiam acrescentar novos argumentos e pontos de vista não relatados no espaço de resposta.

Para os estudantes que participavam por videochamada, foi necessário adaptar a atividade usando uma experiência de simulação. A metodologia foi a mesma: primeiro elaborar a hipótese, testar a hipótese e comentar a experiência. O experimento virtual utilizado foi "Kit para Montar Circuito DC", hospedado no site Phet Interactive Simulations (2022), da Universidade de Colorado. Este experimento consistia de um ambiente de trabalho para montagem de circuitos elétricos, em que havia diversos componentes disponíveis, como fios, lâmpadas, baterias, resistores etc. O layout do simulador é intuitivo: para montar o circuito basta arrastar e conectar os componentes. Para demonstrar que o circuito foi montado com sucesso, a lâmpada é acesa, demonstrando inclusive a potência irradiada pelo comprimento dos segmentos de raios de luz.

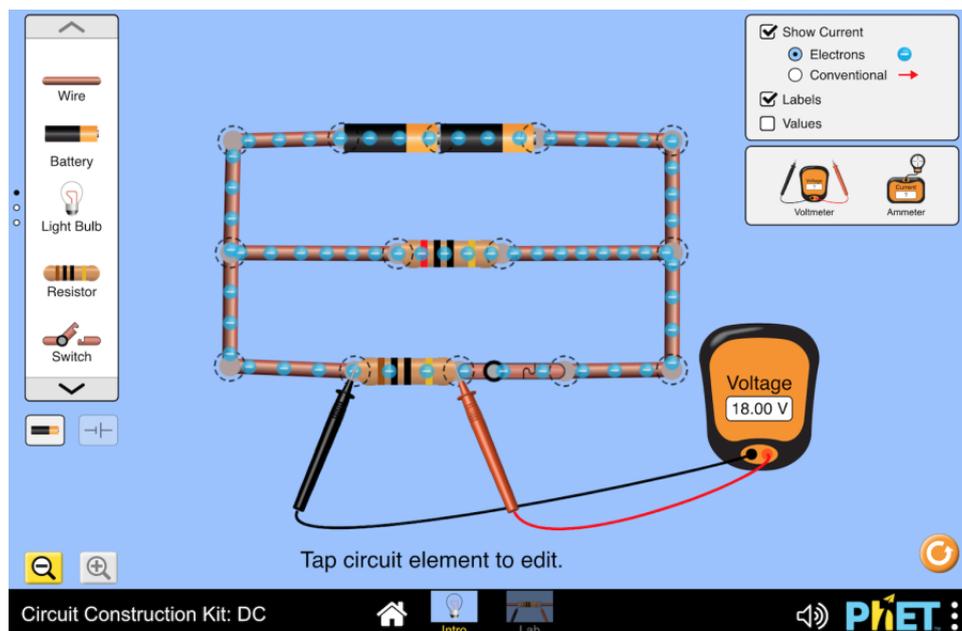


Figura 4.10: Exemplo de Circuito montado no simulador PHET - Kit para Montar Circuito DC. Fonte: PHET (2022).

A videochamada foi gravada. Todos os estudantes em modo virtual foram orientados a compartilhar suas ideias e um estudante ficou responsável por abrir a simulação e montar o circuito, compartilhando a tela para que os outros estudantes pudessem sugerir modificações. Ao final, além das respostas ao questionário, esses estudantes enviaram um print do circuito simulado para posterior avaliação.

4.4.3 Aula 3 - Leitura de Texto de Sistematização sobre Corrente Elétrica

Nesse terceiro encontro, o objetivo da aula foi sistematizar o conceito de corrente elétrica. Após o problema experimental, é normal que os estudantes estivessem com bastante dúvida ainda sobre como funciona o circuito elétrico. Nas aulas anteriores, antes da aplicação do Produto Educacional, eles tinham estudado uma breve história do eletromagnetismo, as cargas elétricas, os processos de eletrização e a diferenciação entre materiais isolantes e condutores. Foram poucos os momentos de estudo da eletricidade antes das experiências, então eles não tinham muitos significados já construídos e maturados que conectasse a experiência empírica com uma explicação mais profunda.

A leitura escolhida foram dois textos dos próprios materiais didáticos dos alunos: “Corrente Elétrica” e “Intensidade de Corrente Elétrica” (Marmo e Ferrer, 2019). O primeiro texto apresentava o modelo tradicional de movimentação dos elétrons em um condutor, tomando

como exemplo um circuito similar ao que eles montaram na Aula 2. O segundo texto definiu o conceito quantitativo de intensidade de corrente elétrica, comparando os elétrons nos condutores a carros em uma rua movimentada. Os dois textos estão disponíveis no Apêndice A e na referência citada.

Para otimizar o tempo da leitura, o professor não dividiu os estudantes em grupos, como na Aula 1. Nessa aula, o professor incentivou que os próprios estudantes se revezassem na tarefa de leitura, lendo em voz alta. Dessa forma, todos os estudantes se concentraram na leitura individual e na escuta do colega que detinha a fala.

Durante a leitura do texto, o professor repetiu alguns trechos da leitura, enfatizando algum conceito. A pausa na leitura dos estudantes é benéfica para verificar se eles estão acompanhando o texto, se estão entendendo os conceitos, se querem perguntar algo sobre o tema ou para o professor trazer alguma contextualização sobre o que está sendo lido. Nesse tempo de pausa, o professor pode orientar os estudantes que grifem o que eles acham importante no texto. Nesse momento, o professor ensina uma técnica de leitura direcionada que pode fazer o estudante se apropriar ainda mais do conteúdo do que está lendo.

Para dar continuidade aos estudos do conceito de corrente elétrica, o professor passou uma tarefa de casa, também do livro didático dos alunos. A tarefa intitulada “Atividade 1” também está descrita no Apêndice A. A atividade de casa serviu como um novo problema investigativo e contextualizado. Como há uma abordagem textual sobre a importância de fusíveis em um carro, os estudantes mais uma vez foram instigados a reparar significados da cultura científica através da leitura. Além disso, os estudantes iriam exercitar a resolução da equação aprendida na leitura do texto sobre intensidade de corrente elétrica, em um contexto da vida real.

4.4.4 Aula 4 - Discussão e Vídeo sobre “O caminho da energia elétrica”

Nesta aula, os estudantes foram apresentados a novas questões sobre a eletricidade. O objetivo desta aula foi verificar os conceitos espontâneos e de senso comum que os estudantes tinham sobre a distribuição de energia elétrica, a corrente alternada e a tensão de alimentação das residências. Essa aula retoma o tema social da Aula 1, já amadurecido pelo estudo da intensidade de corrente elétrica, na Aula 2 e na Aula 3.

O professor dividiu a turma em grupos e distribuiu um roteiro de perguntas (questionário)

sobre o percurso que a energia elétrica faz até chegar às residências. Para respondê-las, os estudantes devem discutir nos grupos e elaborar uma resposta para ser escrita no questionário. O tempo de 15 minutos para a atividade é suficiente. Durante a discussão nos grupos, o professor deve verificar se os estudantes entenderam as perguntas, para que não haja dúvida sobre como deve ser feita a atividade. Se necessário, é recomendado repetir os comandos e esclarecer as dúvidas.

As perguntas são:

- i. De onde vem a corrente elétrica que acende as lâmpadas?
- ii. Qual o percurso da corrente elétrica de sua origem até as lâmpadas?
- iii. Como a corrente elétrica faz esse percurso?

Após a resolução das questões pelos grupos, houve um momento para discussão das respostas para toda a classe. Nesse momento, o professor esteve atento à ordem de fala, ao esclarecimento de termos e conceitos científicos, quando necessário, e ao estímulo à argumentação. Foi utilizado um tempo de 15 minutos.

Após a discussão, o professor mostrou dois vídeos para que os estudantes conhecessem como é o caminho percorrido pela energia elétrica, como é o modelo microscópico da corrente alternada e como se explica o percurso pelos fios. Os títulos dos vídeos são "A viagem da eletricidade - Corrente Alternada" e "A viagem da eletricidade - A Arte de cortar os fios em quatro", ambos disponibilizados no canal de vídeos "Casa do Resistor" (2022), no Youtube. Os vídeos têm 5 minutos de duração, cada um, e serviram como atividade de sistematização do tema do percurso da corrente elétrica. Ao final da exibição, o professor e os estudantes comentaram os pontos que mais chamaram a atenção nos vídeos.

4.4.5 Aulas 5 e 6 - Investigação Experimental sobre o brilho das lâmpadas na Bancada Experimental

Nesta aula, o professor montou a Bancada Experimental em uma mesa à frente da turma. O objetivo da aula era que os estudantes investigassem o comportamento da iluminação de lâmpadas de diferentes tipologias em relação à distância e à acomodação visual. Diferentemente da investigação experimental da Aula 2, os estudantes seriam apresentados a um escopo mais formal de investigação científica, com uma bancada dedicada, com instrumentos de medições e regras de utilização do material.

Primeiramente, foi necessário fazer algumas adaptações na sala de aula, para que a luz solar externa e as luzes das lâmpadas da sala de aula não interferissem na medição da iluminância pelo luxímetro. A primeira adaptação foi trocar a sala de aula habitual por outra em que fosse possível fechar as janelas, para bloquear a luz solar. Outra adaptação foi manter a sala de aula totalmente escura, sem lâmpadas acesas. Para preencher os questionários, foi preciso que os estudantes utilizassem a lanterna do celular, a uma distância razoável do luxímetro.

Os estudantes foram divididos em grupos e o professor distribuiu para cada grupo um questionário e um kit com lâmpadas. Esse kit era composto por 3 lâmpadas de diferentes tipologias e potências, distribuídas de forma a cada kit ser único para os diferentes grupos. Foram utilizadas as seguintes tipologias de lâmpadas: lâmpadas incandescentes de 40W; lâmpadas halógenas de 70 W; lâmpadas de LED de 6, 9 e 12 W, de luz fria e quente; e lâmpadas fluorescentes de 15W espiral e 25 W compacta.



Figura 4.11: Kit com 3 lâmpadas de diferentes tipologias. Fonte: próprio autor.

A descrição das potências nas lâmpadas foram cobertas com fita crepe, para que a informação numérica não interferisse nas decisões a serem tomadas durante a investigação. Também, foram colocados rótulos em cada kit e em cada lâmpada, para auxiliar na identificação dos grupos e dos itens investigados.



Figura 4.12: Kit de lâmpadas: detalhe dos rótulos. Fonte: próprio autor.

Em um primeiro momento, o professor chamou a turma para conhecer os componentes da BE, explicando cada item: o luxímetro e o display com a informação da iluminância, o trilho graduado e a plataforma móvel com o bocal, a tomada e o interruptor. O amperímetro não foi utilizado neste experimento. Nesta ocasião, o professor explicou como se media o brilho de uma lâmpada, apresentando os conceitos de intensidade luminosa, fluxo luminoso e área de propagação, para, enfim, comentar sobre a iluminância, a qual foi medida pelo luxímetro. Foi preciso também explicar a importância de se fazer a medição sem interferências de outras fontes luminosas.

Dando prosseguimento, foi apresentada a placa Arduino, seus recursos e sua versatilidade, bem como seu papel de aquisição de dados de iluminância em tempo real, por meio de um programa de computador que gerenciava o processo automático.

Finalmente, o professor apresentou alguns cuidados de segurança que deviam ser seguidos, não só com a segurança pessoal dos estudantes, mas também com o cuidado com a Bancada. Os cuidados eram:

- i. tomar cuidado com o uso da tomada e durante a troca de lâmpadas, que evitassem tocar nos terminais metálicos do bocal e das lâmpadas, por risco de choque;
- ii. evitar deixar as lâmpadas em locais com risco de queda, pois as lâmpadas facilmente podem ser quebradas, o que poderia provocar risco de cortes, lesões e até intoxicação por gases, no caso das lâmpadas fluorescentes que contém mercúrio em sua composição;
- iii. evitar que olhassem diretamente para a lâmpada quando acesa, pois elas emitem

grande quantidade de radiação, apesar de não-ionizante, mas que podem incomodar a visão;

- iv. evitar manusear as lâmpadas em uso ou logo quando são desligadas, pois elas esquentam - nesse caso, verificar antes da troca se está em uma temperatura favorável ao contato;
- v. evitar mexer no circuito eletrônico de aquisição de dados, porque era um sistema sensível e qualquer mal contato nos componentes ou fios poderiam atrapalhar na medição.

Os grupos então se organizaram para utilizar a Bancada. Como haviam dois horários de 50 minutos para a atividade, cada grupo tinha um tempo de investigação de até 15 minutos. Na primeira aula (Aula 5), 20 minutos foram de explicações sobre a Bancada, e 15 minutos para dois grupos. Na segunda aula (Aula 6), 15 para os outros 2 grupos e 20 minutos finais para discussão da atividade.

No tempo de 15 minutos, o grupo foi estimulado a manipular a Bancada, de forma espontânea e sem interferência do professor, isto é, o grupo estava livre para investigar o fenômeno de forma a responder o questionário, utilizando ações que julgassem oportunas para chegar ao objetivo proposto. Para que os outros grupos não ficassem ociosos, o professor pediu que os estudantes discutissem ações que poderiam ser feitas, perguntando "como" e "por quê" de cada escolha. Aos grupos que já tinham manipulado o kit e a Bancada, logo eram encaminhados para escrever suas conclusões.

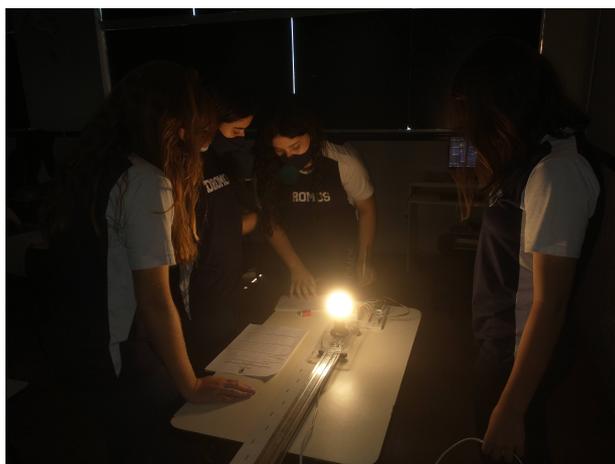


Figura 4.13: Estudantes manipulando a Bancada Experimental (Foto 1) Fonte: próprio autor.



Figura 4.14: Estudantes manipulando a Bancada Experimental (Foto 2) Fonte: próprio autor.



Figura 4.15: Estudantes fazendo anotações no questionário (Foto 1) Fonte: próprio autor.



Figura 4.16: Estudantes fazendo anotações no questionário (Foto 2) Fonte: próprio autor.

Os problemas investigados foram:

1. Qual lâmpada tem um brilho mais forte? Escreva o procedimento que vocês fizeram para avaliar o brilho das lâmpadas.
2. Há alguma posição em que o brilho de uma lâmpada é igual com outra lâmpada? Escreva o procedimento que vocês fizeram para responder esse item.
3. Qual lâmpada escolher e em que distância deve ser colocada para se poder ler um livro com mais qualidade? Escreva o procedimento que vocês fizeram para responder esse item.
4. Afinal, qual a relação entre brilho e posição nesse experimento da bancada?
5. Vocês tiveram facilidade com a manipulação dos materiais? E dificuldade? Quais? Por quê?

Ao final da utilização da Bancada, o professor pediu que os estudantes devolvessem o kit, bem como o questionário escrito. Após a experimentação, os estudantes puderam discutir como foi a aula prática e como resolveram cada problema. O professor estimulou que cada grupo descrevesse suas ações e se manteve atento à discussão para eventuais intervenções.

Para os estudantes que estavam em casa, no sistema híbrido, o professor solicitou uma pesquisa sobre a iluminação residencial e a diferenciação entre diferentes tipologias de lâmpadas, como atividade a substituir a aula prática.

4.4.6 Aula 7 - Potência Elétrica e os Efeitos da Corrente Elétrica

Nesta aula, o professor apresentou um texto sobre os efeitos da corrente elétrica. O texto escolhido foi adaptado pelo professor a partir da compilação de alguns textos do livro didático de Ramalho, Nicolau e Toledo (2007), que está apresentado no Apêndice A. Os estudantes se revezaram para a leitura do texto em voz alta, como ocorreu na Aula 2. Depois da leitura, apresentou a definição de potência elétrica, lembrando os conceitos de corrente elétrica e tensão elétrica estudados em aulas anteriores. Durante trechos da leitura, o professor fez interrupções de forma a abordar com mais ênfase algum conceito. Além disso, foi importante relacionar os conceitos desta aula com o experimento do brilho das lâmpadas.

O objetivo dessa aula foi sistematizar o conhecimento sobre potência elétrica. Durante a leitura do texto, foi possível abordar a tecnologia de alguns aparelhos eletrodomésticos, diferenciando-os quanto às modalidades de energia a qual estão associados, como térmica, luminosa, sonora, mecânica etc. Portanto, foi mais uma oportunidade de revisitar o consumo de energia elétrica na residência dos estudantes.

4.4.7 Aula 8 - Investigação Experimental sobre a potência das lâmpadas na Bancada Experimental

Nesta aula, o professor iniciou lembrando a relação entre potência, corrente e tensão. Para verificar se os estudantes se mantinham atentos aos conceitos apresentados na sequência didática, foi proposto um exercício de fixação no quadro. Uma das estudantes se prontificou a resolver na lousa, com a ajuda dos demais colegas.

A ênfase desta aula foi na investigação experimental do consumo de energia por parte das lâmpadas. O objetivo dessa aula era fazer com que os estudantes manipulassem outra vez a Bancada Experimental, determinando a potência elétrica de cada lâmpada. Dessa forma, os estudantes reunidos nos mesmos grupos das aulas 5 e 6, munidos do mesmo kit de lâmpadas, retornaram à bancada para medir a corrente elétrica que passava pela lâmpada, usando o multímetro-avaliador.

Para iniciar a investigação, foi solicitado que os estudantes ajudassem na montagem da Bancada. O objetivo dessa ação foi inserir os estudantes no planejamento e organização da atividade, sugerindo que se motivassem para mais uma aula prática. Como nesta aula não houve medição de iluminância das lâmpadas, não foi necessário a utilização de uma sala escura.

Com a Bancada montada, o professor pediu a atenção dos alunos para apresentar o multímetro-avaliador. Primeiramente, informou que aquele aparelho mede não só corrente elétrica, mas também tensão e resistência elétrica, em regime contínuo e alternado. No caso da corrente a ser medida na lâmpada, o regime era alternado e, nesse caso, a corrente seria variável. Foi preciso explicar que o multímetro apresentava um valor eficaz de intensidade de corrente elétrica, não o valor instantâneo, mas que esse valor era o necessário para determinar a potência média na lâmpada.

Além disso, comentou sobre como o aparelho mede a corrente por indução eletromagnética. Neste momento, foi importante relacionar que um dos efeitos da corrente elétrica é o magnético, que a variação de intensidade de corrente produz um campo magnético em

torno do fio, e que esse mesmo campo induz corrente elétrica no material condutor interno do aparelho (espira metálica).

Nesse momento, foi possível relembrar trechos das aulas sobre a história do eletromagnetismo, anteriores à esta sequência didática, em que foram apresentados alguns experimentos de Ampère, Faraday e seus companheiros. Dessa forma, associou-se a importância do processo histórico e social da Ciência para a produção de ferramentas tecnológicas que foram trabalhadas nessa aula, tendo um elemento tecnológico (o multímetro) como evidência desse processo.

Outro ponto a ser destacado sobre o multímetro e seu funcionamento foi a necessidade de separar os fios de fase e neutro que alimentam a lâmpada. O professor então destacou a natureza vetorial do fluxo magnético e que, se medissem em torno de ambos os fios, esses fluxos se cancelariam. Para comprovar esse fato, foi mostrada a leitura de corrente no caso do fio único ou da dupla de fios.

Para finalizar a apresentação do multímetro, o professor demonstrou como se fazia a medição de tensão elétrica da tomada. Apresentou aos estudantes os cabos para medição e de que forma deviam ser colocados na tomada. Por questões de segurança, o professor apenas demonstrou e avisou dos riscos de choque elétrico nessa ação, por isso era preciso ser feito por adultos e com alguma experiência em eletrotécnica. Foi pedido aos estudantes que anotassem o valor, lembrando que, assim como a corrente, aquele também era o valor eficaz de tensão do regime alternado.

O problema a ser investigado nesta aula era "qual o valor da potência de cada lâmpada?". Para comprovar a validade dos resultados dos estudantes, o professor recortou da embalagem o valor de potência nominal de cada lâmpada. Os recortes foram colocados na mesa do professor, à vista dos estudantes, de forma aleatória. Os estudantes foram, então, instruídos a escolher quais dos recortes eram aqueles relacionados às lâmpadas do kit, em cada grupo. Para cada grupo foi entregue um novo questionário para responder novas perguntas sobre o experimento.

As perguntas foram:

1. Qual a potência de cada lâmpada?
2. Qual a lâmpada tem maior potência?
3. A lâmpada que tem mais brilho tem maior potência?
4. Qual a lâmpada mais eficiente?

Ao final da resolução do questionário e do experimento, os estudantes comentaram sobre suas respostas, de forma a comparar seus resultados. O professor continuou atento às falas, sempre em busca de fomentar a discussão para os temas científicos relevantes.

4.4.8 Aulas 9 e 10 - Apresentação dos Trabalhos de Intervenção Doméstica

O objetivo dessas aulas foi a apresentação dos trabalhos dos estudantes sobre a Intervenção Doméstica. Como mencionado na seção 4.3, esse trabalho foi o arremate da Sequência Didática, em que os estudantes desenvolveram, junto de sua família, uma proposta para diminuir o consumo de energia elétrica em suas residências.

Os documentos que foram entregues ao professor deveriam ser: uma tabela com o levantamento de potência e tempo de uso dos eletrodomésticos nas residências dos estudantes; um texto resumindo a proposta com a assinatura dos membros das famílias; um esboço do protótipo, caso houvesse; e um documento de slides para auxiliar a apresentação oral. Todos esses documentos foram entregues até a véspera da Aula 9. Essa atividade foi utilizada como uma das avaliações formais vigente no cronograma da escola e, portanto, foi obrigatória para todos os estudantes da turma. Como o sistema vigente ainda era o híbrido, os estudantes podiam apresentar o trabalho por videochamada.

Para organizar o processo de apresentação, o professor examinou todos os trabalhos enviados e construiu uma sequência de apresentações a partir da proximidade na temática dos projetos. Essa organização facilitou a discussão sobre os trabalhos, porque todos os estudantes conseguiam comparar as soluções, reparando onde elas se aproximavam e onde divergiam. O professor conduziu essa sequência de forma a aproveitar o máximo de tempo para discussão de todos os trabalhos.

A dinâmica de apresentações foi a seguinte: com os estudantes em círculo, cada um deles falava sobre sua proposta enquanto o professor apresentava as imagens dos slides enviados. A partir da breve explanação do estudante, cerca de 5 minutos para cada, o professor contribuiu com uma fala sobre o projeto e abriu a discussão para todos os estudantes. Nessa dinâmica, o professor teve que estar atento a todas as falas, de forma a conduzir o tempo da melhor forma e não se perder em discussões que não fossem agregadoras.

As aulas se desenvolveram como uma verdadeira roda de discussões em Ciência, proporcionando aos estudantes um momento de apreciar a criatividade dos colegas. O papel de mediação do professor foi fundamental para o bem-estar da discussão e para propor-

cionar intervenções nas falas dos estudantes, ao contribuir com a alfabetização científica. Sempre que possível, visitar as aulas experimentais e de leitura foi uma decisão enriquecedora, para amarrar todos os objetivos da Sequência Didática em seus últimos encontros, proporcionando um momento primoroso de investigação e debate.

Capítulo 5

Análise e Resultados da Aplicação do Produto Educacional

Os dados coletados durante as aulas da Sequência Didática são oriundos de diferentes fontes, que são: trechos das falas dos estudantes e do professor, retiradas dos arquivos de áudios das aulas, ou da gravação das videochamadas, transcritos de forma parcial, enfatizando temas relevantes à discussão, visando os objetivos da aplicação; anotações das respostas dos questionários das aulas experimentais, feitas em grupo; documentos referentes ao trabalho de Intervenção Doméstica (tabelas, textos e apresentação), feitas individualmente. A análise dos dados foram feitos à luz dos referenciais de Vigotski e do ensino investigativo, aproveitando da fala e da escrita dos estudantes para verificar a aprendizagem dos conceitos científicos e o amadurecimento da alfabetização científica.

A análise dos dados foi organizada seguindo a sequência de aulas, desde a Aula 1 até a Aula 10, apresentando as falas dos estudantes em tabelas. Essas falas foram organizadas em turnos, a fim de melhorar a citação. Os nomes dos estudantes foram omitidos e são representados por um A maiúsculo seguido de um numeral: por exemplo, A4. Para cada tabela de transcrição de texto, há uma nova numeração para denominar os estudantes, de forma que o mesmo símbolo nem sempre corresponde ao mesmo estudante. O símbolo para representar a fala do professor é a letra P maiúscula.

Para fundamentar as falas dos estudantes e do professor, serão usadas as análises propostas por três metodologias de ensino investigativo. Serão elas: os indicadores (I) de alfabetização científica nas falas dos estudantes, por Carvalho e Sasseron (2008); os propósitos (P) pedagógicos e epistemológicos do papel de mediação do professor, por Sasseron (2013); e as singularidades (S) da compreensão leitora, em casos de falas dos estudantes

que são baseadas em leituras de textos, por Sedano (2013). Os detalhes da classificação foi comentada no Capítulo 2, na seção sobre as sequências de ensino investigativo. Esses termos referentes à análise das falas também serão apresentados nas tabelas, precedidos pelas letras indicadas (I, P e S).

5.1 Aula 1

Para iniciar a análise das falas dos estudantes, podemos retomar os objetivos específicos da Aula 1, que são: (i) objetivo 1 - familiarizar os estudantes com o tema, optando pela leitura de textos jornalísticos como apresentação de uma linguagem mais técnica; (ii) objetivo 2 - resgatar os conhecimentos prévios; (iii) objetivo 3 - envolver os estudantes em atividades interacionistas; (iv) objetivo 4 - estimular a argumentação dos estudantes acerca dos textos, associando-os à relevância social da temática e experiências vividas.

O problema investigativo era: “Como consumir menos energia elétrica em casa, sem mudar hábitos e necessidades essenciais?”. Os estudantes foram divididos em grupos, cada grupo recebeu um texto diferente para utilizar como referência e, entre eles, deviam debater sobre o tema e responder à questão-problema. Os estudantes que assistiam à aula por meio de videochamada foram reunidos em um só grupo e utilizaram o chat para participar da atividade.

Durante o decorrer da aula, não só na discussão final, o professor percorreu os grupos para verificar o andamento das interações. Nestes percursos, foi possível recortar algumas falas que serão evidenciadas conforme os objetivos apresentados. Alguns temas transversais foram discutidos demonstrando a riqueza dos textos. Por fim, são apresentados trechos das falas em que é possível evidenciar a construção do conhecimento científico, cruzando as informações do texto com conceitos prévios que os estudantes assimilaram no decorrer da vida.

Sobre o Objetivo 1, foi possível perceber evidências de familiarização dos estudantes com os textos quando eles buscavam entender os termos desconhecidos, perguntando ao professor ou pesquisando na internet, e quando até se apropriavam de termos desconhecidos em suas falas:

Turno	Transcrição das Falas	Análise
1	(A1) O texto que a gente leu é sobre automação residencial referente à economia. . .	(S) identifica as ideias principais do texto
2	(A2) Sobre o quê?	
3	(A1) Automação Residencial.	
4	(P) Eu acho que pouca gente sabe o que é isso.	
5	(A2) Eu não sei não.	
6	(P) Nem elas sabiam, elas pesquisaram. Fala aí.	(P) motivação
7	(A1) A gente pesquisou e automação é tipo como se fosse uma máquina que produz movimentos né que é automático, que você não faz normalmente, já é prático, aí nisso tem essa automação, tipo movimentos repetidos, mas que tem um objetivo. Aí o texto fala sobre isso, automação residencial, e fala sobre as "smart homes", casas inteligentes. São usadas, por exemplo, a Alexa, como eu posso dizer, vamos supor, você põe os comandos lá e pede: "liga", "desliga"; e assim por diante.	(S) aplica as ideias do texto em discussões posteriores.

Tabela 5.1: Trecho 1 - Objetivo 1 - Aula 1

Neste trecho 1, é possível inferir que a estudante A1 começa a se familiarizar com o texto quando se propõe a explicar as ideias principais dele e apresentar um termo desconhecido para muitos. No turno 6, o professor incentiva a fala da estudante quando reforça que o ato de pesquisar foi benéfico ao entendimento do texto. A fala do turno 7 é confusa, não há coesão entre os termos e reflete na fala um emaranhado de complexos que ainda não foi organizado. Porém, ao citar a inteligência artificial "Alexa", a estudante garante um amadurecimento do conceito, conseguindo explicar o termo usando um exemplo ou analogia. A estudante resgata um signo cultural ao mencionar o termo "Alexa". Dessa maneira, a estudante extrapola o texto para uma discussão posterior, tentando garantir que sua fala se faça entender pelos colegas da turma. Esse recorte de falas já demonstra o quanto eficaz é a dupla leitura de texto e interação social para a construção do conhecimento científico.

Além do conceito de automação residencial, evidenciado nesse grupo, outras dúvidas culminaram na investigação (leitura, pesquisa, discussão) de outros termos desconhecidos em todos os grupos, como as expressões "dimmer", "controle de temperatura" e "regulador do chuveiro". O termo "dimmer", questionado pelo mesmo grupo do Trecho 1, foi pesquisado e os estudantes concluíram que era um dispositivo que fazia aumentar ou diminuir a velocidade do ventilador, tendo um exemplo deste na própria sala de aula. Ao associar o termo à expressão do texto, eles puderam relacionar o dimmer com o que eles chamaram

de "mudança da potência da lâmpada". A utilização dessa expressão demonstra que essa primeira aula já antecipa temas que serão discutidos no decorrer da Sequência Didática.

O Objetivo 2 da Aula 1 evidencia uma importante característica na formação de conceitos científicos, que são os conhecimentos prévios que os estudantes já detêm sobre a temática de "consumo de energia". O trecho a seguir exemplifica parte da discussão sobre a resposta de um grupo para a questão-problema da aula:

Turno	Transcrição das Falas	Análise
8	(A1) A gente pensou em tirar a maioria dos aparelhos da tomada, porque a maioria fica em modo standby, aí gasta muita energia, principalmente computadores. . .	(S) relaciona as ideias do texto com outras trabalhadas em aula
9	(P) (para a turma toda) Vocês sabem o que é modo standby?	(P) retomada de ideias
10	(A2) Oi?	
11	(P) Standby?	
12	(A1) É tipo quando a tevê tá ligada na tomada, mas ela não tá ligada, tem que ligar no botão do controle. Ela tá ligada, mas ela não tá.	(I) explicação
13	(A3) Ah!	
14	(P) Aí gasta um certo. . .	(P) reconhecimento de variáveis
15	(A1) Gasta uma certa energia.	(I) explicação
16	(P) Então [a ideia] seria tirar todas as coisas da tomada?	(P) correlação de variáveis
17	(A1) É.	

Tabela 5.2: Trecho 2 - Objetivo 2 - Aula 1

Ao sugerir retirar os aparelhos da tomada, no turno 8, o estudante A1 resgata um conhecimento prévio que não foi mencionado no texto, o que pode indicar uma prática utilizada na sua residência ou de conhecidos. Conhecer o termo "standby" também denota esse conhecimento anterior. Na linha 9, o professor enfatiza esse conhecimento prévio e devolve aos estudantes uma indagação que fomenta a interação social. Ao mencionar o computador, o estudante retoma um item do texto lido em grupo, relacionando essa referência à questão investigativa proposta na aula. Podemos perceber o quanto a leitura do texto influenciou no resgate de conhecimentos prévios.

No turno 12, o estudante A1 explicou com suas palavras o que significa "standby". A fala tem um tom confuso, mas informa aos outros estudantes signos inseridos na cultura, ao exemplificar o caso da televisão e do controle remoto. O interessante nesta fala é perceber que o estudante não utiliza um termo técnico sobre o tema, mas escolhe dar um exemplo que os outros interlocutores possam compreender, ainda que em uma fala apa-

rentemente incoerente. Aqui podemos evidenciar como a interação social se dá em um ambiente cultural e que, para interlocutores fora dessa cultura, a fala pode não conter os mesmos significados. A expressão positiva da estudante A2, no turno 13, reforça a compreensão da explicação.

Nos turnos 14 e 16, o professor instigou que o estudante A1 reelaborasse sua fala, complementando-a com uma ideia mais quantificada para o consumo de energia, de modo a fazê-lo reconhecer a variável necessária para a análise. A expressão "gasta uma certa energia" (turno 15) representa a elaboração do estudante para a abordagem do professor. Não satisfeito, o professor instigou que o estudante correlacionasse o "gasto de energia" por standby com as tomadas que estão plugadas. O objetivo de instigar o estudante foi fazê-lo relacionar o "gasto de energia" à potência dissipada por funções de standby, como relógios, em fornos microondas, ou em leds indicadores. Porém, a fala do professor não foi suficiente para que o estudante reelaborasse seu conceito sobre o tema.

Além da discussão sobre o modo "standby", alguns estudantes citaram outras sugestões para o problema investigativo da aula, as quais não foram enunciadas nos textos de referência. Por exemplo, dois grupos mencionaram a "geração de energias renováveis na residência" como fontes secundárias de energia, de forma a diminuir o consumo de energia elétrica pela via principal. Um dos grupos citou como exemplo a ação de aquecer a água do chuveiro utilizando energia solar. Como a substituição da fonte de energia não impacta o consumo dos aparelhos em si, pouca ênfase se deu a essa discussão. É possível inferir, no entanto, que a ideia de "diminuir o consumo" ainda está associada ao "preço que se paga pela energia": quanto menor o valor, menor o consumo. Porém, nem sempre isso acontece, já que podem haver fontes secundárias de energia, como mencionado, ou ligações clandestinas.

Outras respostas dos estudantes citaram as trocas de lâmpadas incandescentes por lâmpadas de LED e trocas de geladeiras por modelos mais econômicos. É importante notar que esses conhecimentos prévios são informações trazidas de fora do ambiente escolar, que podem ter embasamento científico ou não. Esse embasamento depende de como o estudante foi introduzido a discussões relevantes para a ciência. De qualquer maneira, ao confrontar os conhecimentos prévios aos textos motivadores e, posteriormente, à discussão, os estudantes se sentem mais engajados e articulados para argumentar acerca dos temas propostos.

Sobre o objetivo 3, é possível evidenciar a interação social entre os estudantes nos trechos citados e nos que virão a ser explicitados ainda nessa seção. Aproveitando para

demonstrar com mais ênfase como se deu essa interação, é importante relatar um trecho da conversa dos estudantes no chat da videochamada, em que eles aproveitaram esse espaço para trocar ideias sobre a questão-problema da aula:

Turno	Transcrição das Falas	Análise
18	(P) Como consumir menos energia em casa, sem mudar hábitos e necessidades essenciais?	(P) proposição do problema
19	(A1) bom, oq seria necessário?	
20	(A2) n	
21	(A1) 1- Escolha eletrodomésticos mais eficientes; 2- Desligue os aparelhos da tomada; 3- Use a geladeira de forma consciente; 4- Reduza o tempo dos banhos; 5- Faz sua própria energia.	(I) seriação de informações
22	(A1) grupo eu fiz essa lista de coisas que diminui o consumo de energia	(I) organização de informações
23	(A2) 6- Pode adotar o uso de painéis solares.	(I) seriação de informações
24	(A3) 7- Aproveitar o máximo a iluminação natural	(I) seriação de informações
25	(A1) Saí muito caro, tem q levar em conta as pessoas de classe baixa	(I) classificação de informações
26	(A1) o número 6	
27	(A3) ata kkkk	
28	(A1) o seu é bom A3 kkkk	(I) classificação de informações
29	(A2) a é	

Tabela 5.3: Trecho 3 - Objetivo 3 - Aula 1

Neste trecho, preferiu-se adotar a escrita dos estudantes tal qual eles fizeram, sem modificar erros de ortografia. O estudante A1 adotou um comportamento de liderança, ao motivar os colegas (turno 19), ao ter iniciativa e organizar as informações (turno 22) e ao criticar a fala do estudante A2 (turno 25). Esse comportamento socialmente aceito foi essencial para que o grupo interagisse além da supervisão do professor. O levantamento de informações pelos estudantes aconteceu por listagem de conhecimentos espontâneos, visto que não houve tempo hábil para a leitura do texto.

Inclusive, é difícil afirmar que esse grupo leu o texto recomendado, pois não houve evidências orais no decorrer da discussão. Mesmo assim, a cumplicidade na troca de ideias entre os estudantes informa o ambiente saudável de interação social, ainda que de forma virtual. As novas mídias e o uso abusivo delas na pandemia influenciaram novos hábitos de comunicação, possibilitando que as relações entre os colegas de classe migrassem para o ambiente virtual.

É interessante apontar a fala do estudante A1 no turno 25 ao citar questões socioeconômicas na classificação das informações. Em nenhum momento, o professor restringiu as

ações de redução de consumo de energia como atreladas a uma ou outra classe social. Então, nesse caso, o estudante teve uma preocupação além da fala do professor, transpondo sua argumentação para outro nível de discussão. Ao citar essa questão social, o estudante revela um amadurecimento em sua alfabetização científica.

Quanto ao objetivo 4, outras falas dos estudantes demonstraram o extrapolamento das ideias mencionadas no texto, as quais foram relevantes para a discussão social do tema. Embora a maioria das falas dos estudantes ainda transparecessem uma criticidade imatura, o simples ato de apresentar seu ponto de vista já caracteriza uma iniciação no desenvolvimento da argumentação. No próximo trecho de falas a ser apresentado, o texto debatido pelo grupo foi sobre a utilização de ar-condicionado.

Turno	Transcrição das Falas	Análise
30	(A1) [...] Aí a gente colocou aqui sobre (<i>inaudível</i>) os ar-condicionados, pra desligar quando você não tiver no ambiente e pra, também, por exemplo, às vezes substituir por ventilador ou umidificador, também e abrir as janelas, né. Quando tiver no ambiente com ar-condicionado, deixar fechadas as portas...	(S) relaciona as ideias do texto com outras trabalhadas em aula (S) aplica as ideias do texto em discussões posteriores (I) levantamento de hipóteses
31	(P) Rapidão! Gente, é pra prestar atenção no que ela tá falando. Fala!	(P) ações disciplinares
32	(A1) E é, a gente colocou aqui, que o ventilador ele tem em média um aumento de 13 reais na conta por mês, e o ventilador, e o ...	(S) identifica as ideias principais do texto
33	(A2) 102,83, o ar-condicionado...	(S) identifica as ideias principais do texto
34	(P) Então a sugestão seria trocar o ar-condicionado por ventiladores, se puder?	(P) motivação (P) avaliação de ideias
35	(A1) Se você quiser.	(I) levantamento de hipóteses
36	(A2) Se quiser.	
37	(A3) Não trocar, mas reduzir.	(I) levantamento de hipóteses
38	(P) Foi o que a escola fez, por exemplo.	(P) retomada de ideias (P) teste de ideias
39	(A1) Só que a diferença é que na escola a gente tem várias pessoas na mesma sala e o ventilador não funciona direito. Por exemplo, em casa, como é só uma pessoa, você pode abrir as janelas.	(I) justificativa (I) previsão

Tabela 5.4: Trecho 4 - Objetivo 4 - Aula 1

No turno 30, a estudante A1 sintetiza as hipóteses de como resolver o problema do consumo de energia elétrica, enfatizando o que foi lido no texto e as percepções do grupo acerca do tema. No turno 34, o professor avalia a ideia do grupo sobre a troca dos ventiladores por ar-condicionados. As respostas nos turnos 35 e 36 não sustentam o argumento,

tomando a decisão à cargo de quem vai implementar a ideia, mas também como forma de enfatizar que é uma das propostas. Porém, a resposta do turno 37 aponta uma outra estratégia, ou hipótese, que é reduzir o uso de ar-condicionados.

Buscando enfatizar o argumento das estudantes, no turno 38 o professor retomou a ideia de troca de equipamentos, evidenciando o fato de a escola ter implementado essa ação. A estudante A1 justificou a ação da escola e fez uma previsão, comparando a escola com uma residência. A fala da estudante não tem muita coerência em relação ao teste de ideias proposto pelo professor, daí não é possível entender se a resposta é concordante ou discordante à decisão da escola. A resposta é recheada de argumentos desconectados, o que se assemelha aos complexos mencionados na teoria de Vigotski, conforme discutido no Capítulo 2. O pensamento tem um aspecto primitivo, sendo a leitura do texto e a fala do professor não suficientes para a estudante organizar seu pensamento. Porém, ao ter a iniciativa de apontar seu ponto de vista, a estudante já se mostra favorável à abordagem argumentativa.

A relevância social da temática também é discutida em outros episódios no decorrer da aula. Um exemplo é o questionamento de uma das estudantes sobre o uso de adaptador de tomada, popularmente conhecido como T ("tê"). A dúvida foi entender se havia problema ao colocar dois aparelhos em apenas uma tomada. Essa dúvida simboliza o envolvimento da estudante com a temática abordada, ao revelar um questionamento pessoal. A seguir são mostrados outros episódios em que a discussão do tema ultrapassa o campo textual e se dá no campo social.

Turno	Transcrição das Falas	Análise
40	(A1) E acho que ajuda até você não esquecer, por exemplo: você tem que sair de casa, você esquece uma luz ligada, se tiver um sistema automático pra isso	(S) aplica as ideias do texto em discussões posteriores (I) raciocínio lógico (I) previsão
41	(A2) Já é mais prático	
42	(A1) é bem mais prático. Tipo, o tempo que você gastaria andando, não é muito coisa, mas ir andando pra apagar todas as luzes... Um sistema automático apaga tudo ao mesmo tempo.	(I) raciocínio lógico
43	(A2) Ou no caso do dimmer também, você vai estudar e está em um certo ambiente que não pega toda a luz, você pode usar um comando específico pra aumentar pelo celular, porque aí ajuda no ambiente da casa.	(S) aplica as ideias do texto em discussões posteriores

Tabela 5.5: Trecho 5 - Objetivo 4 - Aula 1

O raciocínio lógico foi mencionado como um indício de amadurecimento da alfabetização científica. Nesse trecho, as estudantes, munidas dos argumentos inseridos no texto, reorganizam o pensamento e explicitam situações práticas em que o raciocínio lógico é apresentado ("se tiver um sistema automático, então as luzes se apagam ao mesmo tempo"). Apesar de a estudante não afirmar explicitamente que as iniciativas diminuiriam o desperdício de energia, esse primeiro pensamento motivou o professor a comentar sobre os problemas sociais acerca do uso inconsciente da energia elétrica residencial.

Turno	Transcrição das Falas	Análise
44	(P) Se eu fosse perguntar pra vocês por que a gente precisa consumir menos energia, vocês fariam o quê?	(P) proposição do problema
45	(A1) Porque isso prejudica o meio ambiente e a sociedade.	(I) justificativa
46	(A2) E também pra você gastar menos.	(I) justificativa
47	(A3) É... meio egoísta, mas pra você pagar a conta mais barata. Você paga pelo que você consome.	(I) justificativa

Tabela 5.6: Trecho 6 - Objetivo 4 - Aula 1

Enfim, a preocupação ambiental foi mencionada como justificativa ao problema apresentado pelo professor. Logo em seguida, foi revelada uma preocupação financeira, em que a estudante A3 associa diretamente o pagamento da conta de luz com o consumo de energia elétrica. Ao usar o termo "egoísta", no turno 47, a estudante sugere que a preocupação ambiental é menos relevante que a preocupação financeira, ou pelo menos não é o primeiro argumento quando se questiona sobre a redução no consumo de energia. É possível perceber nessas falas que os diferentes pontos de vista coexistem nas discussões sociais fora da escola. Os argumentos das estudantes são conhecimentos espontâneos, absorvidos de discursos externos à aula, enriquecendo o debate.

No entanto, a discussão social não é o único objetivo do Produto Educacional. É necessário que o conhecimento espontâneo se torne conhecimento científico a partir da manipulação do material investigativo, que nesse caso é a leitura do texto. No próximo trecho, há um exemplo de como a investigação não-experimental foi suficiente para revelar o início da construção do conhecimento científico.

Turno	Transcrição das Falas	Análise
48	(A1) Outra coisa que a colega também me lembrou é aquela nova tecnologia que varre o chão, é bem legalzinho, parece um robozinho.	

Tabela 5.7: Trecho 7 - Conceito Científico - Aula 1

Turno	Transcrição das Falas	Análise
49	(P) O de limpar?	
50	(A1) Isso, o de limpeza. É um robozinho, assim, automático. Eu acho que, tipo, comparado com o aspirador de pó, por exemplo, ele deve gastar muito menos energia, porque o aspirador de pó fica na tomada toda hora.	
51	(P) E ele (o robô) é na bateria. . .	
52	(A1) É.	

Tabela 5.8: Continuação do Trecho 7 - Conceito Científico - Aula 1

Esse trecho reflete como a ideia de consumo de energia já se associa ao tempo que o aparelho opera. Para a estudante, o ato de "ficar na tomada toda hora" já configura um gasto de energia maior que o robô à bateria. Esse raciocínio inicial já antecipa conceitos que virão a ser relevantes no decorrer da Sequência Didática, como a duração do tempo em que um eletrodoméstico opera. Na verdade, o problema da comparação entre os dois aparelhos exemplificados é maior do que apenas o tempo de "ficar na tomada". A potência do aspirador, a potência do robô e o tempo que este leva para carregar a bateria são relevantes para o problema. Mesmo assim, o argumento da estudante já se encaminha para a construção mais amadurecida do conceito científico.

Outro exemplo desse amadurecimento se deu após a leitura do texto sobre as duchas eletrônicas. O grupo suspeitou que a temperatura da água se relacionava proporcionalmente ao consumo de energia elétrica. Os estudantes afirmaram que, quanto maior a temperatura da água, mais irá gastar energia e, nesse sentido, o controle de temperatura da ducha seria uma boa característica da eficiência do produto.

Essas duas últimas análises já classifica como positivo o uso de leituras de textos de contextualização para fomentar as discussões acerca do consumo de energia elétrica.

5.2 Aula 2

Na Aula 2, o professor pediu que os estudantes montassem um circuito elétrico simples e respondessem a um questionário, em grupo. Os objetivos desta aula foram: (i) objetivo 1 - resgatar possíveis conceitos espontâneos que os alunos trazem sobre o funcionamento de um circuito; (ii) objetivo 2 - testar hipóteses; (iii) objetivo 3 - manipular um material experimental; (iv) objetivo 4 - cooperar em grupo para um resultado em comum.

Antes de apresentar as evidências dos objetivos atingidos, é importante salientar alguns aspectos psicológicos e comportamentais dos estudantes no decorrer desta primeira aula experimental.

Surgiram muitas perguntas dos estudantes logo que o professor indicou que seria uma atividade prática. Os estudantes se mostraram admirados, muito exclamativos, a primeiro momento, perguntando o nome de todos os componentes e para que serviam. No entanto, logo ficaram ansiosos pelos resultados. Eles exprimiram seus medos: “e se não ligar, professor?”, “e se eu tomar um choque?”, “agora eu tô achando muito complicado”. Para o professor, essa ansiedade, demonstrada por um misto de admiração e medo, se deu porque os estudantes não costumavam ter aulas com experimentos. De toda mudança de paradigmas, sempre vêm a curiosidade e o receio pelo que é novo. O professor teve, então, um trabalho inicial de acalmar os ânimos, avisando, por exemplo, que não daria choque, devido à baixa potência do circuito.

Apesar da ansiedade inicial, os grupos se divertiram manipulando o material. Toda vez que um grupo acendia a lâmpada ou achavam que estavam próximos de acender, eles se empolgavam, gritavam e se exaltavam. A cumplicidade dos estudantes, dentro e fora dos grupos, era admirável, assim como era contagiante a alegria dos estudantes.

Ao final, apenas dois grupos conseguiram acender a lâmpada, que era o objetivo do problema experimental. O grupo que participava pela videochamada também conseguiu obter sucesso no simulador. Ainda assim, o professor, durante a discussão, achou pertinente comentar sobre o papel do erro na vivência do cientista. O professor explicou que é próprio da evolução do conhecimento que os cientistas proponham hipóteses, podendo acertar ou não em suas previsões. O erro, nessas ocasiões, proporcionou que os cientistas buscassem novas abordagens, criassem novas hipóteses e fizessem novos testes, proporcionando o avanço da produção científica.

Dissertando sobre os objetivos específicos da Aula 2, foram escolhidos alguns trechos das falas e do diálogo no chat da videochamada. Sobre o objetivo 1, é apresentado um trecho da discussão final após a montagem experimental:

Turno	Transcrição das Falas	Análise
53	(P) Vocês pensaram nesse tal de elétron quando vocês estavam fazendo a experiência?	(P) retomada de ideias
55	(A2) A A3 pensou.	

Tabela 5.9: Trecho 8 - Objetivo 1 - Aula 2

Turno	Transcrição das Falas	Análise
57	(A3) A gente tava sem aquele “porta-pilha”, né? Aí a gente tinha que colocar através do fio que gera o movimento e aí eu lembrei desse negócio dos dois polos, do positivo e do negativo, se atraindo né, aí eu “ah, pode ser isso!”. Aí a gente tentou pregar o fio com a fita isolante, só que não foi. E eu acho que esse foi o problema de não ter ligado a lâmpada, porque a gente não tava conseguindo encaixar a fita, porque a gente não tinha esse porta-pilha.	(I) levantamento de hipóteses (I) teste de hipóteses (I) justificativa

Tabela 5.10: Continuação do Trecho 8 - Objetivo 1 - Aula 2

O professor tentou resgatar o conhecimento prévio dos estudantes, ao retomar a ideia de elétron. A discordância de muitos estudantes demonstra que as hipóteses levantadas não levaram em conta os conhecimentos científicos aprendidos anteriormente. A resposta da estudante A3 é confusa e não dá certeza como foi o processo de montagem do circuito. Os indícios de alfabetização científica, apesar de citados na tabela, são falsos indícios de amadurecimento, porque não está clara a relação entre a hipótese ("dois polos se atraindo"), a ação de teste ("tentou pregar o fio com a fita isolante") e a justificativa ("porque a gente não tava conseguindo encaixar a fita"). Esse é um típico caso em que há muita dificuldade por parte do estudante em se relatar as ações.

Acerca dos objetivos 2 e 4, o trecho abaixo foi recortado do chat da videochamada, enquanto o grupo conversava sobre os procedimentos de montagem do circuito na simulação:

Turno	Transcrição das Falas	Análise
58	(A1) fala ai	
59	(A2) acho q precisa do resistor tmb	(I) levantamento de hipóteses
63	(A2) bota o resistor no meio	(I) teste de hipóteses
64	(A1) fala pelo microfone	
65	(A2) sou timida	
66	(A5) A1, pega a bateria, pega 2 fios, conecta esses dois junto com o resistor e o interruptor conecta mais dois fios na lâmpada	(I) levantamento de hipóteses
67	(A2) mlk e um genio	
68	(A5) tenta fazer isso	
69	(A4) que povo inteligente	
70	(A5) 4 fios, dois pra conectar na bateria e dois pra conectar na lâmpada	(I) levantamento de hipóteses
71	(A1) assim ?	(I) teste de hipóteses

Tabela 5.11: Trecho 9 - Objetivos 2 e 4 - Aula 2

Turno	Transcrição das Falas	Análise
72	(A5) pera	
73	(A5) vou apresentar	
74	(A5) assim deu	(I) teste de hipóteses
75	(A5) não sei se ta certo	
76	(A6) acho q tá	
77	(A5) é isso	

Tabela 5.12: Continuação do Trecho 9 - Objetivos 2 e 4 - Aula 2

Com o professor alheio aos procedimentos do grupo, os estudantes se sentiram à vontade para levantar hipóteses, sem ser pressionados ou censurados. Carvalho (2013) afirma que "é muito mais fácil propor suas ideias a um colega que ao professor". Com uma linguagem própria, os estudantes do grupo conseguiram se organizar de forma excepcional, utilizando a ferramenta virtual ao seu favor. Os testes de hipóteses foram feitos à vista de todos do grupo, enquanto um dos estudantes (primeiro o A1 e depois o A5) projetava a tela do seu computador para mostrar o andamento da montagem. Esse trecho evidencia o quanto o trabalho de equipe foi importante para o êxito do grupo.

Manipular o material experimental foi uma novidade para os estudantes. Nenhum deles tinha experiência com equipamentos elétricos. Conhecer os nomes dos equipamentos foi um aprendizado à parte. O trecho a ser apresentado, evidenciando o Objetivo 3, foi recordado durante a montagem experimental, em que é possível perceber a comunicação entre diferentes grupos:

Turno	Transcrição das Falas	Análise
78	(A1) Professor, o que é soquete?	
79	(P) Pode pesquisar. Mas o soquete... Alguém pode ajudar a A1?	motivação
80	(A2) Soquete é... É isso aqui, ó. (mostra o soquete). Como se fosse a base do negócio.	explicação
81	(A1) Ah, tá!	

Tabela 5.13: Trecho 10 - Objetivo 3 - Aula 2

No turno 79, o professor preferiu não responder à questão e motivou outro estudante que o fizesse, incentivando a cooperação entre componentes de diferentes grupos. A explicação da estudante A2 não foi falada: foi mostrada. O termo desconhecido para A1 passou a ter uma imagem e uma função ("como se fosse a base do negócio"). Ao continuar manipulando o material experimental, a estudante A1 se apropriou do conceito passado pela colega e

conseguiu, por si só, realizar a atividade, desenvolvendo seu próprio conceito a partir do que foi apresentado pela estudante A2.

As falas transcritas são de grande importância para a análise do aprendizado nas aulas investigativas, mas não são as únicas fontes de dados. As respostas escritas pelos estudantes denotam outra grande fonte de evidências sobre o que eles conseguiram aprender (ou não) durante a aula. As próximas imagens são recortes dos questionários respondidos pelos estudantes. Foram escolhidas duas respostas de cada pergunta para serem comentadas.

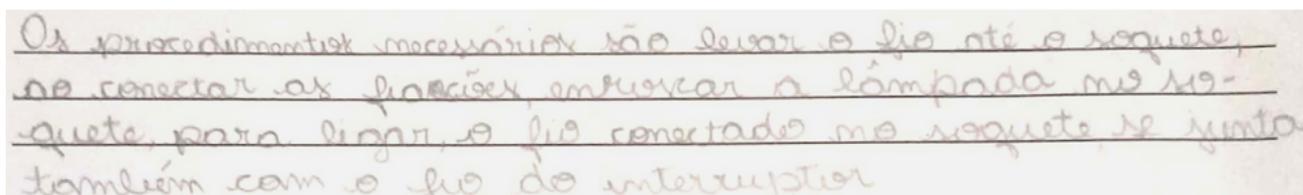


Figura 5.1: Resposta da Pergunta 1 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor.

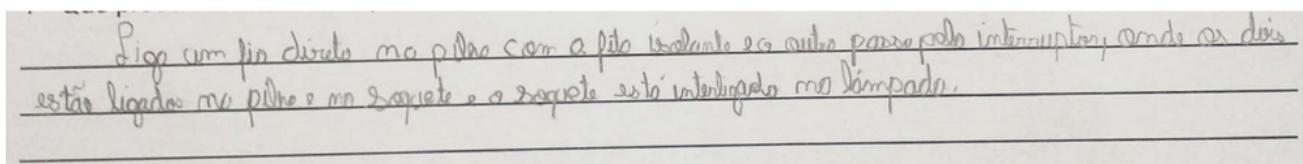
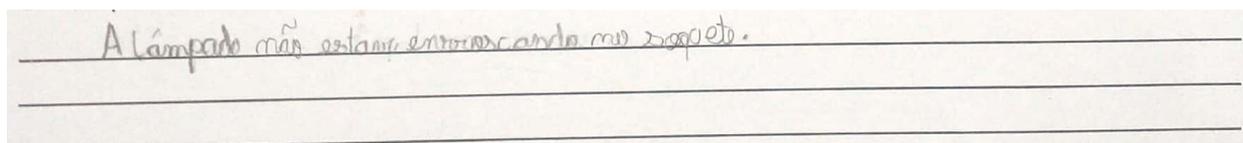


Figura 5.2: Resposta da Pergunta 1 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor.

A Pergunta 1 foi: "Que procedimentos vocês precisam fazer para ligar a lâmpada?". Essa pergunta foi feita antes da prática experimental, então os grupos deviam apenas levantar hipóteses de como deveriam realizar a montagem. Pela leitura das respostas, podemos notar que ambos os grupos relataram ações coerentes à montagem de circuitos elétricos, como ligar, conectar, interligar, juntar, levar até.

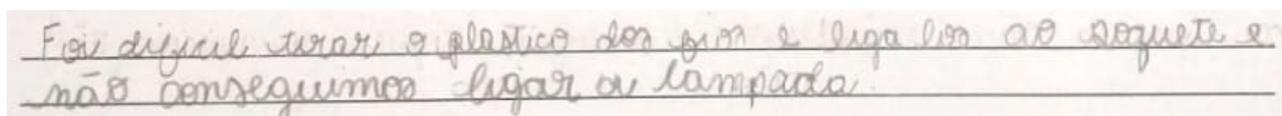
A primeira resposta não faz menção às pilhas, o que é possível inferir que a hipótese não levou em conta a existência de uma fonte de energia. É uma dúvida coerente à vivência dos estudantes: em casa, eles acionam o interruptor e a lâmpada acende, o que pode provocar a falsa impressão de que o interruptor detém a função de fonte de energia, também por não ver ou não conhecer a estrutura elétrica da residência.

A segunda resposta se apresenta mais completa quanto ao uso dos equipamentos e às ações, demonstrando que o grupo já tinha um conhecimento prévio sobre o funcionamento do circuito elétrico.



A lâmpada não estava enroscando no soquete.

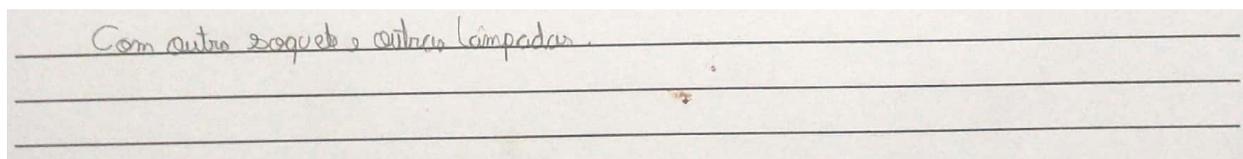
Figura 5.3: Resposta da Pergunta 2 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor.



Foi difícil tirar o plástico dos fios e ligar com o soquete e não conseguimos ligar a lâmpada.

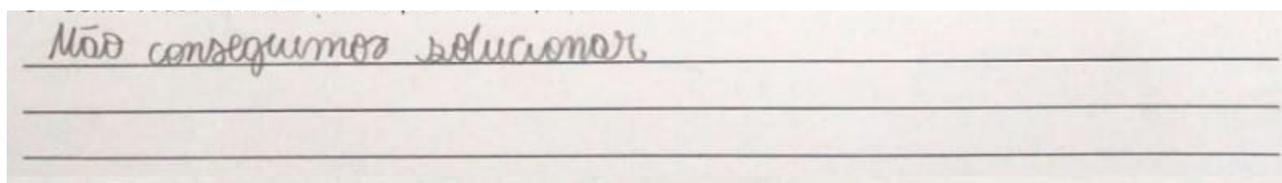
Figura 5.4: Resposta da Pergunta 2 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor.

A Pergunta 2 foi: "Que problemas vocês tiveram no decorrer do experimento?". Ambos os grupos citaram problemas pontuais sobre o uso do soquete: o primeiro, sobre uma dificuldade de enroscar a lâmpada; e o segundo, com problemas ao desencascar a ponta do fio para conectar à base. Esses problemas foram importantes porque os estudantes puderam ter contato com dificuldades manuais que são próprias da construção de um circuito elétrico.



Com outro soquete e outras lâmpadas.

Figura 5.5: Resposta da Pergunta 3 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor.



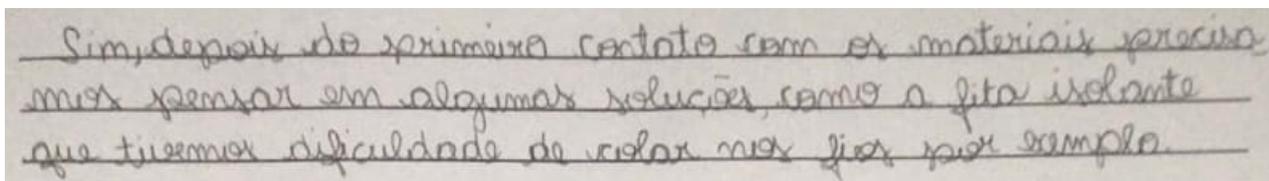
Não conseguimos solucionar.

Figura 5.6: Resposta da Pergunta 3 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor.

A Pergunta 3 foi: "Como vocês solucionaram os problemas que ocorreram?". Foram escolhidas as duas respostas dos mesmos grupos referentes aos problemas da Pergunta 2, para que fosse possível comparar como eles agiram diante das dificuldades. O primeiro grupo, o do problema de enroscar a lâmpada no soquete, apenas trocou os equipamentos por outros disponíveis. Já o segundo grupo não relatou ação nenhuma.

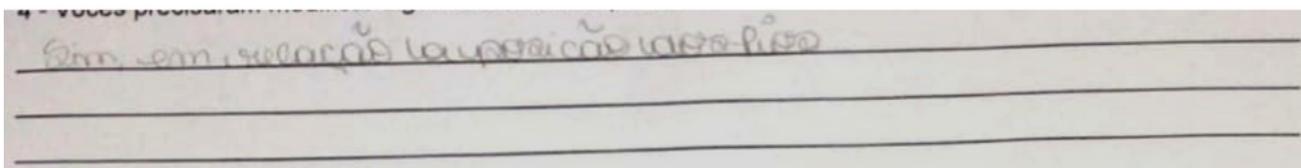
Percebe-se aqui que a pergunta não foi suficiente para atrair respostas mais completas. O verbo, como está na pergunta, afirma que houve solução ao problema, não deixando espaço para comentários mais detalhados sobre o caso em que não tivesse havido êxito.

A pergunta poderia ter sido mais específica: em vez de "solucionaram", poderia ter sido "buscaram solucionar". Dessa forma, enfatizaria o modo como os estudantes reagiriam ao problema, não só à resolução em si.



Sim, depois do primeiro contato com os materiais precisei pensar em algumas soluções, como a fita isolante que tivemos dificuldade de colar nos fios por exemplo.

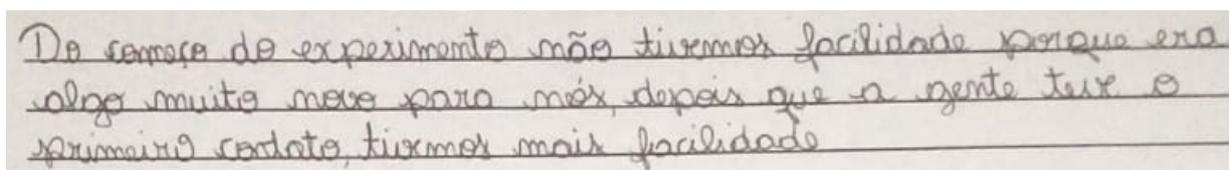
Figura 5.7: Resposta da Pergunta 4 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor.



Sim, em situações de aplicação laboratorial

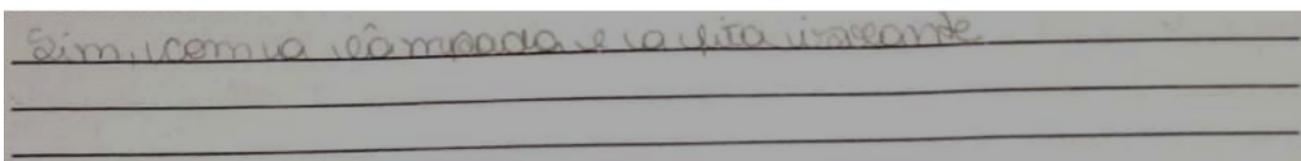
Figura 5.8: Resposta da Pergunta 4 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor.

A pergunta 4 foi: "Vocês precisaram modificar alguma ideia inicial para fazer funcionar o experimento?". A primeira resposta revela um comentário interessante sobre "pensar em algumas soluções", demonstrando que a hipótese inicial não previa a necessidade de fita isolante. Os estudantes desse grupo puderam vivenciar um episódio característico da vivência do cientista, em que é necessário modificar as hipóteses para se adequar a uma situação inesperada. Enquanto isso, a segunda resposta não revela muito o que ocorreu quando se trocou a posição dos fios, dificultando a interpretação da resposta.



De sempre de experimentos não tivemos facilidade porque era algo muito novo para nós, depois que a gente teve o primeiro contato, tivemos mais facilidade.

Figura 5.9: Resposta da Pergunta 5 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor.



Sim, com a ajuda da fita isolante.

Figura 5.10: Resposta da Pergunta 5 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor.

A Pergunta 5 foi: "Vocês tiveram facilidade com a manipulação de materiais? Quais? Por quê?" O primeiro grupo enfatizou o quanto a manipulação do material foi essencial para

haver mais facilidade na atividade. Carvalho (2013) afirma que as ideias para resolver o problema experimental nascem da ação manipulativa. Quando o grupo escreve que "algo muito novo" se tornou de fácil manipulação, podemos perceber o quão importante é o contato manual com o aparato experimental no ensino investigativo.

Quanto à segunda resposta, o grupo já foi mais categórico em indicar os componentes em que tiveram facilidade de manusear, o que é totalmente esperado. Porém, é relevante comentar o quanto a falta de verbos de ação inviabiliza a compreensão total da resposta. Por exemplo: facilidade com a lâmpada é "facilidade em enroscar a lâmpada no soquete" ou "facilidade em acender a lâmpada"? Nesse sentido, apesar da ação manipulativa, a transposição do conhecimento em linguagem escrita ainda é um processo a amadurecer, para este grupo.

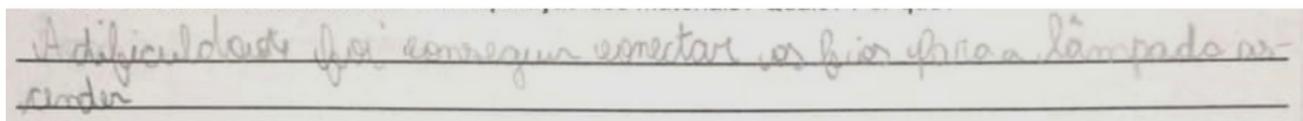


Figura 5.11: Resposta da Pergunta 6 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor.

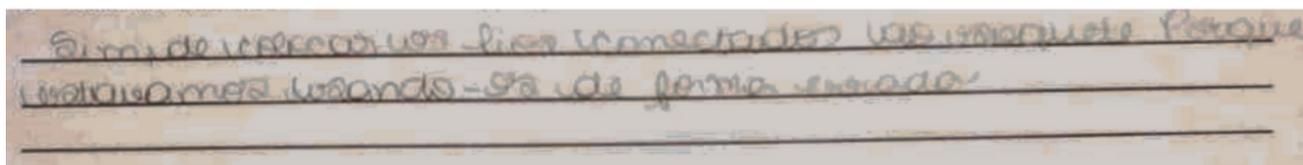
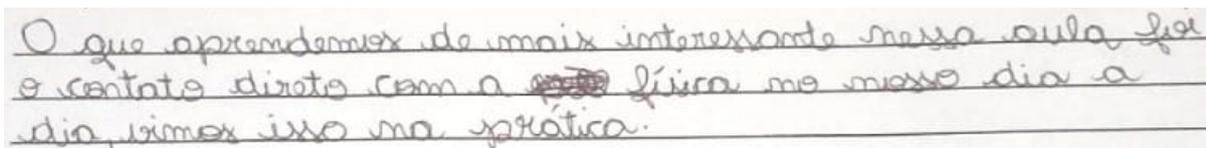


Figura 5.12: Resposta da Pergunta 6 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor.

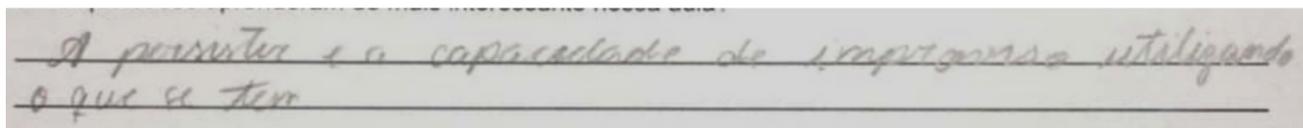
A Pergunta 6 foi: "Vocês tiveram dificuldade com a manipulação de materiais? Quais? Por quê?" A primeira resposta é bem genérica, o que é compreensível para estudantes com primeiro contato em escrita de relato experimental. Esse grupo, inclusive, não conseguiu acender a lâmpada.

A segunda resposta é do mesmo grupo da segunda resposta da Pergunta 5. Essa escolha foi feita para comparar a escrita científica: neste caso, os verbos de ação facilitaram a compreensão do relato. É interessante notar que os estudantes descreveram as dificuldades com mais detalhes do que as facilidades.



O que aprendemos de mais interessante nessa aula foi o contato direto com a física no nosso dia a dia, vimos isso na prática.

Figura 5.13: Resposta da Pergunta 7 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor.



A persistência e a capacidade de improvisar utilizando o que se tem

Figura 5.14: Resposta da Pergunta 7 do Questionário da Aula 2. Fonte: próprio autor.

A pergunta 7 foi: "O que vocês aprenderam de mais interessante nessa aula?". A primeira resposta menciona o "contato direto com a física no nosso dia a dia", corroborando com a ideia de que a Física ensinada na escola deve ser importante para o estudante, no que concerne às situações por eles vividas em sua vida fora da escola (Bonadiman e Nonenmacher, 2007). Não só essa contribuição, mas também a resposta dos estudantes mencionam a atividade prática como um fator que motivou esse interesse, deixando mais claro o quanto o ensino de Física precisa se voltar definitivamente para ações de natureza experimental e de relevância social.

A outra resposta apresentada se direciona para habilidades atitudinais. A "persistência e a capacidade de improvisar" mencionadas são habilidades pouco objetivadas em uma aula tradicional de Física. A metodologia investigativa é que localiza esses objetivos e incorpora à aula de ciências. O estudante quando estimulado a estar ativo responde automaticamente, se motivado com eficácia. Daí, ele vai agir em situações as quais não está habituado, de onde decorre a improvisação e a persistência para solucionar problemas.

Finalmente, após estabelecer conexões entre as respostas escritas dos questionários e os objetivos do ensino investigativo, a análise se direciona para a verificação do objeto de simulação proposto em alternativa à aula experimental, para os estudantes que assistem aula por videochamada. As falas dos estudantes que se relacionam ao procedimento experimental já foram mencionadas, na tabela 5.12, e o resultado da montagem é o circuito demonstrado na figura 5.15:



Figura 5.15: Print do circuito feito no simulador. Fonte: próprio autor.

O circuito montado pelos estudantes atende ao problema investigativo, que era acender a lâmpada usando pilha. O layout intuitivo do simulador facilitou na construção do circuito. Todo o circuito foi montado arrastando e interligando componentes.

A presença do resistor no circuito é um diferencial no circuito. Não foi mencionado na aula que eles utilizassem esse componente, tanto que não tinham resistores disponíveis no circuito real. É possível que os estudantes tenham pensado que fosse obrigatório montar o circuito usando todos os componentes visíveis no menu à esquerda. Mas é só uma teoria. De certo que usando o resistor ou não, a lâmpada acenderia, diferenciando o fluxo luminoso emitido.

Nesta segunda aula, é possível concluir que a atividade experimental complementou a aula de leitura de textos jornalísticos, no sentido de introduzir os estudantes no básico da eletricidade. A montagem do circuito elétrico foi uma atividade lúdica, de transformação da atividade manipulativa para a intelectual, acessou temas da vida cotidiana e retratou a importância do estudo da Física, tudo em apenas uma aula.

5.3 Aula 3

A terceira aula deu uma pausa nos problemas investigativos e passou para uma etapa de sistematização do conhecimento. A leitura de um texto mais formal substituiu as falas mais informais das aulas anteriores, aproximando os estudantes de uma linguagem mais

científica. As leituras tiveram por objetivo sistematizar o conceito de corrente elétrica. Dessa forma, os estudantes poderiam incorporar esse termo aos conceitos espontâneos que eles já tinham e que estavam ligados à eletricidade.

No início da aula, foi necessária a retomada do conceito do elétron, estudado antes da aplicação do PE. Quando perguntados sobre essa partícula, muitos estudantes demonstraram que tinham esquecido. Foi preciso, então, tomar um tempo para uma retomada de conhecimentos prévios, de uma forma mais contundente, e de maneira expositiva, saindo um pouco do escopo da proposta da Sequência Didática.

Depois, continuou-se a leitura. Foram recortados alguns trechos de discussões, de forma a exemplificar alguns comentários feitos durante a leitura, motivados por questões que o professor julgou pertinentes para amadurecer a alfabetização científica, retomar conhecimentos prévios e, o mais importante, associar o texto com o cotidiano dos estudantes e com a experiência da aula anterior.

Turno	Transcrição das Falas	Análise
82	(P) O que vocês acham? Vocês acham que precisa quantificar a corrente elétrica?	(P) proposição do problema
83	(A1) Sim, porque precisa medir. . .	
84	(P) Por que a gente precisa medir coisas?	
85	(A1) Pra saber a intensidade.	
86	(P) Mas por que a gente precisa saber a intensidade?	
87	(A2) Por que se tivesse muita pilha a lâmpada poderia queimar.	(I) raciocínio proporcional (I) levantamento de hipóteses

Tabela 5.14: Trecho 12 - Intensidade - Aula 3

Esse primeiro trecho retrata o momento em que o professor foi ao cerne da problemática: por que quantificar? Os próximos trechos também têm relação à essa questão, mas a fala do estudante A2, no trecho 87, merece um destaque. Implicitamente o estudante associa um possível aumento de corrente ao ato de queimar o aparelho. Porém, o comentário do estudante não foi profundamente discutido, o que levanta algumas dúvidas sobre a origem deste raciocínio: é um conhecimento espontâneo ou um conhecimento já internalizado?

Sobre essa questão, é possível avaliar por partes. O termo "queimar" é com certeza um conhecimento prévio, porque não foi um termo utilizado nem na leitura do texto nem nas atividades investigativas anteriores. Dessa forma, o verbo "queimar" é uma referência da cultura do estudante. Porém, ao enfatizar o termo "muita pilha" nessa discussão, o estudante estabelece uma relação proporcional entre o gerador de energia do circuito (pilha) com a intensidade de corrente. Esse conhecimento deve ter sido internalizado (ou pelo

menos, aprimorado) ao manipular o material investigativo da Aula 2. Daí, associar um alto valor de corrente ao "queimar" segue uma incógnita. O palpite é que seja ainda fruto de concepções prévias. De qualquer forma, a hipótese levantada pelo estudante condiz com o fenômeno físico correspondente, enriquecendo a discussão sobre o tema.

Turno	Transcrição das Falas	Análise
88	(P) Se tivesse muita pilha, poderia aumentar o brilho, por exemplo. Se tivessem menos pilhas, poderia nem acender. Na vida, nós conseguimos diferenciar o que precisa de mais corrente do que precisa de menos corrente. A lâmpada do experimento e a lâmpada do teto, elas precisam da mesma quantidade de corrente?	(P) correlação de variáveis
89	(Muitos alunos) Sim!	
90	(P) Qual lâmpada precisa de mais e qual precisa de menos?	
91	(A3) A do teto precisa de mais.	
92	(P) Ela precisa de mais porque ela ilumina mais, não é?	(P) correlação de variáveis
93	(Muitos alunos) Sim!	

Tabela 5.15: Trecho 13 - Maior corrente e maior brilho - Aula 3

No trecho acima, infere-se que o professor quis induzir os estudantes para o raciocínio proporcional entre intensidade de corrente e brilho da lâmpada (ou fluxo luminoso, sendo mais criterioso). No turno 89 eles não seguiram tal indução, mas logo eles concordaram, como é possível verificar nos turnos 91 e 93. A correlação de variáveis foi proporcionada de forma a introduzir para os estudantes, propositalmente, uma ideia que seria importante nas aulas práticas com a Bancada Experimental (Aulas 5, 6 e 8). Por isso, a insistência em utilizar as lâmpadas como exemplo para o raciocínio proporcional.

Turno	Transcrição das Falas	Análise
94	(A2) Professor, se colocar duas pilhas, uma negativa e uma positiva, aumenta a amperagem?	(I) raciocínio proporcional (I) levantamento de hipóteses
95	(P) Amperagem? O que é amperagem?	
96	(A2) É a medida, a medida de corrente. Aumenta a corrente, se colocar?	
97	(P) Se colocar assim, olha (o professor desenha no quadro duas pilhas em série com os pólos positivo e negativo em contato).	(P) avaliação de ideias
98	(A2) Isso, assim. . .	

Tabela 5.16: Trecho 14 - Pilhas e Amperagem - Aula 3

Turno	Transcrição das Falas	Análise
99	(P) Enfileirado. No experimento, vocês tinham quatro enfileiradas.	(P) retomada de ideias
100	(A2) Mas elas não eram assim. . .	
101	(P) Eram, só que vocês não perceberam os contatos que elas faziam por dentro. . .	
102	(A2) Ah. . .	

Tabela 5.17: Trecho 14 - Pilhas e Amperagem - Aula 3

A dúvida do estudante A2 foi muito pertinente. A linguagem utilizada não foi a consolidada no campo científico, já que não há pilhas positivas ou negativas, nem se usa o termo "amperagem". Porém, o professor conseguiu entender seu raciocínio, ao propor um desenho no quadro branco, em que avalia a ideia do estudante e a confirma.

Porém, antes de enfatizar a dúvida do estudante, o professor o provocou, propondo que esclarecesse o termo "amperagem", que o estudante apresentou como um conhecimento prévio. Como o tema da aula era exatamente sobre a corrente elétrica, o aprendizado passa necessariamente pela utilização dos novos termos, mais fundamentados em conhecimentos científicos. Os estudantes devem ser *alfabetizados* nesses termos, incorporando-os em seu vocabulário. O estudante, então, retomou a pergunta, no turno 96, substituindo "amperagem" pelo termo "corrente", que é mais utilizado como sinônimo da grandeza "intensidade de corrente elétrica".

Mais adiante, no turno 99, o professor retoma a atividade experimental da Aula 2, ao mencionar o suporte para quatro pilhas, utilizado pelo grupo. A disposição das pilhas gerou contradição para o estudante. Para ele, as quatro pilhas não estavam em série ("enfileiradas", como o professor explicou). Essa dúvida é pertinente e revela que o modelo de pilhas em série geralmente utilizado nas aulas de física não traduz o esquema comumente percebido na vida cotidiana. Por exemplo, em um grande número de controles remotos, as pilhas em série são dispostas lado a lado, não em fileira. Constatar que há um contato elétrico entre os terminais das pilhas não é intuitivo.

Nesse sentido, reitera-se a importância de o ensino de eletricidade se aproximar da vida cotidiana dos estudantes para, cada vez mais, esclarecer dúvidas corriqueiras, que deveriam ser de conhecimento geral.

5.4 Aula 4

A Aula 4 retomou o problema investigativo, seguido logo com uma sistematização do conhecimento, desta vez com a apresentação de vídeos. Como o objetivo da aula foi verificar os conceitos espontâneos que os estudantes têm sobre a distribuição de energia elétrica, a corrente alternada e a tensão de alimentação das residências, então os problemas investigativos não levaram em conta a leitura de textos ou a manipulação de aparatos experimentais. As questões-problemas indicaram o levantamento de hipóteses sobre os conceitos espontâneos.

Para analisar a aprendizagem dos estudantes, são apresentados trechos das discussões sobre as respostas dos grupos para as questões-problema e outras falas dos estudantes, os quais estavam divididos em grupos.

Turno	Transcrição das Falas	Análise
103	(A1) Qual a diferença da segunda pergunta para a terceira?	
104	(P) A primeira está perguntando qual o caminho que percorre. . .	
105	(A1) Sim!	
106	(P) Primeiro ele pergunta “de onde vem?”, depois “qual caminho que percorre?”, aí “como é que ela faz isso?”	
107	(resmungos de dúvidas) (o professor se dirige à toda turma)	
108	(P) - Então, a primeira pergunta. Está perguntando: “de onde vem?”. É um lugar. Depois, está perguntando: “qual o caminho que faz?”, que é o caminho que faz desse lugar de onde vêm até chegar na lâmpada. E a terceira pergunta é: “como é que ela faz isso?”. A primeira é o lugar, a segunda é o percurso, e a terceira é como se faz o percurso.	organização para a atividade

Tabela 5.18: Trecho 15 - Esclarecimentos - Aula 4

O trecho acima descreve um momento importante da aula, que é o esclarecimento das perguntas. No turno 103, a estudante A1 foi categórica em sua dúvida, mas o professor decidiu, no turno 106, que devia esclarecer todas as questões. Após a proposição do problema, é necessário que os estudantes não tenham dúvida em sua investigação, então esse esclarecimento é uma etapa essencial do trabalho do professor. No turno 108, o professor explica com mais clareza que tipo de resposta ele busca, tomando o cuidado de não expôr a solução para as perguntas. Os estudantes necessitam dessa simplificação

na linguagem, às vezes carecendo de analogias e exemplos na exposição das perguntas. Ainda assim, foi constatado que muitos estudantes não entenderam as proposições, sendo necessário que o professor fizesse intervenções mais contundentes durante a discussão.

Turno	Transcrição das Falas	Análise
109	(P) “De onde vem a corrente elétrica que acende as lâmpadas?”, o que vocês colocaram?	(P) proposição do problema
110	(A1) Vem do fusível dos geradores.	(I) levantamento de hipóteses
111	(P) Vocês concordam? Vocês colocaram diferente?	(P) motivação
112	(A1) Os geradores passam energia para os fusíveis. Os fusíveis passam energia para a lâmpada.	(I) justificativa
113	(P) É uma boa resposta! E vocês?	(P) motivação
114	(A2) A gente colocou que ela vem da companhia de energia elétrica da região, que aqui no caso do DF é a Neenergia.	(I) levantamento de hipóteses
115	(P) Faz sentido! Alguém concorda ou discorda? Alguém colocou outra coisa.	(P) motivação
116	(A3) Colocamos igual.	(I) levantamento de hipóteses
117	(P) A mesma coisa? Que está vindo da Neenergia? O que vocês botaram, o que vocês estão apagando aí, A4?	(P) motivação (P) ações disciplinares
118	(A4) Vem da fábrica de energia e dos geradores.	(I) levantamento de hipóteses

Tabela 5.19: Trecho 16 - Pergunta 1 (Parte 1) - Aula 4

A primeira questão-problema dessa aula foi: “De onde vem a corrente elétrica que acende as lâmpadas?”. Os grupos de estudantes se mostraram motivados à lerem suas respostas, a partir dos direcionamentos do professor. As respostas dos estudantes A2, A3 e A4, de grupos diferentes, estavam próximas. No início da aula, dois grupos perguntaram o nome da empresa concessionária de energia, já com o intuito de escrever uma resposta em que mencionasse essa informação. Talvez ao perguntar, outros grupos se sentiram motivados a basear suas respostas nesse sentido. No próximo quadro, analisou-se o quão incompletos foram os argumentos que sustentaram essa hipótese.

Sobre a resposta do turno 110, justificada no turno 112, os estudantes estabeleceram outra origem para a corrente elétrica. Usaram os termos "fusíveis" e "geradores" que são herança de seus conhecimentos prévios, como se objetivava o planejamento da aula. A origem dos termos é desconhecida, mas são termos que já foram usados em outras atividades. O termo "gerador" já foi apontado como um termo geral para quaisquer componentes os quais são "criadores" de correntes elétricas, como as pilhas. O termo fusível foi apresentado no texto da atividade para casa, proposta ao final da aula 3, como "um dis-

positivo utilizado para impedir que uma sobrecarga em um circuito danifique quaisquer de seus componentes" (Marmo e Ferrer, 2019). Na justificativa do estudante A1 se percebe o papel intermediário desse componente entre o gerador e a lâmpada.

No trecho acima, e nos demais como será percebido, pode-se questionar por que o professor não corrigiu os estudantes. No entanto, o papel do professor foi de mediador da discussão, comportamento que deve ser mantido durante as atividades investigativas. Nesse momento, o intuito não era classificar as respostas dos estudantes como certas ou erradas. Ao caracterizar como "uma boa resposta", o professor está validando a hipótese como bem construída, a partir do que foi comentado no parágrafo anterior. Ao final, os vídeos de sistematização tiveram o papel de validação do conhecimento científico e identificou o que há de pré-estabelecido na cultura científica.

Turno	Transcrição das Falas	Análise
119	(A5) A gente colocou que a carga elétrica vem dos geradores, da usina, de tudo que é ligado à energia vem dali.	(I) levantamento de hipóteses
120	(P) E onde é isso? Onde é que fica?	(P) teste de ideias
121	(A5) Não sei, em algum lugar por aí.	
122	(P) De onde a Neoenergia tira a energia, será?	(P) teste de ideias
123	(A6) Pode ser de várias formas.	
124	(P) De onde?	(P) teste de ideias
125	(A1) De placas solares.	(I) levantamento de hipóteses
126	(P) Vocês acham que lá na Neoenergia têm várias placas solares?	(P) teste de ideias
127	(A6) Tem energia eólica, hidrelétrica. . .	(I) levantamento de hipóteses
128	(P) Lá na Neoenergia tem uma hidrelétrica?	(P) teste de ideias
129	(A6) Lá dentro? Não.	(I) levantamento de hipóteses
130	(A6) Pode ser de um rio lá que traz a energia até a cidade.	(I) levantamento de hipóteses

Tabela 5.20: Trecho 17 - Pergunta 1 (Parte 2) - Aula 4

Esse trecho continua a discussão da Pergunta 1 sobre a origem da corrente elétrica. Nesta parte, o professor procurou questionar com mais ênfase as respostas dos estudantes, a fim de perceber quais conhecimentos prévios os estudantes detinham sobre a geração de energia elétrica e o papel da empresa concessionária de energia neste processo. Infelizmente, os estudantes que falaram não tinham argumentos bem estruturados sobre o processo de geração e distribuição, o que de certa forma favoreceu a intervenção do professor. Por isso, ocorreram muitas proposições de testes para as hipóteses levantadas pelos estudantes, com o objetivo de estabelecer mais evidências do conhecimento prévio

que eles tinham sobre o tema. Ainda que as respostas fossem divergentes do real processo de geração de energia, questionar os estudantes sobre suas hipóteses contribui para o amadurecimento da alfabetização científica.

Turno	Transcrição das Falas	Análise
133	(P) Qual o caminho que essa energia percorre?	(P) proposição do problema
134	(A1) Como eu tinha dito, passa do gerador pro fusível, do fusível para os fios de cobre que estão interligados à lâmpada. E os elétrons passam pelos fios até chegarem à lâmpada e ela acender.	(I) levantamento de hipóteses
135	(P) Pelos fios de cobre?	(P) teste de ideias
136	(A1) É, pelos condutores.	(I) justificativa
137	(A2) A gente colocou que a energia sai da companhia por meio de fios que percorrem a cidade até chegarem nas nossas casas, nas lâmpadas.	(I) levantamento de hipóteses
138	(P) Faz sentido, é até uma resposta mais completa do que a do A1.	(P) motivação
139	(A3) A gente colocou com "cabos e fios".	(I) levantamento de hipóteses
138	(P) E vocês?	(P) motivação
139	(A4) A gente colocou a mesma deles.	
140	(P) Nossa, vocês estão conectados! "Pelos fios". Acho que foi no geral, que todo mundo concorda então que tem "os fios" aí pelo meio, né?	(P) avaliação de ideias.

Tabela 5.21: Trecho 18 - Pergunta 2 - Aula 4

A pergunta 2 foi: "Qual o percurso da corrente elétrica de sua origem até as lâmpadas?" As respostas levaram à hipóteses bem alinhadas, em todos os grupos, tanto que o professor estabeleceu uma concordância, no turno 140. É importante citar os termos levantados pelo estudante A1, nos turnos 134 e 136: "fios de cobre", "elétrons" e "condutores". A resposta desse estudante já está bem mais amadurecida cientificamente do que a resposta do A3, na linha 139. A comparação entre essas duas respostas demonstra o quão heterogêneo pode ser o processo de construção do conhecimento científico. Apesar de se analisar apenas o que é falado, e que boa parte da aprendizagem se faz no pensamento interno, a fala é o primeiro parâmetro para análise dessa aprendizagem e sempre essa fala é carregada de evidências do ambiente cultural em que está inserido o estudante, desde aquele que resume suas respostas por não ter muito arcabouço conceitual, até aquele que esbanja variados termos científicos.

Turno	Transcrição das Falas	Análise
141	(P) Como a corrente elétrica faz esse percurso?	(P) proposição do problema
142	(A1) Pelos condutores.	(I) levantamento de hipóteses
143	(P) Mas como ela faz?	(P) teste de ideias
144	(A1) Pelos elétrons que são conduzidos por meio de condutores, que se interligam um ao outro, até chegarem à lâmpada.	(I) justificativa
145	(P) E vocês?	(P) motivação
146	(A2) A gente colocou que a corrente elétrica faz esse percurso por meio dos fios de energia elétrica.	(I) levantamento de hipóteses
147	(P) A mesma resposta da segunda?	
148	(A2) Não.	
149	(P) A segunda era o quê?	(P) motivação
150	(A2) A segunda era que "a energia sai da companhia por meio de fios que percorrem a cidade até chegarem nas nossas casas". E a terceira é que "a corrente elétrica faz esse percurso por meio dos fios".	
151	(P) Alguém colocou diferente?	(P) motivação
152	(A3) A gente colocou em relação à aula passada, que o processo seria do interruptor para o fio, né, do fio para o soquete, e do soquete para a lâmpada. E a pilha acende a lâmpada se ela não tiver desgastada.	(I) levantamento de hipóteses
153	(P) E vocês? Colocaram igualzinho?	(P) motivação
154	(A4) É, que a corrente vai pelos fios.	(I) levantamento de hipóteses

Tabela 5.22: Trecho 19 - Pergunta 3 - Aula 4

A pergunta 3 foi: "Como a corrente elétrica faz esse percurso?". Neste texto, percebe-se a confusão dos estudantes para distinguir as perguntas 2 e 3. O objetivo do professor com essa terceira pergunta era que os estudantes teorizassem sobre o que impulsionava a corrente elétrica e como essa corrente fluía pelo condutor. O que se esperava era uma hipótese próxima da explicação cientificamente aceita: sobre a aceleração dos elétrons devido a uma força que os impulsionasse. Este conhecimento prévio seria suficiente para a discussão sobre o trabalho da força e a conceituação do potencial elétrico. Os estudantes tinham conhecimentos prévios alinhados à resposta mencionada. Até a hipótese de que "os elétrons se empurram no fio" poderia ser uma resposta coerente com o objetivo, o que não ocorreu.

O motivo dessa dúvida pode ser por conta da ambiguidade da pergunta, do esclarecimento vago sobre a dúvida mostrado na tabela 5.19 e a pouca ênfase do professor em se direcionar a uma resposta coerente ao seu objetivo. O próximo quadro apresenta uma tentativa em se direcionar a resposta.

Turno	Transcrição das Falas	Análise
155	(P) Só ter o fio faz com que a corrente passe por ele?	(P) teste de ideias
156	(A5) Quê?	
157	(P) Se você tiver o fio, e ter a corrente elétrica que vem lá da Neoenergia, que nem vocês falaram... Se tiver o fio, e as cargas elétricas lá, eles chegam aqui? A energia chega aqui?	(P) teste de ideias
158	(A5) Não, tem um processo, mas a gente não sabe. Por isso a gente não colocou.	
159	(P) Só coloca o que sabe, né? Faz sentido! Mas vamos teorizar! Como essa coisa que estava lá chega até a gente?	(P) teste de ideias
160	(A5) Pelos fios, que nem a gente explicou... .	(I) levantamento de hipóteses
161	(P) Ok, pelos fios, mas é que nem falar que um carro vem pelas ruas, mas como um carro sai de um lugar e chega no outro?	(P) teste de ideias
162	(A1) É que os elétrons têm que encontrar um meio para se transportar.	(I) levantamento de hipóteses
163	(P) Que é o fio!	
164	(A1) Isso, mas eles têm que formar uma corrente, que é a corrente elétrica.	(I) justificativa
165	(P) Mas como será que eles fazem isso?	(P) teste de ideias
166	(silêncio)	
167	(P) Vou deixar em aberto a pergunta. Vou colocar um vídeo.	(P) organização para a atividade

Tabela 5.23: Trecho 20 - Pergunta 3 (Parte 2) - Aula 4

Neste trecho, o professor, ciente de que os estudantes não conseguiram amadurecer a resposta da Questão 2, se lançou de outras estratégias para trazer à tona os conhecimentos prévios dos estudantes. Os testes de ideias partem das próprias respostas dos estudantes e, no turno 161, usando uma analogia. Em nenhuma tentativa houve sucesso, seguido de um sinal de desistência por parte dos estudantes: o silêncio no turno 166. Esse é um excelente exemplo para mencionar a zona de desenvolvimento imediato (ZDI) da teoria vigotskiana. O limite superior da ZDI se dá quando o estudante precisa de um auxílio externo para continuar a resolver um problema. Na linha 167, o professor finaliza a discussão e organiza a atividade de apresentação do vídeo, o qual foi o "parceiro mais capaz" (Gaspar, 2014), onde foi apresentada a solução científica para as problemáticas apontadas pela investigação desta aula. Nos termos da SEI, a apresentação dos vídeos é uma atividade de sistematização do conhecimento, mas em Vigotski é a atividade necessária para se ampliar a ZDI do estudante, conforme discutido no Capítulo 2.

5.5 Aulas 5 e 6

Nestas aulas, os estudantes manipularam a Bancada Experimental, investigando o comportamento da iluminância de lâmpadas de diferentes tipologias em relação à distância e à acomodação visual. Para analisar estas aulas, são dispostas na tabela 5.24 algumas frases individuais (sem a transcrição completa dos diálogos), as quais foram coletadas durante a investigação dos estudantes. A estratégia para conseguir falas mais espontâneas foi colocar o gravador próximo à bancada. Assim, os estudantes se sentiram à vontade para trocar ideias livremente, longe da presença do professor. Essas falas foram escolhidas e compiladas em uma só tabela, de forma a sintetizar a análise.

Turno	Transcrição das Falas	Análise
168	(A1) Essa a gente chamou de luz amarela, essas a gente ainda não colocou ainda, mas essa a gente vai fazer pelo formato, a redonda e a espiral.	(l) organização de informações (l) classificações de informações
169	(A2) É só colocar elas na mesma posição e medir	(l) raciocínio lógico (l) organização de informações
170	(A3) Põe de longe e de perto	(l) raciocínio lógico (l) organização de informações (l) teste de hipóteses
171	(A4) Nossa, essa é muito fraquinha! Essa nem esquentada, de tão fraquinha que é	(l) previsão
172	(A6) Por que esquentada?	(l) levantamento de hipóteses
173	(A7) Quando o sensor variava muito, a gente arredondava	(l) classificação de informações
174	(A8) Vamos colocar mais perto, tenta fazer mostrar um número mais cravado.	(l) organização de informações (l) classificação de informações (l) teste de hipóteses

Tabela 5.24: Trecho 21 - Frases soltas durante o experimento - Aulas 5 e 6

Podemos perceber que a maioria das falas têm um viés procedimental, em que os estudantes comentam ações e opiniões próprias da manipulação do aparato experimental. Com os questionários em mãos, os estudantes buscaram organizar suas premissas, medições e conclusões, antes de escrever uma resposta final. Percebe-se então que as falas escolhidas estão repletas de indicadores da alfabetização científica. Atrelado a essa percepção, é possível constatar como a Bancada Experimental foi eficiente ao fornecer versatilidade nas ações manipulativas. Diante de vários desafios não-previstos, os estudantes foram criativos ao criar soluções rápidas para questões recorrentes do próprio procedimento de coleta de dados.

Uma primeira dificuldade ocorreu quando os grupos precisaram identificar cada lâmpada, diferenciando uma da outra. Relembrando, cada grupo tinha 3 lâmpadas diferentes para analisar, sendo os kits de cada grupo diferentes entre si. No turno 168 foi apresentada uma das estratégias de identificação. Ao descrever características para as lâmpadas, os estudantes organizaram de forma que cada lâmpada se diferenciasse segundo alguma propriedade (o formato ou a cor). Outros grupos fizeram diferente: chamaram por terminologias resgatadas de conhecimentos prévios, chamando-as de lâmpadas incandescentes ou de LED; outro grupo, chamou apenas de L1 ou L2; outro grupo, marcou fisicamente as lâmpadas com símbolos (pontos e traços). Foi interessante acompanhar cada grupo criando sua própria maneira de organizar e classificar.

Nos turnos 169, 170 e 174 há outras evidências da organização de informações, neste caso associadas aos critérios de levantamento de dados. Em nenhum momento, os estudantes foram instruídos sobre qual posição da régua fazer medições de iluminância. Como não existia um roteiro, cabia ao grupo decidir uma forma coerente de medir o brilho de cada lâmpada. A frase do turno 169 foi categórica e assertiva. No turno 170, foi tomada a decisão de se fazer duas medições. Nesse caso, não se sabe se o grupo objetivava verificar a relação distância/iluminância ou se apostaram em uma redundância para a comparação das lâmpadas. Independentemente da razão, a fala registra uma estratégia que foi testada na experimentação. No turno 175, há uma decisão de restringir a leitura dos dados para valores "cravados", a fim de melhorar a classificação dessas informações.

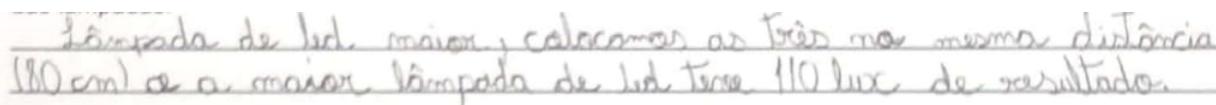
No turno 173, de uma forma parecida com o comentado sobre o turno 175, há uma necessidade dos estudantes em se classificar os valores de forma mais "arredondada". Os motivos podem ser a facilidade ao se tentar construir relações matemáticas com esses números ou a imaturidade para se comparar números menos redondos. De qualquer forma, uma necessidade óbvia do arredondamento é a escrita de um valor médio, diante das leituras que eram atualizadas a cada segundo. Alguns estudantes apontaram a necessidade de anotar a média dos valores quando estes variavam bastante, ainda que a lâmpada tivesse parada. O arredondamento é, na verdade, uma outra decisão estratégica que os estudantes tiveram que tomar diante de uma dificuldade.

No turno 171, há uma correlação entre a potência útil e a potência dissipada em forma de calor por uma lâmpada. A linguagem informal da estudante A4 soa ingênua, mas revela uma previsão espontânea sobre a constatação física observada, ainda que equivocada. Na verdade, quanto menos eficiente for a lâmpada, mais ela vai dissipar energia em forma de calor. Ainda assim, a fala da estudante revela como ela observa o padrão do fenômeno e

tenta dar uma explicação, se expressando de forma natural e sem julgamentos.

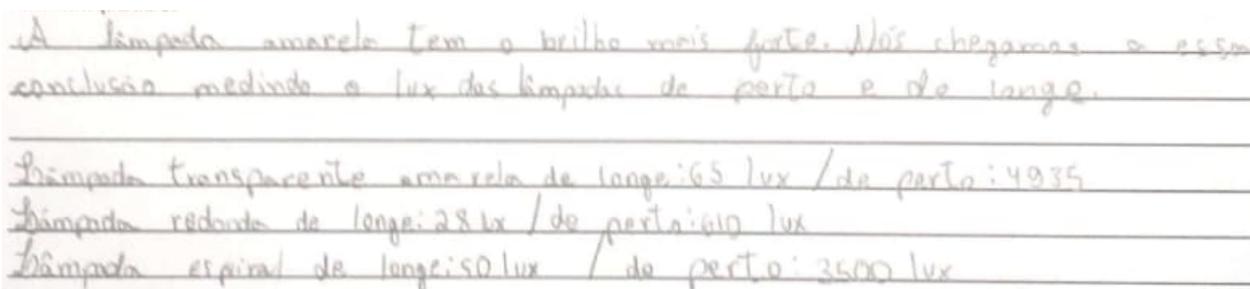
No turno 172, o estudante A6 percebe um fenômeno associado à iluminação e se questiona, trazendo à linguagem sua dúvida. Na ocasião, o professor aconselhou-o a elaborar uma explicação para esse fenômeno, lembrando-o dos conceitos de corrente elétrica e dos materiais condutores. O que é mais importante dessa fala é a espontaneidade, assim como a previsão feita pela estudante no turno anterior. O aluno A6 se permitiu não só a buscar solução para o problema proposto, mas também percebeu fenômenos associados e não os ignorou, extravasando sua curiosidade. Na Aula 7, na próxima seção, essa dúvida volta à discussão, quando se sistematiza o conhecimento sobre o efeito térmico da corrente elétrica, a partir da leitura de um texto.

Além deste compilado de falas, outra forma de avaliar o desempenho dos estudantes frente à investigação científica foi o questionário de investigação. Cada grupo respondeu referente a sua experiência com a manipulação do kit de lâmpadas na Bancada Experimental. Serão apresentadas a seguir duas respostas para cada pergunta do questionário, de um total de quatro grupos que executaram a prática. Foram escolhidas respostas variadas de todos os grupos, buscando abranger mais evidências de aprendizagem sobre o tema científico e/ou de amadurecimento na alfabetização científica.



Lâmpada de led. maior, colocamos as três na mesma distância (10 cm) e a maior lâmpada de led teve 110 lux de resultado.

Figura 5.16: Resposta para Questão 1 - Grupo G2. Fonte: próprio autor.

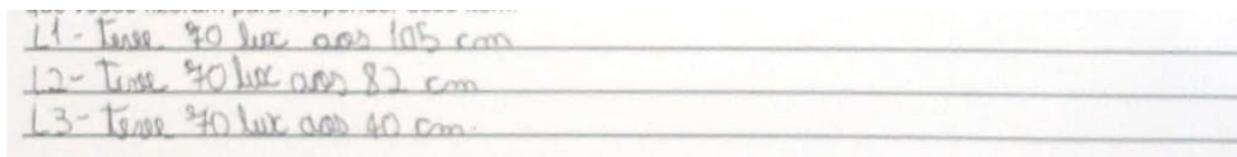


A lâmpada amarela tem o brilho mais forte. Nós chegamos a essa conclusão medindo a lux das lâmpadas de perto e de longe.
Lâmpada transparente amarela de longe: 65 lux / de perto: 4935
Lâmpada redonda de longe: 28 lux / de perto: 610 lux
Lâmpada espiral de longe: 50 lux / de perto: 3500 lux

Figura 5.17: Resposta para Questão 1 - Grupo G4. Fonte: próprio autor.

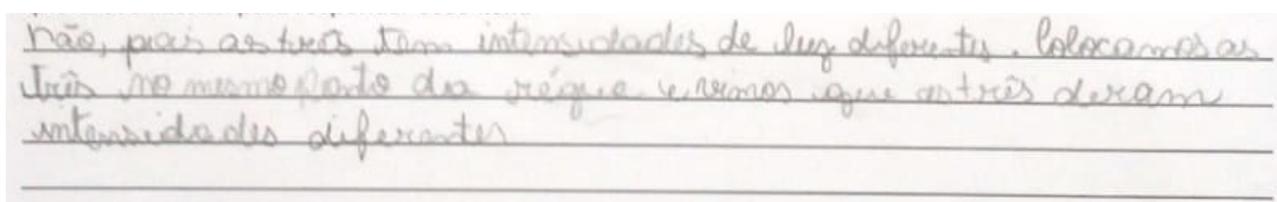
A Questão 1 foi: "Qual lâmpada tem um brilho mais forte? Escreva o procedimento que vocês fizeram para avaliar o brilho das lâmpadas." A partir das respostas mostradas, percebe-se que o procedimento feito pelos estudantes consistiu de fixar posições para as lâmpadas e anotar as respectivas iluminâncias. O grupo G2 escolheu uma só posição, com

a lâmpada a 80 cm do luxímetro. O grupo G4 escolheu duas posições diferentes, que eles chamaram apenas de "de longe" e "de perto". As respostas demonstram um excelente raciocínio lógico ao transformar um problema aberto em um procedimento coerente com investigações científicas mais avançadas, ao fixar um parâmetro para comparar uma outra variável.



L1 - Tense 70 lux aos 105 cm
L2 - Tense 70 lux aos 82 cm
L3 - Tense 70 lux aos 40 cm.

Figura 5.18: Resposta para Questão 2 - Grupo G2. Fonte: próprio autor.



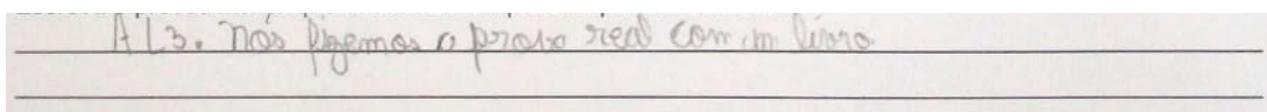
Não, pois as três têm intensidades de luz diferentes. colocamos as três no mesmo ponto da régua e vemos que as três deixam intensidades diferentes.

Figura 5.19: Resposta para Questão 2 - Grupo G4. Fonte: próprio autor.

A Questão 2 foi: "Há alguma posição em que o brilho de uma lâmpada é igual com outra lâmpada? Escreva o procedimento que vocês fizeram para responder esse item". As duas respostas, retiradas dos questionários dos mesmos grupos da Questão 1, deixaram a desejar em um ponto.

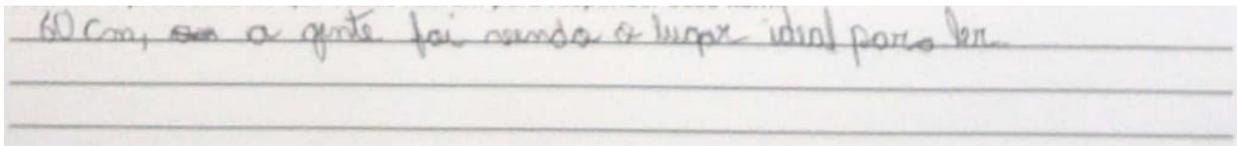
Para o Grupo G2, eles não descreveram o procedimento em si, apenas as medições foram relatadas, deixando a cargo do leitor que interpretasse o procedimento. Pela resposta, infere-se que eles fixaram um valor de iluminância (70 lux) e mediram as posições em que as lâmpadas atingiram esse valor. A estratégia é correta para responder a questão, mas se esperava que, como realizado na Questão 1, os estudantes apresentassem um texto mais descritivo.

O Grupo G4, no entanto, não foi coerente em seu procedimento. Em vez de fixar um valor para a iluminância, como feito pelo grupo G2, o grupo G4 fez o raciocínio contrário, fixando a posição. A explicação mais plausível para esse mal entendido é que os estudantes tenham se confundido com a pergunta.



A L3. Nós fizemos a prova real com um livro.

Figura 5.20: Resposta para Questão 3 - Grupo G1. Fonte: próprio autor.



Com, sem a gente foi usado o lugar ideal para ler.

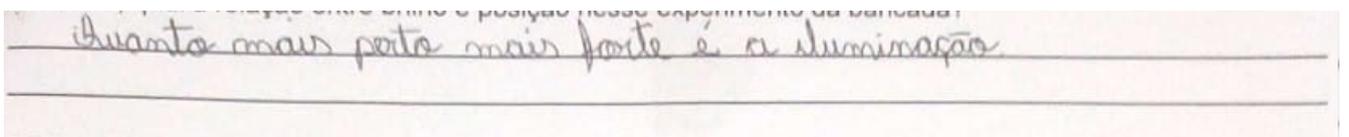
Figura 5.21: Resposta para Questão 3 - Grupo G2. Fonte: próprio autor.

A Questão 3 foi: "Qual lâmpada escolher e em que distância deve ser colocada para se poder ler um livro com mais qualidade? Escreva o procedimento que vocês fizeram para responder esse item". Essa questão foi a mais aberta, um desafio para que os estudantes elaborassem um procedimento coerente com a pergunta, escolhendo a melhor maneira de manipular a Bancada Experimental. As respostas dos grupos não retrataram com confiança um procedimento que fosse coerente. Mesmo assim, as duas respostas demonstradas são dignas de comentários.

A resposta do Grupo G1 apenas identifica a lâmpada, mas não a posição em que deve ser colocada, denotando uma resposta incompleta à pergunta. Quanto ao procedimento, não é possível inferir que decisões foram tomadas, pois os estudantes descreveram apenas uma ação de "prova real". Essa ação pode ser interpretada da seguinte forma: variou-se a posição do carrinho com a lâmpada e se observou se o ambiente estava iluminado adequadamente para a leitura. Ao não se questionar a fixação de um parâmetro que representasse a "boa leitura", o grupo se valeu de uma afirmação vazia acerca do procedimento.

A resposta do Grupo G2 não afirmava qual a lâmpada a ser usada, mas apenas a distância a ser colocada, o que também denota uma resposta incompleta, tal qual o grupo anterior. Ao constatar o "lugar ideal para ler", o grupo também não fixou um parâmetro para a leitura de maior qualidade.

Nas duas respostas, não é possível saber, também, em que posição foi colocada o livro. A inexistência desse parâmetro escrito na resposta também assegura o quão incompletas estavam as respostas dos grupos.



Quanto mais perto mais forte é a iluminação

Figura 5.22: Resposta para Questão 4 - Grupo G2. Fonte: próprio autor.

Quanto maior for o ângulo de incidência da luz, maior
fica o brilho da lâmpada e quanto maior for o ângulo
de incidência, maior fica o brilho.

Figura 5.23: Resposta para Questão 4 - Grupo G3. Fonte: próprio autor.

A Questão 4 foi: "Afinal, qual a relação entre brilho e posição nesse experimento da bancada?". Pelas respostas dos grupos, infere-se positivamente que a relação inversa entre posição e iluminância foi observada. É possível perceber também como suas respostas levaram em conta termos informais para as grandezas relacionadas ao brilho, caracterizando a "iluminação" com os adjetivos "forte" e "fraco". No entanto, essa foi a linguagem utilizada naquele ambiente informal de laboratório. Apesar de o professor indicar os conceitos científicos no início da aula, foi preciso utilizar termos mais próximos ao senso comum e menos do meio científico, para se aproximar da linguagem própria daquela interação social.

Sim, também, com a 2 super aquecida.

Figura 5.24: Resposta para Questão 5 - Grupo G1. Fonte: próprio autor.

Sim, tive mais facilidade, tive mais dificuldade em
manter o número exato em cada lâmpada.

Figura 5.25: Resposta para Questão 5 - Grupo G3. Fonte: próprio autor.

A pergunta foi: "Vocês tiveram facilidade com a manipulação dos materiais? E dificuldade? Quais? Por quê?". Foram escolhidas as respostas dos Grupos G1 e G3 por trazer evidências de dificuldades procedimentais. O grupo G1 identificou uma lâmpada que "superaquecia", apontando como uma dificuldade. Ainda que não tenha descrito com mais detalhes o acontecido, recorda-se o quanto os estudantes estavam preocupados em se queimar com o manuseio da lâmpada incandescente, precisando do auxílio do professor para acompanhá-los.

O grupo G2 relatou dificuldade para "manter o número exato" na medição. Talvez os estudantes não tenham percebido que não era propriamente um problema dos seus procedimentos, mas uma característica intrínseca do luxímetro e do software de aquisição de

dados. Mesmo assim, ao apresentar essa dificuldade como relevante, constata-se a ingênua expectativa de que seus procedimentos resultariam em medições ditas exatas.

O que se pode concluir com os dados analisados nesta seção é o quão enriquecedor foi a manipulação da Bancada Experimental. Essa atividade das Aulas 5 e 6 apresentaram uma maturidade investigativa, a quão não era imaginada para uma turma de 9º ano. Apesar das dificuldades com a linguagem de senso comum e a falta de clareza nas descrições dos procedimentos, ainda assim a aprendizagem do conhecimento científico objetivado foi atingida, sem citar os tantos outros benefícios atitudinais durante a investigação experimental, como o trabalho em equipe e a intercomunicação.

5.6 Aula 7

A Aula 7 teve por objetivo sistematizar o conhecimento sobre potência elétrica e descrever com exemplos as diferentes modalidades de energia associadas ao uso dos eletrodomésticos. Foi uma oportunidade de leitura de texto e contextualização do tema. Os estudantes já podiam relacionar os temas de corrente elétrica e luminosidade ao escopo de conhecimentos prévios. São apresentados, a seguir, outros trechos de transcrição de falas que foram relevantes para apresentar as interações discursivas e os indicadores de alfabetização científica.

Turno	Transcrição das Falas	Análise
175	(P) Quando vocês ouvem a palavra potência, o que vem à mente? O que significa nós dizermos que algo é "potente"?	(P) proposição do problema
176	(A1) Que é forte.	(I) levantamento de hipóteses
177	(A2) Lembra força.	(I) levantamento de hipóteses
178	(P) Esse ventilador é potente, o que quer dizer?	(P) delimitação de condições
179	(A3) Que ele é forte	(I) teste de hipóteses
180	(A4) Que ele tem intensidade.	(I) teste de hipóteses
181	(P) Pode ser que ele gira mais rápido? Que ele produz um vento mais forte?	(P) reconhecimento de variáveis
182	(Vários estudantes) Isso.	
183	(P) O que quer dizer que o ar-condicionado mais potente?	(P) delimitação de condições
184	(A5) Que ele gela mais.	(I) levantamento de hipóteses
185	(P) o que quer dizer que a lâmpada é mais potente?	(P) delimitação de condições
186	(A6) Que ela ilumina mais.	(I) levantamento de hipóteses

Tabela 5.25: Trecho 22 - Ideia Inicial sobre Potência - Aula 7

Turno	Transcrição das Falas	Análise
187	(P) vocês perceberam que dizer que é potente pode significar que ele "gira mais", "gela mais" ou "ilumina mais", que são efeitos diferentes? Mesmo assim, tudo está relacionado com intensidade?	(P) correlação de variáveis

Tabela 5.26: Continuação do Trecho 22 - Ideia Inicial sobre Potência - Aula 7

Neste trecho, é introduzido o tema sobre potência antes da leitura do texto, de forma a discutir o conceito espontâneo relacionando com diferentes eletrodomésticos. A primeira hipótese levantada pelos estudantes é de que potência "lembra" força ou intensidade. É compreensível que os estudantes não relacionem potência à energia em um primeiro momento. Ainda assim, essa ideia relacionada à força remonta a um dos modelos de energia apresentados por Driver et al (1994), o qual relaciona a ideia de energia à ação e movimento, como o mencionado giro do ventilador. Portanto, apesar de o conceito de potência apresentado pelos estudantes estar longe daquele cientificamente aceito, é plausível que a ideia mais primitiva seja concebida nos termos apresentados.

Ao delimitar as condições do problema a casos pontuais, o professor buscava que os estudantes modificassem seu argumento, ao perceber que diferentes ações dos eletrodomésticos (gitar, gelar, iluminar) fossem associadas à potência. Porém, os estudantes mantiveram seu argumento sobre intensidade. Em um outro momento da discussão, o professor questionou: "Não é curioso que diferentes ações produzidas pelos eletrodomésticos se originassem na mesma corrente elétrica?". A esse questionamento, os estudantes se mostraram reticentes em criar hipóteses que explicasse a curiosidade mencionada pelo professor.

No turno 187 o professor apresentou o seu argumento para a introdução do tema de "efeitos da corrente elétrica", relacionando o termo potência a diferentes efeitos. Daí, durante a leitura do texto, o professor continuou relacionando os conhecimentos espontâneos apresentados nessas primeiras respostas aos novos temas abordados na leitura.

Turno	Transcrição das Falas	Análise
188	(P) Que aparelhos em casa têm esse efeito térmico?	(P) proposição do problema
189	(Vários estudantes contribuiram) Torradeira, churrasqueira, sanduicheira, airfry.	(I) levantamento de hipóteses

Tabela 5.27: Trecho 23 - Efeito Térmico - Aula 7

Turno	Transcrição das Falas	Análise
190	(P) A1, você se lembra que na última aula você me perguntou sobre por que a lâmpada esquentava? Vocês tiveram dificuldade em retirar as lâmpadas do bocal, porque estava quente?	(P) motivação
191	(vários estudantes) Não.	
192	(A2) Só a incandescente.	

Tabela 5.28: Continuação do Trecho 23 - Efeito Térmico - Aula 7

Esse trecho poderia ser dividido em duas temáticas. A primeira, nos turnos 188 e 189, são levantados exemplos de eletrodomésticos com efeito térmico. É interessante notar que os aparelhos mencionados foram relacionados à alimentação, mais propriamente a aparelhos que não são facilmente encontrados em qualquer residência. Nota-se a influência do ambiente, nesse caso as residências de classe média, em que os estudantes vivem. Com certeza, a resposta seria diferente para o caso de estudantes de classe baixa.

No turno 190, o professor retomou o caso das lâmpadas incandescentes das Aulas 5 e 6, motivando os estudantes a comentar o episódio. Ao mencionar o estudante A1, o professor buscou envolver todos os estudantes em um contexto em que foi evidente a dissipação de potência térmica. Como nem todos os grupos possuíam lâmpadas incandescentes em seu kit, é plausível que vários estudantes tenham respondido "não" no turno 191. Apesar de não se discutir hipóteses sobre o efeito térmico que resultasse em pensamentos próximos ao Efeito Joule, pelo menos houve comentários que constataram a veracidade do efeito, nos turnos 192 e 193.

Turno	Transcrição das Falas	Análise
194	(P) A gente viu isso na prática, que lâmpadas emitiam mais ou menos brilho. Vocês acham que as lâmpadas que brilhavam mais tinham mais trabalho pra emitir a luz?	(P) proposição do problema
195	(A1) Não sei.	
196	(P) A energia que está chegando nas lâmpadas é a mesma?	(P) delimitação de condições
197	(A2) Sim	(I) levantamento de hipóteses
198	(P) Elas estavam ligadas na mesma tomada!	
199	(A3) Sim	

Tabela 5.29: Trecho 24 - Potência e Brilho - Aula 7

Turno	Transcrição das Falas	Análise
200	(P) Então quer dizer que umas tinham a capacidade de transformar aquela energia em mais brilho e outras tinham menos capacidade, por isso emitiam menos luz. Isso quer dizer então que a que tinha mais capacidade de transformar a energia era a mais potente? Que elas teriam uma maior potência?	(P) reconhecimento de variáveis (P) correlação de variáveis
201	(A3) Acho que sim	
202	(P) No experimento anterior, nós medimos a que tinha mais brilho. Depois, vamos medir a que tem mais potência, e ver se isso é verdade ou não.	(P) motivação

Tabela 5.30: Trecho 24 - Potência e Brilho - Aula 7

No turno 194, o professor instigou os estudantes a relacionar a potência das lâmpadas e a intensidade de luz emitida (brilho). O objetivo era reconhecer que havia relação entre essas quantidades, como foi proposto no turno 200. Os estudantes não conseguiram conceber falas completas, apenas concordavam ou não com os argumentos do professor. Infelizmente, esse é um exemplo de trecho de falas em que os estudantes não conseguiram esboçar nenhuma ideia sobre o tema. Ainda assim, o professor antecipou-os a perceber uma relação entre os resultados do experimento das Aulas 5 e 6 (brilho das lâmpadas) com o próximo experimento, que é sobre a potência das lâmpadas.

5.7 Aula 8

A Aula 8 retorna como uma nova investigação experimental, com o problema de determinar a potências das lâmpadas, a partir da medição da corrente. Para analisar os conhecimentos abordados, separou-se mais trechos de transcrições das falas dos estudantes e do professor no decorrer da aula. Além disso, há a apresentação das respostas dos questionários de dois grupos, evidenciando as respostas às questões-problema.

Turno	Transcrição das Falas	Análise
203	(P) O G1 terminou. Vamos lá G2.	(P) organização para a atividade
204	(A1) Vai G2. É só a A2.	
205	(P) Então vão ajudar, dar apoio moral.	(P) motivação
206	(A1) Isso, você consegue!	

Tabela 5.31: Trecho 25 - Interação Social em torno do Experimento - Aula 8

Turno	Transcrição das Falas	Análise
207	(A2) Calma, o que é pra fazer mesmo? É pra usar isso aqui?	
208	(A1) Nem eu lembro.	
209	(A3) Você vai colocar aqui.	
210	(A1) Aqui?	
211	(A2) Isso parece aquele negócio de gordura, sabe?	
212	(P) Sei, parece mesmo!	
213	(A4) Ô, professor, deu nada não, hein.	
214	(P) Mas tá desligado?	
215	(A4) Não sei não.	
216	(A2) Eu não sei mexer nesse negócio.	
217	(A5) Eu vi um desses no Manual do Mundo.	
218	(P) É, lá tem um desses.	
219	(A5) Eu adoro o Iberê.	
220	(A2) Esse botão aqui é pra quê?	
221	(P) Esse aqui? É só para congelar a tela.	
222	(A2) Quanto que é que tem que multiplicar?	
223	(A1) 220	
224	(A4) Deixa eu trocar?	
225	(A1) É só em um fio, não é em três não.	
226	(A5) É só em um fio, gente.	
227	(A2) Eu sei, né.	

Tabela 5.32: Continuação do Trecho 25 - Interação Social em torno do Experimento - Aula 8

Neste trecho, foi repetido um procedimento idêntico às Aulas 5 e 6. Deixou-se o gravador na mesa em que foi montada a Bancada Experimental, para que o professor não estivesse presente próximo à manipulação dos materiais da bancada. Esse trecho é o supressumo da interação social do grupo, deixando os comentários quase na íntegra, a fim de demonstrar um típico momento de troca de ideias entre as estudantes. É percebido um tom mais relaxado entre as estudantes, o que não ocorreu na outra aula com a Bancada, porque elas estavam mais concentradas e pouco falavam entre si.

Inicia-se o diálogo tendo que adaptar um dos grupos, por conta da falta dos integrantes originais. Como o kit de lâmpadas a ser utilizado foi o mesmo, era necessário que cada grupo contasse com os mesmos integrantes. No turno 205, o professor motivou que outras estudantes ajudassem a colega que estava em um grupo desfalcado. Essa iniciativa foi benéfica pelo câmbio de ideias e métodos trocados durante o experimento, retomando a ideia de que o conhecimento científico se constrói pela contribuição de vários profissionais em torno de uma pesquisa ou teoria.

Depois, percebe-se diversos momentos de manipulação do material, por exemplo em relação ao amperímetro ou à troca de lâmpadas. A cultura em torno do objeto científico é retratada ao se mencionar sobre "aquele negócio de gordura" ou sobre o Manual do Mundo, um canal de experimentação em Ciência e Tecnologia, no Youtube. É interessante relembrar sobre como um ambiente de troca de ideias favorece a argumentação e o amadurecimento da alfabetização científica.

Turno	Transcrição das Falas	Análise
228	(A2) Professor, deu 4 e 4.	(I) seriação de informações
229	(P) Pode acontecer, pode ser que elas tenham a mesma potência.	(P) avaliação de ideias
230	(A2) Então tá, então. [...] Essa outra deu 15.	(I) seriação de informações
231	(P) Mas é 0.15. As outras eram 0.4 ou 0.04? Tem que fazer outra vez.	(P) teste de ideias.
232	(A2) É 0.04.	

Tabela 5.33: Trecho 26 - Valores medidos no amperímetro - Aula 8

Neste trecho, verifica-se a dificuldade da estudante A2 em interpretar o que está sendo medido. Ao se seriar as informações, nos turnos 228 e 230, a estudante não se deu conta das casas decimais mostradas no visor do amperímetro. Além disso, o primeiro período do turno 230 demonstra uma surpresa sobre a avaliação apresentada pelo professor, como se imaginasse que lâmpadas diferentes deveriam resultar sempre em intensidades de corrente diferentes.

O maior receio ao se aplicar as atividades experimentais era que os estudantes não fossem capazes de relacionar os valores medidos a alguma mudança na manipulação do aparato experimental. O experimento com o luxímetro foi excelente porque os estudantes não tiveram dificuldade em associar posição e iluminância. Porém, esse experimento que consistia em se medir a corrente, que é algo invisível ao olho humano, deixou a desejar nesse quesito. Associar a corrente elétrica à potência irradiada é um exercício de abstração, ainda mais porque nem sempre a lâmpada que consome mais energia elétrica emite mais radiação luminosa. Para os estudantes do 9º ano foi difícil fazer essa associação.

Turno	Transcrição das Falas	Análise
233	(A1) Pode pegar uma mais próxima?	(I) organização de informações
234	(A2) Pode arredondar o valor? Pra cima ou pra baixo?	(I) organização de informações

Tabela 5.34: Trecho 27 - Qual o catálogo certo? - Aula 8

Turno	Transcrição das Falas	Análise
235	(A1) O nosso não tem o papelzinho	
236	(P) Pode ser que elas pegaram	(P) motivação
237	(A1) mas como é que a gente faz?	
238	(P) mas tem de todas, pode ser um valor próximo.	
239	(A1) A nossa deu o valor certinho.	(I) classificação de informações.
240	(A2) A de vocês deu quanto? Roubaram o nosso!	
241	(P) Acho que são esses que faltaram aqui.	
242	(A2) Não são, não!	
243	(P) Mas vão ficar sem?	
244	(A1) 12 não é. 6 não é. 70 também não.	(I) classificação de informações.

Tabela 5.35: Continuação do Trecho 27 - Qual o catálogo certo? - Aula 8

Ao final da resolução dos questionários por parte dos estudantes, eles tiveram que escolher os catálogos de potência correspondentes às suas lâmpadas. Existia um catálogo para cada lâmpada, mas os grupos deveriam comunicar-se para avaliar se a potência se referia a uma ou outra lâmpada, já que as informações estavam todas misturadas. Os estudantes A1 e A2 apresentados no trecho acima questionaram o professor sobre como resolver um impasse de não encontrar os catálogos referentes às lâmpadas.

O professor preferiu ficar alheio a como os estudantes, de todos os grupos, resolveriam esse último problema, esperando que eles fossem mais proativos e independentes. Porém, não foi o que realmente ocorreu, porque o grupo de estudantes citados, acreditando em suas informações coletadas, não souberam dialogar com os outros grupos de forma amistosa, acusando algumas colegas de terem roubado os catálogos deles. Ao interferir no diálogo, o professor indicou alternativas para o problema, tentando apaziguar a situação conflituosa entre os grupos.

A seguir são apresentadas as respostas ao questionário do experimento sobre potência elétrica. As respostas às quatro perguntas foram bem pontuais. Pouco dá pra se comentar sobre como os estudantes conseguiram resolver os problemas. Não é possível perceber que critérios foram escolhidos para determinar qual a lâmpada mais eficiente. A dificuldade em se analisar essas respostas decorre da falta de um comando explícito nas perguntas acerca da atividade investigativa, de forma que obrigasse o estudante a descrever os procedimentos, tal qual foram feitos nos questionários anteriores. Foram selecionadas as respostas de dois grupos:

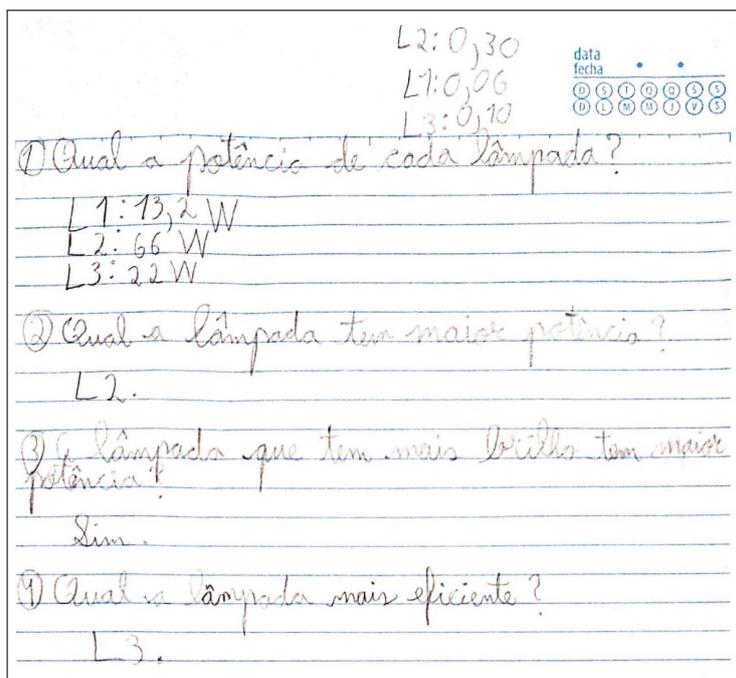


Figura 5.26: Respostas do Grupo G1. Fonte: próprio autor.

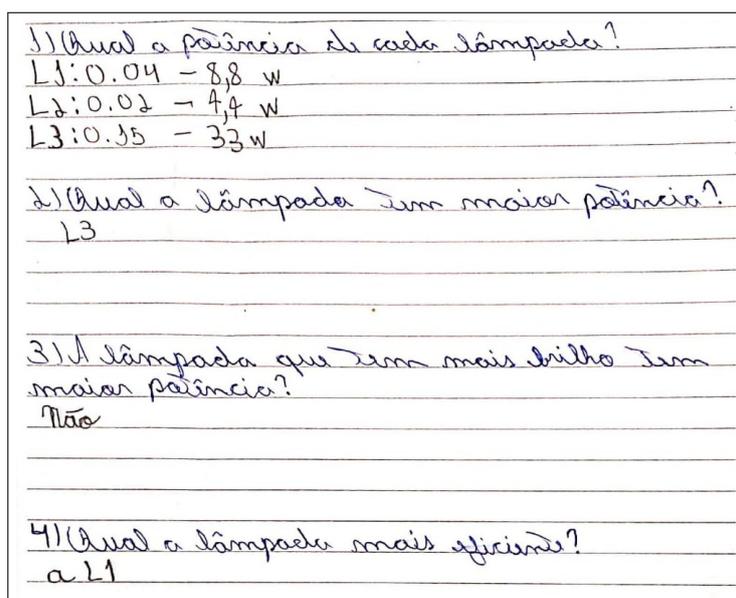


Figura 5.27: Respostas do Grupo G4. Fonte: próprio autor.

No entanto, é possível comparar os dados levantados sobre o brilho das lâmpadas, nas Aulas 5 e 6, e da potência, nesta aula, e verificar se os grupos fizeram boas ou más escolhas, no que concerne à eficiência:

Lâmpada	Grupo G1			Grupo G4		
	L1	L2	L3	Led Grande	Led Pequena	Incandescente
Brilho (iluminância)	início: 1120 lux meio: 156 lux fim: 53 lux	início: 5190 lux meio: 280 lux fim: 85 lux	início: 1645 lux meio: 155 lux fim: 53 lux	70 lux (105cm)	70 lux (82 cm)	70 lux (40 cm)
Potência	13,2 W	66 W	22 W	8,8 W	4,4 W	33 W
Mais eficiente (conclusão do grupo)			X	X		
Eficiência (análise do professor)	84,85 lux/W (início)	78,64 lux/W (início)	74,77 lux/W (início)	8,87 lm/W	10,70 lm/W	0,34 lm/W

Tabela 5.36: Comparação das Respostas sobre Brilho e Potência das lâmpadas dos grupos G1 e G4.

A tabela 5.36 foi montada a partir dos dados coletados dos questionários das aulas experimentais, de ambos os grupos. Um primeiro comentário: é possível perceber o quão heterogêneo foi a forma de coleta de dados pelos grupos, evidente na identificação das lâmpadas e no padrão de escrita da informação de iluminância.

O método de determinação da lâmpada eficiente, por parte dos estudantes, não foi descrito no questionário. Por conta dessa lacuna, o professor decidiu comparar os dados com base no cálculo de eficiência energética da lâmpada, que é obtida em lúmens/W. Por conta dos dados insuficientes para tal determinação, o professor apresentou uma eficiência indireta, seguindo os procedimentos: para os dados do Grupo G1, dividiu-se a iluminância na posição que o grupo denominou de "início" pela potência calculada; para os dados do Grupo G4, calculou-se o fluxo luminoso (E) com base nos dados de iluminância (I) e distância (d) pela relação $E = I \cdot d^2$, depois foi dividido pela potência calculada.

Usando esses critérios, a lâmpada mais eficiente para o Grupo G1 era a lâmpada L1. Infelizmente não é possível perceber qual a tipologia de lâmpada correspondente. Para o Grupo G4, a mais eficiente foi a de Led pequena. Os dois resultados obtidos pelo professor são distoantes das escolhas dos estudantes. Seja qual o critério escolhido pelo grupo, eles não foram felizes em comparar as eficiências energéticas das lâmpadas. O grupo G1 escolheu a menos eficiente do kit, segundo os dados coletados pelo grupo. O grupo G4 pelo menos não escolheu a lâmpada incandescente, que percentualmente era a menos

eficiente.

Uma possível dificuldade que os alunos tenham tido nessa atividade pode ter sido comparar dados de duas aulas diferentes, feitos em semanas diferentes. Por inexperiência dos grupos em organizar os dados obtidos e procedimentos com o máximo de detalhes, não foi possível concluir satisfatoriamente a atividade. É o ônus da experimentação investigativa com estudantes do ensino básico: não é possível se esperar que as estratégias e as escolhas dos estudantes vão ter resultados similares a pesquisas científicas feitas no ensino superior. O ponto positivo da aula é distinto: a motivação dos estudantes em retomar a atividade, interagindo no grupo e entre os outros colegas, já torna a experiência gratificante.

5.8 Aulas 9 e 10

Nas aulas 9 e 10 foram apresentados os trabalhos de Intervenção Doméstica, como arremate da Sequência Didática, mesclando interação social com divulgação científica. A atividade consistiu da elaboração de uma solução para a redução do consumo de energia elétrica na residência dos estudantes. Essa seção não é suficiente para comentar todos os pontos positivos e negativos dos trabalhos, mas foi interessante prestigiar todo o empenho, a criatividade e a inovação dos estudantes em suas soluções. São apresentados, então, os temas escolhidos pelos estudantes, como forma de introduzir a análise. Os textos que os estudantes confeccionaram estão apresentados na íntegra no Apêndice B.

Os aparelhos eletrodomésticos escolhidos pelos estudantes para a Intervenção estão resumidos na tabela a seguir:

Quantidade de Trabalhos	Aparelho
6	Chuveiro Elétrico
5	Lâmpadas
2	Televisão
2	Geladeira
1	Secador de cabelo
1	Carregador de Celular
1	Ferro de Passar
1	Ar-condicionado
1	Ventilador

Tabela 5.37: Quantidade de Trabalhos por Aparelho Eletrodoméstico

Por essa tabela, já é possível notar que um pouco mais da metade da turma se con-

centrou nos temas chuveiro elétrico e lâmpadas. A outra metade, diversificou os aparelhos escolhidos. Em todos os casos, os estudantes escolheram atacar o problema do tempo de utilização dos aparelhos, seja sugerindo a diminuição do uso por mudanças de hábitos, como foi o caso do ferro elétrico ser utilizado apenas uma vez por semana, ou a implementação de uma rotina de alarme, que avisasse quando houvesse um tempo pré-determinado, como a delimitação de tempo para que a porta da geladeira permanecesse aberta.

Outro ponto interessante a ser levantado sobre a escolha dos aparelhos é que, exceto o carregador de celular, o ferro de passar e o secador de cabelo, os demais estão entre os aparelhos que mais consomem energia em uma residência, segundo estatísticas do Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. Os aparelhos escolhidos gastam, individualmente, mais que R\$ 15,00 mensais, segundo os parâmetros adotados pela pesquisa citada. Pode parecer um valor irrisório, mas esse é o mínimo de cada aparelho, há exemplos bem mais caros. No caso do ar-condicionado tipo janela, com rendimento menor ou igual a 9.000 BTU/h, sendo utilizado por 30 dias, 8 horas diárias, o consumo resulta em um desembolso mensal de R\$ 128,80 (PROCEL, 2022).

Diversas iniciativas dos estudantes levavam em conta algum processo de automação. A ideia, discutida na primeira aula da Sequência, reverberou até a aula final, sendo um tema relevante para os trabalhos de conclusão. O professor incentivou, durante as aulas, que as soluções fossem inovadoras e que utilizassem recursos tecnológicos. Alguns exemplos de sugestões automatizadas dos estudantes: um relé temporizado para desligar o ventilador quando o estudante fosse dormir; um sensor de luminosidade para controlar o acionamento de lâmpadas durante o dia, auxiliando também na automação de abertura de cortinas; temporizadores associados a sensores de temperatura para os chuveiros elétricos.

Foi escolhido dois trechos da transcrição de falas das aulas, em que é comentado sobre um dos trabalhos. Pelas falas, é possível perceber o ambiente descontraído e interacionista em que as apresentações tiveram, com a participação efetiva dos estudantes, independente se estavam presentes ou por videochamada. Foram omitidos das transcrições algumas falas que fugiam ao tema debatido, apenas como uma forma a direcionar as análises para a discussão metodológica.

Turno	Transcrição das Falas	Análise
245	(P) São quantos ventiladores na sua casa?	
246	(A1) Dois.	

Tabela 5.38: Trecho 28 - Por que o ventilador? - Aulas 9 e 10

Turno	Transcrição das Falas	Análise
247	(P) (para a turma) Aí eles deixavam ligados...	
248	(A2) uai	
249	(A1) Minha mãe não.	
250	(P) Ela sempre desliga?	
251	(A1) A minha mãe normalmente desliga. Uma vez eu saí pra almoçar e deixei ligado	
252	(P) E por que você deixa ligado?	
253	(A1) Por que tá lá ligado e eu me acostumo com o vento. Aí eu saio e esqueço que tá ligado	
254	(P) Você acha que o ventilador gasta muito? Por isso que você escolheu? Fala aí um pouco...	
255	(A1) Não sei, eu acho que, sei lá, se tá ligado e não tá usando, tá gastando energia por minuto	
256	(P) Ele é o que mais desperdiça, então?	
257	(A1) É, tá desperdiçando, não tá sendo útil	

Tabela 5.39: Trecho 28 - Por que o ventilador? - Aulas 9 e 10

Esse trecho demonstra o tom informal da apresentação de trabalhos. Não era pedido ao estudante se levantar e ir para a frente da classe. A turma estava disposta em círculo. Sem sair do seu lugar, o estudante A1 dialogou com o professor, sem a formalidade característica de seminários. Essa metodologia favoreceu a participação dos colegas, a naturalidade (e não o nervosismo) foi o diferencial, se aproximando de uma conversa rotineira. O que facilitou para esse ambiente foi a leitura prévia dos trabalhos que os estudantes tinham enviado. Dessa forma, o professor poderia usar a linguagem do estudante, sem julgamento, deixando-o livre inclusive para mencionar a relação familiar de uma forma natural, sem constranger ou deixar o estudante envergonhado. Percebe-se pelas falas do estudante A1 o quão relaxado ele trocava experiências com o professor. Neste primeiro trecho, o objetivo era resgatar os motivos do estudante na escolha da intervenção com o ventilador. No próximo trecho, há a apresentação da ideia em si.

Turno	Transcrição das Falas	Análise
258	(P) Fala um pouco sobre o que é o seu projeto	(P) organização para a atividade
259	(A1) Tá, é o seguinte, eu queria mexer com Arduino, que eu acho legal	
260	(P) Arduino é muito legal! Arduino tem a ver com aquele primeiro texto de automação residencial, que vocês duas leram	(P) retomada de ideias
261	(A2) Lembro sim	

Tabela 5.40: Trecho 29 - Ventilador com relé temporizado - Aula 8

Turno	Transcrição das Falas	Análise
262	(P) Automação residencial é o quê? É deixar um aparelho mais inteligente. Ele deixou o ventilador dele mais inteligente.	(P) retomada de ideias
263	(A2) Isso! Era isso mesmo. Era Smart alguma coisa, que eu não lembro	
264	(A1) Aí eu peguei um módulo relé, que ele é um interruptor que dá pra comandar pelo arduino. [...] É uma caixinha que vai ter os dois, vai ter um código do arduino que vai ter o timer, e essa caixinha vai ter uma tomada, que vai estar conectada ao relé, e aí, sei lá, o tempo é de 3 horas, passou 3 horas o ventilador vai desligar, automaticamente. Aí se eu tiver lá ainda, eu ligo de novo. E aí o tempo começa de novo.	(I) levantamento de hipóteses
265	(P) Eu achei excelente a ideia. Minha crítica é que eu achei o tempo de 3 horas um tempo grande para o timer.	(P) avaliação de ideias
266	(A1) É que eu fico com o ventilador ligado quando eu tô dormindo. Lá em casa é um calor top. Eu ligo e vou dormir	(I) justificativa
267	(P) Aí você liga e vai dormir? Eu faço isso também, mas só desligo de manhã	
268	(A1) Tá vendo? Aí eu pensei: ó, aí vai ficar agradável, vai chegar um momento da madrugada que vai ficar mais fresquinho e aí desliga	(I) previsão
269	(P) Ah bom, agora eu entendi as três horas. Fala A3!	(P) motivação
270	(A3) Lá em casa, a gente tem um ventilador de teto, que aí tem um negócio lá nele, só que tem um controle. Aí nesse controle tem um timer, só programar ele pra desligar depois de uma, duas ou três horas	
271	(A4) Lá em casa também tem, mas eu não sei usar.	

Tabela 5.41: Continuação do Trecho 29 - Ventilador com relé temporizado - Aula 8

No turno 258, o professor finalmente direciona a atenção para o estudante A1, que apresenta sua ideia. Expor esse trecho é um orgulho, pois remete não só ao uso de automação, mas enfatiza a implementação com Arduino, a mesma plataforma que foi utilizada para a confecção da aquisição de dados da Bancada Experimental. O professor aproveitou para comentar o texto lido na primeira aula, remetendo a ideia primordial do Produto Educacional, que é a redução de consumo de energia elétrica, amarrando toda a sequência didática.

O projeto do estudante A1 é completo: foi escolhida uma situação de desperdício de energia e finalizou-se com uma solução robusta para a demanda. Foram levantados termos técnicos da área de automação, como é percebido no turno 264, demonstrando a pesquisa e o interesse do estudante pelo tema. Mesmo com a crítica do professor, o estudante se manteve atento para justificar sua hipótese, o que ele fez com perspicácia, explicando com mais detalhes o problema do uso do ventilador à noite. A exposição do projeto motivou inclusive que outras estudantes (turnos 270 e 271) participassem da discussão e apresen-

tassem seu argumento. Novamente, reitera-se o ambiente agradável de câmbio de ideias e liberdade para o desenvolvimento do pensamento crítico e da argumentação em ciências.

Houve também nessa aula um momento para avaliação da própria aplicação do Produto. O professor agradeceu a turma pela efetiva participação nas atividades. Além disso, o professor estava interessado em resgatar a opinião dos estudantes quanto à metodologia investigativa e experimental e motivou uma discussão sobre a aprendizagem com aulas investigativas e experimentais:

Turno	Transcrição das Falas	Análise
272	(P) E eu quero saber de vocês: vocês gostaram de fazer o projeto?	(P) organização para a atividade
273	(Vários estudantes) Sim!	
274	(A1) Eu achei bem mais prático do que, tipo, prova, sabe, porque às vezes o aluno ele não...	(I) levantamento de hipóteses
275	(A2) É mais legal também	(I) levantamento de hipóteses
276	(A1) às vezes o aluno ele não aprende fazendo a prova. [...] Às vezes o aluno só tá fazendo a prova por fazer e pronto, entregou. Depois ele esquece a matéria... E aí com o projeto, por exemplo, eu, quando tava fazendo o slide, eu lembrei de algumas coisas do projeto, principalmente com a lâmpada em si, que tinham umas coisas que eram associadas e aí a gente conciliava: "ah, do sensor", disse e daquilo... eu acho que o projeto foi bem legal, eu gostei bastante.	(I) levantamento de hipóteses
277	(A3) Eu também, acho que a melhor parte foi a questão das experiências, das práticas...	(I) levantamento de hipóteses
278	(A2) Eu acho que é mais fácil	(I) levantamento de hipóteses
279	(A4) Acho que foi o momento que eu mais aprendi, de verdade	(I) levantamento de hipóteses
280	(A5) É verdade	
281	(A3) Exatamente. Pra mim foi muito mais fácil aprender física na prática do que na teoria	(I) levantamento de hipóteses
282	(A5) É bem mais dinâmico	(I) levantamento de hipóteses
283	(A6) Eu acho que desse jeito foi muito mais significativo e deu pra gente inferir muito mais do conteúdo, e usar ele, do que se você só fizesse prova	(I) levantamento de hipóteses
284	(A7) Eu chegava em casa e falava assim: olha, energia...	
285	(Vários risos e falas sobrepostas)	

Tabela 5.42: Trecho 30 - Opinião dos Estudantes - Aula 8

A conclusão de Dias, Barlette e Martins (2009) em seu artigo sobre a opinião dos alunos sobre as aulas de eletricidade é corroborada pelas falas aqui apresentadas: os estudantes confirmam que a contextualização e a aproximação com temas da vida cotidiana são

motivadores para o aprendizado de Física. Eles comparam a metodologia utilizada com a avaliação por provas, enfatizando que a aprendizagem pode ser efêmera quando se estuda para testes, mas que pode ser mais "significativa", usando as palavras da estudante A6 (turno 283), quando "se usa" o conteúdo em situações práticas. Receber essas conclusões dos estudantes torna mais relevante a aplicação do produto, transmitindo um sentimento de orgulho pela implementação da metodologia investigativa e interacionista.

Capítulo 6

Considerações Finais

Após as respostas dos estudantes compiladas na tabela 5.42, pouco há de se comentar sobre a conclusão do Produto, senão um verdadeiro sentimento de dever cumprido. A aplicação do Produto, para aquele conjunto de estudantes, foi um momento de inovação no ensino tradicional, relevante para a vida deles dentro e fora da escola. A metodologia investigativa foi eficiente para se atingir objetivos próprios da natureza epistemológica da aplicação, mas também para alcançar a aprendizagem nos temas de Física, ainda que com certa dificuldade. Nesse contexto, é necessário retornar aos objetivos específicos, apresentados no Capítulo 1, de forma a verificar como se estabeleceram as nuances de cada ação.

Em um primeiro momento, acreditou-se que não haveria uma significativa aprendizagem dos conhecimentos científicos. Os conhecimentos espontâneos dos estudantes eram restritos a uma cultura de desinformação e desmotivação, em que existia inclusive uma dificuldade em se acessar os próprios conhecimentos prévios abordados em aulas anteriores. Porém, com o decorrer da aplicação, as relações com os temas de física iam sendo paulatinamente construídos.

O que facilitou essa mudança foi o uso excessivo de contextualização do tema na residência dos estudantes e a evidência dos fenômenos via experimentação. A falta de abordagem matemática dificultou no desenvolvimento de habilidades lógicas que foram necessárias ao final da aplicação, como a determinação da lâmpada mais eficiente. Ao mesmo tempo, a contextualização e a leitura (e o afastamento dos cálculos) aproximaram outros estudantes que "não gostavam" de Física, efetivando as participações nas atividades propostas.

As atividades experimentais, que eram o alicerce da aplicação do produto, se confirma-

ram como a principal validação do ambiente de aprendizagem. Os estudantes se mostraram genuinamente envolvidos com a manipulação das lâmpadas na Bancada Experimental, motivados pela novidade, pela curiosidade e pelo sentimento de que estavam diante de uma oportunidade única de experimentação, aos moldes de um verdadeiro laboratório de Física.

No entanto, algumas modificações nos roteiros de investigação são necessárias para a melhoria do aprendizado dos estudantes. Após analisar as respostas faladas e escritas dos estudantes, foi possível entender que os direcionamentos para a ação manipulativa não foram suficientes para o real aprendizado objetivado. Sem induzir um procedimento fechado, é possível direcionar os estudantes para escolhas mais coerentes. É onde o papel de mediação do professor pode ser mais incisivo, incentivando os estudantes a criar hipóteses baseadas nos conhecimentos prévios, executar procedimentos coerentes com a hipótese e justificando suas ações e resultados.

Em contrapartida, o sucesso da contextualização e da sistematização do conhecimento em forma de leitura compartilhada foi uma surpresa. A metodologia com atividades experimentais parecia se destacar sobre os momentos de leitura. Porém, a conclusão é que são abordagens equiparáveis e absolutamente complementares. Não há momento de investigação e discussão que não culmine com a leitura aprofundada nos temas científicos experimentados. Nessas ocasiões, os estudantes contribuíram com muitas experiências que os fizeram organizar suas falas e o pensamento lógico. O ambiente de câmbio de significados é evidente nas transcrições apresentadas no Capítulo 5.

A contextualização tem uma significância à parte: foi essencial a escolha em se investigar temas do eletromagnetismo no contexto mais rico aos estudantes, que é sua casa e sua família. A apresentação dos trabalhos de Intervenção Doméstica demonstraram o ótimo casamento entre o conhecimento científico adquirido e a temática social aplicada. Foi possível reparar, inclusive, o quão benéfico foi a abertura da Sequência Didática se dar como uma atividade de contextualização. O ambiente interacionista foi essencial para os estudantes se sentirem à vontade para falar e expôr seus pontos de vista frente a temática, extrapolando para a sua vida os conhecimentos adquiridos.

Diante dessas considerações, é fundamental apontar os referenciais teóricos como essenciais para os resultados obtidos. A contribuição dos textos de Vigotski foi assertivo para orientar o trabalho do professor, que percebeu que a fala do estudante é parte intrínseca do aprendizado - quanto mais o estudante expressa sua linguagem e troca ideias com o ambiente sócio-cultural, melhor desenvolve seu conhecimento.

Ao mesmo tempo, a proposta investigativa por Carvalho e outras autoras foi o canal por

onde se navegou com mais tranquilidade, partindo com segurança de um cais até a desembocadura. Seguir os procedimentos estabelecidos na Sequência Investigativa direcionou o trabalho do professor para estabelecer objetivos concretos para a aprendizagem, facilitando a interpretação das falas e dos escritos dos estudantes.

Portanto, reitera-se o sentimento de dever cumprido, resultando em um trabalho em que os estudantes estavam satisfeitos com a mudança de paradigma, do tradicional para o investigativo. A contextualização, a experimentação, a argumentação e a interação social foram essenciais para a aprendizagem e devem ser os alicerces primordiais para o futuro do ensino de Ciências. Assim, há uma esperança para o desafio que é ensinar (e aprender) Física nas escolas de Ensino Básico no Brasil.

Apêndice A

Textos de Sistematização do Conhecimento

A.1 Aula 3

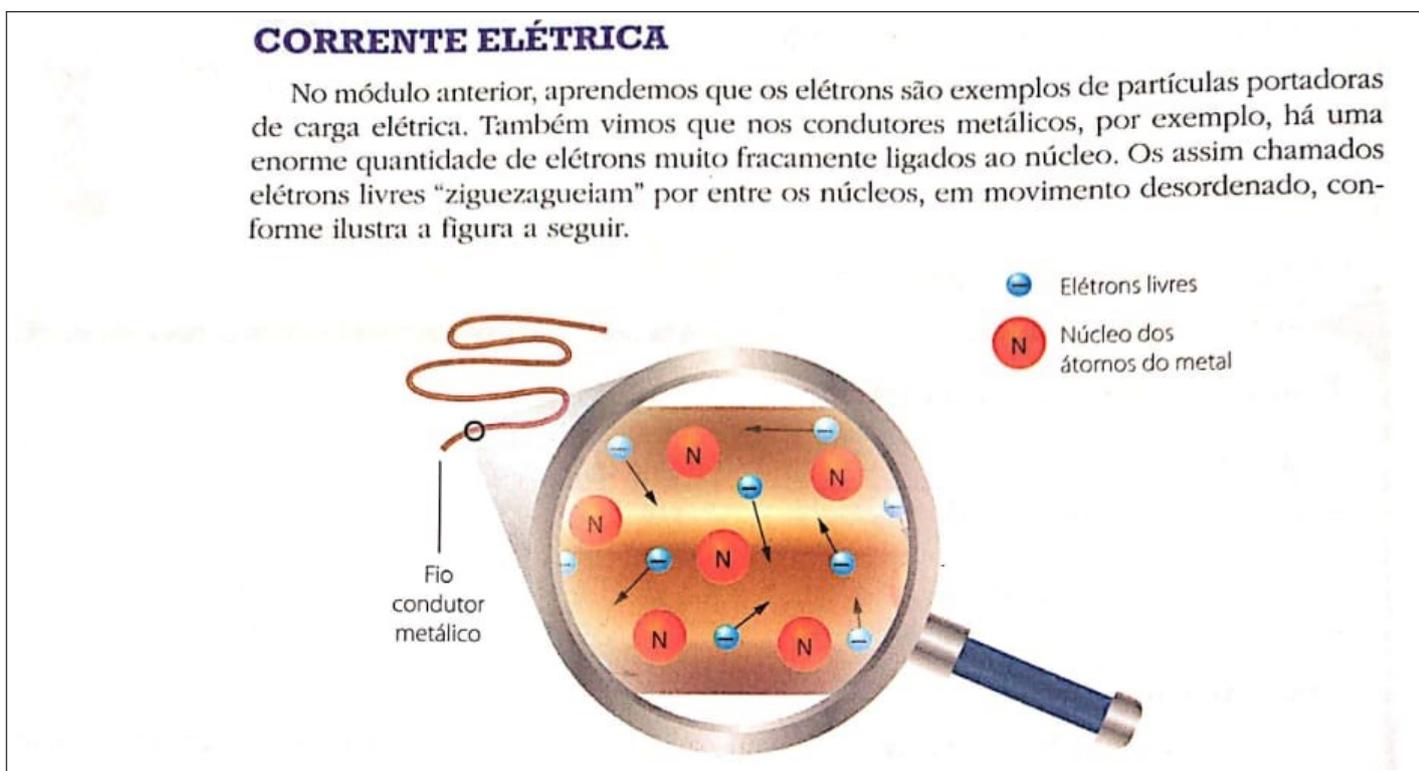


Figura A.1: Corrente elétrica (Parte 1). Fonte: próprio autor, adaptado de Marmo e Ferrer (2019)

Reforçamos que esse é somente um modelo que vem sendo aprimorado desde sua proposta inicial e que, com certeza, continuará sendo ajustado, enriquecido e aprimorado ao longo dos anos. Agora, digamos que uma das extremidades desse fio condutor seja conectada ao polo positivo de uma pilha, e a outra, ao negativo. Nesse caso, já vimos que a lâmpada acende. Por quê? Em primeiro lugar, é importante entender que as pilhas, assim como as baterias, os dínamos e as usinas de energia elétrica, são denominadas geradores, dispositivos que operam convertendo alguma modalidade de energia não elétrica em energia elétrica.

No caso específico das pilhas, a energia elétrica é proveniente da energia química contida nelas e cuja transformação depende de reações químicas internas ao dispositivo. Tal energia é transferida aos elétrons do circuito e passam a se movimentar preferencialmente em um único sentido, conforme a ilustração seguinte.

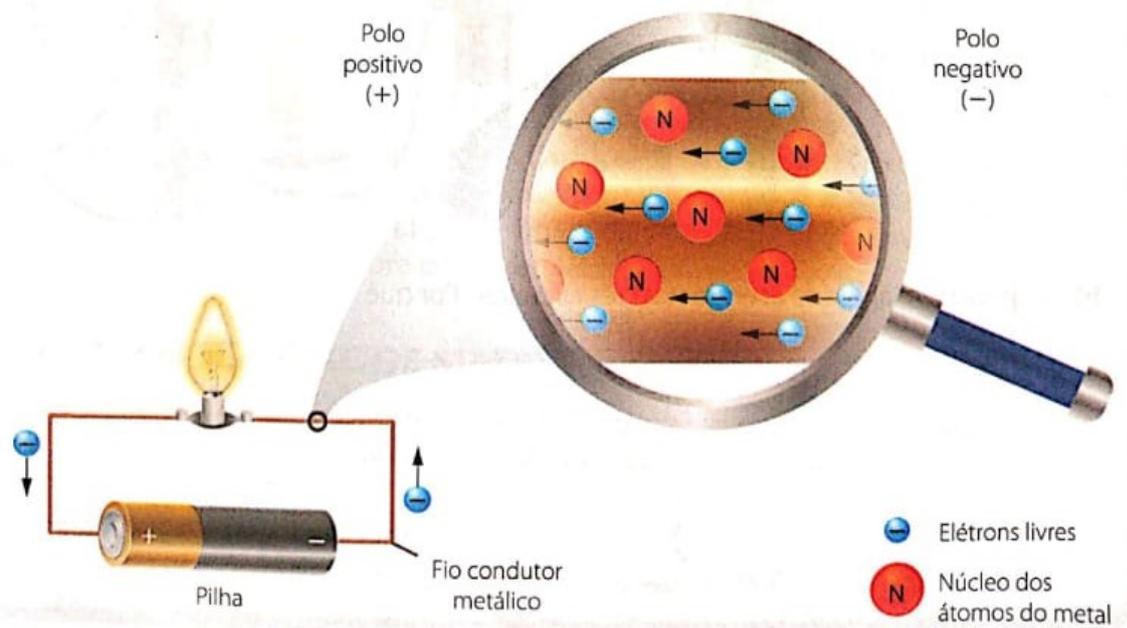


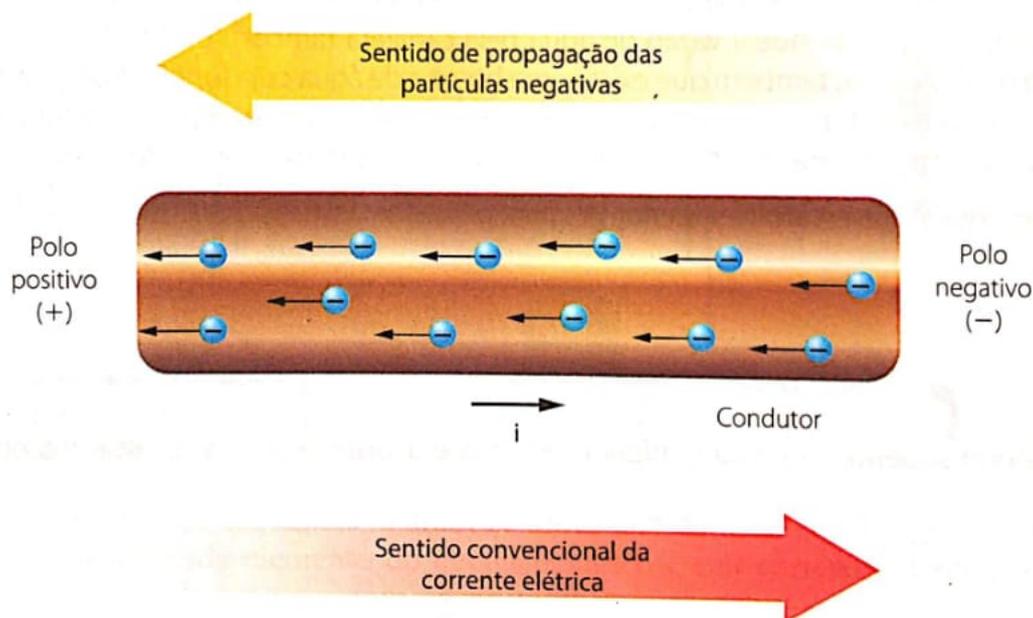
Figura A.2: Corrente elétrica (Parte 2). Fonte: próprio autor, adaptado de Marmo e Ferrer (2019)

O movimento ordenado de partículas elétricas através do fio é denominado corrente elétrica.

Mas por que os elétrons se movimentam pelo circuito no sentido indicado pela ilustração anterior, ou seja, a partir do polo negativo até o polo positivo da pilha? Ora, os sobrenomes “positivo” e “negativo” dos “polos” não são um mero acaso. Quando a pilha está desconectada, cargas positivas e negativas tendem a se concentrar nesses polos, respectivamente. Como os elétrons do fio são partículas com carga negativa, eles são atraídos pelo polo positivo da pilha e repelidos pelo negativo. Conforme o uso, os elementos envolvidos nas reações químicas próprias da pilha, que são responsáveis tanto pela polarização da pilha quanto pela conversão de energia química em elétrica, vão diminuindo. Nesse caso, dizemos popularmente que a pilha está ficando “fraca” ou “acabando”.

Acabou? Não. Há mais um detalhe. No início da história do estudo da eletricidade, os físicos achavam que o sentido da corrente elétrica no condutor era do polo positivo para o polo negativo. Esse erro histórico ocorreu em uma época em que o elétron ainda não havia sido identificado. Quando se descobriu que o sentido era justamente o oposto daquele considerado até então, já era tarde.

Pesquisadores e técnicos por toda parte já haviam se acostumado com aquela ideia, apesar de equivocada. Assim, ficou estabelecido, segundo uma convenção internacional, que o sentido da corrente elétrica é oposto ao do movimento ordenado das partículas eletrizadas negativamente, como resume o esquema seguinte.



Quando necessário, nos exercícios e nos esquemas de circuitos elétricos apresentados, indicaremos o sentido convencional da corrente elétrica, como é feito em todo o mundo.

Figura A.3: Corrente elétrica (Parte 3). Fonte: próprio autor, adaptado de Marmo e Ferrer (2019)

INTENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA

Imagine que, em certo ponto de uma estrada, um equipamento especial registre o número de veículos que passam, por hora, naquele local. Vamos supor que cada veículo tenha 2 toneladas de massa, incluindo aí seus condutores e passageiros. Dessa forma, é possível calcular a quantidade de matéria que atravessa aquele trecho da estrada a cada hora. Assim, por exemplo, se a estrada tiver 3 faixas de rolamento e, em cada faixa, passarem 2 mil veículos por hora, podemos concluir que a cada hora 12 t de massa estão atravessando essa transversal da estrada, em média.

Algo semelhante acontece em um fio metálico quando percorrido por corrente elétrica. Em uma seção qualquer do fio, uma quantidade estrondosa de elétrons livres está, em movimento organizado unidirecional, transportando certa quantidade de carga elétrica. Note que, assim como massa, ninguém sabe ao certo o que é “carga elétrica”. Sabemos apenas que se trata de uma propriedade fundamental da matéria, assim como “massa”.

E aí vem a questão: Seria importante e necessário atribuir um valor numérico, ou seja, quantificar a corrente elétrica? Sim. Denomina-se intensidade de corrente elétrica (representada pela letra i), a quantidade de carga elétrica que atravessa uma seção transversal de um condutor (em coulombs) por unidade de tempo (em segundos). Assim, no caso dos elétrons que percorrem um fio de cobre, que é o caso de maior interesse para nós, definimos intensidade de corrente através da seguinte expressão:

$$i = \frac{n \cdot e}{\Delta t}$$

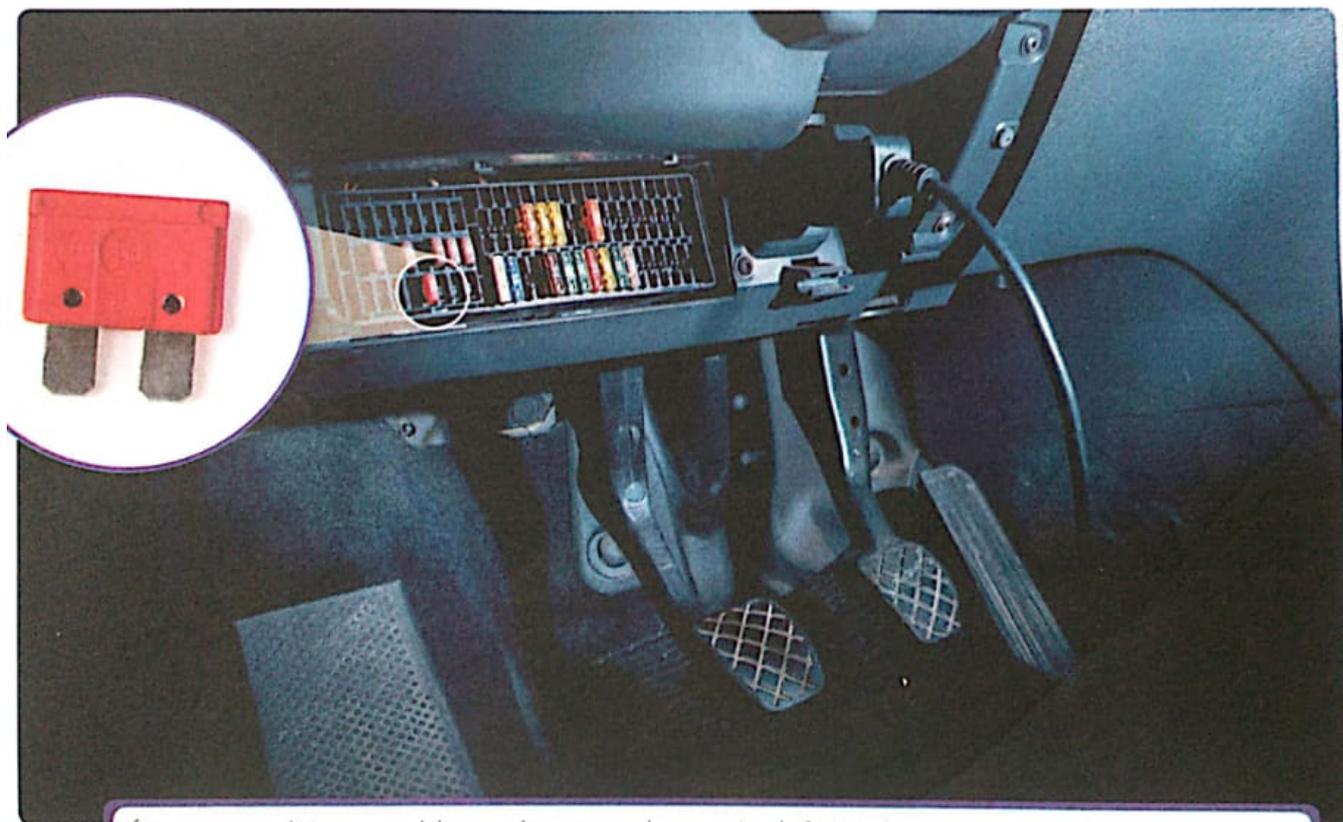
Nessa equação, n é a quantidade de elétrons que estão atravessando determinada seção do fio por intervalo de tempo Δt , em segundos, e $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C é o valor da carga elementar. No Sistema Internacional (SI), a unidade de corrente elétrica é o ampere (A), uma referência ao físico francês André-Marie Ampère (1775-1836), estudioso de fenômenos elétricos. Assim, se a intensidade da corrente elétrica estabelecida em um fio for 1 A, dizemos que 1 C de cargas atravessam determinada seção transversal desse fio, a cada 1 s. Isso corresponde a $6,25 \cdot 10^{18}$ elétrons atravessando tal seção por segundo!

Figura A.4: Intensidade de Corrente Elétrica. Fonte: próprio autor, adaptado de Marmo e Ferrer (2019)

ATIVIDADE 1

Você sabe o que é um fusível? Trata-se de um dispositivo utilizado para impedir que uma sobrecarga em um circuito danifique quaisquer de seus componentes. Por esse motivo, costuma-se utilizar fusíveis em diversos tipos de instalações elétricas, como em edifícios comerciais, residenciais e industriais e em veículos automotores.

Para você entender como eles funcionam, observe um fusível comumente utilizado em aplicações automotivas.



É interessante solicitar a um adulto que abra a tampa de uma caixa de fusíveis de um carro para você ver um fusível de verdade. Ela está geralmente localizada próximo ao volante, região por onde passa boa parte da fiação que alimenta o sistema de monitoramento do automóvel e os controles do painel, do ar-condicionado, do limpador de para-brisas, etc.

Como é possível observar, o fusível é um **bipolo**. Seus polos estão ligados por meio de um "fiozinho" que é constituído de uma liga de baixo ponto de fusão. Quando a corrente que o atravessa é mais intensa do que a que poderia danificar o circuito, o "fiozinho" interno aquece tanto que "derrete" e se rompe, interrompendo a corrente daquele trecho do circuito.

Suponha que determinado fusível só permita a passagem de uma corrente de 20 A.

- Qual é a carga elétrica, em coulombs, que passa pelo fusível a cada segundo?
- Qual é a quantidade de elétrons correspondente a essa corrente?

Bipolo elétrico é todo dispositivo elétrico que apresenta dois terminais (polos). É o caso, por exemplo, de lâmpadas, pilhas, baterias e de muitos eletrodomésticos.

Figura A.5: Atividade 1. Fonte: próprio autor, adaptado de Marmo e Ferrer (2019).

A.2 Aula 7



Efeitos da corrente elétrica

A passagem da corrente elétrica através dos condutores acarreta diferentes efeitos, dependendo da natureza do condutor e da intensidade da corrente. É comum dizer que a corrente elétrica tem quatro efeitos principais: **fisiológico, térmico (ou Joule), químico e magnético.**

O **efeito fisiológico** corresponde à passagem da corrente elétrica por organismos vivos. A corrente elétrica age diretamente no sistema nervoso, provocando contrações musculares; quando isso ocorre, dizemos que houve um **choque elétrico** (figura 9).

O pior caso de choque é aquele que se origina quando uma corrente elétrica entra pela mão de uma pessoa e sai pela outra. Nesse caso, atravessando o tórax de ponta a ponta, há grande chance de a corrente afetar o coração e a respiração.

O valor mínimo de intensidade de corrente que se pode perceber é 1 mA. Esse valor provoca sensação de cócegas ou formigamento leve. Entretanto, com uma corrente de intensidade 10 mA, a pessoa já perde o controle dos músculos, sendo difícil abrir a mão e livrar-se do contato.

O valor mortal está compreendido entre 10 mA e 3 A, aproximadamente. Nessa faixa de valores, a corrente, atravessando o tórax, atinge o coração com intensidade suficiente para modificar seu ritmo. Modificado o ritmo, o coração pára de bombear sangue para o corpo e a morte pode ocorrer em segundos. Se a intensidade for ainda mais alta, a corrente pode paralisar completamente o coração. Este se contrai ao máximo e mantém-se assim enquanto passa a corrente. Interrompida a corrente, geralmente o coração relaxa e pode começar a bater novamente, como se nada tivesse acontecido. Todavia, paralisado o coração, paralisa-se também a circulação sanguínea, e uma interrupção de poucos minutos dessa circulação pode provocar danos cerebrais irreversíveis.



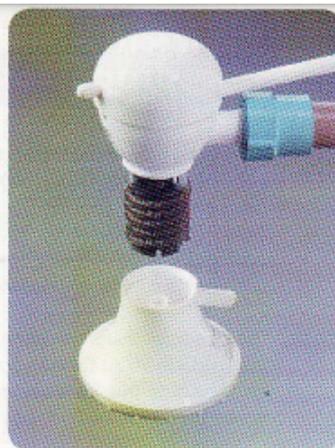
Figura 9. Efeito fisiológico.

Figura A.6: Efeitos da Corrente Elétrica e Potência (Parte 1) Fonte: próprio autor, adaptado de Ramalho, Nicolau e Toledo (2007).

O **efeito térmico**, também conhecido como **efeito Joule**, é causado pelo choque dos elétrons livres contra os átomos dos condutores. Ao receberem energia, os átomos vibram mais intensamente. Quanto maior for a vibração dos átomos, maior será a temperatura do condutor. Nessas condições observa-se, externamente, o aquecimento do condutor. Esse efeito é aproveitado com frequência em aquecedores, como o chuveiro da foto. (O revestimento da parte inferior foi retirado para deixar exposto o condutor enrolado em hélice, que é atravessado pela corrente.)

O **efeito químico** corresponde a determinadas reações químicas que ocorrem quando a corrente elétrica atravessa soluções eletrolíticas. É muito aplicado, por exemplo, no recobrimento de metais (niquelação, cromação, prateação etc., ilustrado na figura 10).

O **efeito magnético** é aquele que se manifesta pela criação de um **campo magnético** na região em torno da corrente. A existência de um campo magnético em determinada região pode ser constatada com o uso de uma **bússola**: ocorrerá desvio de direção da agulha magnética (ímã, como mostrado na figura 11). Esse é um efeito muito importante da corrente elétrica e é abordado detalhadamente na parte 3 (Eletromagnetismo) deste livro.



▲ Num chuveiro, a passagem da corrente elétrica pela "resistência" provoca o efeito térmico ou efeito Joule, que aquece a água.

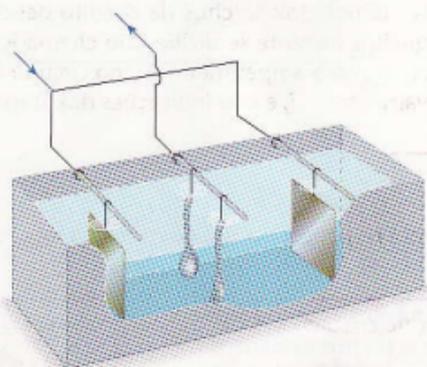


Figura 10. Efeito químico.

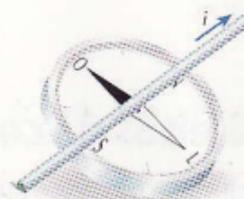


Figura 11. Efeito magnético.

Figura A.7: Efeitos da Corrente Elétrica e Potência (Parte 2) Fonte: próprio autor, adaptado de Ramalho, Nicolau e Toledo (2007).



Energia e potência da corrente elétrica

Um aparelho elétrico é colocado entre dois pontos, A e B , de um trecho do circuito pelo qual passa a corrente convencional de intensidade i (figura 14). Sejam V_A e V_B os respectivos potenciais elétricos desses pontos e chamemos de $U = V_A - V_B$ a ddp entre os pontos. O movimento das cargas elétricas só será possível se for mantida a ddp U entre A e B .



Figura 14. A ddp U deve ser mantida para que haja passagem da corrente i .

Figura A.8: Efeitos da Corrente Elétrica e Potência (Parte 3) Fonte: próprio autor, adaptado de Ramalho, Nicolau e Toledo (2007).

A energia elétrica da corrente diminui: o movimento das cargas é espontâneo e o trabalho, motor. Essa energia elétrica consumida pelo trecho AB pode ter sido transformada em energia térmica, energia mecânica, energia química etc.

A potência elétrica consumida é dada por: $Pot = \frac{\zeta_{AB}}{\Delta t}$. Mas, sendo $\zeta_{AB} = \Delta q \cdot U$, vem:

$$Pot = \frac{\Delta q \cdot U}{\Delta t}$$

Considerando que $\frac{\Delta q}{\Delta t} = i$, obtemos:

$$Pot = U \cdot i$$

Para chegarmos a essa fórmula, não foi necessário estabelecer qualquer hipótese sobre a natureza das transformações que a energia elétrica sofre no trecho AB. Portanto, a fórmula é geral, podendo ser utilizada qualquer que seja o aparelho existente entre A e B.

A energia elétrica E_{el} consumida pelo aparelho existente entre A e B, num intervalo de tempo Δt , é dada pelo trabalho das forças elétricas:

$$\zeta_{AB} = Pot \cdot \Delta t \Rightarrow E_{el} = Pot \cdot \Delta t$$

Figura A.9: Efeitos da Corrente Elétrica e Potência (Parte 4) Fonte: próprio autor, adaptado de Ramalho, Nicolau e Toledo (2007).

Unidades de energia e potência elétrica

Recordemos as unidades: Pot em watt (W), U em volt (V) e i em ampère (A).

Os aparelhos elétricos trazem gravados a potência elétrica que eles consomem, bem como o valor da ddp a que devem ser ligados. Assim, um aparelho que traz a inscrição (60 W — 120 V) consome a potência elétrica de 60 W, quando ligado entre dois pontos que apresentam uma ddp de 120 V.

Em Eletricidade mede-se também a potência em quilowatt (1 kW = 10^3 W) e a energia elétrica em quilowatt-hora (kWh). A quantidade de energia trocada no intervalo de tempo de 1 h com potência de 1 kW é 1 kWh. Portanto:

$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \cdot 1 \text{ h} = 1.000 \text{ W} \cdot 3.600 \text{ s} \Rightarrow 1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Resumindo, temos:

$Pot = U \cdot i$	e	$E_{el} = Pot \cdot \Delta t$
$1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$		$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot 1 \text{ s}$
		$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \cdot 1 \text{ h}$

Figura A.10: Efeitos da Corrente Elétrica e Potência (Parte 5) Fonte: próprio autor, adaptado de Ramalho, Nicolau e Toledo (2007).

Apêndice B

Textos de Intervenção Doméstica

Neste apêndice, estão os documentos desenvolvidos pelos estudantes referente ao Trabalho de Intervenção Doméstica. São textos narrativos em que os estudantes expressam seu argumento e de sua família sobre uma intervenção para a redução de consumo de energia elétrica. Além disso, são apresentados slides das apresentações na etapa de divulgação científica, que foi uma exposição para a turma das intervenções de cada estudante.

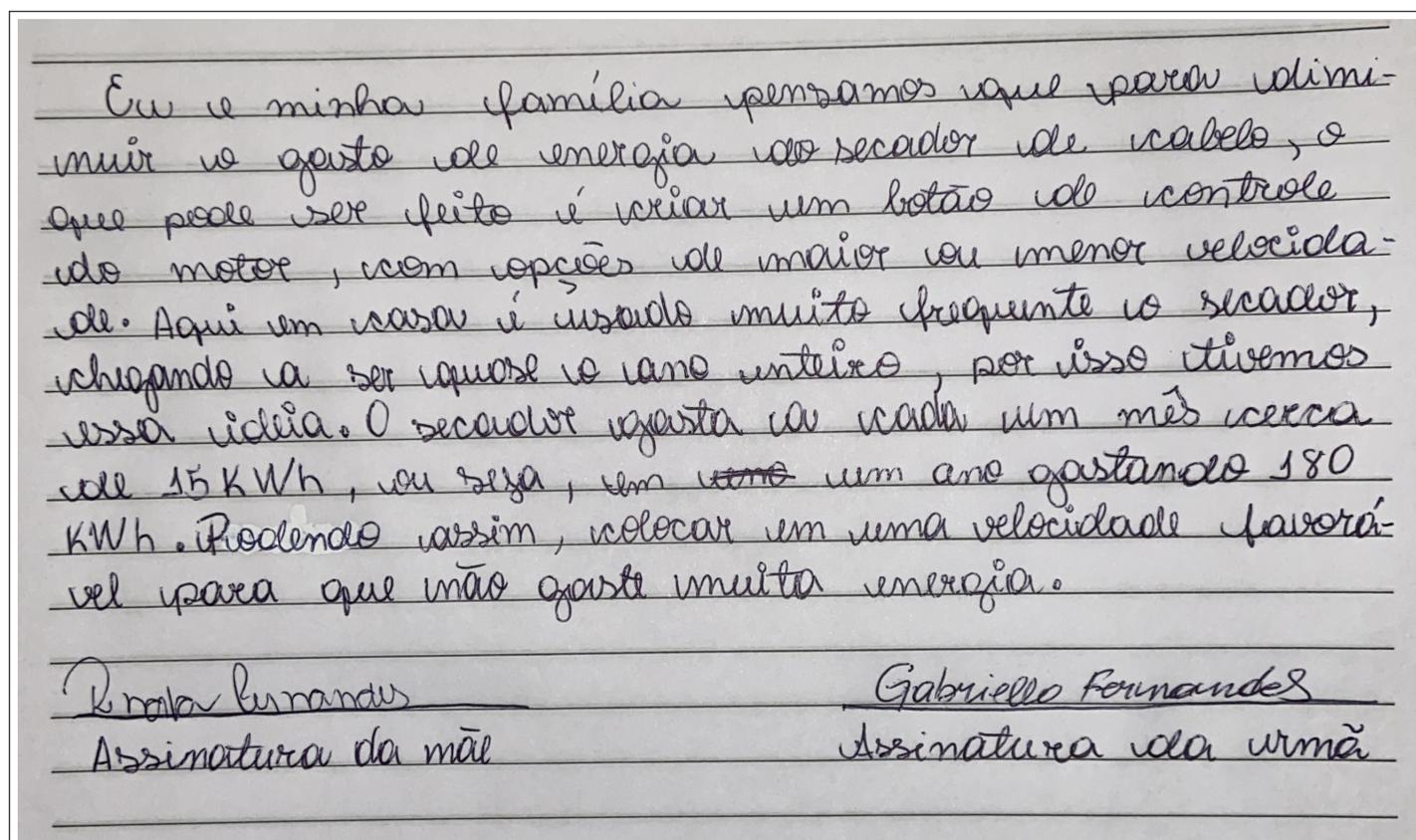


Figura B.1: Texto 1. Fonte: próprio autor.

1-

Equipamento	Quant.	Potência	Dias	Horas
Geladeira	1	125W	30	24h
Micro-ondas	1	750W	15	3h
Lâmpada	13	15W	30	7h
Airfryer	1	1425W	20	4h
Micro-ondas	1	1390W	30	4h
Ar-condicionado	1	10000W	15	6h
Chuveiro	2	1500W	10	3h
Ventilador	2	70W	25	9h

2- Aqui em casa temos apenas um ar-condicionado, mas como estamos em uma época que está fazendo muito calor, a maioria dos dias passo a tarde no quarto do meu pai. O ar-condicionado é o que seja o aparelho que mais gasta energia da casa, por isso, ficamos sem por um bom tempo, mas agora voltamos a usar. Nesse tempo que ficamos sem ar-condicionado, o substituímos pelo ventilador que além de gastar menos energia não tem tantos pontos negativos igual ao ar-condicionado. Apesar de dormir com o gelado de ar seja melhor, se o aparelho não for limpo da forma correta pode causar diversas alergias e estimular a gripe, então por isso decidimos que o ar-condicionado é o melhor dispositivo para reduzir.

Arquiteta Clayton Anderson

Figura B.2: Texto 2. Fonte: próprio autor.

Desenvolvendo melhor a ideia

A ideia é que em determinada época do ano, seja bloqueado um banho muito quente, e assim economizamos mais durante essa época. Porém, apenas economizar durante um período do ano não ajuda muito, então, durante o ano inteiro, um dispositivo contabilizará o tempo de banho, e quando esse tempo passar de 5 minutos com a água quente ligada, a água será cortada. Com o chuveiro na água fria o tempo será um pouco maior (7 minutos).

Figura B.3: Texto 3. Fonte: próprio autor.

Eu e minha família nos reunimos para discutir que aparelho poderíamos economizar energia. Depois de alguns minutos, tomamos a decisão que era preciso não apenas economizar energia, mas, água também. Agora, como economizar energia e água ao mesmo tempo? Alguns ideias por parte da família e um pouco de esforço sobre, escolhemos que o aparelho seria o chuveiro elétrico. Tomamos essa decisão por estarmos economizando duas coisas ao mesmo tempo e por ser o aparelho que mais gasta energia da casa e água da casa.

Luca Valadão
Vinicius Valadão

Figura B.4: Texto 4. Fonte: próprio autor.

Como podemos reduzir o consumo de energia?

Fazendo o trabalho, percebi que aqui em casa utilizamos muito os ventiladores, consequentemente esquecemos muito de ligá-los (principalmente eu) e por conta disso resolvemos dar um jeito nisso. Utilizando um módulo relé e um arduino. A ideia que tivemos foi de colocar um timer de 3 horas no arduino assim que o ventilador for ligado, e utilizar o relé como interruptor para pará-lo após o devido tempo. Eu gostei muito dessa ideia, e minha mãe também.

Luca Palland Ramoniz
Flávia Calland Galland

Figura B.5: Texto 5. Fonte: próprio autor.

propriedade de intervenção
A minha proposta é colocar um alarme no relógio para 20:30 horas todos dias, quando tocar o alarme, eu apago as luzes que ninguém estiver usando. Eu escolhi essa ideia por que é fácil de executar e não traz economia além de não correr risco de esquecer por causa do alarme.

Artur C. Costa
Benjamin B Costa
Elaine J. Costa

Figura B.6: Texto 6. Fonte: próprio autor.

Eu e minha família decidimos diminuir o gasto de energia elétrica da televisão. Muitas vezes, deixamos ela ligada mesmo que ninguém esteja assistindo; além disso, ela também está sempre ligada a tomada.

Isso gera um gasto de energia desnecessário e que poderia ser evitado, esse hábito também afeta no valor final da conta de luz.

Para que o problema seja solucionado, pensamos em um alarme que seria instalado no televisor, assim que for ligado, o alarme começará a contar um tempo, quando o tempo determinado chegar ao fim, ele emitirá um som; caso haja alguém usando a televisão ela pode simplesmente desligar o alarme, se ninguém desligar, ele irá automaticamente desligar a televisão.

Pessoas que assinaram: Pâmela, Esthery B. Felício

Figura B.7: Texto 7. Fonte: próprio autor.

Conversei com minha família, resolvemos resolver a questão das luzes, que a partir das 5:50 elas são ligadas na sala, e no quarto do meu pai e no meu, só que queríamos controlar isso.

O projeto começa no controle de, quando a luz do sol ainda estiver batendo as luzes ficam apagadas, criaremos um dispositivo mais barato e feito a mão, que a ideia é de um painel solar com cano PVC para suporte, uma tela preta em cima da placa, quanto para proteger e quanto para pegar mais luz possível. Na segunda parte isso irá conectar a lâmpada que esta dentro do quarto, essa lâmpadas irão conter chips, para quando a placa captar mais nada de luz um programa do computador ou no celular irá acionar automaticamente as luzes dos quartos. O interruptor continuará no mesmo local, se a pessoa deseja desligar as luzes quanto o celular ou o notebook ou até mesmo o interruptor será usado.

Figura B.8: Texto 8. Fonte: próprio autor.

Tarefa 1: Equipamento Qtde Potência(w) Utilização
dias mês horas-dia -----

Equipamento	Qtde	Potência(w)	Utilização
			dias- mês horas-dia -----
Geladeira	1	90	30 - 3h
Lampada de led	1	12	30 - 5h
Liquidificador	1	800	2 - 1h
Ferro de passar	1	900	20 - 5 min
Máquina de lavar	1	550	4 - 5h
Secador de cabelo	1	1100	4 - 1h
Microondas	1	900	30 - 10 min
Air fryer	1	900	25 - 1h
Ventilador	1	350	7 - 1h
televisão	1	120	30 - 3h
chuveiro	2	6200	30 - 15 min
Forno elétrico	1	1200	4 - 40 min
fogao cooktop	1	120	30 - 1h:30min

Tarefa 2: Eu e minha família decidimos montar o projeto em cima da parte de iluminação, pois passamos por problemas comuns em casa que creio eu, qualquer um já tenha passado devido caso de esquecimento ou distração, de deixar as luzes ligadas no período de ausência. O projeto é composto por um sensor de presença e um interruptor, fazendo com que toda vez que o sensor capta a presença da pessoa, as luzes acendem, porém, caso não necessite de iluminação, é possível desligar o sensor através do interruptor.

Figura B.9: Texto 9. Fonte: próprio autor.

> O consumo de energia durante o carregamento do celular é de em média 0,20 kWh quando não usado, e de 5 kWh quando o celular já está completamente carregado, porém ainda plugado.

> Logo, minha proposta de intervenção seria a utilização de um app para controlar o uso de tempo do celular e também notificar no caso de que alguma funcionalidade esteja consumindo bateria sem necessidade.

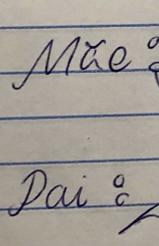
> Deste modo, além de economizar a energia em casa, também diminuirá o tempo em frente as telas de celular, que vêm sendo cada vez mais utilizados.

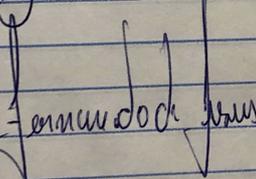
Figura B.10: Texto 10. Fonte: próprio autor.

Todas as pessoas da minha residência, pensamos que se utilizássemos a TV durante 30 minutos, a energia iria cair um 50 por cento do normal. Pensamos que tudo o que está na minha residência, é necessário o tempo que está sendo utilizado, menos a TV, que por incrível que parece a gente usa por média 4 horas do nosso dia dedicado a TV.

Figura B.11: Texto 11. Fonte: próprio autor.

Uma geladeira pode gastar de 25,2 a 56,88 kWh, se esquecida aberta então, traz um grande prejuízo, eu juntamente com a minha família, utilizamos uma geladeira que contém um sensor sonoro, que após aproximadamente 2 minutos ela emite um som um tanto quanto alto e contínuo avisando que está aberta e que deve ser fechada, (só após o fechamento o sensor para de apitar) este mecanismo poderia servir para o uso do chuveiro também por exemplo. Por funcionarem com baterias, os sensores não influenciam na energia elétrica da casa.

Mãe:  Micheline Valena Teixeira de Silva

Pai:  Fernando dos Reis Rocha

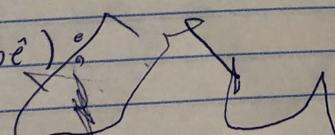
irmã (bebê): 

Figura B.12: Texto 12. Fonte: próprio autor.

Eu e minha família decidimos criar um projeto para economizar energia. Somos 3 pessoas, cada um toma 2 banhos de 5 minutos, que dura 30 minutos, e esse tempo já está bom.

O Projeto que escolhemos seria um tipo de trava no aquecedor de Chuveiro, que quando alcançasse um determinado tempo de aquecimento, a água esfriaria completamente anulando-se que estava na hora de parar.

Figura B.13: Texto 13. Fonte: próprio autor.

após conversar com q minha família e ver os seguintes gastos em cada eletrodoméstico.

CHUVEIRO	5500W - 3 horas por dia
TELEVISÃO	270W - 10 horas por dia

GELADEIRA	500W - 24 horas por dia
LÂMPADA	15W - 24 horas por dia

AR CONDICIONADO	1500W - 16 horas por dia
MICROONDAS	1000W - 1 hora por dia

uma solução para a diminuição do consumo de energia elétrica na minha residência, junto com a minha mãe criamos um sistema de banhos mais rápidos e eficazes, diminuindo banhos quentes, fechando o chuveiro ao se ensaboar ou lavando o cabelo, e outros métodos fora do banho também, como a geladeira por exemplo que tem muitos W, a gente não deixa a geladeira aberta enquanto escolhemos uma refeição, pequenas atitudes que diminuimos esse consumo que não prejudica apenas nosso custo benefício, como também a natureza, o que podemos optar também por energia solar e sustentável.

Figura B.14: Texto 14. Fonte: próprio autor.

A minha escolha foi fazer sobre as lâmpadas de LED, pois elas consomem muito menos energia e são muito mais ecologicamente corretas sem falar que são muito mais eficazes na iluminação.

A Lâmpada LED é a que possui o menor consumo de energia. Uma lâmpada de LED ilumina com 10W o que uma lâmpada incandescente ilumina com 60w. A economia pode ultrapassar 80%. Outra característica da lâmpada LED é que logo que ela acende, já alcança a sua capacidade total de iluminação, não precisa esquentar.

Figura B.15: Texto 15. Fonte: próprio autor.

Tarefa 1			utilização	
Equipamento	QTDE	W	dia	hora
liquidificador	1	850	30	0,25
microondas	1	1300	30	1
geladeira	1	250	30	24
forno	1	1110	4	3
TV	4	250	30	6
Máquina de lavar	1	750	15	3

Tarefa 2

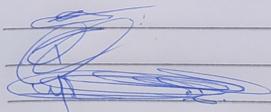
O aquecimento do ferro elétrico várias vezes ao dia, provoca um desperdício muito grande de energia. Por isso aqui em casa decidimos que as roupas da casa serão passadas uma vez por semana. As roupas, ao serem retiradas do varal, não dobradas, para que estejam menos amontoadas na hora de passar. No dia de passar roupas, os primeiros a serem passados são as peças mais delicadas, pois precisam de menor calor, depois disso são passados as roupas mais pesadas. Algumas peças são deixadas por último para serem passadas com o calor do ferro já desligado, além disso os trabalhos de costura deixaram de ser passados, pois não a necessidade e não retiradas do varal e já guardadas.

Figura B.16: Texto 16. Fonte: próprio autor.

Nós decidimos criar um projeto para um tempo passável no banho e apenas banhos de água fria e morna. Em casa temos cinco pessoas, e todos tomam banho todos os dias, em média a soma de tempo no banho de todos, gira em torno de 1h. O projeto funciona de uma maneira simples e direta, no qual terá um relógio no banheiro e o tempo máximo no banho, será de 7 minutos, e que diminuirá drasticamente a energia consumida.

A outra mudança favorável será não poder mais tomar banhos de água quente, apenas morna e fria, diminuindo ainda mais o consumo de energia.

Assinaturas:



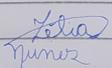


Figura B.17: Texto 17. Fonte: próprio autor.

Apêndice C

Produto Educacional

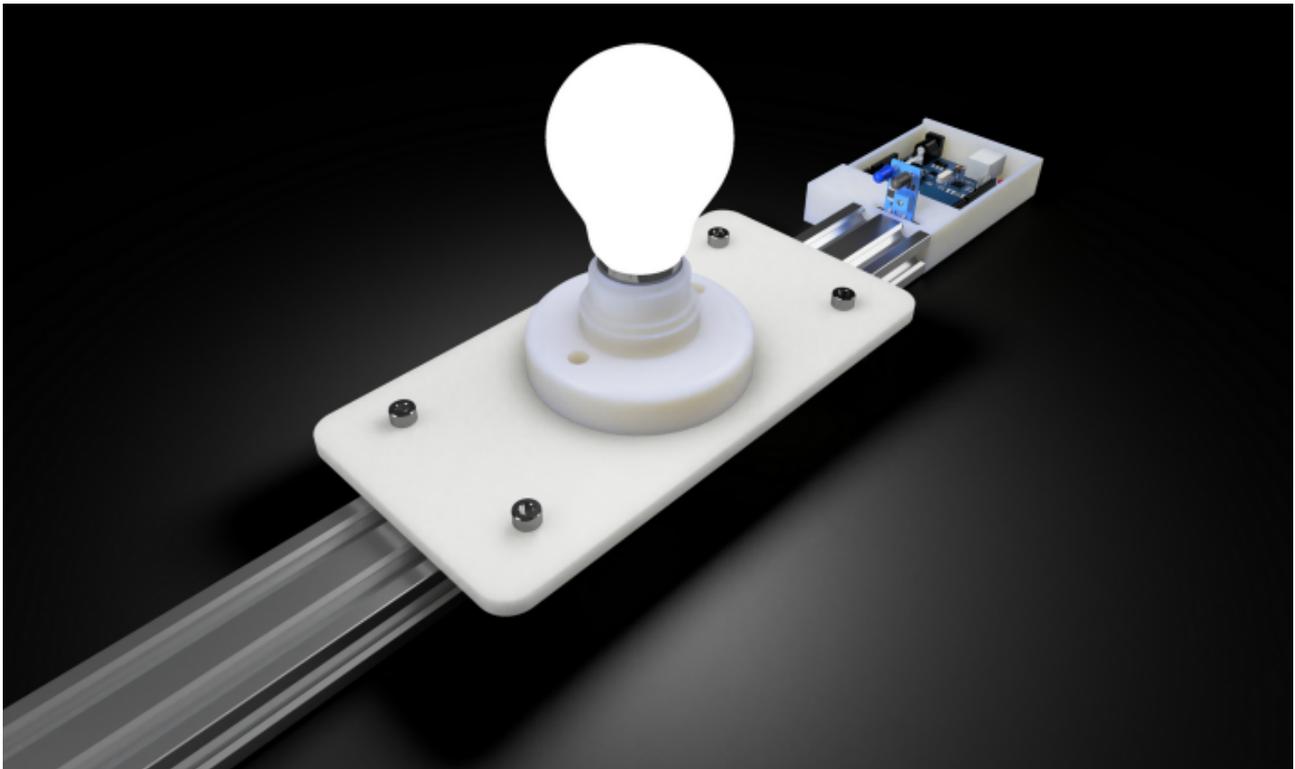


Produto Educacional

A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE LÂMPADAS:
uma Bancada Experimental

Júlio Francisco dos Santos Sousa

Brasília-DF
dezembro/2022



Introdução

Professoras e professores, este trabalho apresenta uma proposta original para o ensino de eletricidade ao final do Ensino Fundamental. O ensino de temas do Eletromagnetismo para jovens é um desafio, porque introduz conceitos abstratos, invisíveis aos olhos dos estudantes. Ao mesmo tempo, os fenômenos estão presentes em diversas aplicações cotidianas, como o funcionamento dos eletrodomésticos e as descargas elétricas da atmosfera. A curiosidade dos alunos para desvendar os mistérios da corrente elétrica é impaciente, mas às vezes é desmotivada por uma sequência de aulas que apresenta modelos abstratos, sem nenhum apelo à prática e à vida cotidiana.

Este Produto Educacional se dedica a apresentar a construção de uma bancada experimental para comparação de diferentes tipologias de lâmpadas, a partir da medição de grandezas físicas que resultam no cálculo da eficiência energética. Além da construção, propõe-se a implementação da atividade experimental na sala de aula de Física.

A metodologia de ensino-aprendizagem escolhida para fundamentar as aulas é a Sequência de Ensino Investigativa (SEI), proposta por Carvalho (2013), aliando a investigação experimental à discussão dos procedimentos escolhidos pelos estudantes, em um ambiente que simula um laboratório profissional de pesquisa. É possível também acrescentar à sequência didática a leitura de textos de sistematização do conhecimento, em que são ex-

planados os temas científicos, e textos de contextualização, em que são abordados temas socio-histórico-culturais que complementam a problematização do tema científico.

Acerca da utilização de atividades experimentais, corrobora-se a ideia que são elementos essenciais quando se pensa a inovação da sala de aula de Física, de forma a engajar os estudantes na manipulação de materiais e verificação de fenômenos. No entanto, as aulas com experimentos devem ser mais do que momentos de lazer ou recreação. Quanto melhor planejada, quanto mais objetivos didáticos puderem ser atingidos, melhor será a construção do conhecimento científico, ao se investigar com detalhes os parâmetros que envolvem um fenômeno.

É certo que há muita dificuldade em se implementar atividades práticas: poucos ou nenhum recurso financeiro para adquirir materiais; falta tempo e espaço; há pouca formação para o professor; não há incentivo da escola. Ainda assim, reforça-se a utilização, quando é possível, porque é evidente a diferença de motivação dos estudantes no ato de aprender física.

Neste documento, é proposta a implementação de um experimento de bancada para análise de grandezas relacionadas ao brilho e ao consumo energético de lâmpadas. A Bancada Experimental (BE) foi elaborada para que os estudantes tivessem contato com um ambiente instigante de investigação, de forma a fazê-los analisar e criticar o uso de diferentes tipologias de lâmpadas à luz da medição de grandezas físicas. A análise de eficiência energética das lâmpadas faz parte de uma sequência de aulas em que se problematiza o consumo de energia elétrica na residência dos estudantes. A BE é um elemento agregador que propõe aproximar os estudantes da temática científica e o problema social associado.

Os pré-requisitos técnicos para o professor

Para a confecção deste produto, são necessários alguns pré-requisitos para o professor de Física ao escolher implementá-lo. A primeira habilidade demandada é a familiaridade com projetos de eletrônica e programação, mais especificamente com a plataforma Arduino e seus componentes. Em síntese, Arduino é uma placa com circuitos eletrônicos que agrega um microcontrolador programável e alguns pinos de saída e entrada de sinais digitais e analógicos, que permitem fazer medições de grandezas do ambiente (utilizando sensores), bem como responder externamente a comandos, seja fazendo girar um motor ou acendendo um LED.

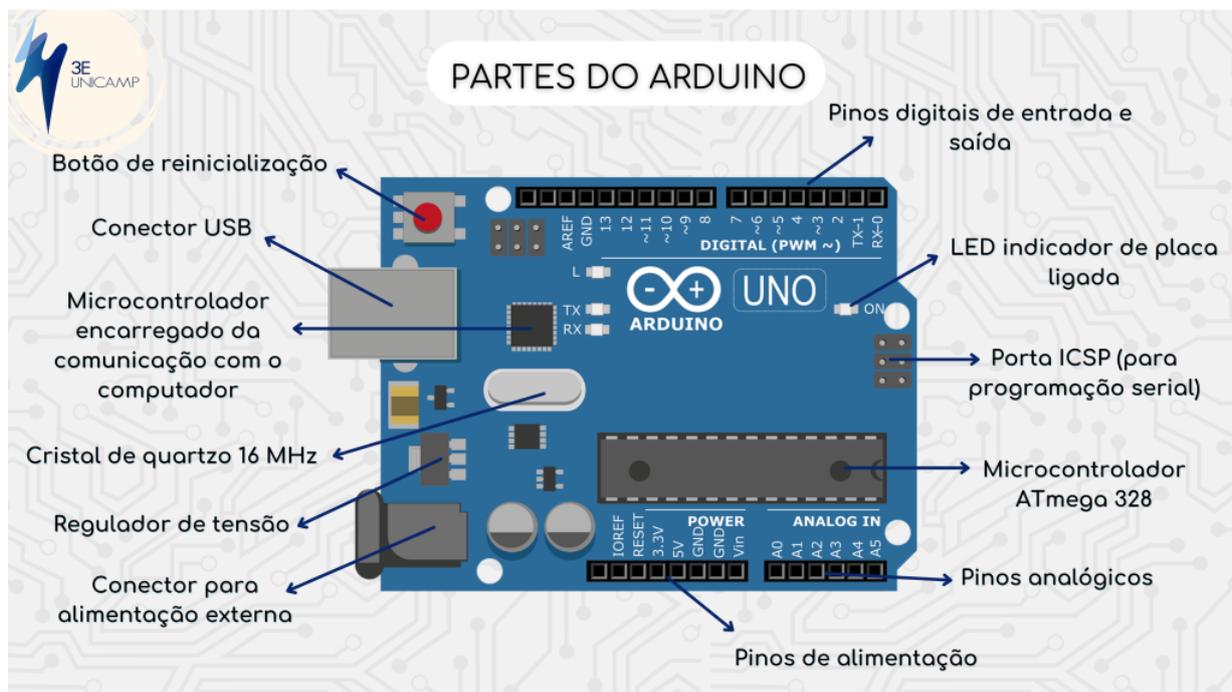


Figura C.1: elementos de uma placa Arduino UNO. Fonte: 3EUnicamp (2022).

Por se tratar de uma tecnologia *open source* (código aberto), são incontáveis os projetos realizados por desenvolvedores, makers, pesquisadores, professores e estudantes, em todo o mundo, como um projeto de controle de acesso mostrado na figura C.2. Os produtos são livremente disseminados por uma interface básica de programação (linguagem C/C++) e uma extensa linha de produtos de fácil conexão com a plataforma (Arduino, 2022). Para maiores informações, existem vários cursos e materiais que são amplamente difundidos na internet. Recomenda-se o canal de vídeos do Youtube Manual do Mundo ou os cursos da página FelipeFlop, ambos mencionados nas referências, como forma a se inserir no mundo mágico de automação maker.

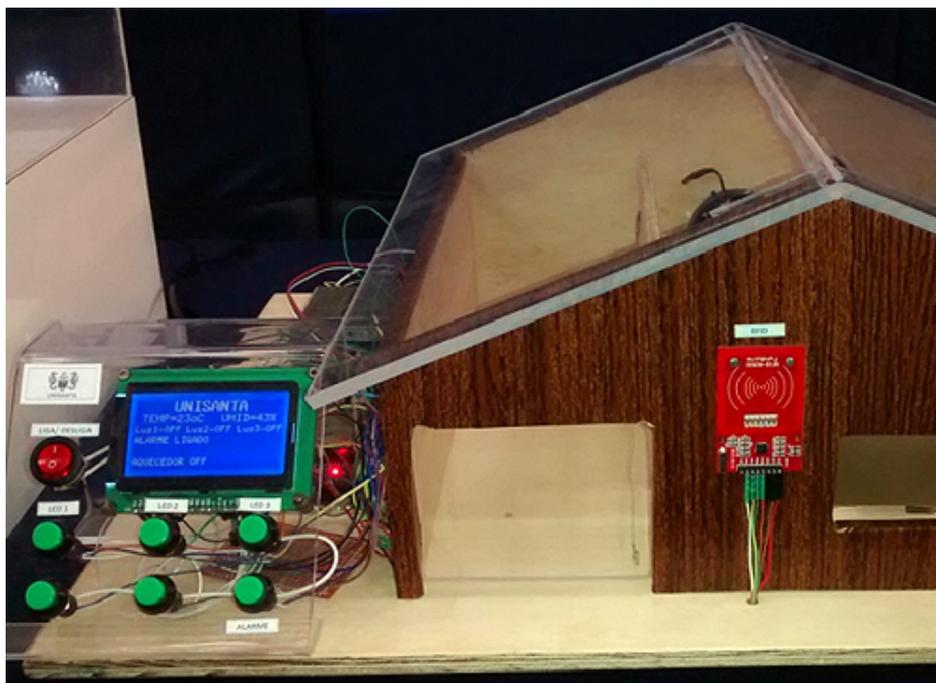


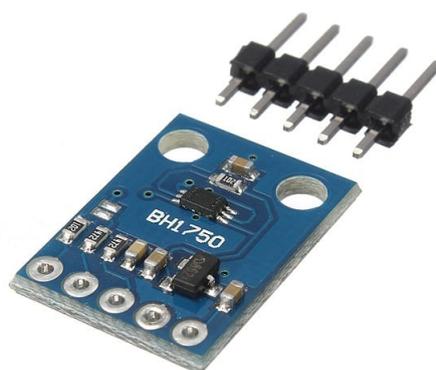
Figura C.2: sistema de controle de acesso para portas automáticas. Fonte: Unisanta (2022).

O experimento didático usando Arduino tem se mostrado popular nas aulas práticas de Física e em feiras de ciências, estando contemplados em vários artigos na área. Por sua versatilidade, a plataforma funciona como um elemento enriquecedor, ao inserir a tecnologia como uma ferramenta para a construção do conhecimento, tornando significativos os resultados de ensino e aprendizagem (Martinazzo et al., 2014; Souza et al, 2011; Cavalcante, Tavolaro e Molisani, 2011).

Além da habilidade com Arduino, outra demanda é um entendimento com projetos de construção mecânica, desde escolha de materiais até processos de corte e montagem. No entanto, a falta de habilidade manual com esses ofícios não é um agravante. Se for o caso, basta que o professor consiga projetar e auxiliar profissionais de prototipagem. Para a construção mecânica da bancada descrita no trabalho de referência, foi firmada uma parceria entre o autor, a escola em que foi aplicado o produto e uma empresa júnior de Engenharia Mecânica. Essa parceria se deu quando a direção da escola se interessou por investir na confecção de um protótipo mais robusto e com maior durabilidade para o projeto. A construção da bancada, porém, pode ser feita utilizando materiais alternativos, no caso de menor orçamento. São sugeridos trilhos de gavetas, fios elétricos e régua, por exemplo.

O início da ideia

A ideia primordial da BE foi retirada do artigo de Guadagnini, Rocha e Barlette (2019). Nesse texto, os autores apresentam a construção de um medidor de iluminância, denominado luxímetro, baseado no sensor BH1750, da fabricante Rohm Semiconductor. Esse sensor mede a luminosidade do ambiente em uma faixa de 0 a 65535 lux (unidade de iluminância), já calibrado de fábrica. Com uma grande precisão, este sensor foi fabricado para controle de luminosidade de telas de LCD em celulares (Rohm, 2014). Ele é comumente encontrado no mercado em um módulo mais condensado, de mais fácil utilização em microcontroladores, chamado GY-302 .



*Figura C.3: o módulo GY-302 com o sensor de luminosidade BH 1750 e pinos de conexão
Fonte: FilipeFlop (2022).*

No artigo citado, é feito um estudo para viabilidade de integração desse sensor com a plataforma Arduino, para produção de iniciativas pedagógicas e experimentais no Ensino de Física. O Arduino tem o papel de aquisição de dados: ele recebe o sinal do sensor e operacionaliza a demonstração dos valores, de forma bruta ou apurada, utilizando gráficos ou displays de consulta. Apesar de objetivar o uso em sala de aula, o artigo não propõe uma sequência didática, porém faz sugestões sobre possíveis usos da proposta. Uma das sugestões é a construção de um arranjo experimental que conecte a medição de iluminância à medição de energia elétrica para estudo de diferentes tipologias de lâmpadas. A Bancada Experimental aqui construída é fruto dessa sugestão, aliando o referencial técnico dos autores do artigo à proposta didática de análise da eficiência energética.

A construção da Bancada Experimental

A Bancada Experimental consiste de uma base de madeira com trilho metálico, com 1,5 m de comprimento, graduado em centímetros. Um bocal universal para lâmpada é colocado sobre um suporte acrílico que se movimenta linearmente sobre o trilho, por meio de rolamentos.

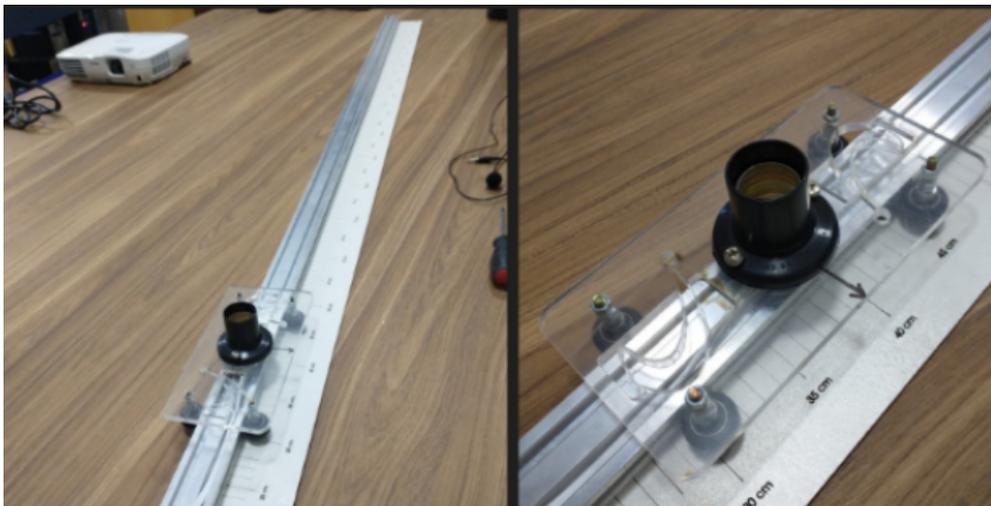


Figura C.4: detalhes da Banca Experimental: o trilho graduado e a plataforma para o bocal
Fonte: próprio autor.

Em uma extremidade desse trilho, há a instalação do luxímetro (módulo sensor GY-302) sobre uma caixa protetora que também acomoda uma placa Arduino Uno. O sensor foi posicionado a 90° do plano por onde desliza a plataforma com a lâmpada, de forma a receber a luz direta da fonte.

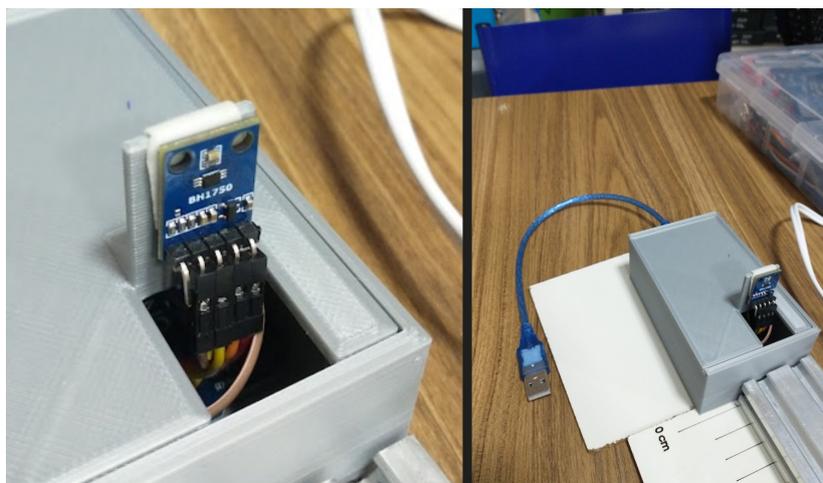


Figura C.5: detalhes da Banca Experimental: a case com o sensor e o Arduino. Fonte: próprio autor

A aquisição de dados consiste de duas etapas:

i o sensor envia os dados de iluminância, em lux, para o Arduino, por meio de um canal de comunicação digital, denominado I²C. I²C significa Inter-Integrated Circuit (Circuito Inter-Integrado). Esse canal consiste de uma interface serial de transporte de dados por duas vias: a via SDA de transmissão e recepção alternadas (comunicação half-duplex); e a via SCL, de clock, para sincronização dos dispositivos. A conexão, no entanto, tem baixa velocidade, uma média de 100 kbit/s, porém esse protocolo permite conectar vários sensores com apenas dois fios (Mundo Projetado, 2022). Como a aplicação da bancada não exige tal velocidade, esse canal de comunicação é suficiente;

ii a leitura do sensor é feita a cada segundo. Para simplificação do código, não foi utilizado nenhum filtro de dados. Como o próprio dado de iluminância deveria ser apresentado aos estudantes no momento em que ele movesse a plataforma, essa frequência de dados seria suficiente para ele perceber a mudança de leitura. O valor da iluminância do ambiente é mostrado em um display digital, do tipo de 7 segmentos, com 4 dígitos, o que abrange uma faixa de valores de 0 a 9999, suficiente para a verificação do brilho das lâmpadas.

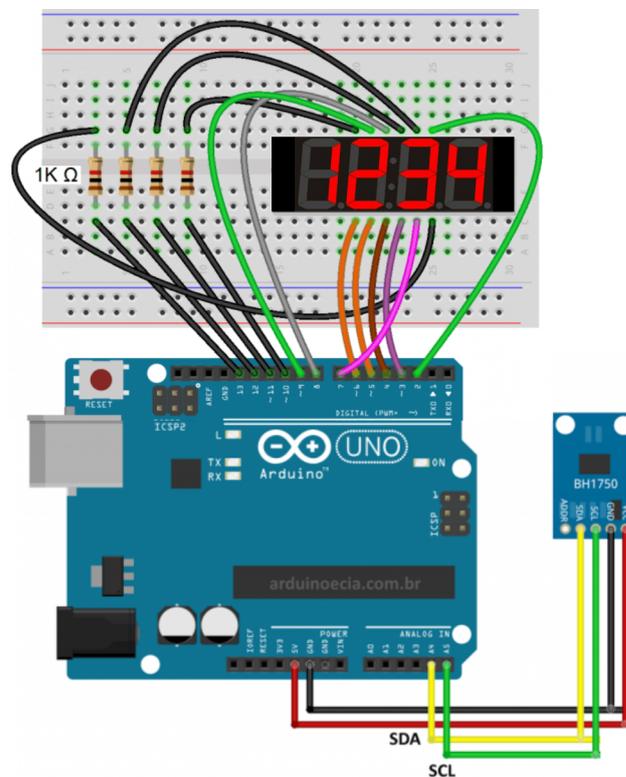


Figura C.6: esquema eletrônico do sistema de aquisição de dados Fonte: próprio autor.

As terminações elétricas do sensor podem ser conectadas diretamente à placa Arduino,

nos bornes de alimentação e nas entradas analógicas. A montagem do display digital pode ser verificada no site do Blog da Robótica (2022). A placa Arduino precisa ser alimentada externamente, por uma fonte de alimentação, com até 12 V de tensão e corrente de 3 A.

A plataforma com o bocal tem uma terminação de alimentação elétrica de corrente alternada, para ser conectada à tomada. No fio de alimentação, há um interruptor para que os estudantes possam acionar a lâmpada com facilidade. Em um primeiro esboço do projeto, em vez de um interruptor, seria colocado um dimmer, para facilitar a mudança de brilho da lâmpada. Esse detalhe enriqueceria a investigação do consumo de energia. Porém, nem todas as lâmpadas residenciais respondem ao dispositivo, o que poderia limitar a diversidade dos elementos a serem pesquisados.



Figura C.7: Detalhe da Bancada Didática: o interruptor na alimentação da lâmpada Fonte: próprio autor.

Para medição de corrente elétrica eficaz, foi usado um amperímetro alicate, que faz a medição por indução eletromagnética, ao se colocar o medidor em torno do fio de alimentação. Tomou-se o cuidado de separar os cabos de fase e neutro para fazer a leitura de corrente em apenas uma via, como é ensinado na Figura C.8 Se o sensor envolvesse a dupla de fios, a corrente líquida seria nula, pois o fluxo magnético envolvido tem sentidos opostos e mesma intensidade.

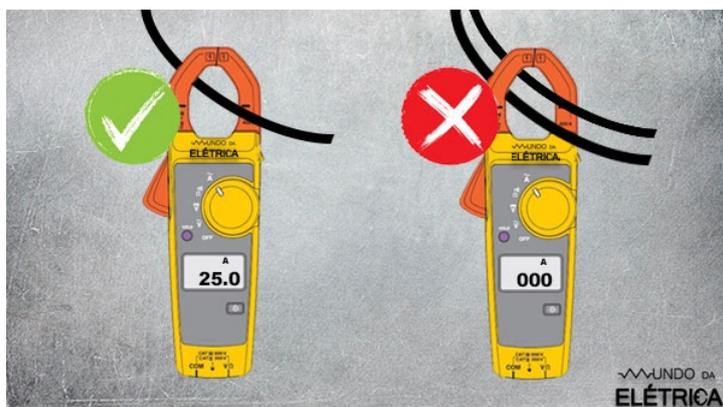


Figura C.8: Uso correto e incorreto do amperímetro alicate. Fonte: Mundo da Elétrica (2022).

O objetivo da construção da Bancada Experimental é proporcionar aos estudantes a manipulação de grandezas físicas associadas à eficiência de lâmpadas, deixando-os explorar diferentes contextos em sua investigação, como:

- i. a variação de iluminância de uma lâmpada em relação à distância da lâmpada ao sensor, ao se deslocar a plataforma móvel no trilho.
- ii. a correlação entre a iluminância de uma lâmpada e a intensidade de corrente elétrica, ao se verificar os valores nos dois dispositivos de medida (luxímetro e amperímetro).
- iii. a comparação entre diversas tipologias de lâmpadas, sejam elas incandescentes, fluorescentes, halógenas ou de LEDs, de diferentes potências e formatos, graças ao bocal universal.

O projeto mecânico foi baseado em esboços próprios do autor, em colaboração com a equipe da TECMEC (UnB). Já o software de aquisição de dados e a prototipagem eletrônica foram inteiramente desenvolvidas pelo autor. Todos os arquivos para prototipagem da parte mecânica e a programação do sistema de aquisição de dados são disponibilizados na Bibliografia, em uma pasta compartilhada do Google Drive. Nesta pasta, há também vídeos do funcionamento da Bancada.

A sequência de aulas investigativas

A estratégia para inserir a Bancada Experimental em aulas investigativas consiste na sequência de três atividades experimentais, intercaladas por discussões sobre os procedimentos que os estudantes experimentaram em cada parte. Entre as aulas experimentais é possível elaborar um momento de sistematização do conhecimento, onde são apresentados os conceitos físicos abordados na prática. Também, sempre que possível, são recomendadas leituras de textos de contextualização, de forma a associar os conhecimentos científicos a aspectos sociais, culturais e históricos.

A experimentação não precisa acontecer em um laboratório. Uma sala de aula é suficiente para que aconteça a investigação. A única restrição é que a sala consiga permanecer escura durante os testes, porque a luz solar ou a iluminação artificial podem interferir na medição do luxímetro.

As aulas investigativas propostas são:

1. investigação da relação entre brilho da lâmpada e distância à superfície iluminada;
2. investigação do consumo energético da lâmpada;
3. investigação da eficiência energética da lâmpada;

Para cada investigação, é sugerido um roteiro com questões-problema para auxiliar os estudantes na execução de suas ações. Para iniciar as investigações, divide-se os estudantes em grupos. Cada grupo recebe um questionário e um kit com lâmpadas de diferentes tipologias e potências, distribuídas de forma a cada kit ser único para os diferentes grupos. É sugerido que os alunos permaneçam com o mesmo kit em todas as atividades, para efeito de comparação entre os resultados. Os kits podem conter lâmpadas de LED, incandescentes e fluorescentes. É necessário apresentar os componentes da Bancada, os aparelhos de medição e o kit com lâmpadas.

Além disso, alguns cuidados de segurança devem ser compartilhados com os estudantes, não só com a segurança pessoal, mas também com o cuidado com a Bancada. Os cuidados são:

- i. tomar cuidado com o uso da tomada e durante a troca de lâmpadas, que evitassem tocar nos terminais metálicos do bocal e das lâmpadas, por risco de choque;

- ii. evitar deixar as lâmpadas em locais com risco de queda, pois as lâmpadas facilmente podem ser quebradas, o que poderia provocar risco de cortes, lesões e até intoxicação por gases, no caso das lâmpadas fluorescentes que contém mercúrio em sua composição;
- iii. evitar que olhassem diretamente para a lâmpada quando acesa, pois elas emitem grande quantidade de radiação, apesar de não-ionizante, mas que podem incomodar a visão;
- iv. evitar manusear as lâmpadas em uso ou logo quando são desligadas, pois elas esquentam - nesse caso, verificar antes da troca se está em uma temperatura favorável ao contato;
- v. evitar mexer no circuito eletrônico de aquisição de dados, porque era um sistema sensível e qualquer mal contato nos componentes ou fios poderiam atrapalhar na medição.

As questões a ser respondidas para a **Investigação 1** são:

1. As lâmpadas emitem a mesma intensidade de brilho? Ou diferentes? Que lâmpada tem maior brilho? E menor? Descrevam os procedimentos.
2. Há alguma posição em que diferentes lâmpadas têm o mesmo brilho? Quais são essas posições? Entre quais lâmpadas? Qual o brilho medido? Descrevam os procedimentos.
3. Qual a relação entre o brilho e a distância que a lâmpada está do luxímetro? Há alguma relação numérica entre os valores obtidos? Descrevam os procedimentos.
4. Como lâmpadas conectadas à mesma tomada têm diferentes brilhos? Desenvolvam uma hipótese/explicação para responder a pergunta.

As questões a ser respondidas para a **Investigação 2** são:

1. As lâmpadas consomem a mesma quantidade de corrente elétrica? Ou diferentes? Que lâmpada consome mais? E menos? Descrevam os procedimentos.
2. Qual a relação entre a corrente e a distância que a lâmpada está do luxímetro? Há alguma relação numérica entre os valores obtidos? Descrevam os procedimentos.

3. Qual a relação entre a corrente elétrica e a potência elétrica, em watts (W), descrita na lâmpada? Há alguma relação numérica entre os valores obtidos? Descrevam os procedimentos.
4. Como lâmpadas conectadas à mesma tomada consomem diferentes correntes? Desenvolvam uma hipótese/explicação para responder a pergunta.

As questões a ser respondidas para a **Investigação 3** são:

1. Qual a lâmpada e em que posição ela deve ser colocada para ser a melhor para a experiência de leitura de um livro? Descrevam os procedimentos.
2. A lâmpada que consome mais corrente tem o maior brilho? E a que consome menos corrente tem o menor brilho? Qual a relação entre brilho e consumo de corrente? Há alguma relação numérica entre os valores obtidos? Descrevam os procedimentos.
3. Qual a lâmpada é mais eficiente, isto é, que emite um maior brilho com um menor consumo de corrente elétrica? Descrevam os procedimentos.

Quando os alunos resolverem todos os problemas, inicia-se a discussão, em que os estudantes vão trocar resultados sobre suas experimentações. O professor media a discussão, sempre interessado em resgatar os conhecimentos que os estudantes adquiriram na atividade. Além disso, o professor deve comandar um ambiente de respeito, para que as argumentações e pontos de vista possam ser debatidos em harmonia. No final, o que deve prevalecer é o espírito científico.

Ao final, espera-se que os estudantes estejam satisfeitos com as descobertas. A mudança de paradigma, do tradicional para o investigativo, é uma experiência desafiadora para o professor, mas é infinitamente mais transformadora para os estudantes. A contextualização, a experimentação, a argumentação e a interação social são essenciais para a aprendizagem e devem ser os alicerces primordiais para o futuro do ensino de Ciências. Assim, há uma esperança para o desafio que é ensinar (e aprender) Física nas escolas de Ensino Básico no Brasil.

Bibliografia

3EUNICAMP. *Dispositivo: Conhecendo as partes do Arduino Uno*. Disponível em: <<https://3eunicamp.com/arduino-entenda-mais-sobre-essa-versatil-plataforma/>>. Acesso em: 07 nov. 2022.

AGÊNCIA BRASIL. *Quarentena poderá aumentar consumo residencial de água e energia*. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2020-04/quarentena-podera-aumentar-consumo-residencial-de-agua-e-energia#:~:text=O%20isolamento%20social%2C%20adotado%20como,%C3%A1gua%20e%20de%20energia%20el%C3%A9trica.>> Acesso em: 26 nov. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *ANEEL apresenta Energia do Dia a Dia: Use a energia com inteligência*. Brasília, 2013. 28 p.

ALVES, R. et al. Embalagens plásticas e de vidro para produtos farmacêuticos: avaliação das propriedades de barreira à luz. *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada*, v. 29, n. 2, p. p. 169–180, 2008.

AMAZON. *Lâmpada LED 20 W branca bivolt Lorenzetti*. Disponível em: <<https://www.amazon.com.br/LAMPADA-LED-BRANCA-BIVOLT-LORENZETTI/dp/B0864KMV56>>. Acesso em: 26 nov. 2022.

ARANTES, L. J. Avaliando a aprendizagem do conceito de energia no ensino médio usando a tri. *Dissertação (mestrado profissional)– Universidade Federal de Lavras, Lavras*, p. 156 f, 2016.

ARDUINO. *What is Arduino?* Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 07 nov. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5413: Iluminância de interiores*. Rio de Janeiro, 1992. 13 p.

ATCHISON, D.; SMITH, G. *Optics of the Human Eye*. [S.l.]: Butterworth-Heinemann, 2000. 288 p. ISBN 978-0-7506-3775-6.

BACICH, L.; NETO, A. T.; TREVISANI, F. de M. *Ensino Híbrido: Personalização e Tecnologia na Educação*. Porto Alegre: Penso Editora Ltda, 2015. ISBN 978-85-8429-049-9.

BARBOSA, J. P. V.; BORGES, A. T. O entendimento dos estudantes sobre energia no início do ensino médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 23, n. 2, p. p. 182–217, 2006.

BARROS, P. M. Construção de uma unidade de ensino potencialmente significativa sobre conceitos da eletrodinâmica. *Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade de Brasília. Instituto de Física. Programa de Pós Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Física*, Brasília, p. 141 f., 2015.

- BEZERRA, P. Prólogo do tradutor. In: LIVRARIA MARTINS FONTES EDITORA LTDA. *A construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo, 2001.
- BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B. O gostar e o aprender no ensino de física: Uma proposta metodológica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 24, n. 2, p. 194–223, 2007.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, p. p. 291–313, 2002.
- CARVALHO, A. M. P. de. O ensino de ciencias e a proposição de sequencias de ensino investigativas. *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula* — Cengage, São Paulo, CENGAGE, n. São Paulo, p. 1–20, 2013.
- CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 3, p. p. 765–794, 2018.
- CARVALHO, A. M. P. de; SASSERON, L. H. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: A proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 3, p. pp.333–352, 2008.
- CASA DO RESISTOR(CANAL DO YOUTUBE). *Aula 04 de eletricidade - Viagem na Eletricidade - Corrente Alternada - Casa do Resistor*. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=q8u58st1AuU&t=23s>>. Acesso em: 26 nov. 2022.
- CASA DO RESISTOR(CANAL DO YOUTUBE). *Aula 05 de eletricidade - Viagem na Eletricidade - A Arte de Cortar os Fios em Quatro - Casa do Resistor*. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=vOd9imqTApS>>. Acesso em: 26 nov. 2022.
- CASTORINA, J. A. O debate piaget-vygotsky- a busca de um critério para sua avaliação. In: ÁTICA. *Piaget Vygotsky: Novas Contribuições Para o Debate*. São Paulo, 2000. v. 6ª edição.
- CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; MOLISANI, E. Física com arduino para iniciantes. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 4, p. 4503, 2011.
- COLE, M. The zone of proximal development: where culture and cognition create each other. In: PRESS SYNDICATE OF THE UNIVERSITY OF CAMBRIDGE. *Culture, communication, and cognition: Vygotskian perspectives*. São Paulo, 1985.
- COSTA, Y. S. Uso de experimentos didáticos como mediadores da aprendizagem numa escola pública de maceió-al. *Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Física. Programa de Pós Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Física*, Maceió, p. 66 f, 2017.
- DIAS, A. C. G.; BARLETTE, V. E.; MARTINS, C. A. G. A opinião de alunos sobre as aulas de eletricidade: Uma reflexão sobre fatores intervenientes na aprendizagem. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 4(1), p. pp.107–117, 2009.
- DRIVE DE JÚLIO. *Link para Arquivos da Bancada Experimental e Resultados da Sequência Didática referentes à dissertação de Sousa, J.F.S. (2022)*. Disponível em: <<https://m5.gs/NDVqdX>>. Acesso em: 07 nov. 2022.

DRIVER, R. et al. *Making Sense of Secondary Science: Research into children's ideas*. New York, USA: Routledge, 1994. 224 p. p. ISBN ISBN-10: 0415097657; ISBN-13: 978-0415097659.

EXTRA GLOBO. *Lâmpadas LED geram economia de até 85 em relação às incandescentes. Entenda*. Disponível em: <<https://extra.globo.com/economia-e-financas/lampadas-led-geram-economia-de-ate-85-em-relacao-as-incandescentes-entenda-25551472.html>>. Acesso em: 26 nov. 2022.

FILIFELOP. *Sensor de Luz BH1750FVI Lux*. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-luz-bh1750fvi-lux/>>. Acesso em: 07 nov. 2022.

GASPAR, A. *Atividades Experimentais no Ensino de Física: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski*. São Paulo: LF Editorial, 2014. (Coleção contextos da ciência). ISBN 978-85-7861-247-4.

GONÇALVES, A. C. Seqüencia didática para aulas experimentais voltadas ao ensino de circuitos elétricos. *Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade de Brasília. Instituto de Física. Programa de Pós Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Física*, Brasília, p. 152 f., 2018.

GRIFFITHS, D. J. *Eletrodinâmica*. São Paulo: Pearson Universidades. 3ª edição., 2010. 420 p. ISBN ISBN-10: 8576058863; ISBN-13: 978-8576058861.

GUADAGNINI, P. H.; ROCHA, F. S. da; BARLETTE, V. E. Material suplementar para: Um medidor de luminosidade com módulo sensor integrado e aquisição automática de dados com aplicações didáticas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 41, n. 3, 2019.

GUADAGNINI, P. H.; ROCHA, F. S. da; BARLETTE, V. E. Um medidor de luminosidade com módulo sensor integrado e aquisição automática de dados com aplicações didáticas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 41, n. 3, p. e20180294, 2019.

HAAG, R.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de física? *Física na Escola*, v. 6, n. 1, 2005.

INSTITUTO DE FÍSICA. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS). *O espectro da lâmpada fluorescente*. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/fis2004/arquivos/espectro_lamp_fluoresc.htm>. Acesso em: 26 nov. 2022.

LABURÚ, C. E.; GOUVEIA, A. A.; BARROS, M. A. Estudo de circuitos elétricos por meio de desenhos dos alunos: Uma estratégia pedagógica para explicitar as dificuldades conceituais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 26, n. 1, p. p. 24–47, 2009.

MANUAL DO MUNDO (CANAL DO YOUTUBE). *Descrição. Canal Manual do Mundo*. Disponível em: <<https://www.youtube.com/@manualdomundo/about>>. Acesso em: 26 nov. 2022.

MARMO, C. N.; FERRER, L. C. *Ensino Fundamental 2. Física 9º ano. Caderno 3*. São Paulo: Somos Sistema de Ensino, 2019. ISBN 978-85-468-1850-1.

MARTINAZZO, C. A. et al. Arduino: uma tecnologia no ensino de física. *Perspectiva*, Erechim, v. 38, n. 143, p. 21–30, 2014.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. *Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base*. Brasília, 2018. 600 p.

- MOREIRA, M. A. A teoria da mediação de vygotsky. In: EDITORA PEDAGÓGICA E UNIVERSITÁRIA. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo, 1999.
- MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de física. *ESTUDOS AVANÇADOS*, v. 32, n. 94, 2018.
- MOREIRA, M. M. P. C. et al. Contribuições do arduino no ensino de física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 35, n. 3, p. p. 721–745, 2018.
- MOTOKANE, M. T. Argumentação e atividades argumentativas. In: EDITORA CRV. *Sequências de Ensino Investigativas para o ensino de Ciências*. Curitiba, 2020. v. 1.
- MUNDO DA ELÉTRICA. *Como usar alicate amperímetro? Tudo que você precisa saber!* Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/como-usar-aliceate-amperimetro-tudo-que-voce-precisa-saber/>>. Acesso em: 07 nov. 2022.
- MUNDO PROJETADO. *I2C protocolo de comunicação*. Disponível em: <<https://mundoprojetado.com.br/i2c/>>. Acesso em: 07 nov. 2022.
- OLHAR DIGITAL. *EUA: PCs gamers são banidos em 5 estados por alto consumo de energia*. Disponível em: <<https://olhardigital.com.br/2021/07/29/videos/eua-pcs-gamers-sao-banidos-em-5-estados-por-alto-consumo-de-energia/>>. Acesso em: 26 nov. 2022.
- OLIVEIRA, M. B. de et al. O ensino híbrido no brasil após pandemia do covid-19. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 7, n. 1, p. p. 918–932, 2021. ISSN 2525-8761.
- PACCA, J. L. A. et al. Corrente elétrica e circuito elétrico: Algumas concepções do senso comum. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 20, n. 2, p. p. 149–165, 2003.
- PASCOAL, M. R. A. Física no ensino fundamental: Uma proposta de sequência didática sobre circuitos elétricos. *Dissertação de Mestrado apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - polo 09 UFERSA - Universidade Federal Rural do Semi-Árido*, Mossoró, p. 92 f, 2016.
- PENA, F. L. A.; FILHO, A. R. Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais da área (1971-2006). *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 9, n. 1, 2009. ISSN 1806-5104.
- PEREIRA, A. P. de; JUNIOR, P. L. Implicações da perspectiva de wertsch para a interpretação da teoria de vygotsky no ensino de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 31, n. 3, p. p. 518–535, 2014.
- PEREIRA, M. V.; MOREIRA, M. C. do A. Atividades prático-experimentais no ensino de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 34, n. 1, p. p. 265–277, 2017.
- PHET INTERACTIVE SIMULATIONS - CU UNIVERSIDADE DE COLORADO BOULDER. *Phet Colorado: Kit para Montar Circuito DC*. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc>. Acesso em: 26 nov. 2022.
- PROCELINFO. *Procel: Dicas de Economia de Energia*. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BE6BC2A5F-E787-48AF-B485-439862B17000%7D>>. Acesso em: 26 nov. 2022.

RAMALHO, F.; SOARES, P. T.; G.FERRARO, N. *Os Fundamentos da Física. Eletricidade, Introdução à Física Moderna e Análise Dimensional - Volume 3*. São Paulo: Moderna. 9ª Edição, 2007. 520 p. ISBN-10: 8516056597; ISBN-13: 978-8516056599.

RANGEL, C. S. Uma intervenção didática diferenciada sobre conservação de energia e a atitude dos alunos frente ao ensino de física. *Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. Programa de Pós Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Física*, Campos dos Goytacazes, RJ, p. 120 f., 2017.

RETEC JR. *A eficiência dos diferentes tipos de lâmpadas e quanto cada uma impacta na conta de energia*. Disponível em: <<https://www.retecjr.com/single-post/2017/12/06/a-efici%C3%A2ncia-dos-diferentes-tipos-de-l%C3%A2mpadas-e-quanto-cada-uma-impacta-na-conta-de-energ>>. Acesso em: 26 nov. 2022.

REVISTA POTÊNCIA. *Ducha eletrônica economiza energia?* Disponível em: <<https://revistapotencia.com.br/eletricista-consciente/dicas-profissionais/ducha-eletronica-economiza-energia/>>. Acesso em: 26 nov. 2022.

RODRIGUES, B. A.; BORGES, A. T. O ensino de ciências por investigação: Reconstrução histórica. *XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, Curitiba, 2008.

ROHM SEMICONDUCTOR. *Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC*. Disponível em: <https://www.wemos.cc/en/latest/_static/files/bh1750fvi-tr.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2022.

SANTOS, A. B. dos et al. Energia e suas transformações: uma discussão utilizando um experimento atrativo. *XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA*, 2007.

SANTOS, L. R. dos; MIANUTTI, J. Concepções prévias sobre o conceito de energia: Análise de uma experiência didática realizada com alunos do 9º ano do ensino fundamental. *Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia (VI SINECT)*, 2018.

SASSERON, L. H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*, p. 41–62, 2013.

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: EDITORA CRV. *Sequências de Ensino Investigativas para o ensino de Ciências*. Curitiba, 2020. v. 1.

SEDANO, L. Ciências e leitura: um encontro possível. *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*, p. 77–98, 2013.

SIRGADO, A. P. O social e o cultural na obra de vigotski. *Educação Sociedade*, ano XXI, n. 71, 2000.

SOARES, D. A. Micro usina solar e o efeito fotovoltaico para alunos do terceiro ano do ensino médio. *Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade de Brasília. Instituto de Física. Programa de Pós Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Física*, Brasília, p. 95 f., 2018.

SOUZA, A. R. de et al. A placa arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo pc. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, p. 1702, 2011.

TERRA. *Automação residencial traz até 30 de economia na conta de energia.* Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/dino/automacao-residencial-traz-ate-30-de-economia-na-conta-de-energia,4bae74f34608cc613852d89f69427e6ch226v9ui.html#:~:text=Automa%C3%A7%C3%A3o%20residencial%20traz%20at%C3%A9%2030%25%20de%20economia%20na%20conta%20de%20energia,-13%20jun%202018&text=O%20alto%20consumo%20de%20energia,%C3%A9%20grande%20aliada%20nessa%20batalha.>> Acesso em: 26 nov. 2022.

TILT UOL. *Ar-condicionado aumenta muito a conta de luz; veja se vale a pena para você.* Disponível em: <<https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2020/10/01/ar-condicionado-aumenta-muito-a-conta-de-luz-veja-se-vale-a-pena-para-voce.htm>>. Acesso em: 26 nov. 2022.

VIGOTSKI, L. S. *A CONSTRUÇÃO DO PENSAMENTO E DA LINGUAGEM*. São Paulo: Livraria Martins Fontes Editora Ltda, 2001. ((Psicologia e pedagogia), 15). ISBN 85-336-1361-X.