

**MNPEF**

Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

**EDNARDO LUIZ AMARANTE DOS SANTOS**

**PROPOSTA DE ENSINO DOS CONCEITOS DE CORRENTE ELÉTRICA,  
RESISTÊNCIA ELÉTRICA E POTÊNCIA ELÉTRICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA  
MEDIADA POR UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA**

**TERESINA  
2022**

**EDNARDO LUIZ AMARANTE DOS SANTOS**

**PROPOSTA DE ENSINO DOS CONCEITOS DE CORRENTE ELÉTRICA,  
RESISTÊNCIA ELÉTRICA E POTÊNCIA ELÉTRICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA  
MEDIADA POR UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA**

Dissertação de Mestrado/Produto Educacional apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física MNPEF - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí (UFPI) como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

**Linha de Pesquisa:** Recursos didáticos para o Ensino de Física.

**Orientador(a):** Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho.

**TERESINA  
2022**

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Sistema de Bibliotecas da UFPI – SIBi/UFPI  
Biblioteca Setorial do CCN

S237p Santos, Ednardo Luiz Amarante dos.  
Proposta de ensino de conceitos de corrente elétrica, resistência elétrica e potência elétrica na educação básica mediada por uma sequência de ensino investigativa / Ednardo Luiz Amarante dos Santos. – 2022.  
149 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências da Natureza, Pós-Graduação em Ensino de Física, Teresina, 2022.  
“Orientador: Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho”.

1. Física – Estudo e Ensino. 2. Eletrodinâmica. 3. Teoria Histórico-cultural - Vygotsky. I. Barbosa Filho, Francisco Ferreira. II. Título.

CDD 530.7



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**  
**PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFPI**  
e-mail: mnpef@ufpi.edu.br

**ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**  
**DE EDNARDO LUIZ AMARANTE DOS SANTOS**

Às nove horas do dia trinta e um de março de dois mil e vinte e dois, reuniu-se na sala virtual da plataforma Google Meet, <https://meet.google.com/wzk-bjwd-viy>, a Comissão Julgadora da dissertação intitulada "PROPOSTA DE ENSINO DOS CONCEITOS DE CORRENTE ELÉTRICA, RESISTÊNCIA ELÉTRICA E POTÊNCIA ELÉTRICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA MEDIADA POR UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA" da discente Ednardo Luiz Amarante dos Santos, composta pelos professores Francisco Ferreira Barbosa Filho (orientador, UFPI), Hilda Mara Lopes Araújo (UFPI) e Renato Germano Reis Nunes (UFPA), para a sessão de defesa pública do citado trabalho, requisito para a obtenção do título Mestre em Ensino de Física. Abrindo a sessão o Orientador e Presidente da Comissão, Prof. Francisco Ferreira Barbosa Filho, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da defesa da Dissertação, passou a palavra ao discente para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos membros da Comissão Julgadora e respectiva defesa do discente. Nesta ocasião foram solicitadas correções no texto escrito, as quais foram acatadas de imediato. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do aluno e do público, para julgamento e expedição do resultado final. O aluno foi considerado APROVADO, por unanimidade, pelos membros da Comissão Julgadora, à sua dissertação. O resultado foi então comunicado publicamente ao discente pelo Presidente da Comissão. Registrando que a confecção do diploma está condicionada à entrega da versão final da dissertação à CPG após o prazo estabelecido de 60 dias, de acordo com o artigo 39 da Resolução No 189/07 do CONSELHO DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO DA UFPI. Nada mais havendo a tratar, o Presidente da Comissão Julgadora deu por encerrado o julgamento que tem por conteúdo o teor desta Ata que, após lida e achada conforme, será assinada por todos os membros da Comissão para fins de produção de seus efeitos legais. Teresina-PI, 31 de março de 2022.

*Prof. Francisco Ferreira Barbosa Filho*

*Profa. Hilda Mara Lopes Araújo*

*Prof. Renato Germano Reis Nunes*

Dedico este trabalho a Deus, à minha família,  
aos meus professores e a todos que me  
ajudaram a chegar até aqui.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me ter me dado a capacidade física, emocional e mental para a conclusão desta dissertação e por ser o meu sustentador e refúgio bem presente durante toda essa trajetória.

À minha esposa Marluce Miranda Amarante dos Santos, por me motivar e me ajudar nos momentos em que eu queria desistir.

Ao meu filho Emanuel Miranda Amarante dos Santos, por ser minha válvula de escape nos momentos difíceis, seja quando jogávamos videogame ou quando ele gentilmente me abraçava.

À minha mãe Creusa Amarante dos Santos, por ter me proporcionado estudar ao ponto de chegar até este momento.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF), por possibilitar a minha capacitação profissional através do Programa de Pós-Graduação MNPEF, me fazendo ver a educação com um novo olhar e com novas perspectivas acerca da minha prática pedagógica.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro com código de financiamento 001.

Ao meu orientador, prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho, que acreditou em mim e não permitiu que eu desistisse no início desta jornada e que me auxiliou para a conclusão desta dissertação.

Aos docentes do MNPEF/UFPI, por todo conhecimento compartilhado e por contribuírem com a nossa formação profissional.

Ao prof. Dr. Neuton Alves de Araújo, pelo aprendizado, companheirismo, por ter sido um exemplo de professor, me fazendo refletir acerca da prática pedagógica e me incentivando a cada dia ser um professor melhor.

Aos meus colegas de jornada da turma 2019 do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, pela amizade desenvolvida e pelos momentos de aprendizagem e descontração.

Aos meus colegas de trabalho, prof. Joycenildo Franco e Prof. Francisco Silva, gestores do Centro de Ensino Jansen Veloso, por serem compreensivos nos momentos em que precisei estar ausente na escola.

Aos meus alunos que aceitaram participar como colaboradores dessa pesquisa, mesmo com as limitações de internet.

[...] para dar aos simples prudência e aos jovens, conhecimento e bom siso. Ouça o sábio e cresça em prudência; e o instruído adquira habilidade para entender provérbios e parábolas, as palavras e enigmas dos sábios. O temor do Senhor é o princípio do saber [...] (BÍBLIA, 1999, p. 439, Pv 1. 4 -7a).

## RESUMO

Este estudo tem como tema o ensino dos conceitos de corrente elétrica, resistência elétrica e potência elétrica direcionado à Educação Básica com mediação de uma sequência de ensino investigativa, tendo como base a teoria Histórico-Cultural de Vygotsky nos seus aspectos mediação e interação social. Diante disso, centraliza-se esforço e empenho em busca de uma possível resposta ao problema deste estudo: Como uma sequência de ensino investigativa, enquanto ferramenta mediadora, poderá contribuir na aprendizagem dos conteúdos de Eletrodinâmica? A respeito desta problemática, delimitamos como objetivo geral desta pesquisa: Utilizar uma sequência de ensino investigativa, enquanto ferramenta mediadora, com o propósito de contribuir na apropriação e consequente aprendizagem dos conteúdos de eletrodinâmica. Considerando os pressupostos da Teoria Histórico-Cultural de Vygotsky em seus aspectos mediação e interação social, o tipo de pesquisa adotada neste trabalho foi a qualitativa e explicativa. Os participantes da pesquisa foram alunos da 3ª série do ensino médio de uma escola pública estadual no município de Pio XII-MA, escola esta, com o nome de Centro de Ensino Jansen Veloso. Foram realizados 7 encontros formativos para a aplicação e desenvolvimento dos elementos (atividades) que compõem a sequência de ensino investigativa que é definida como um conjunto de atividades investigativas sobre um tema, organizadas e integradas de forma coerente com a finalidade de oportunizar ao estudante questionar, argumentar e participar com discussões na construção do conhecimento. Neste trabalho foram produzidos instrumentos com a preocupação da adequação aos objetivos da pesquisa, a saber, questionários para a captação de dados e concomitantemente em todo o processo, foi utilizado a técnica de observação participante e, também, o registro de todos os eventos por meio de um diário de campo (anotações do pesquisador). Para a análise de dados, definimos para esta pesquisa, um conjunto de técnicas de análise fundamentada na Análise de conteúdo em Bardin. Em linhas gerais, no tocante à aplicação e desenvolvimento das aulas com o uso da sequência de ensino, consideramos que, foi satisfatório as contribuições que este material proporcionou para uma melhor interação entre os alunos e alunos/professor, sobretudo, porque, favoreceu as discussões e permitiu frequentes feedbacks com relação às explicações das situações e fenômenos envolvendo a eletricidade, contribuindo para uma compreensão dos participantes que foi além dos conteúdos contemplados na sequência de ensino investigativa. Com relação a aceitação dos alunos, inferimos, a partir de relatos dos mesmos, que atividades como esta, deveriam ser mais desenvolvidas pelos professores, independentemente do componente curricular que lecionam. Desde que, sejam feitas as adequações ou adaptações necessárias para cada situação de ensino.

**Palavras-chave:** Eletrodinâmica; Teoria Histórico-Cultural; Sequência de Ensino Investigativa.

## ABSTRACT

This study has as its theme the teaching of the concepts of electric current, electric resistance and electric power aimed at Basic Education with the mediation of an investigative teaching sequence, based on Vygotsky's Historical-Cultural theory in its aspects of mediation and social interaction. In view of this, effort and commitment are centralized in search of a possible answer to the problem of this study: How can an investigative teaching sequence, as a mediating tool, contribute to the learning of Electrodynamics subjects? Regarding this problem, we delimited as general objective of this research: To use an investigative teaching sequence, as a mediating tool, with the purpose of contributing to the appropriation and consequent learning of electrodynamics subjects. Considering the assumptions of Vygotsky's Cultural-Historical Theory in its aspects of mediation and social interaction, the type of research adopted in this work was qualitative and explanatory. The research participants were students of the 3rd grade of high school at a state public school in the city of Pio XII-MA, this school, with the name of Centro de Ensino Jansen Veloso. 7 training meetings were held for the application and development of the elements (activities) that make up the investigative teaching sequence, which is defined as a set of investigative activities on a topic, organized and integrated in a coherent way with the purpose of giving the student the opportunity to question, to argue and participate with discussions in the construction of knowledge. In this work, instruments were produced with the concern of adequacy to the objectives of the research, namely, questionnaires for the capture of data and concomitantly in the whole process, the technique of participant observation was used and, also, the recording of all events through from a field diary (researcher's notes). For data analysis, we defined for this research, a set of analysis techniques based on Content Analysis in Bardin. In general terms, regarding the application and development of classes using the teaching sequence, we consider that the contributions that this material provided for a better interaction between students and students/teacher were satisfactory, mainly because it favored discussions and allowed frequent feedbacks regarding the explanations of situations and phenomena involving electricity, contributing to an understanding of the participants that went beyond the contents covered in the investigative teaching sequence. Regarding the acceptance of students, we inferred, from their reports, that activities like this should be more developed by teachers, regardless of the curricular component they teach. Provided that the necessary adjustments or adaptations are made for each teaching situation.

**Keywords:** Electrodynamics; Historical-Cultural Theory; Investigative Teaching Sequence.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo de representação do fluxo de elétrons em um condutor submetido a uma ddp provocado por uma fonte de tensão .....	32
Figura 2 – Aplicação de medicamento com o método da iontoforese .....	35
Figura 3 – (a) Gráfico de um condutor ôhmico, um resistor de 1000 $\Omega$ e (b) gráfico de um condutor não ôhmico, um diodo de junção pn .....	37
Figura 4 – Representação de um recorte de um fio condutor cilíndrico .....	38
Figura 5 – Circuito simples com resistor e fonte de fem .....	42
Figura 6 – (a) Resistores com resistências diferentes e (b) código de cores de um resistor de 150 $\Omega$ .....	43
Figura 7 – Circuito de malha única com dois resistores em série .....	44
Figura 8 – Circuito de dupla malha com dois resistores em paralelo .....	45
Figura 9 – A bateria B fornece ao circuito que contém um dispositivo elétrico uma ddp que é a própria fem .....	47
Figura 10 – Imagem referente à figura 4 da atividade prática .....	94
Figura 11 – Imagem referente à figura 5 da atividade prática .....	96
Figura 12 – Imagem referente ao quarto passo da atividade prática .....	97
Figura 13 – Imagem referente à figura 6 da atividade prática .....	99
Figura 14 – Imagem referente à figura 7 da atividade prática .....	100
Figura 15 – Imagem referente ao sétimo da atividade prática .....	102

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Cronograma de aplicação do produto educacional .....	68
Quadro 2 – Respostas dos alunos ao 1º questionamento.....	73
Quadro 3 – Respostas dos alunos ao 2º questionamento.....	74
Quadro 4 – Respostas dos alunos ao 3º questionamento.....	76
Quadro 5 – Respostas dos alunos ao 4º questionamento.....	77
Quadro 6 – Respostas dos alunos ao 5º questionamento.....	78
Quadro 7 – Respostas dos alunos ao 6º questionamento.....	80
Quadro 8 – Respostas dos alunos ao 7º questionamento.....	82
Quadro 9 – Desenhos dos alunos relativos ao 8º questionamento .....	83
Quadro 10 – Respostas dos alunos à 1ª questão .....	89
Quadro 11 – Respostas dos alunos à 2ª questão .....	91
Quadro 12 – Respostas dos alunos à 3ª questão .....	92
Quadro 13 – Respostas dos alunos à 1ª pergunta .....	95
Quadro 14 – Respostas dos alunos à 2ª pergunta .....	96
Quadro 15 – Respostas dos alunos à 3ª pergunta .....	97
Quadro 16 – Respostas dos alunos à 4ª pergunta .....	99
Quadro 17 – Respostas dos alunos à 5ª pergunta .....	100
Quadro 18 – Respostas dos alunos à 6ª pergunta .....	102

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resistividade e coeficientes térmicos de alguns materiais condutores representativos.....	40
Tabela 2 – Calibres, diâmetros e áreas de fios definido pela AWG .....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
LDB	Lei das Diretrizes e Bases da educação nacional
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
SEI	Sequência de Ensino Investigativa
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO: CONCEITOS NECESSÁRIOS PARA A FORMAÇÃO DO EDUCANDO .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 O ensino dos conceitos de corrente elétrica, resistência elétrica e potência elétrica no nível médio .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 Um breve histórico da eletricidade .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3 Grandezas físicas em Eletrodinâmica .....</b>	<b>31</b>
2.3.1 Corrente elétrica .....	32
2.3.2 Resistência elétrica .....	36
2.3.3 Circuito elétrico de Corrente Contínua (CC) .....	41
2.3.4 Potência e energia nos dispositivos elétricos .....	47
<b>3 INTERAÇÃO SOCIAL MEDIADA POR UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA NO ENSINO BÁSICO.....</b>	<b>49</b>
<b>3.1 Reflexões sobre interação social e mediação segundo a teoria Histórico-Cultural.....</b>	<b>49</b>
<b>3.2 Possibilidades quanto ao uso da sequência de ensino investigativa no contexto do ensino da Eletrodinâmica .....</b>	<b>52</b>
<b>4 TRAJETÓRIA DELINEADA PARA A PESQUISA: REFLEXÕES METODOLÓGICAS .....</b>	<b>57</b>
<b>4.1 Caracterização da Pesquisa .....</b>	<b>57</b>
<b>4.2 Campo Empírico da Pesquisa .....</b>	<b>60</b>
<b>4.3 Participantes/cooperadores da Pesquisa .....</b>	<b>60</b>
<b>4.4 Técnicas e Instrumentos de Produção de Dados.....</b>	<b>61</b>
<b>4.5 Procedimentos de Análise de Dados.....</b>	<b>64</b>
<b>4.6 Produto Educacional.....</b>	<b>67</b>
<b>5 DAS CONCEPÇÕES DO SENSO COMUM A POSSÍVEIS MUDANÇAS CONCEITUAIS: ANÁLISE E INFERÊNCIA DOS DADOS EMPÍRICOS .....</b>	<b>70</b>
<b>5.1 Concepções alternativas dos alunos a respeito dos conteúdos considerados .....</b>	<b>71</b>
<b>5.2 Reflexões acerca das hipóteses apresentadas pelos alunos aos questionamentos da atividade prática filmada no sentido de observar se houve aplicação da teorização dos conteúdos .....</b>	<b>88</b>

<b>5.3 Avaliação do processo no contexto da utilização da sequência de ensino investigativa buscando mudanças conceituais significativas .....</b>	<b>103</b>
<b>6 PONDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>108</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>111</b>
<b>APÊNDICE A – SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA (PRODUTO EDUCACIONAL) .....</b>	<b>114</b>
<b>APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....</b>	<b>145</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A prática docente com o passar dos anos vem se tornando uma tarefa cada vez mais desafiadora no que diz respeito a eficácia dos métodos e técnicas de ensino que vem sendo empregados nos diversos ambientes escolares.

A experiência da prática docente durante pouco mais de uma década, proporcionou observar a frequente dificuldade que os alunos apresentam de aprender e de se apropriar das habilidades necessárias para o domínio de conhecimentos que os auxiliarão em situações-problema que enfrentarão nas diversas tarefas executadas no seu convívio social, sobretudo, naquelas relacionadas às áreas tecnológicas.

Particularmente, destaca-se a dificuldade deles em compreenderem as relações de aplicabilidade em seu meio social dos conceitos de Eletrodinâmica, a citar em específico, os conteúdos de corrente elétrica, resistência elétrica e potência elétrica.

Nesse sentido, ao longo desses 10 anos de experiência docente, observa-se que essa dificuldade está associada à falta de uma abordagem com mais significado no ensino de conteúdos da Eletrodinâmica de forma a relacionar a realidade social dos alunos com o conteúdo escolar.

Diante desse cenário, é necessário fazer uma reflexão sobre os mecanismos da aprendizagem como processo psicológico para que possamos compreender e superar algumas dificuldades nesse processo ao estruturar as situações de aprendizagens situando-as no contexto social dos alunos.

O Ensino de Física hoje, segundo os PCN (BRASIL, 1999), deve estar voltado para o fato de que o aluno possa intervir e criar meios para que o mundo ao seu redor seja melhorado e/ou transformado para melhor atender às suas necessidades em meio à interação social.

Deve-se buscar um ensino mais social, e isso requer em muitos momentos uma retrospectiva histórica acerca dos conhecimentos tratados no sentido de provocar no aluno a percepção de que as ideias, leis e teorias não surgem do nada, pelo contrário, são construídas e aperfeiçoadas através dos séculos.

Para isso, deve-se pensar e desenvolver estratégias no sentido de motivar o aluno a construir seu conhecimento tomando como ponto de partida os conceitos e princípios físicos estabelecidos valendo-se de uma busca por uma aprendizagem verdadeiramente eficaz.

Nessa direção, a BNCC (BRASIL, 2018, p. 537), traz para o ensino de Ciências da Natureza, sendo a Física uma de suas componentes curriculares, os objetivos,

[...] construção de uma base de conhecimentos contextualizada, que prepare os estudantes para fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas, bem como fazer uso criterioso de diversas tecnologias.

[...] se comprometer, assim como as demais, com a formação dos jovens para o enfrentamento dos desafios da contemporaneidade, na direção da educação integral e da formação cidadã. Os estudantes, com maior vivência e maturidade, têm condições para aprofundar o exercício do pensamento crítico, realizar novas leituras do mundo, com base em modelos abstratos, e tomar decisões responsáveis, éticas e consistentes na identificação e solução de situações-problema.

Diante do que regulamenta o Ensino de Física no nível médio, faz-se necessário por parte dos professores uma pesquisa e um estudo no sentido de buscar diversificar a metodologia empregada na condução do conhecimento, procurando conhecer e manusear novos recursos na intenção de melhorar a prática docente.

Nesse sentido, deve-se buscar formas diferentes de lidar com as situações que são apresentadas e sair da zona de conforto no que diz respeito ao ensino. Vivemos em uma sociedade mergulhada na informação que a todo instante é bombardeada pelos diferentes meios de comunicação através de aparelhos que estão ao alcance das mãos, como: os smartphones, tablets e outros.

A aprendizagem deve ser entendida como uma cultura orientada para reproduzir conhecimentos que devem dar passagem para o desenvolvimento da compreensão, da análise crítica e da reflexão daquilo que se faz e produz com o fim de internalizar conhecimentos que formam e reconstroem novas estruturas cognitivas (POZO, 2008).

Neste enfoque, procura-se abordar para este trabalho, o construtivismo, teoria da aprendizagem por reestruturação dos saberes por considerar que a nova informação interage com algum conhecimento prévio construindo modelos que interprete a informação recebida.

Isso difere da concepção racionalista, onde o ser humano já teria uma estrutura psicológica condicionada a uma bagagem hereditária e a aprendizagem seria apenas uma consolidação da mesma. O ser humano, enquanto ser aprendiz, é dotado de estrutura cognitiva e a interação entre o ensino e a aprendizagem se dá por processos

psicológicos, surge disso, a necessidade de se adotar uma teoria psicológica da aprendizagem.

Para o que se pretende como produto final será levado em consideração a construção do conhecimento pela aquisição de novas informações condicionadas aos conhecimentos prévios dos alunos. Mas, deve-se lembrar que, não é resumir o modelo construtivista ao simples emprego de conhecimentos prévios.

A aprendizagem deve ser real, isto é, deve provocar de fato mudanças que permitam uma análise qualitativa e não quantitativa dos resultados. É verdadeiramente entender o significado das respostas para produzir novas soluções, sair do plano da reprodução mecânica para um comportamento reflexivo e consciente do aluno.

Partindo desse pressuposto, devemos nos perguntar, qual seria a melhor forma de ajudar os alunos a se apropriarem de uma determinada informação que na maioria das vezes se apresenta fora de contexto, não proporcionando uma reflexão do motivo pelo qual eles precisam daquela informação?

Este questionamento cabe, quando se percebe que a informação é transmitida de forma implícita, pela exposição prolongada a ela ou de forma explícita, decorativa, pela excessiva repetição dela. No entanto, este processo de aprendizagem por repetição pode ser reproduzido literalmente de forma mais fácil se levar em consideração a influência do significado do material utilizado associando a algum aspecto da vida do aluno, prolongando os efeitos da aprendizagem e tornando-a mais generalizável.

Como afirma Pozo (2008, p. 210), “quanto mais profunda ou significativamente se processa e se aprende um material, mais duradouros e generalizáveis serão seus resultados. Compreender é a melhor alternativa à repetição”.

Nesse sentido, as abordagens escolhidas para o ensino devem priorizar recursos e ferramentas que fomentem a curiosidade do aluno relacionando com aquilo que ele vive e presencia, despertando o seu desejo de ir além neste processo de aprendizagem.

Refletindo sobre uma aprendizagem mais significativa e lembrando dos quatro pilares da educação: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver juntos e aprender a ser, pode-se correlacionar esses saberes com as aprendizagens dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais no sentido de aprimorar os materiais a serem utilizados no ensino.

Os conteúdos conceituais estão relacionados à formação teórica, que compreende a formação intelectual e a estruturação da bagagem de conceitos de um indivíduo, e é a partir deles que o aluno constrói toda uma árvore cognitiva de conhecimentos.

Deve-se a estes conteúdos, o desenvolvimento da capacidade do ser humano de raciocinar, deduzir, reconhecer e operar símbolos, tomar decisões e refletir de forma lógica sobre processos e fenômenos em seus diversos aspectos que ocorrem no seu cotidiano proporcionando a construção do conhecimento.

Sendo assim, os conceitos são instrumentos do conhecimento, que norteiam o aprender a conhecer.

Neste contexto, os conteúdos procedimentais referem-se à prática, ao aprender a fazer, seria o desenvolvimento de técnicas, ferramentas, ou seja, seria a “aprendizagem de estratégias para planejar, tomar decisões e controlar a aplicação das técnicas para adaptá-las às necessidades específicas de cada tarefa.” (POZO, 2008, p. 78).

Atribui-se ainda a estes conteúdos o desenvolvimento de habilidades motoras e de aspectos de caráter profissionalizante no que diz respeito a aquisição por parte dos alunos de procedimentos específicos ao ofício de determinadas profissões.

Os conteúdos procedimentais tornam-se nessa perspectiva, base importante para o pilar aprender a viver juntos, uma vez que, existem procedimentos, processos e projetos que não são produzidos por um único indivíduo e sim por um grupo de pessoas que interagem socialmente e intelectualmente.

Neste conjunto de aprendizagens, inserem-se os conteúdos atitudinais, que são as normas, valores e tradições que um indivíduo adquire ao viver como ser social interagindo com outros, seja individualmente ou em grupos, desenvolvendo comportamentos e atitudes que servirão para constituir seu caráter.

Neste cenário, o aluno se apropria do quarto pilar, o aprender a ser. É através da convivência de valores que o indivíduo torna-se ser pensante de suas próprias atitudes, amadurecendo cognitivamente de forma a contribuir como colaborador na difusão da bagagem cultural socialmente constituída.

Considerando o exposto, fica evidente a adoção de uma postura flexível dos docentes com relação a mudanças nas técnicas e recursos de ensino, não no sentido de substituição, mas na necessidade do contínuo aperfeiçoamento através por exemplo da leitura de literaturas existentes que tratam de novas metodologias para o

Ensino de Física na Educação Básica. Nessa visão, a presente pesquisa traz como **objeto de estudo** o ensino dos conceitos de corrente elétrica, resistência elétrica e potência elétrica direcionado à Educação Básica com mediação de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), tendo como base a teoria Histórico-Cultural de Vygotsky nos seus aspectos mediação e interação social.

Diante disso, centraliza-se esforço e empenho em busca de uma possível resposta ao **problema** deste estudo: Como uma sequência de ensino investigativa, enquanto ferramenta mediadora, poderá contribuir na aprendizagem dos conteúdos de Eletrodinâmica?

A respeito desta problemática, delimitamos como **objetivo geral** desta pesquisa: Utilizar uma sequência de ensino investigativa, enquanto ferramenta mediadora, com o propósito de contribuir na apropriação e consequente aprendizagem dos conteúdos de eletrodinâmica.

Nesse contexto, os **objetivos específicos** que norteiam a presente pesquisa são:

- ✓ Planejar as atividades (elementos) que constituirão a SEI com os conteúdos de corrente elétrica, resistência elétrica e potência elétrica;
- ✓ Utilizar a SEI como ferramenta mediadora para o ensino dos conteúdos, aplicando as atividades que a constitui;
- ✓ Analisar se houve ou não significações produzidas a respeito dos conhecimentos abordados por parte dos alunos da 3ª série do Ensino Médio, com a aplicação da SEI.

A pesquisa foi desenvolvida através da aplicação de um produto educacional intitulado: sequência de ensino investigativa sobre conceitos de corrente elétrica, resistência elétrica e potência elétrica para a educação básica na modalidade de ensino remoto.

Esse produto educacional consiste em um conjunto de atividades planejadas e organizadas de forma a proporcionar aos alunos uma reflexão e instigá-los à investigação sobre fenômenos observados no cotidiano em relação ao tema Eletrodinâmica.

O produto educacional foi aplicado para alunos da 3ª série do Ensino Médio na escola pública estadual Centro de Ensino Jansen Veloso no município de Pio XII – MA.

Esta pesquisa foi classificada como qualitativa e explicativa, utilizando-se como instrumentos de coleta de dados os questionários abertos e simultaneamente em todo o processo foi utilizado a técnica da observação participante com registro das impressões dos alunos em um diário de bordo. Os resultados obtidos na aplicação do produto educacional foram tratados através da técnica de análise de conteúdo em Bardin.

Importa destacarmos que, a compreensão dos conceitos que norteiam os conteúdos de Eletrodinâmica é imprescindível para um viver consciente acerca principalmente do consumo de energia elétrica.

Especificamente sobre o modo de manusear os diversos equipamentos e aparelhos elétricos e eletrônicos de forma a minimizar o desperdício da energia elétrica.

Isso passa pelo reconhecimento e entendimento das grandezas que caracterizam a Eletrodinâmica como, por exemplo, a corrente elétrica, a resistência elétrica, a associação em série e paralelo de condutores, a potência elétrica dos aparelhos e a energia elétrica que eles consomem.

Partindo desse pressuposto, é notório que deve ocorrer a apropriação desses conhecimentos pelos alunos, instigando o professor à busca por meios e instrumentos que possibilitem a estes indivíduos associar o conhecimento apresentado com fenômenos e aplicações no meio onde eles estão inseridos.

Portanto, é proposto uma implementação através do uso da SEI como uma alternativa de recurso didático objetivando preencher lacunas deixadas nesse processo de ensino e aprendizagem.

Considerando o exposto, o texto da dissertação está organizado em seis seções, sendo a primeira, destinada às considerações introdutórias. A segunda seção abordará sobre o Ensino de Física no nível médio com uma reflexão sobre o que orienta os principais documentos oficiais.

Ainda nesta seção, será abordado um breve histórico da eletricidade com destaque ao conhecimento acerca da corrente elétrica. E finalizando a seção, faz-se uma teorização acerca dos conteúdos de corrente elétrica, resistência e potência elétrica estudados em Eletrodinâmica.

A terceira seção é destinada à reflexão sobre as contribuições da mediação segundo a teoria Histórico-Cultural de Vygotsky e na possibilidade do uso da SEI no ensino de Eletrodinâmica no nível médio.

Na quarta seção tratamos dos caminhos metodológicos empregados na pesquisa. Na quinta, especificamos e realizamos a análise dos dados coletados e na sexta e última seção explicitamos as ponderações finais.

## **2 ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO: CONCEITOS NECESSÁRIOS PARA A FORMAÇÃO DO EDUCANDO**

Nesta seção iremos fazer uma reflexão sobre como os principais documentos oficiais orientam a abordagem do ensino de Física, percorrendo também sobre um breve histórico da eletricidade e sobre as grandezas físicas em Eletrodinâmica que fundamentam o trabalho.

### **2.1 O ensino dos conceitos de corrente elétrica, resistência elétrica e potência elétrica no nível médio**

Segundo a legislação (BRASIL, 2017), que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional (LDB), o ensino médio é a etapa final da educação básica e tem como finalidade a consolidação e aprofundamento dos conhecimentos obtidos no ensino fundamental, a preparação para o trabalho e da cidadania visando a formação de forma integral desse educando.

Durante essa etapa de escolarização o educando irá realizar seus estudos em áreas do conhecimento, a saber: linguagens e suas tecnologias, matemática e suas tecnologias, ciências humanas e sociais aplicadas e ciências da natureza e suas tecnologias.

Dentro da área do conhecimento, ciências da natureza, o componente curricular Física, segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+) (BRASIL, 2006), ganha uma nova visão, voltada para a formação de um cidadão protagonista do seu próprio conhecimento, capaz de compreender, intervir e propor estratégias e soluções que visem melhorar as problemáticas da sociedade.

O componente curricular Física deve ser apresentado de tal forma que o educando possa adquirir ao término dessa etapa da educação básica um conjunto de competências que promovam os direitos de aprendizagem e desenvolvimento, e conforme a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018, p. 8), competência

[...] é definida como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho.

As competências que tratam o documento norteador da BNCC reconhecem a educação como a afirmação de valores e estímulos que tragam o bem estar social.

No entanto, essa educação que retrata tantos documentos que regulamentam a educação básica no Brasil, esbarra em alguns problemas, pois o ensino do componente curricular Física, bem como as ciências naturais no Brasil é influenciado pela ausência de prática experimental em decorrência do número insuficiente de aulas, da dependência do livro didático e da falta de formação continuada do professor (PEDRISA, 2001; DIOGO; GOBARA, 2007).

Moreira (2017), afirma que a Física na educação básica no Brasil está em crise, uma vez que, o ensino de física é realizado de forma mecânica, os conteúdos ministrados encontram-se desatualizados, as condições de trabalho são baixas, faltam muitos professores, o currículo não chama mais a atenção do educando e o ensino encontra-se centrado no professor que foca a aprendizagem objetivando a aprovação do educando em provas, sendo assim, a Física passa a ser vista como sendo uma ciência acabada como é apresentada no livro didático.

Diante da busca por tentar sanar as dificuldades durante o processo de ensino e aprendizagem e fazer com que o aluno consiga adquirir as competências em Física ao término da educação básica, têm-se buscado estratégias de ensino que promovam práticas que melhorem o desenvolvimento cognitivo do indivíduo a partir de um ensino mais relevante e com significado. Como observamos nos PCN +,

[...] esse sentido emerge na medida em que o conhecimento de Física deixa de constituir-se em um objetivo em si mesmo, mas passa a ser compreendido como um instrumento para a compreensão do mundo. Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento transforme-se em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir. (BRASIL, 2006, p. 61).

A ação pedagógica deve ser centrada na preocupação de dar significado ao conhecimento, o que deve ser ensinado não pode abstrair da realidade, com vistas a preparar o aluno a solucionar situações novas que se apresentam em seu meio social a partir das competências adquiridas por ele no processo de ensino e aprendizagem (BRASIL, 2006).

Diante deste cenário, os conceitos relacionados a Eletrodinâmica, a citar, corrente elétrica, resistência elétrica, potência elétrica e afins, são fundamentais para

uma formação dos alunos neste nível de escolaridade, uma vez que, a apropriação destes conhecimentos possibilitam uma visão mais ampla em aspectos da sua vida em sociedade que concerne ao uso consciente da energia elétrica ao compreenderem conceitos relacionados à Eletrodinâmica que darão suporte a possíveis análises de funcionamentos de aparelhos ou equipamentos elétricos e eletrônicos.

Neste sentido, pode-se observar que a BNCC (BRASIL, 2018) traz nas competências gerais da Educação Básica, especificamente nas competências 2 e 7, estrita relação com a discussão proposta neste trabalho, uma vez que, o produto educacional proposto exercita a curiosidade intelectual, recorrendo a uma linguagem própria das ciências e por meio de fatos, dados e informações confiáveis fazendo com que os alunos sejam capazes de se apropriar dos conceitos abordados em Eletrodinâmica.

Ainda com relação a esses conceitos, a BNCC traz competências específicas às Ciências da Natureza e suas Tecnologias, que vão de encontro à proposta deste trabalho, a citar, a competência 1, em sua habilidade 6, conforme (BRASIL, 2018, p. 541),

Avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais.

Reforçando tudo isso, acrescenta-se a aquisição de habilidades que os capacitam a escolher qual a melhor opção na compra de determinados aparelhos e a compreenderem a leitura de manuais, permitindo assim, a estes indivíduos a enculturação científica, uma vez que os manuais contemplam uma linguagem técnica.

Além da competência 1, ainda destacamos a competência específica 3 e sua habilidade 8, como norteadora do trabalho, a citar, de acordo com a BNCC,

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

tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos. (BRASIL, 2018, p. 544-545).

Nessa perspectiva, o ensino dos conceitos abrangidos pela Eletrodinâmica deve ser abordado de uma forma que faça sentido para o aluno. Uma possibilidade como apresentação inicial dos conteúdos se traduz em o professor planejar suas aulas voltadas para uma metodologia que mostre ao aluno que a ciência e os conceitos desenvolvidos por ela foram construídos ao longo dos anos e por diferentes protagonistas neste percurso histórico. Essa abordagem contribuirá para que o aluno perceba que o conhecimento não pode ser adquirido de forma linear e que o contexto histórico, social e econômico influencia nesse processo.

Deve-se entender que a Física como conhecemos hoje teve inúmeros personagens que deram sua contribuição para que essa ciência que nasceu da filosofia e da inquietação acerca da busca pela compreensão de fenômenos, sobretudo naturais, sofresse uma profunda evolução e provocasse uma transformação na forma de pensar e viver do ser racional contribuindo para o desenvolvimento social, cultural e tecnológico da sociedade moderna.

## **2.2 Um breve histórico da eletricidade**

O conhecimento é produzido e desenvolvido a partir de uma necessidade humana como explicita Santos (2019, p. 21),

Conforme os pressupostos da Teoria Histórico-Cultural, os conceitos, em geral, são elaborados e desenvolvidos a partir das necessidades que vão emergindo no cotidiano do homem, ou seja, na sua relação com o meio social que se encontra envolvido. Dessa forma, a aprendizagem e desenvolvimento cognitivo dos estudantes só ocorrem na dependência com o seu contexto social, histórico e cultural.

Do exposto, faz-se necessário discorrer sobre uma breve retrospectiva para tomarmos conhecimento de como as ideias e/ou conceitos da eletricidade evoluiu ao longo dos anos.

Até o final do século XVI, ainda não havia uma compreensão significativa a respeito dos fenômenos elétricos e magnéticos. Mas, no início do século XVII, William Gilbert em seu livro *De magnete* publicado em 1600, organizou todas as ideias

relevantes acerca dos fenômenos elétricos e magnéticos, além de contribuir com suas próprias observações sobre os fenômenos. Baseado no termo *elektron*, que os gregos deram ao âmbar, Gilbert nomeou de *elétricos* os corpos que apresentavam o mesmo comportamento do âmbar (seiva vegetal endurecida, a descoberta dos efeitos dessa resina é atribuída ao grego Thales de Mileto no século VI a.C. Ele percebeu que ao ser atritado com retalhos de lã, esta resina atraía pequenos corpos leves) e os que não apresentavam chamou-os de não elétricos.

O seu livro ficou muito conhecido por pessoas influentes na Itália em meados de 1602, e um jesuíta italiano muito erudito Nicolo Cabeo, o estudou a fundo e encontrou possíveis equívocos em seus trabalhos a respeito da origem do comportamento dos corpos ditos “elétricos”. Além disso, percebeu que certos corpos ao tocarem outros eletrizados se afastavam, daí surgindo, a ideia de uma possível *repulsão elétrica*, fato não percebido por Gilbert. No entanto, Cabeo não entendeu tal ocorrência como sendo uma espécie de repulsão, e somente em 1646 é que este fenômeno foi descrito de fato como uma repulsão elétrica por Thomas Brawne (ROCHA, 2002).

Nas observações feitas por Cabeo a respeito dos fenômenos elétricos, infere-se que, a atração elétrica só ocorreria na presença do ar. Como cita Rocha (2002, p. 191, grifo do autor),

Não demorou muito para que alguém resolvesse produzir o vácuo, onde tais hipóteses pudessem ser testadas. As primeiras tentativas foram feitas na *Accademia del Cimento* (Academia de Experimentos), de Florença, por volta de 1667, quando lá foram realizados experimentos para ver “se o âmbar ou outros corpos elétricos requerem o ar como meio para exercerem suas atrações”. Esta academia foi fundada em 1657 pelos discípulos de Galileu e pode ser considerada como antecessora dos nossos modernos institutos de pesquisa, embora tenha durado poucos anos.

Devido a dificuldades em reproduzir um ambiente com vácuo, os experimentos não foram bem sucedidos, no entanto, concluíram que há mutualidade no fenômeno de atração elétrica, fato não percebido por Gilbert em suas observações. Mais tarde por volta de 1675 na Inglaterra, Robert Boyle de posse de uma bomba de vácuo inventada na Alemanha por Otto von Guericke verificou que o fenômeno da atração elétrica ocorre também no vácuo contrastando com a hipótese de Cabeo.

No século XVIII, a eletricidade teve uma novidade com a invenção do gerador eletrostático por atrito para fins de estudos sobre fenômenos eletrostáticos. E este feito, é atribuído ao físico experimental inglês Francis Hauskbee (1660-1713), conforme Rocha (2002, p. 192, grifo do autor),

Há os que atribuem ao físico experimental inglês Francis Hauskbee (1706), e não a Guericke, o mérito pela *efetiva* invenção do gerador, isto porque este não teria entendido seu invento como um gerador eletrostático, nem o teria usado para investigações em Eletricidade, sendo seu interesse o de desenvolver uma nova teoria de rotação da Terra.

Isso contribuiu mais tarde para a invenção dos geradores por indução, como o gerador criado por James Wimshurst em 1882, modelo este utilizado até hoje para demonstrações em instituições de ensino e museus de ciências (ROCHA, 2002).

Aproveitando essa onda de geradores por indução, em 1931 o engenheiro e pesquisador americano Robert J. van de Graaff desenvolveu um potente gerador eletrostático com o intuito de provocar altas voltagens para prosseguir em seus estudos sobre Física Atômica. Todavia, a ideia de van de Graaff acerca do gerador não foi autêntica, porquanto, havia sido idealizada por Lord Kelvin, em 1890.

Observando o período do século XVII ficou evidente que a eletricidade pouco se desenvolveu, entretanto, no prelúdio do século XVIII, mais precisamente em 1729 um novo horizonte se estabelece com a descoberta de fenômenos como a *condução elétrica* e a *indução elétrica* pelo inglês Stephen Gray (1666-1736).

Gray descreveu estes fenômenos em um artigo publicado em 1731 na revista *Philosophical Transactions of the Royal Society*, um periódico da *Royal Society* (Sociedade Real) de Londres. A publicação foi possível graças a ajuda de um membro influente da mesma, o físico John Desaguliers. No artigo ele destaca a diferença entre corpos que conduzem (conhecidos hoje como condutores) e corpos que não conduzem eletricidade (conhecidos hoje como isolantes), além de ter detalhado a *eletrização por influência* (indução elétrica) (ROCHA, 2002).

Em 1734, o cientista francês Charles François De Cisternay Du Fay (1698-1739) sendo membro da *Royal Society*, teve acesso aos trabalhos de Gray e realizando análises sobre o material com novos experimentos percebeu que havia duas classes de eletricidade denominadas atualmente de *positiva* e *negativa*. Na ocasião ele nomeou de *eletricidade vítrea* e *eletricidade resinosa*.

Nas palavras de Du Fay a explicação dos termos:

A casualidade presenteou-me outro princípio mais universal e mais notável, e que joga nova luz sobre o estudo da eletricidade. Este princípio afirma que há duas classes de eletricidade bem distintas uma da outra: uma eu chamo de eletricidade vítrea e a outra de eletricidade resinosa. A primeira é a do vidro [atritado], do cristal de rocha, das pedras preciosas, do pelo dos animais, da lã e muitos outros corpos. A segunda é do âmbar [atritado], ..., da goma laca, da seda, da linha, do papel e grande número de outras substâncias. (ROLLER, 1957 *apud* ROCHA, 2002, p. 194).

Neste sentido, podemos inferir que dois corpos com a mesma classe de eletricidade, por exemplo a eletricidade vítrea, se repelem, em contrapartida, estes atraem todos aqueles com a classe de eletricidade resinosa.

Ainda no século XVIII, com a ideia dos modelos mecânicos para explicarem praticamente todos os fenômenos físicos e também como consequência direta das pesquisas de Gray e Du Fay, surge a ideia da eletricidade como sendo um fluido escoando através do condutor na tentativa de explicar a eletrização dos corpos. Sobre isso, surgiram duas linhas de raciocínio para explicar essa eletrização.

A primeira teoria, do *fluido único*, foi apresentada em 1747 pelo físico norte-americano Benjamin Franklin (1706-1790) como explica Rocha (2002, p. 195, grifo do autor),

[...] ao postular a existência de um *fluido elétrico* que poderia estar em excesso ou em falta nos corpos eletrizados. Segundo a teoria de Franklin, quando houvesse excesso, o corpo estaria eletrizado positivamente e isto seria indicado pelo sinal + e, no caso contrário, isto é, se houvesse falta, seria representado pelo sinal -.

De outra forma, podemos depreender que o estado de eletrização do corpo dependeria da quantidade de fluido elétrico que ele apresentaria, sendo eletrizado negativamente quando apresentar pouco fluido e positivamente quando apresentar muito fluido. A segunda teoria, dos *dois fluidos*, resultado dos trabalhos de Du Fay, foi adotada por Robert Symmer em 1759 e aperfeiçoada por T. Bergman. Ela enuncia que o corpo no seu estado neutro apresenta iguais quantidades desses fluidos (eletricidade positiva e negativa), portanto não manifesta nenhuma propriedade elétrica.

Neste mesmo raciocínio, se o corpo estiver eletrizado significa que ele tem excesso de um dos fluidos, atualmente concebemos à eletrização de um corpo à falta ou excesso de uma grandeza denominada carga elétrica.

Aproveitando a oportunidade, pode-se deixar claro que essa ideia de “carga” surgiu da analogia entre carregar alguma coisa, como um canhão com pólvora, com a de preencher um condutor com o fluido, daí considerá-lo carregado, eletrizado.

As ideias dessas duas teorias perduraram por quase 100 anos, somente na segunda metade do século XIX é que as pesquisas acerca da eletricidade tomam novo impulso com os trabalhos desenvolvidos sobre a constituição corpuscular, sobretudo por causa da descoberta do elétron (partícula de carga negativa) com as contribuições de Wilhelm Eduard Weber, George J. Stoney, Joseph J. Thomson ( autor da primeira medida da razão carga/massa do elétron realizada em 1897) e H. A. Lorentz que a partir de 1880 estudou a teoria eletrônica da eletricidade e adicionou à teoria de Maxwell a conhecida hoje “Força de Lorentz” que explica a interação de qualquer carga elétrica com o campo magnético (ROCHA, 2002).

Essa descoberta, propiciou o entendimento de que, o corpo eletrizado negativamente, apresenta excesso de elétrons, enquanto que o corpo eletrizado positivamente, apresenta falta de elétrons.

Do exposto, infere-se que, a eletrização dos diferentes corpos, ocorre pela transferência de elétrons entre eles, evidenciando uma modalidade de conservação, no caso, a conservação da carga elétrica. Infere-se isso da correlação das duas teorias onde percebemos que há uma redistribuição de “virtudes”: logo nada é criado ou destruído.

No processo de eletrização ocorre um desequilíbrio, no caso da teoria de Franklin, alteração na quantidade de fluido elétrico, e na teoria eletrônica, alteração na quantidade de elétrons.

Na Inglaterra, por volta da segunda metade do século XVII, a Física conquista notável importância principalmente no ramo da mecânica, os estudos e descobertas foram se tornando cada vez mais populares e o público leigo foi se interessando pelos fenômenos naturais, levando as sociedades científicas a orientarem seus membros a escreverem seus trabalhos na língua vernácula em vez do latim. A ciência começa a fazer parte do cotidiano das pessoas, se estendendo à França e outras partes da Europa como também para a América do Norte.

Neste contexto, a eletricidade conquista o gosto do povo sobretudo por causa dos experimentos realizados em apresentações com o uso de geradores eletrostáticos capazes de produzir descargas elétricas de elevadas voltagens e assim produzir faíscas impressionantes.

Na França, Jean-Antoine Nollet (1700-1770) continuou os estudos de Du Fay e desenvolveu os conceitos de correntes *afluente* e *Efluente*. Segundo ele, existia um fluxo de um fluido elétrico que saía e entrava nos corpos eletrizados, como explica Moura (2018, p. 28-29, grifo do autor), “um corpo eletrizado emitiria ao mesmo tempo correntes ‘afluente’ e ‘efluente’ do fluido elétrico, as quais, ao interagir com outras correntes de diferentes intensidades em outros corpos, ocasionariam os fenômenos elétricos conhecidos.”

Contemporâneos de Nollet, Ewald Jürgen von Kleist (1700-1748), alemão, e Pieter von Musschenbroek, holandês (1692-1761) baseados nos experimentos de Georg Mathias Bose (1710-1761) que conseguiu eletrizar a água dentro de um copo e obter faíscas dela, construíram em dois momentos diferentes por volta de 1745 um dispositivo elétrico capaz de armazenar eletricidade por um certo tempo, uma espécie de ancestral dos capacitores. Esse dispositivo recebeu o nome de *garrafa de Leyden* ou *Leyden* (este nome provém da cidade natal de Musschenbroek).

A invenção da garrafa de Leyden alavancou os estudos em eletricidade principalmente pela inquietação com o fato de um dispositivo tão simples reter eletricidade por um tempo razoável, os filósofos naturais da época se empenharam em explicar tais propriedades elétricas apresentadas pelo dispositivo, porém quem apresentou uma explicação para seu funcionamento foi Benjamin Franklin.

Em seu famoso experimento da pipa, Franklin em 1752 orientado pelos seus estudos dos fenômenos que envolviam as descargas atmosféricas (raios) procurou mostrar que eles apresentavam natureza elétrica. Com isso, ele contribuiu significativamente para a compreensão dos fenômenos elétricos relacionados aos raios, concluindo que eles têm a mesma natureza da eletricidade produzida nos experimentos em laboratório.

Os fenômenos elétricos eram explicados até este momento apenas qualitativamente sem que houvesse leis que oferecesse uma explicação quantitativa, entretanto, por volta de 1767 vislumbrou uma mudança neste cenário, uma carta de Franklin destinada ao químico inglês Joseph Priestley (adepto das inovações da

Revolução Francesa) destacava o fato de que um recipiente metálico isolado não acumulava carga internamente.

Priestley conhecia a mecânica newtoniana e por comparação sugeriu que semelhante à força gravitacional poderia ter uma força elétrica que obedecia a uma mesma proporcionalidade com relação à distância publicando ainda nesse mesmo ano as conclusões do seu trabalho no livro “A História e a Situação Atual da Eternidade”. Somente em 1785 é que a hipótese de Priestley foi testada com certa precisão pelo físico francês Charles Augustin Coulomb (1736-1806) quando usou uma balança de torção aprimorada por ele.

Esse dispositivo foi inventado por John Mitchell em 1750 e é usado para medir pequenos torques possibilitando a verificação das forças de atração e repulsão elétrica entre pequenas esferas que constituem esse dispositivo. Isso permitiu a Coulomb a enunciar a lei básica da eletrostática.

Segundo Rocha (2002, p. 199, grifo do autor), Coulomb se dirigindo à *Académie de Sciences*, da França, após a explicação de sua balança de torção escreveu que “[...] a força repulsiva de duas pequenas esferas eletrizadas com a mesma eletricidade é inversamente proporcional ao quadrado da distância ‘entre os centros das duas esferas’.”

Complementando em outro momento ele ainda escreveu que,

[...] podemos concluir que atração mútua do fluido elétrico chamado positivo e do fluido elétrico ordinariamente chamado negativo é inversamente proporcional ao quadrado das distâncias; o mesmo que encontramos em nossa primeira memória, que a repulsão mútua de um fluido elétrico de mesma natureza é inversamente proporcional ao quadrado da distância. (ROCHA, 2002, p. 199).

Coulomb chegou a essas conclusões sobretudo pela analogia que se fez com a força gravitacional ( $F \propto \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$ ), sendo possível quantificar a força elétrica em detrimento da distância entre os corpos eletrizados. Ele ainda sugeriu que o fluido elétrico seria a “massa elétrica” (carga elétrica) comparando à propriedade da matéria *massa* na variante gravitacional.

Até aqui, os fenômenos relacionados à eletricidade estavam limitados ao que chamamos de eletrostática (cargas estáticas – em repouso), mas por volta de 1791 com as descobertas de Luigi Galvani (1737-1798) relatadas em seus *Comentários*

sobre a *Força elétrica nos movimentos musculares*, inaugurou-se uma nova perspectiva para a eletricidade.

Essas descobertas motivaram no final de 1799 a invenção da primeira fonte de corrente elétrica construída pelo homem, foi a “pilha de Volta” feita por Alessandro Volta (1745-1827) ele a chamou de *bateria*, essa pilha era capaz de produzir a chamada corrente elétrica contínua que se mantinha constante por um tempo consideravelmente longo. Em 1800 Volta enviou um trabalho à Royal Society, de Londres, onde ele descrevia:

Sim! O aparelho de que falo e que, sem dúvida, vos surpreenderá, consiste apenas na montagem de um certo número de bons condutores de diferentes tipos, dispostos de determinado modo. São necessárias 30, 40, 60 ou mais peças de cobre ou, melhor ainda, de prata, ficando cada uma delas em contato com uma peça de latão ou, melhor ainda, com peças de zinco e um igual número de camadas de água ou outro líquido que seja melhor condutor que água pura, nomeadamente a água salgada ou uma solução alcalina, ou então camadas de carvão, ou couro, bem impregnadas de um destes líquidos [...]. (ROCHA, 2002, p. 207).

Alessandro Volta explicou detalhadamente que materiais utilizou e como construiu sua pilha, hoje as modernas pilhas usadas para o funcionamento dos diversos aparelhos apresentam o mesmo princípio de funcionamento da pilha voltaica no que diz respeito ao fluxo contínuo de íons. Outro fato que contribuiu para uma nova visão dos fenômenos elétricos foi a descoberta casual pelo físico dinamarquês Hans C. Oersted em 1820 da relação entre eletricidade e magnetismo utilizando-se de um circuito alimentado por uma pilha de Volta.

Ainda no século XIX, tomando conhecimento das pesquisas publicadas em 1822 de Jean Baptiste Joseph Fourier sobre fluxo de calor nos corpos, Georg Simon Ohm (1787-1854) em 1825 começou a estudar os fenômenos elétricos através de circuitos alimentados pela pilha voltaica onde introduzia diversos condutores de comprimentos e diâmetros diferentes. Com seus experimentos Ohm percebeu que havia uma relação linear entre os comprimentos dos condutores e algo que ele denominou de “perda de força” no condutor. Ele observou que essa “perda” era medida pela diminuição da intensidade de corrente no condutor utilizado quando comparado a outro condutor.

Finalizado esses primeiros trabalhos em 1825, Ohm inseriu o conceito de intensidade de corrente elétrica no lugar da ideia de quantidade de eletricidade e

também o conceito de resistência elétrica que se relacionava ao que ele chamou de “perda de força” no condutor. Ohm concluiu que a resistência elétrica dependia da geometria do condutor e do tipo de material que ele é feito. Continuando com suas pesquisas, ele pensou em uma lei de proporcionalidade que relacionasse o fluxo elétrico e a força eletromotriz (fem), termo que ele usou para clarear a ideia de tensão criada por Franklin, e para isso, usou uma analogia com a lei de Fourier para o fluxo de calor, porém somente em 1827 é que foi publicado em seu livro um resultado conclusivo a respeito.

Apesar dos trabalhos de Ohm terem sido bastante enriquecedores no que diz respeito à introdução dos conceitos de intensidade de corrente elétrica, resistência elétrica e fem, o reconhecimento por suas contribuições só ocorreu por volta de 1841 e somente em 1849 é que o físico alemão Gustavo R. Kirchhoff (1824-1887) escreveu pela primeira vez de forma clara a relação matemática entre elas  $V=RI$  (ROCHA, 2002).

Esta importante relação matemática é fundamental para o estudo de resistores que será abordado na seção sobre resistência elétrica.

### **2.3 Grandezas físicas em Eletrodinâmica**

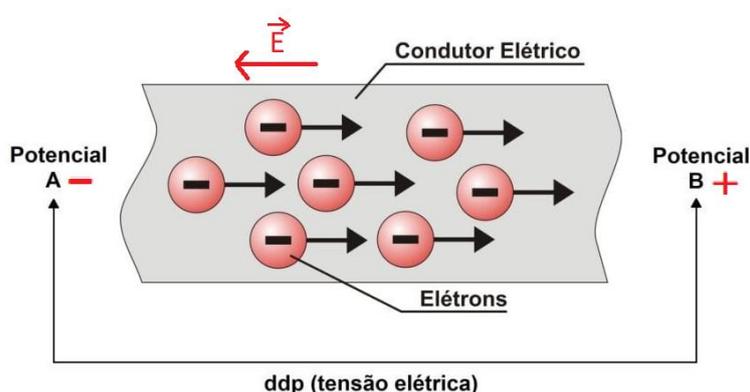
Feito uma breve exposição da evolução dos principais conceitos em Eletrodinâmica faremos adiante uma teorização acerca dos conteúdos contemplados no presente trabalho.

Sabemos que todos os dispositivos elétricos para funcionarem precisam de algum tipo de corrente elétrica, você aperta um interruptor e o ambiente se ilumina com luz semelhante à do dia. Nesta cena, o simples fato de fechar a chave (interruptor), propiciou o movimento de cargas elétricas e o acionamento do filamento de uma lâmpada incandescente. Este circuito simples precisou de uma fonte de alimentação para provocar o deslocamento dos elétrons e assim estabelecer um fluxo através do condutor denominado de corrente elétrica. A partir de agora iremos abordar os conceitos de Eletrodinâmica que estão envolvidos no funcionamento dos dispositivos elétricos.

### 2.3.1 Corrente elétrica

Quando em um fio condutor conectamos em seus terminais um dispositivo que estabelece uma diferença de potencial elétrico (ddp), podemos observar que o campo elétrico produzido no interior do condutor provoca o movimento ordenado dos seus portadores de carga. Esse dispositivo é denominado de gerador e como exemplo de geradores podemos ter pilhas, baterias e qualquer aparelho capaz de estabelecer uma ddp nos seus terminais. O movimento ordenado dos portadores de carga em um único sentido causando um fluxo contínuo é denominado de *corrente elétrica*. Fisicamente, os portadores de carga de um condutor são os elétrons, com carga negativa. Na figura 1 pode-se observar de forma esquemática como ocorre esse fluxo de elétrons.

**Figura 1** – Modelo de representação do fluxo de elétrons em um condutor submetido a uma ddp provocado por uma fonte de tensão.



**Fonte:** Disponível em: <https://conhecimentocientifico.r7.com/corrente-eletrica/> . Acesso em: 25. set. 2020.

Na figura 1 pode-se perceber que os elétrons se deslocam no sentido contrário ao campo elétrico no interior do condutor com sentido do polo positivo para o polo negativo, caracterizando o que se denomina de sentido real da corrente. Entretanto, considera-se como sentido para a corrente aquele onde o fluxo é constituído por cargas positivas, o sentido convencional, isso deve-se ao fato segundo Bauer, Westfall e Dias (2012, p. 131) “[...] de que a definição se originou na segunda metade do século XIX, quando ainda não se sabia que os elétrons são os portadores de carga responsáveis pela corrente.” Daí considerar que o sentido convencional da corrente elétrica é o sentido de deslocamento das cargas positivas.

A corrente elétrica  $i$  quantitativamente, é a razão entre a carga  $dq$  e o intervalo de tempo  $dt$ , necessário para cruzar uma determinada área do condutor.

$$i = dq/dt \quad (1)$$

Neste caso, a quantidade de carga líquida que passa por uma determinada área do condutor desde o instante inicial até um instante qualquer  $t$  é calculada pela integral da corrente em relação ao tempo:

$$q = \int dq = \int_0^t i dt \quad (2)$$

A quantidade de carga elétrica que entra em uma extremidade do condutor é igual à quantidade que emerge na outra extremidade, ou seja, a carga total é conservada.

No Sistema Internacional de Unidades (SI) a unidade de corrente elétrica é o ampère (A) em homenagem ao físico francês André Ampère (1775-1836). Portanto, 1 A indica uma carga elétrica de 1 Coulomb (C) fluindo por um condutor durante 1 segundo (s).

$$1A = \frac{1C}{1s}$$

A corrente elétrica pode ser *contínua* (CC), quando sua intensidade e seu sentido se mantêm inalterados com o decorrer do tempo, ou *alternada* (CA), quando sua intensidade e seu sentido alternam (oscilam) periodicamente segundo uma frequência específica. Este trabalho ficará limitado ao estudo da corrente contínua.

Ao passar através dos condutores a corrente elétrica pode manifestar diferentes efeitos e isso dependerá da natureza do condutor e da intensidade da corrente que o atravessa. Os principais efeitos são o *fisiológico*, o *térmico* conhecido como *efeito Joule*, o *químico* e o *magnético*.

O *efeito fisiológico* é causado quando a corrente atravessa o organismo vivo, caracterizando o *choque elétrico*. Essa corrente age diretamente no sistema nervoso, provocando contrações musculares.

O pior choque ocorre quando a corrente passa pelo tórax de uma pessoa causando lesões no coração. Uma corrente da ordem de 1 mA causa apenas cócegas e formigamento, já uma corrente da ordem de 10 mA provoca contrações musculares que impossibilitam reações voluntárias.

Correntes elétricas a partir de 100 mA podem provocar paradas cardíacas. Para se ter uma noção da intensidade da corrente em situações do cotidiano, consideremos alguns exemplos:

- 1) Para alimentar uma lâmpada incandescente comum a corrente necessária é de 1 A;
- 2) Para acionar um motor de ignição de um carro a corrente necessária é de 200 A;
- 3) No caso de um aparelho smartfone a corrente necessária para funcionamento é da ordem de 1 mA;
- 4) A corrente nas ligações sinápticas entre os neurônios é da ordem de 1 nA;
- 5) Uma descarga atmosférica (raio) de curta duração fornece uma corrente da ordem de 10 kA.

No *efeito térmico ou efeito Joule* que ocorre devido aos choques dos elétrons contra os átomos dos condutores, os átomos vibram cada vez mais intensamente ao absorverem essa energia das colisões provocando um aumento de temperatura (aquecimento) do condutor. Esse efeito é observado em alguns aparelhos em nosso dia a dia como aquecedores e chuveiros elétricos por exemplo e em situações em que a corrente elétrica em determinados circuitos elétricos excede o seu valor nominal ocasionando os curtos-circuitos que será abordado mais adiante.

Já o *efeito químico* ocorre quando a corrente elétrica atravessa soluções eletrolíticas provocando determinadas reações químicas. É muito usado em processos de niquelação, cromação e prateação para revestimento de metais.

E por fim o *efeito magnético* que é percebido quando há a manifestação de um campo magnético originado na região ao redor do condutor que é percorrido por uma corrente elétrica.

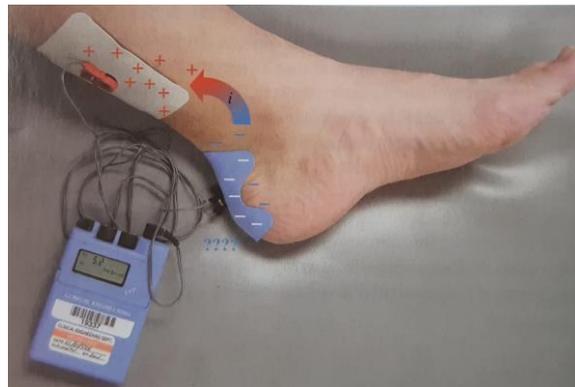
Para ilustração, faremos a aplicação da equação (2) citada em uma situação-problema possível de ocorrer no dia a dia.

Há um método para administrar medicamentos anti-inflamatórios diretamente no local (tecido afetado) com grande eficiência sobretudo com relação a dosagem

necessária sem que ocorra perdas como na administração de comprimidos via oral. Este método é denominado de *Iontoforese* que usa o medicamento sobre a face de um eletrodo e através de correntes elétricas muito fracas controláveis o deposita no tecido até uma profundidade de 1,7 cm (BAUER, WESTFALL e DIAS, 2012).

**Problema:** Uma enfermeira deseja administrar 80  $\mu\text{g}$  de dexametasona para curar um jogador de futebol machucado. Se ela usar um aparelho de iontoforese que aplica uma corrente de 0,14 mA, como na figura 2, quanto tempo durará a administração da dose? Considere que o aparelho possua uma taxa de administração de 650  $\mu\text{g}/\text{C}$  e que a corrente flua a uma taxa constante (BAUER, WESTFALL e DIAS, 2012).

**Figura 2** – Aplicação de medicamento com o método da iontoforese.



**Fonte:** Bauer, Westfall e Dias (2012, p. 131).

**Solução:** Determinamos logo a quantidade de carga envolvida pela razão,

$$q = \frac{80\mu\text{g}}{650\mu\text{g}/\text{C}} = 0,123 \text{ C},$$

como a corrente flui a uma taxa constante da eq. 2 temos que,

$$q = \int_0^t i dt = it,$$

Isolando o tempo t e substituindo os valores, obtemos

$$q = it \therefore t = \frac{q}{i} = \frac{0,123 \text{ C}}{0,14 \cdot 10^{-3} \text{ A}} = 880 \text{ s}$$

Isso significa que a aplicação do medicamento demorará em torno de 15 minutos.

### 2.3.2 Resistência elétrica

Os condutores (objetos feitos de materiais que conduzem corrente elétrica) quando são percorridos por corrente, podem oferecer uma maior ou menor dificuldade para o movimento dos elétrons livres (que constituem a corrente elétrica). A medida do grau de dificuldade que um dado material oferece ao fluxo da corrente elétrica, denominamos de *resistividade*,  $\rho$ , e a oposição ao fluxo da corrente denominamos de *resistência elétrica*,  $R$ .

Se uma dada diferença de potencial  $\Delta V$  com valor conhecido for aplicada a um condutor e a corrente  $i$  como resultado dessa aplicação for medida, teremos que a resistência do condutor será expressa como,

$$R = \frac{\Delta V}{i} \quad (3)$$

A unidade de resistência no SI é o *volt por ampère*, que recebe o nome de *Ohm* e o símbolo  $\Omega$  (letra grega ômega maiúsculo) em homenagem ao físico alemão Georg Simon Ohm (1789-1854),

$$1\Omega = \frac{1V}{1A}$$

Se reescrevermos a equação (3) na forma,

$$i = \frac{\Delta V}{R}, \quad (4)$$

ela estabelece que, para uma dada diferença de potencial,  $\Delta V$ , a corrente  $i$ , é inversamente proporcional à resistência  $R$ . Neste caso, a equação (4) geralmente é conhecida como *lei de Ohm*.

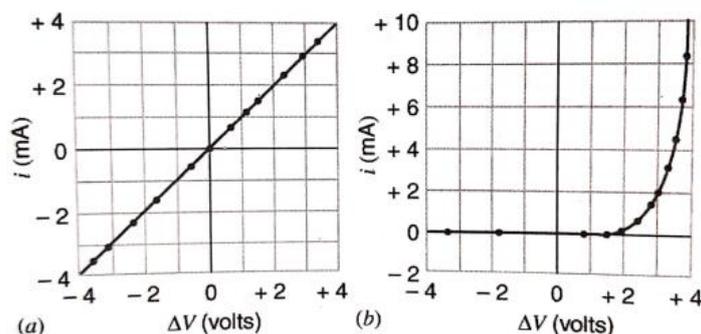
Quando aplicamos diferentes valores de ddp aos terminais de um condutor, verificamos que, através da área da secção dele, fluem diferentes valores de corrente elétrica.

Ao construir um gráfico de  $i$  em função de  $\Delta V$ , se o gráfico obtido, for uma linha reta, o condutor será considerado ôhmico obedecendo à lei de Ohm.

Um exemplo de condutores ôhmicos muito empregado em circuitos no dia a dia são os *resistores*. Estes componentes elétricos que serão abordados na seção 2.3.3 se apresentam em diferentes tipos e funções com alta aplicabilidade na tecnologia moderna. Como exemplo de condutores não ôhmicos podemos citar os dispositivos semicondutores como os diodos e os transistores.

Na figura 3 podemos observar a forma dos gráficos de condutores ôhmicos e não ôhmicos.

**Figura 3** – (a) Gráfico de um condutor ôhmico, um resistor de  $1000 \Omega$  e (b) gráfico de um condutor não ôhmico, um diodo de junção pn.



**Fonte:** Halliday, Krane e Resnick (2004, p. 111).

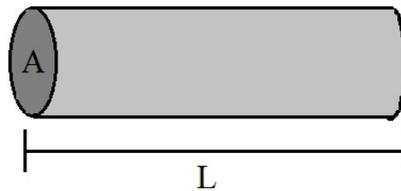
O condutor ôhmico, figura 3 (a), apresenta linearidade entre os valores de corrente elétrica e ddp. Em outras palavras, as intensidades de ddp e corrente são diretamente proporcionais. Ao passo que, nos condutores não ôhmicos não há essa correspondente proporcionalidade.

Mesmo o condutor não sendo ôhmico, a equação (4) é aplicável para determinar o valor da resistência para um valor específico de ddp e sua respectiva corrente.

Nos condutores ôhmicos, o valor da resistência elétrica é constante para qualquer par ordenado ( $\Delta V$ ,  $i$ ) considerado, em virtude do gráfico dessa função ser linear conforme figura 3 (a) (HALLIDAY, KRANE e RESNICK, 2004).

A resistência elétrica é uma característica do condutor e depende do material da qual ele é feito. Essa dependência é expressa pela resistividade  $\rho$  do material mencionada anteriormente e também de sua geometria, como comprimento e área da seção transversal como especificado na figura 4.

**Figura 4** – Representação de um recorte de um fio condutor cilíndrico.



**Fonte:** Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/resistividade-eletrica.htm>. Acesso em: 25. set. 2020.

A resistividade é definida em termos do módulo do campo elétrico aplicado,  $E$ , e do valor de densidade superficial de corrente resultante,  $J$ :

$$\rho = \frac{E}{J} \quad (5)$$

no SI a unidade de resistividade é

$$[\rho] = \frac{[E]}{[J]} = \frac{V/m}{A/m^2} = \frac{V \cdot m}{A} = \Omega \cdot m.$$

Considerando a equação que calcula a diferença de potencial elétrico através do condutor a partir do campo

$$\Delta V = - \int_0^L \vec{E} \cdot d\vec{s} = EL \therefore E = \frac{\Delta V}{L} \quad (6)$$

e a equação da densidade superficial de corrente

$$J = \frac{i}{A} \quad (7)$$

podemos através das equações (4) e (5) determinar uma expressão para a resistência do condutor em função da resistividade do material, comprimento e área da seção transversal do fio, como segue,

$$\rho = \frac{E}{J} = \frac{\Delta V/L}{i/A} = \frac{\Delta VA}{iL} = \frac{iRA}{iL} = R \frac{A}{L}$$

organizando os termos temos,

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (8)$$

A resistividade e a resistência elétrica podem apresentar variações em seus valores dependendo dos valores de temperatura. No caso dos metais, eles apresentam uma dependência linear para uma larga faixa de temperaturas. Para explicitar matematicamente essa dependência temos a relação empírica

$$\rho - \rho_0 = \rho_0 \alpha (T - T_0), \quad (9)$$

onde  $\rho$  é a resistividade a uma temperatura  $T$ ,  $\rho_0$  é a resistividade a uma temperatura  $T_0$  e  $\alpha$  é o coeficiente térmico da resistividade elétrica de um dado condutor.

Observando a equação (8), podemos perceber que a resistência depende do comprimento e da área da seção transversal do condutor, e essas grandezas dependem da temperatura, portanto, a dependência da resistência com a temperatura pode ser expressa de forma aproximada por

$$R - R_0 = R_0 \alpha (T - T_0). \quad (10)$$

As equações (9) e (10) apresentam variações de temperatura. Considerando que, uma determinada variação de temperatura na escala Celsius, corresponde ao mesmo valor de variação de temperatura na escala Kelvin, não há a necessidade de conversão entre essas escalas no uso das citadas equações.

Na tabela 1 estão listados valores de resistividades e coeficientes térmicos de alguns metais.

**Tabela 1** – Resistividade e coeficientes térmicos de alguns materiais condutores representativos.

Resistência e coeficiente térmico da resistividade de alguns materiais condutores representativos		
Material	Resistividade, $\rho$ a 20 °C ( $10^{-8} \Omega \text{ m}$ )	Coefficiente de temperatura, $\alpha$ ( $10^{-3} \text{ K}^{-1}$ )
Prata	1,62	3,8
Cobre	1,72	3,9
Ouro	2,44	3,4
Alumínio	2,82	3,9
Bronze	3,9	2
Tungstênio	5,51	4,5
Níquel	7	5,9
Ferro	9,7	5
Aço	11	5
Tântalo	13	3,1
Chumbo	22	4,3
Constantan	49	0,01
Aço inoxidável	70	1
Mercúrio	95,8	0,89
Níquel-cromo	108	0,4

**Fonte:** Bauer, Westfall e Dias (2012, p. 136).

Com relação a área da seção transversal, mais especificamente tratando do diâmetro do fio condutor no que diz respeito ao uso do fio correto em um dado circuito, a Convenção da *American Wire Gauge* (AWG Calibração Americana de Fios), especifica os diâmetros e, portanto, as áreas de seção transversal em escala logarítmica (BAUER, WESTFALL e DIAS, 2012).

Na tabela 2 há a discriminação dos diâmetros e das áreas de seção de acordo com o calibre dos fios, quanto maior o calibre do fio menor é seu diâmetro, mais fino será o condutor. Para calibres negativos, os valores são representados por um ou mais zeros, e neste caso, os fios possuem um grande diâmetro, condutores grossos, como por exemplo o calibre 0000 que tem diâmetro 11, 684 mm.

Outro exemplo seria o do fio calibre 10 com diâmetro aproximado de 2,6 mm cotidianamente utilizado para instalações de condicionadores de ar residenciais.

**Tabela 2** – Calibres, diâmetros e áreas de fios definido pela AWG.

Diâmetros de fio e áreas de seção transversal como definido pela <i>American Wire Gauge Convention</i> (Convenção Norte-Americana de Calibres de Fios)											
AWG	<i>d</i> (in)	<i>d</i> (mm)	<i>A</i> (mm <sup>2</sup> )	AWG	<i>d</i> (in)	<i>d</i> (mm)	<i>A</i> (mm <sup>2</sup> )	AWG	<i>d</i> (in)	<i>d</i> (mm)	<i>A</i> (mm <sup>2</sup> )
000000	0,5800	14,733	170,49	11	0,0907	2,3048	4,1723	26	0,0159	0,4049	0,1288
00000	0,5165	13,120	135,20	12	0,0808	2,0525	3,3088	27	0,0142	0,3606	0,1021
0000	<b>0,46</b>	11,684	107,22	13	0,0720	1,8278	2,6240	28	0,0126	0,3211	0,0810
000	0,4096	10,405	85,029	14	0,0641	1,6277	2,0809	29	0,0113	0,2859	0,0642
00	0,3648	9,2658	67,431	15	0,0571	1,4495	1,6502	30	0,0100	0,2546	0,0509
0	0,3249	8,2515	53,475	16	0,0508	1,2908	1,3087	31	0,0089	0,2268	0,0404
1	0,2893	7,3481	42,408	17	0,0453	1,1495	1,0378	32	0,0080	0,2019	0,0320
2	0,2576	6,5437	33,631	18	0,0403	1,0237	0,8230	33	0,0071	0,1798	0,0254
3	0,2294	5,8273	26,670	19	0,0359	0,9116	0,6527	34	0,0063	0,1601	0,0201
4	0,2043	5,1894	21,151	20	0,0320	0,8118	0,5176	35	0,0056	0,1426	0,0160
5	0,1819	4,6213	16,773	21	0,0285	0,7229	0,4105	36	<b>0,005</b>	0,1270	0,0127
6	0,1620	4,1154	13,302	22	0,0253	0,6438	0,3255	37	0,0045	0,1131	0,0100
7	0,1443	3,6649	10,549	23	0,0226	0,5733	0,2582	38	0,0040	0,1007	0,0080
8	0,1285	3,2636	8,3656	24	0,0201	0,5106	0,2047	39	0,0035	0,0897	0,0063
9	0,1144	2,9064	6,6342	25	0,0179	0,4547	0,1624	40	0,0031	0,0799	0,0050
10	0,1019	2,5882	5,2612								

Fonte: Bauer, Westfall e Dias (2012, p. 137).

Vejamos um exemplo de aplicação da equação (8).

**Problema:** Quanto vale a resistência de 100 m de um fio padrão de cobre calibre 12 comumente usado na fiação das tomadas elétricas de residências? (BAUER, WESTFALL e DIAS, 2012, p. 138).

**Solução:** Consultando a tabela 2 inferimos que o fio de calibre 12 apresenta um diâmetro de 2,053 mm e área da seção igual a aproximadamente 3,31 mm<sup>2</sup>. Para a resistividade de acordo com a tabela 1 ele possui um valor de  $1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ .

Utilizando a equação 8 temos,

$$R = \rho \frac{L}{A} = (1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m) \frac{100 \text{ m}}{3,31 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} = 0,520 \Omega$$

Este valor baixo de resistência é típico para condutores empregados nos circuitos onde são feitas as conexões entre os diversos aparelhos e a fonte de tensão.

### 2.3.3 Circuito elétrico de Corrente Contínua (CC)

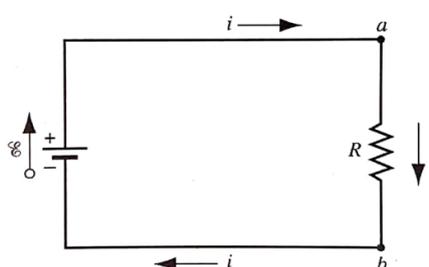
Nos circuitos elétricos, para que as cargas (no caso os elétrons) se movam através deles é necessário o estabelecimento em seus terminais de uma diferença de potencial (ddp) que geralmente é fornecida por uma fonte de energia externa. Os dispositivos que fornecem essa energia são chamados de fonte de *força eletromotriz*

(*fem*) cujo símbolo é  $\varepsilon$ , e como exemplos de fontes de *fem* podemos citar as baterias, as pilhas, os geradores elétricos e as células solares. As baterias e pilhas produzem *fem* a partir de reações químicas, os geradores elétricos induzem *fem* através do movimento mecânico e as células solares convertem energia luminosa do Sol em energia elétrica. Os componentes elétricos de um circuito podem ser: fontes de *fem*, resistores ôhmicos, resistores não ôhmicos como diodos e transistores, capacitores e outros dispositivos elétricos.

Este trabalho está limitado ao estudo de circuitos CC, onde o sentido da corrente não muda no decorrer do tempo vinculado aos resistores ôhmicos e condutores que apresentam resistência elétrica.

Os resistores são componentes que apresentam resistência elétrica e isso pode provocar uma alteração na intensidade da corrente elétrica de um dado circuito em que são empregados dependendo do valor da resistência dos mesmos. Quanto maior a resistência de um resistor, menor será a corrente que passa por ele e vice-versa.

**Figura 5** – Circuito simples com resistor e fonte de *fem*.



**Fonte:** Halliday, Krane e Resnick (2004, p. 152).

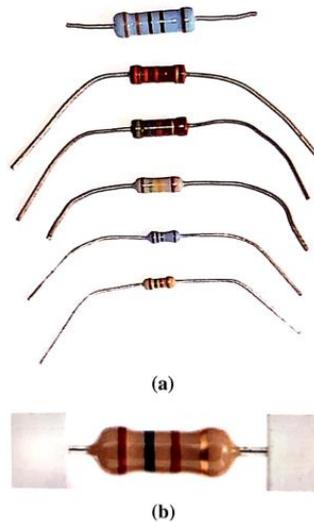
Na figura 5 está representado um circuito simples com uma fonte de *fem* e um resistor. Podemos inferir que para cada elétron que entra em um terminal da fonte de *fem*, um elétron sai no outro terminal. Nenhuma carga resultante é retida pelo dispositivo, caracterizando um exemplo de conservação da carga elétrica.

O circuito da figura 5 é chamado de circuito de malha única e não apresenta nós, que são pontos de intersecção entre duas malhas onde a corrente se divide. No circuito  $R$  representa a resistência elétrica do resistor,  $\varepsilon$  a *fem* da bateria e  $i$  a corrente do circuito.

Os resistores empregados em circuitos, se apresentam em uma grande variedade de resistências. Os resistores mais encontrados no comércio são normalmente confeccionados de carbono encapsulado em um revestimento plástico

com a aparência de uma capsula de remédio. O valor de sua resistência é indicado por um código de cores com três ou quatro faixas coloridas como mostra a figura 6.

**Figura 6** – (a) Resistores com resistências diferentes e (b) código de cores de um resistor de 150 Ω.



**Fonte:** (BAUER, WESTFALL e DIAS, 2012, p. 138).

Para determinar a resistência pelo código de cores deve-se seguir os valores por cor listados abaixo:

Preto = 0; Marrom = 1; Vermelho = 2; Laranja = 3; Amarelo = 4; Verde = 5; Azul = 6; Roxo = 7; Cinza = 8; Branco = 9.

Quanto à tolerância temos:

Marrom = 1%; Vermelho = 2%; Ouro = 5%; Prata = 10%.

Se o resistor não apresentar a quarta faixa isso representará uma tolerância de 20%.

Para ilustrar, será feita a leitura do resistor da figura 6(b): o valor da resistência segue a estrutura

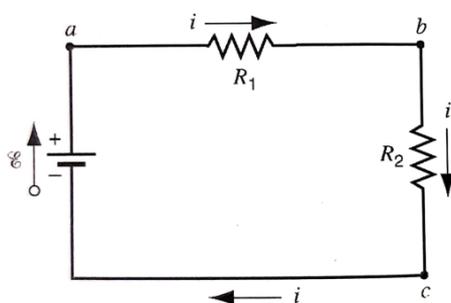
$$\frac{1^{\text{º}} \text{ algarismo}}{1^{\text{ª}} \text{ faixa da esquerda para a direita}} \frac{2^{\text{º}} \text{ algarismo}}{2^{\text{ª}} \text{ faixa}} \cdot 10^{(3^{\text{ª}} \text{ faixa})} \frac{\text{tolerância}}{4^{\text{ª}} \text{ faixa}}$$

O resistor apresenta como 1ª faixa a cor marrom, 2ª faixa a cor verde, 3ª faixa a cor marrom e a 4ª faixa a cor ouro, portanto, a leitura será  $15 \cdot 10^1 = 150 \Omega$  com tolerância de 5% (BAUER, WESTFALL e DIAS, 2012).

Com dois ou mais resistores é possível fazer associações para se obter resistências desejáveis aumentando assim o tamanho do circuito e requerendo para isso técnicas para determinação de resistência resultante (equivalente), corrente em trechos (ramos) do circuito e a ddp aplicada nos diferentes resistores.

Quando os resistores são interligados da forma exposta na figura 7, dizemos que eles foram conectados em série, o trecho ab é um ramo e o trecho bc é outro ramo da malha considerada. A corrente elétrica  $i$  que passa no ramo ab é a mesma que passa no ramo bc, ou seja, a corrente nos resistores  $R_1$  e  $R_2$  tem a mesma intensidade.

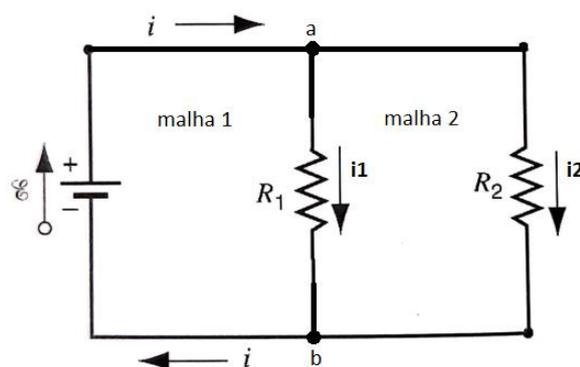
**Figura 7** – Circuito de malha única com dois resistores em série.



**Fonte:** Halliday, Krane e Resnick (2004, p. 152).

Outra forma de interligar os resistores, seria através da associação em paralelo, onde ao contrário da ligação em série, os resistores com resistências diferentes  $R_1$  e  $R_2$  são percorridos por correntes diferentes, isto é, a corrente elétrica do ramo ab,  $i_1$ , é diferente da corrente do ramo cd,  $i_2$ . Porém a ddp aplicada aos terminais dos resistores é a mesma conforme a figura 8.

**Figura 8** – Circuito de dupla malha com dois resistores em paralelo.



**Fonte:** Adaptado de: Halliday, Krane e Resnick (2004, p. 152).

No circuito da figura 8 os pontos a e b são nós de um ramo ab que dividem duas malhas. De acordo com a *lei dos nós de Kirchhoff* que diz: “*Em qualquer nó em um circuito elétrico, a corrente total que entra no nó deve ser igual à corrente total que sai do nó.*” (HALLIDAY, KRANE e RESNICK, 2004, p. 150, grifo do autor).

Do exposto, podemos perceber que a corrente  $i = i_1 + i_2$ , obedecendo à lei dos nós e confirmando a conservação das cargas elétricas.

Como mencionado anteriormente é necessário a aplicação de técnicas para determinar variáveis do circuito, além da lei dos nós, um método empregado para isso é a *lei das malhas de Kirchhoff*, onde afirma que, a soma algébrica de todas as diferenças de potencial no caminho fechado de uma dada malha de um dado circuito deve ser zero.

Aplicando a lei das malhas ao circuito da figura 7, começando no ponto a e percorrendo o circuito no sentido horário até retornar ao ponto de partida, obtemos uma expressão para determinar a resistência resultante (equivalente) do circuito. Vejamos o desenvolvimento do raciocínio,

$$iR_1 + iR_2 - \varepsilon = 0 \therefore iR_1 + iR_2 = \varepsilon \therefore i = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2},$$

considerando  $R = R_1 + R_2$  temos

$$i = \frac{\varepsilon}{R}$$

Percebemos que para uma associação em série de resistores a resistência equivalente é dada pela soma das resistências do circuito como segue

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (11)$$

expressão válida para n resistores associados em série.

Na malha 1 do circuito da figura 8 ao aplicar a lei das malhas no sentido horário a partir do ponto a obtemos

$$i_1 R_1 - \varepsilon = 0 \therefore i_1 = \frac{\varepsilon}{R_1},$$

para a malha 2, ao percorrê-la no sentido horário a partir de a obtemos

$$i_2 R_2 - i_1 R_1 = 0, \text{ como } i_1 = \frac{\varepsilon}{R_1}, \text{ então } i_2 = \frac{\varepsilon}{R_2}$$

considerando a lei dos nós  $i = i_1 + i_2$  e substituindo os valores de  $i_1$  e  $i_2$ , temos

$$i = \frac{\varepsilon}{R_1} + \frac{\varepsilon}{R_2} \therefore i = \varepsilon \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

da igualdade percebemos que  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ , portanto,  $i = \frac{\varepsilon}{R}$ .

Na associação de resistores em paralelo, para n resistores associados, a resistência equivalente é determinada por

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}. \quad (12)$$

### 2.3.4 Potência e energia nos dispositivos elétricos

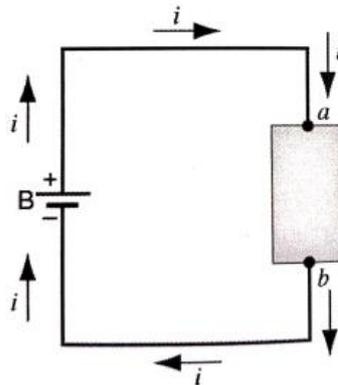
Na figura 9 temos um dispositivo elétrico/eletrônico, que pode ser um resistor, um capacitor, um motor ou uma lâmpada incandescente conectada a uma fonte de fem (bateria) que fornece uma ddp entre os terminais a e b,  $\Delta V_{ab}$ . Considerando que a bateria é ideal, sem resistência interna, ao mover uma quantidade de carga  $dq$  do terminal negativo para o positivo ela realiza sobre a carga um trabalho dado por:

$dW = \varepsilon \cdot dq$  e a potência gerada pela fonte é dada por:  $P_{fem} = \frac{dW}{dt} = \varepsilon \frac{dq}{dt}$ , logo

$$P_{fem} = \varepsilon i, \quad (13)$$

onde,  $P_{fem}$  é a potência total fornecida pela fonte de fem ao dispositivo elétrico e  $i$  a corrente elétrica do circuito. Da equação (13) temos que a unidade de potência elétrica é o volt. ampère (v.A) equivalente a watt (W) pelas definições (joule/coulomb) e (coulomb/segundo).

**Figura 9** – A bateria B fornece ao circuito que contém um dispositivo elétrico uma ddp que é a própria fem.



Fonte: Halliday, Krane e Resnick (2004, p. 160).

Considerando que o dispositivo na figura 9 seja um resistor  $R$ , a diferença de potencial entre os pontos a e b vale  $\Delta V_R = iR$ , como a carga  $dq$  se movimenta pelo resistor, a variação de energia no mesmo será  $dU = dq\Delta V_R$ , como essa energia foi

transferida ao resistor, então a potência transferida a ele será  $P_R = \frac{dU}{dt} = \frac{dq}{dt} \Delta V_R = i \Delta V_R$  ou

$$P_R = i^2 R. \quad (14)$$

Como  $i = \frac{\Delta V_R}{R}$ , podemos escrever também de outra forma

$$P_R = \frac{(\Delta V_R)^2}{R}. \quad (15)$$

As equações (14) e (15) mostram que, quando uma dada quantidade de energia é transferida ao resistor, este a dissipa, fenômeno conhecido como *efeito joule*.

A energia elétrica consumida por qualquer dispositivo elétrico/eletrônico é determinada pelo produto da potência dele pelo tempo em que o dispositivo permanece em funcionamento

$$E_{el} = P \cdot \Delta t. \quad (16)$$

Como a energia elétrica é medida em kWh deve-se converter a potência do aparelho para kW e o tempo de funcionamento considerado em horas, como no exemplo que segue.

**Problema:** Um certo aparelho condicionador de ar do tipo split de 9000 BTU's, possui uma potência de 800W e funciona diariamente por 8h. Qual a energia elétrica consumida por este aparelho em 30 dias?

**Solução:**

De acordo com equação (16) a energia elétrica é determinada por  $E_{el} = P \cdot \Delta t$ .

Como  $P = \frac{800W}{1000} = 0,8kW$  e  $\Delta t = 8h$ , temos  $E_{el} = (0,8) \cdot 8 \cdot 30 \therefore E_{el} = 192kWh$

A energia elétrica consumida pelo aparelho em um mês foi 192kWh.

### **3 INTERAÇÃO SOCIAL MEDIADA POR UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA NO ENSINO BÁSICO**

Considerando a abordagem desenvolvida na seção 2 acerca do ensino, da história e dos conteúdos em Física que abrangem o presente trabalho, faz-se necessário uma discussão a respeito da teoria da aprendizagem e das propostas inovadoras que as sequências de ensino investigativas oferecem. Portanto, nesta seção iremos discorrer sobre as contribuições da teoria Histórico-Cultural nos seus aspectos interação social e mediação e sobre as possibilidades do ensino de Eletrodinâmica sob a ótica das sequências investigativas.

#### **3.1 Reflexões sobre interação social e mediação segundo a teoria Histórico-Cultural**

Lev Semenovich Vygotsky nasceu em Orsha, Bielo-Rússia, em 1896 e acometido de uma tuberculose veio a óbito aos 38 anos em 1934. Estudou Direito pela Universidade de Moscou se formando em 1917 e ainda também se dedicou pelos estudos da Medicina.

De 1917 a 1924 trabalhou lecionando Literatura e Psicologia em Gomei, de onde, retornou para Moscou, trabalhou no Instituto de Psicologia e depois no Instituto de Defectologia fundado por ele. Ainda em seu currículo, destaca-se a direção do Departamento de Educação para deficientes físicos e retardados mentais.

Entre 1925 e 1934 em Moscou e Leningrado, ele lecionou psicologia e pedagogia e foi nesse período, que deu início a seus estudos em busca de alternativas junto ao materialismo dialético visando o embate entre as ideias mecanicista e idealista.

Estes estudos, o fez propor, juntamente com parceiros, teorias inovadoras a respeito de temas como: relação pensamento e linguagem, natureza do processo de desenvolvimento da criança e o papel da instrução no desenvolvimento (VYGOTSKY; LURIA; LEONTIEV, 2010).

Para Vygotsky, o desenvolvimento cognitivo não pode ser entendido sem referência ao contexto social e cultural no qual ele ocorre, ou seja, os processos mentais superiores do indivíduo (*pensamentos, linguagem, comportamento determinado ou causado pela vontade*) têm origem em processos sociais, o

desenvolvimento cognitivo do ser humano não pode ser entendido sem referência ao meio social.

Segundo ele, desenvolvimento cognitivo é a conversão de relações sociais em funções mentais e essa conversão ocorre na *mediação* através de *instrumentos* e *signos* ocorrendo a internalização (reconstrução interna de uma operação externa) de atividades e comportamentos sócio-históricos e culturais.

Um instrumento é algo para fazer alguma coisa, como por exemplo um manual de instruções de um controle remoto de uma TV que orienta as funções de cada tecla. E um signo é algo que significa alguma coisa, como os símbolos de cada tecla que indica a função dela.

Os signos apresentam tipos, que são os *indicadores* da relação de causa e efeito, os *icônicos* que são imagens ou desenhos e os *simbólicos* que são os que apresentam uma relação abstrata.

Vygotsky considera que é com a interiorização de instrumentos e sistemas de signos produzidos culturalmente que se dá o desenvolvimento cognitivo e analisa ainda que a *interação social* entre o indivíduo e o contexto é um veículo fundamental para a transmissão dinâmica (de inter para intrapessoal) do conhecimento social, histórico e culturalmente construído (MOREIRA, 1999).

Concordando com nosso entendimento, Santos (2019, p. 32) complementa,

Sobre essa discussão, a relação do indivíduo com o ambiente é mediada por aspectos socioculturais, tendo em vista que os homens e as mulheres, na condição de sujeitos do conhecimento, não se apropriam dos conceitos científicos de modo direto e, sim, mediados, a partir de sistemas simbólicos que representam a realidade. Dentre outros sistemas simbólicos temos: a linguagem, a escrita, o sistema de números e de símbolos (da Física, da Matemática, etc.), que na Teoria Histórico-Cultural, é a condição essencial para que ocorra essa apropriação e, conseqüentemente, o desenvolvimento dos indivíduos.

Inferimos da leitura, que o homem não pode se limitar a ser apenas um resultado do meio social onde está inserido, pelo contrário, ele deve participar ativamente na transformação e aperfeiçoamento deste meio.

Nesse contexto, Vygotsky denominou a forma como estudou a psicologia de “cultural”, “histórica” ou “instrumental”.

O termo “instrumental” está relacionado à natureza mediadora das funções psicológicas superiores, já com relação ao aspecto “cultural”, sua teoria considera os

meios socialmente estruturados organizados pela sociedade de tal forma a se traduzir em tarefas que o indivíduo em desenvolvimento enfrentará, sendo que, as tarefas poderão ser executadas mediante instrumentos, seja mental ou físico. Citando como exemplo de um desses instrumentos, temos a linguagem, que desempenha papel importante na organização e desenvolvimento dos processos de pensamento.

No que diz respeito ao fator “histórico”, Vygotsky considera-o entrelaçado ao aspecto “cultural”, no sentido de que, os instrumentos utilizados pelo homem para intervir no ambiente ao seu redor foram construídos e aprimorados ao longo dos anos, devendo com isso, levar em consideração o aspecto histórico-social de uma sociedade.

Concordando com este entendimento, Vygotsky, Luria e Leontiev (2010, p.27) diz: “E através desta interiorização dos meios de operação das informações, meios estes historicamente determinados e culturalmente organizados, que a natureza social das pessoas se tornou igualmente sua natureza psicológica”. A escrita e a aritmética são exemplos de instrumentos culturais aperfeiçoados e comum no presente.

Para Vygotsky, a relação entre aprendizagem e desenvolvimento está ancorada na ideia de que os alunos devem ser envolvidos em situações de aprendizagem que considere suas concepções alternativas acerca dos fenômenos e conceitos estudados, com isso, ele estabeleceu o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que é definido como o intervalo entre o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial do aluno. O nível de desenvolvimento real é aquele onde o aluno é capaz de resolver por conta própria situações-problemas apresentados a ele, já o nível de desenvolvimento potencial está relacionado à dependência do aluno a orientações e ajuda de terceiros para solucionar tais situações (SILVA; ALMEIDA; FERREIRA, 2011).

Vygotsky considera que, o indicativo do desenvolvimento do aluno está atrelado mais àquilo que ele consegue fazer com a ajuda de um mediador do que àquilo que consegue fazer sozinho. Concordando com a ideia de reconstrução e reelaboração de significados transmitidos por grupos sociais, recriando a cultura em um processo histórico contínuo (MIRANDA, 2010).

Miranda (2010, p. 21) explica,

A mediação tem duas características fundamentais: não é uma transmissão passiva de conteúdos e não ocorre independente do nível

de desenvolvimento, ou seja, para beneficiar-se da mediação é preciso que se leve em consideração o nível de desenvolvimento real, o que reforça a importância de se investigar as aquisições já disponíveis. Isso significa que o professor precisa conhecer seu aluno para entender suas tentativas de significar a realidade, o que não se dá por um processo linear, mas por confrontos, dúvidas e conflitos.

Nesta perspectiva, o agente mediador do processo de ensino e aprendizagem (professor) deve propor situações ao aluno que proporcione uma parceria na resolução do problema, isso favorecerá identificar alguma dificuldade que ele ainda apresenta, levando-o a saná-la e seguir em frente, possibilitando-o construir um pensamento mais elaborado.

Desta forma, é imprescindível que a prática pedagógica se torne cada vez mais uma prática mediadora coerente, consciente e competente para propiciar aos alunos uma maior interação com o objeto de estudo, sobretudo com relação a sentidos e significados, levando à formação de um cidadão autônomo na tomada de decisões.

Destarte, entendemos que uma SEI, cuja fundamentação teórica será abordada na próxima seção, têm notável potencial para mediar o ensino dos conteúdos de Eletrodinâmica, em específico, a corrente elétrica, a resistência elétrica, a potência elétrica e o consumo de energia elétrica, principalmente quando se destaca aspectos como contextualização e agregação de atividades que instigam os alunos a buscarem soluções para problemas por eles enfrentados no cotidiano.

### **3.2 Possibilidades quanto ao uso da sequência de ensino investigativa no contexto do ensino da Eletrodinâmica**

Do exposto, no final da seção anterior, o ensino dos conceitos de Eletrodinâmica na educação básica pode ser mediado por meio de uma abordagem didática que envolve o ensino por investigação. O professor ao adotar esta abordagem didática está possibilitando que os alunos sejam também protagonistas no processo de aprendizagem, pois as atividades de ensino desenvolvidas ensejam discussão, reflexão e mudança conceitual como afirma Sasseron (2015, p. 58),

[...] a investigação em sala de aula deve oferecer condições para que os estudantes resolvam problemas e busquem relações causais entre variáveis para explicar o fenômeno em observação, por meio do uso de raciocínios do tipo hipotético-dedutivo, mas deve ir além: deve

possibilitar a mudança conceitual, o desenvolvimento de ideias que possam culminar em leis e teorias, bem como a construção de modelos.

Consentindo com esta ideia, o professor deve planejar as aulas de modo a proporcionar aos alunos a desenvolverem e praticarem habilidades que os ajudarão a solucionar problemas a partir do contato com conhecimentos existentes e já sistematizados, além de favorecer um maior engajamento e interação entre os colegas de turma.

Como defendeu Vygotsky, há a necessidade de que o aluno assuma um papel de importância nesse processo, contribuindo com suas experiências para fomentar a apropriação de ressignificações. Os conteúdos são discutidos e suscitados junto ao corpo discente, ou seja, não são apresentados a eles de forma acabada, pronta.

Concordando com o exposto, Solino, Ferraz e Sasseron (2015, p. 4) diz,

[...] os alunos devem não somente aprender os conceitos científicos, mas também construir habilidades cognitivas, a partir dos processos que envolvem a atividade científica, tais como: resolução de um problema, levantamento de hipóteses, análise de dados, discussão de resultados, argumentação etc.

Nesse processo de ensino e aprendizagem, o professor é fundamental como mediador e deve fomentar a liberdade intelectual dos alunos de forma a aumentar o nível de engajamento deles para a construção e entendimento dos conhecimentos científicos. Os alunos devem compreender a física de forma a pensar e expressar verbalmente sobre assuntos relacionados às Ciências e tecnologia com impacto imediato no seu meio social. Para isso, eles devem perceber algum sentido no conjunto de conteúdos que são ministrados ao longo do curso (CARVALHO; SASSERON, 2015).

Neste sentido, o planejamento sobre as atividades que serão desenvolvidas nas aulas deve se opor ao tradicional ensino preocupado apenas na transmissão de conceitos prontos, ele deve priorizar atividades que contemple a busca por soluções a problemas sobre fenômenos físicos.

A organização dos conteúdos escolares com base em conceitos é artificial, em virtude de estes estarem centrados na lógica da Ciência pronta. Os conceitos são o ponto de chegada da Ciência e o ponto de partida são as questões advindas da realidade do estudo dos

fenômenos que ali ocorrem e a constituem, e isto não poderia ser apresentado de forma diferente no ensino (CARVALHO; SASSERON, 2015, p. 252).

Considerando esta exposição teórica acerca das possibilidades de um ensino que enseje a perspectiva investigativa, a SEI se apresenta como possível estratégia pedagógica para o ensino dos conceitos de Eletrodinâmica já citados, uma vez que, é definida como um conjunto de atividades investigativas sobre um tema, organizadas e integradas de forma coerente com a finalidade de oportunizar ao aluno questionar, argumentar e participar com discussões na construção do conhecimento.

Como afirma Carvalho (2019, p. 21),

Para que uma atividade possa ser considerada uma atividade de investigação, a ação do aluno não deve se limitar apenas ao trabalho de manipulação ou observação, ela deve também conter características de um trabalho científico: o aluno deve refletir, discutir, explicar, relatar, o que dará ao seu trabalho as características de uma investigação científica.

Entre as diversas atividades que podem compor uma SEI, cabe destacar algumas como, aquelas que envolvem questões e problemas abertos, experiências de demonstração investigativas, laboratório aberto, textos históricos e aulas de sistematização ou textos de apoio (CARVALHO, 2014).

As atividades com questões consideradas abertas abordam situações contextualizadas no cotidiano dos alunos com a finalidade de que eles encontrem soluções sem que necessariamente precisem fazer uso de fórmulas e com objetivos diferentes daqueles utilizados pelos tradicionais exercícios de finais de capítulos. Já os problemas abertos devem ser pensados de forma a levar os alunos a matematizar os resultados obtidos. Entretanto, como enfatiza Carvalho (2019, p. 31),

Os alunos vão enfrentar essa situação problemática aberta primeiro de uma forma qualitativa, buscando elaborar hipóteses, identificar situações de contorno e limites de suas hipóteses.

No contexto das SEIs, as experiências de demonstração investigativas não necessariamente precisam de um laboratório para serem realizadas e apesar de manuseadas pelo professor, podem suscitar nos alunos uma reflexão a partir de uma questão problematizadora. Desta forma, desperta neles o interesse pelo assunto

planejado, instigando-os a perceberem as variáveis observadas no fenômeno e conseqüentemente estimulando-os a propor hipóteses para possíveis soluções.

As atividades de demonstrações experimentais apresentam algumas contribuições para o ensino de Física como destaca Carvalho (2019, p. 27),

- percepção de concepções espontâneas por meio da participação do aluno nas diversas etapas da resolução de problemas;
- valorização de um ensino por investigação;
- aproximação de uma atividade de investigação científica;
- maior participação e interação do aluno em sala de aula;
- valorização da interação do aluno com o objeto de estudo;
- valorização da aprendizagem de atitudes e não apenas de conteúdos;
- possibilidade da criação de conflitos cognitivos em sala de aula.

A atividade que envolve o laboratório aberto estará pautada na busca de uma resposta para um questionamento através de um experimento, que na perspectiva investigativa, deve iniciar com a proposição de um problema que desperte a curiosidade científica dos discentes. Através da discussão entre os pares, ocorrerá o sugestionamento de hipóteses e isso acarretará a um planejamento de trabalho para decidir qual o experimento a ser realizado. Neste momento, será delimitado os materiais, o aparato de montagem, a forma de coleta e análise dos dados.

Na sequência, os alunos tem a oportunidade de manipular na montagem, todo o aparato experimental, proporcionando a eles, perceber o caráter experimental da ciência física ao analisar as informações observadas e coletadas, podendo assim, desenvolver uma conclusão e explicitar uma resposta ao problema proposto.

No que diz respeito aos textos históricos ou episódios históricos como uma atividade componente de uma SEI, cabe destacar o papel relevante dos mesmos, no sentido de que, eles podem mostrar uma imagem verdadeira sobre a produção do conhecimento, evidenciar que as mulheres e homens que constroem a Ciência estão suscetíveis ao momento social, econômico e histórico da sociedade em que estão inseridos.

Quando na execução de uma SEI, o professor utilizar como uma das atividades, as demonstrações experimentais ou o laboratório aberto, torna-se oportuno, a sistematização dos conteúdos estudados através de textos de apoio adaptados de livros com uma linguagem mais formal, com o fim de embasar teoricamente os alunos

sobre o tema trabalhado permitindo a eles entenderem que a Física é também propositiva e não só descritiva (CARVALHO, 2014; CARVALHO, 2019).

## **4 TRAJETÓRIA DELINEADA PARA A PESQUISA: REFLEXÕES METODOLÓGICAS**

Ao abordar a realidade, é preciso uma trajetória de pensamento e uma prática. A metodologia compreende o método (abordagem teórica), as técnicas (operacionalização do conhecimento por instrumentos) e a experiência e sensibilidade do pesquisador (MINAYO, 2009).

“Na verdade, a metodologia é muito mais que técnicas. Ela inclui as concepções teóricas da abordagem, articulando-se com a teoria, com a realidade empírica e com os pensamentos sobre a realidade.” (MINAYO, 2009, p. 15).

Do exposto, infere-se que, há a necessidade de parâmetros para nortear uma pesquisa, ela requer métodos e técnicas para estudar e analisar algum aspecto da realidade, a fim de produzir novos conhecimentos.

Portanto, com o fim de atingirmos o objetivo geral explicitado e, ainda, delimitarmos os elementos que possam responder à questão norteadora desta pesquisa, definimos a trajetória metodológica desta investigação. Assim, esta seção foi subdividida em seis subseções que tratam dos procedimentos metodológicos: 1º) caracterização da pesquisa; 2º) campo empírico da pesquisa; 3º) participantes da pesquisa; 4º) técnicas e instrumentos de produção de dados; 5º) procedimentos de análise dos dados; 6º) Produto Educacional.

### **4.1 Caracterização da Pesquisa**

No que concerne à Teoria Histórico-Cultural que fundamenta a presente pesquisa, a educação deve ser inserida em um contexto na qual seja caracterizada qualitativamente e a aprendizagem abordada como um processo contínuo de mudanças. O aluno é parte protagonista nesta abordagem, uma vez que, o pesquisador leva em consideração a princípio a interpretação e compreensão dos seus conhecimentos prévios a respeito dos fenômenos.

Sendo assim, a metodologia que pauta esta pesquisa deve estar alicerçada na investigação e na explicação do objeto de estudo, visto que, os alunos participantes desta, através da interação social, são agentes produtores de sua história e de sua

cultura. Nessa perspectiva, o tipo de pesquisa adotada neste trabalho é a qualitativa, como explica Oliveira (2007, p. 60),

A pesquisa qualitativa pode ser caracterizada como sendo um estudo detalhado de um determinado fato, objeto, grupo de pessoas ou ator social e fenômenos da realidade. Esse procedimento visa buscar informações fidedignas para se explicar em profundidade os significados e as características de cada contexto em que encontra o objeto de pesquisa.

Pactuando com a autora, pode-se dizer que, a pesquisa qualitativa se preocupa com a realidade social, com as crenças, valores e atitudes humanas. O ser humano age e pensa sobre suas ações e as interpreta no seu meio social. Portanto, não se optou por aspectos quantitativos na presente pesquisa, por se entender que, tais características não podem ser quantificadas.

Com este entendimento, Minayo (2009, p. 21) explicita, “o universo da produção humana que pode ser resumido no mundo das relações, das representações e da intencionalidade e é objeto da pesquisa qualitativa dificilmente pode ser traduzido em números e indicadores quantitativos.”

A pesquisa qualitativa também é denominada de naturalística, já que, estuda os problemas no seu ambiente natural sem a interferência proposital do pesquisador. Ludke e André (2018, p. 12-14, grifo do autor), destacam algumas características da pesquisa qualitativa,

*Os dados coletados são predominantemente descritivos. O material obtido nessas pesquisas é rico em descrições de pessoas, situações, acontecimentos; inclui transcrições de entrevistas e de depoimentos, fotografias, desenhos e extratos de vários tipos de documentos. Citações são frequentemente usadas para subsidiar uma afirmação ou esclarecer um ponto de vista. Todos os dados da realidade são considerados importantes.*

*A preocupação com o processo é muito maior do que com o produto. O interesse do pesquisador ao estudar determinado problema é verificar como ele se manifesta nas atividades, nos procedimentos e nas interações cotidianas.*

*O "significado" que as pessoas dão às coisas e à sua vida são focos de atenção especial pelo pesquisador. Nesses estudos há sempre uma tentativa de capturar a "perspectiva dos participantes", isto é, a maneira como os informantes encaram as questões que estão sendo focalizadas.*

*A análise dos dados tende a seguir um processo indutivo. Os pesquisadores não se preocupam em buscar evidências que comprovem hipóteses definidas antes do início dos estudos.*

Neste tipo de pesquisa, o estudo se desenvolve partindo de questões de amplo interesse e à medida que o pesquisador vai delineando os focos da pesquisa, esta assume questionamentos mais específicos, dando ênfase aos aspectos da realidade considerada, com preocupação maior no processo e não no resultado. Isto ocorre, no momento em que o pesquisador valoriza as significações que os sujeitos da pesquisa dão às coisas, sem a preocupação de validar hipóteses anteriores. Reforçando o exposto, Chizzotti (2018, p. 82) explicita que o pesquisador deve,

[...] preliminarmente, despojar-se de preconceitos, predisposições para assumir uma atitude aberta a todas as manifestações que observa, sem adiantar explicações nem conduzir-se pelas aparências imediatas, a fim de alcançar uma compreensão global dos fenômenos.

Tais aspectos deste tipo de pesquisa, concordam com a teoria de Vygotsky que fundamenta este trabalho, ao considerar o sujeito-observador como participante do processo de conhecimento, visto que, eles interpretam os fenômenos e lhes atribuem significados.

Considerando o objetivo geral e os objetivos específicos, a pesquisa desenvolvida aqui será classificada como explicativa. Este tipo de pesquisa como explica Gil (2008, p. 28),

São aquelas pesquisas que têm como preocupação central identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Este é o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão, o porquê das coisas. Por isso mesmo é o tipo mais complexo e delicado, já que o risco de cometer erros aumenta consideravelmente.

Assim, quando a intenção da pesquisa é explicar as razões e causas de determinados fenômenos, por meio do registro, da análise, da classificação e da interpretação dos fenômenos observados, há a ocorrência de um estudo explicativo (SANTOS, 2019). Este entendimento está alinhado com a ideia de Vygotsky que destaca em suas discussões a importância de o método de investigação explicar o processo que constitui o objeto e não apenas descrevê-lo ou se limitar às aparências (VYGOTSKY, 1998).

Neste sentido, esta pesquisa não pode ser classificada como exploratória, posto que, não se restringe a formular hipóteses para estudos posteriores e tampouco esclarecer e modificar conceitos e ideias já sistematizados. Também não pode ser classificada como descritiva, dado que, este tipo de pesquisa tem como foco principal descrever características de um grupo social ou fenômeno ou estabelecer relações entre variáveis (GIL, 2008).

#### **4.2 Campo Empírico da Pesquisa**

Reiteramos que a pesquisa ocorreu de forma remota em virtude da pandemia causada pelo SARS-CoV-2, entretanto, os participantes da mesma fazem parte do corpo discente da escola pública estadual Centro de Ensino Jansen Veloso, e portanto, campo empírico da pesquisa com INEP Nº 21108285 e e-mail: [cejansenveloso@escola.edu.ma.gov.br](mailto:cejansenveloso@escola.edu.ma.gov.br), localizada na Rua do Campo, Nº 135, Centro, CEP: 65707-000, Pio XII-MA que funciona nas modalidades de Ensino Médio Regular nos turnos manhã e tarde e Educação de Jovens e Adultos (EJA) no turno noite, vinculada a Secretaria Estadual de Educação (SEDUC) e Unidade Regional de Educação (URE) de Santa Inês (MA).

As informações que se seguem foram obtidas no corpo do texto da proposta pedagógica da escola.

Os espaços físicos da área construída são distribuídos da seguinte forma: 07 salas de aula, 04 banheiros, cozinha, um pátio coberto, sala para professores, secretaria, diretoria, sala de informática, sala biblioteca, sala de recursos audiovisuais, quadra poliesportiva não coberta e quadra de areia.

A escola tem um quadro de profissionais formada por 01 Gestor Geral, 01 Gestor Auxiliar, 02 Agentes Administrativos, 01 Secretário, 03 Vigilantes, 03 Auxiliares de Serviços Gerais, 32 professores entre efetivos e contratados.

#### **4.3 Participantes/cooperadores da Pesquisa**

Os público alvo da pesquisa foram os alunos da 3ª série do Ensino Médio, todos numa faixa etária de 17 anos. A escola, campo da pesquisa, apresenta hoje um quantitativo de 462 alunos, sendo que, deste total, 2 alunos recebem atendimento

educacional especializado. Os 462 alunos são distribuídos em 223 no turno manhã, 209 no turno tarde e 30 no turno noite.

A escola apresenta um total de 126 alunos matriculados na 3ª série, eles são distribuídos em quatro turmas, duas no turno manhã, com 37 e 25 alunos e duas no turno tarde com 34 e 30 alunos.

Devido às condições sanitárias ocasionadas pela pandemia do novo coronavírus, as aulas transcorreram de forma remota através de postagens em grupos de WhatsApp de textos e materiais didáticos (vídeos, links, PDF) produzidos pelos professores.

Em virtude disso, a pesquisa foi adaptada a esta situação e também transcorreu de forma remota, com suporte através de um grupo de WhatsApp apenas com integrantes que participaram a fim de facilitar a comunicação entres os pares e o pesquisador (professor mediador). Também foram utilizados os questionários do Google Forms, uma vez que, os alunos que participaram da pesquisa não dispunham de impressoras para imprimirem os mesmos e o aplicativo Google Meet para realização dos encontros formativos (aulas planejadas na SEI – Produto Educacional).

A situação pandêmica, e conseqüentemente a ocorrência das aulas de forma remota, provocou alguns transtornos com relação à adesão dos alunos na participação da pesquisa, apenas 13 alunos dentre as quatro turmas aceitaram serem cooperadores na mesma, assinando o termo de consentimento livre e esclarecido apresentado no apêndice B.

O fator determinante à não participação de um maior número de alunos foi a falta de acesso a uma internet que oferecesse uma conexão satisfatória. Para manter o sigilo com relação aos alunos que cooperaram participar, estes foram denominados pela letra A (alunos) e enumerados como A1, A2, ..., A13.

#### **4.4 Técnicas e Instrumentos de Produção de Dados**

A escolha dos instrumentos e técnicas que produzirão os dados a serem tratados sobre o objeto em estudo devem estar perfeitamente alinhados aos objetivos da pesquisa. Nesse sentido, é imprescindível a definição de instrumentos que proporcione a análise de elementos que possam responder ao problema desta pesquisa.

Reforçando o exposto, Santos (2019, p. 55) afirma,

Escolher técnicas e instrumentos de investigação é um dos momentos de muita discussão e reflexão, pois sabemos o quanto estes precisam ser claros e bem direcionados para viabilizar a análise dos dados e, conseqüentemente, possibilitar elementos para encontrarmos respostas para a questão norteadora do estudo.

O pesquisador deve fazer uso de instrumentos que priorize técnicas de forma a captar todo o dinamismo da realidade do objeto em estudo sem se limitar às aparências e percepções sensíveis (OLIVEIRA, 2007).

Partindo desse pressuposto, neste trabalho foram produzidos instrumentos com a preocupação da adequação aos objetivos da pesquisa, a saber, questionários para a captação de dados (impressões e percepções dos alunos) a partir da implementação de uma SEI sobre conteúdos de Eletrodinâmica com alunos da 3ª série do ensino médio da Educação Básica. Concomitantemente em todo o processo, foi utilizado a técnica de observação participante e também o registro de todos os eventos por meio de um diário de campo (anotações do pesquisador).

Os questionários segundo Oliveira (2007, p. 83), são técnicas,

[...] para obtenção de informações sobre sentimentos, crenças, expectativas, situações vivenciadas e sobre todo e qualquer dado que o pesquisador(a) deseja registrar para atender os objetivos de seu estudo.

Complementando o sentido, Chizzotti (2008, p. 55) explicita que estes são constituídos por questões previamente elaboradas sequencial e sistematicamente “dispostas em itens que constituem o tema da pesquisa, com o objetivo de suscitar dos informantes respostas por escrito ou verbalmente sobre assuntos que os informantes saibam opinar ou informar.”

Ainda sobre os questionários, Oliveira (2007) enfatiza que, não existe limites com relação ao número de perguntas que devem compor o questionário, mas deve haver um bom senso neste sentido e também na precisão das perguntas para não comprometer a boa vontade dos alunos da pesquisa, não demandando mais tempo que o necessário para a análise por parte do pesquisador.

Ao elaborar o questionário deve-se levar em consideração algumas técnicas para situar e delimitar os problemas centrais da pesquisa, como destaca Marconi e Lakatos (2017, p. 220-221),

A elaboração de um questionário requer a observância de normas precisas, a fim de aumentar sua eficácia e validade. [...] O pesquisador deve conhecer bem o assunto para poder dividi-lo, organizando-o [...]. O processo de elaboração é longo e complexo: exige cuidado na seleção das questões, levando em consideração a sua importância, isto é, se oferece condições para a obtenção de informações válidas. Os temas escolhidos devem estar de acordo com os objetivos geral e específicos. Devem estar acompanhados por instruções definidas e notas explicativas, para que o informante tome ciência do que se deseja dele.

As autoras, destacam ainda, que deve ser observados fatores como, estética, tamanho, facilidade de manuseio, espaços para as respostas com a finalidade de favorecer a categorização e análise dos dados produzidos.

Isto posto, os questionários produzidos nesta pesquisa procuraram atender a todos os requisitos expostos até aqui. Portanto, a primeira atividade que integrou a SEI, foi um questionário de concepções alternativas com perguntas abertas com a finalidade de investigar e coletar os conhecimentos prévios dos alunos acerca dos assuntos abordados no tema da pesquisa. No decorrer da aplicação das outras atividades que compunham a SEI foram também empregados questionários para averiguar a ocorrência de significações por ventura produzidas a respeito da abordagem do tema através do uso da SEI.

O uso dos questionários ao longo do processo de aplicação da SEI como recurso didático pode ser útil, porquê através deles, como explicita Santos (2019, p. 57), “observamos e identificamos possíveis problemas e a necessidade de reorganizações teórica e prática em torno do trabalho a ser desenvolvido.”

Além dos questionários, utilizamos simultaneamente no transcórre da pesquisa a técnica da observação participante, uma vez que, o pesquisador, no caso em estudo, o professor do componente curricular Física, faz parte do meio social (comunidade escolar) onde a pesquisa se desenvolve. A técnica da observação pode variar entre não participante e participante, o que define o tipo de observação é o nível de envolvimento do pesquisador.

Na observação não participante, o pesquisador não se envolve nas situações do grupo ou da realidade estudada, ele se restringe a mero espectador, é também denominada de observação passiva (MARCONI; LAKATOS, 2017). No caso da observação participante, segundo Minayo (2009, p. 70), trata-se de uma técnica definida como,

[...] um processo pelo qual um pesquisador se coloca como observador de uma situação social, com a finalidade de realizar uma investigação científica. O observador, no caso, fica em relação direta com seus interlocutores no espaço social da pesquisa, na medida do possível, participando da vida social deles, no seu cenário cultural, mas com a finalidade de colher dados e compreender o contexto da pesquisa.

Portanto, na observação participante, deve ocorrer a interação do pesquisador junto ao contexto da pesquisa, participando de situações formais ou informais procurando fazer interrogações e questionamentos sobre as atitudes e significados através de um contínuo diálogo, em outras palavras, deve ser agente ativo no cotidiano dos sujeitos da pesquisa.

Como exposto anteriormente, durante todo o processo de desenvolvimento da pesquisa, esta técnica foi empregada conjuntamente com os questionários para registros e produção de dados com o auxílio de um diário de campo para anotações de todas as impressões, relatos, opiniões, dúvidas, como também prováveis ressignificações com relação a mudanças conceituais sobre o tema que enseja o objeto de estudo da pesquisa que é o foco principal deste trabalho.

#### **4.5 Procedimentos de Análise de Dados**

Este é o momento principal da pesquisa, onde o pesquisador associa a fundamentação teórica e os objetivos com todo o material coletado no campo empírico com o fim de concluir o seu trabalho. Como explicita Fiorentini e Lorenzato,

no nosso entender, a análise de dados é o momento mais crucial de uma investigação por conta das inúmeras implicações das “[...] leituras do material disponível, tentando nele buscar unidades de significados ou, então, padrões e regularidades para, depois, agrupá-los em categorias” (FIORENTINI; LORENZATO, 2012 *apud* SANTOS, 2019, p. 59).

Porém, como se trata de uma pesquisa qualitativa, deve-se ter cuidado, porquê pode haver necessidade de retornar a fases anteriores da investigação para se obter maiores informações que suscitarão uma melhor interpretação dos dados produzidos (MINAYO, 2009).

Conforme Ludke e André (2018), a princípio deve-se organizar os dados produzidos, dividi-los em unidades e depois relacioná-los para facilitar a identificação de padrões e tendências que sejam importantes para possíveis respostas ao problema da pesquisa. Em seguida, é necessário fazer uma reflexão sobre esses padrões e tendências, no sentido de encontrar relações e inferências não observadas no primeiro momento. Em outras palavras, as autoras destacam que, em primeiro lugar é preciso construir um conjunto de categorias descritivas que refletem o arcabouço teórico da pesquisa, que no caso específico deste trabalho, é a teoria de Vygotsky em seus aspectos mediação e interação social.

A categorização segundo (LUDKE; ANDRÉ, 2018, p. 57) possibilita “[...] a divisão do material em seus elementos componentes, sem, contudo, perder de vista a relação desses elementos com todos os outros componentes.” As autoras ainda alertam que, “é preciso que a análise não se restrinja ao que está explícito no material, mas procure ir mais a fundo, desvelando mensagens implícitas, dimensões contraditórias e temas sistematicamente ‘silenciados’.” (LUDKE; ANDRÉ, 2018, p. 57, grifo do autor).

Isto posto, por entender que o conjunto de dados coletados pelos instrumentos neste trabalho é predominantemente respostas a perguntas realizadas mediante os questionários, além de comportamentos e atitudes registrados em diário de campo mediante a observação participante, definimos para esta pesquisa, um conjunto de técnicas de análise fundamentada na Análise de conteúdo em Bardin. Segundo Chizzotti (2008, p. 98),

a técnica se aplica à análise de textos escritos ou de qualquer comunicação (oral, visual, gestual) reduzida a um texto ou documento. O objetivo da análise de conteúdo é compreender criticamente o sentido das comunicações, seu conteúdo manifesto ou latente, as significações explícitas ou ocultas.

Nesse sentido, reforça Santos (2019, p. 61), “a análise de conteúdo permite a descrição sistemática, objetiva e qualitativa do conteúdo da comunicação.” Com ela pode-se descobrir o que está por trás dos conteúdos manifestos, sendo possível uma investigação mais profunda sobre o que está sendo comunicado, indo além das aparências.

Concordando com o exposto, a análise de conteúdo nas palavras da própria autora Bardin (2016, p. 44) se caracteriza por ser,

[...] um conjunto de técnicas de análise das comunicações que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens com intenção de inferir conhecimentos relativos às condições de produção (ou, eventualmente, de recepção), inferência esta que recorre a indicadores (quantitativos ou não).

Portanto, ao usar esta abordagem na análise de todo o material produzido durante a investigação, seja através dos dados produzidos pelos instrumentos, seja pelas técnicas empregadas na observação de atitudes, comportamentos e manifestações culturalmente transmitidas pela sociedade, pode-se possibilitar uma interpretação que se aproxime o máximo possível da realidade ou do contexto sócio-histórico do objeto de estudo que norteia a pesquisa.

A análise de conteúdo numa perspectiva qualitativa, dependendo dos métodos adotados pelo pesquisador e da problemática da pesquisa, pode ou não seguir alguns procedimentos metodológicos como: categorização, inferência, descrição e interpretação. Esses passos não necessariamente ocorrem em sequência. Logo, detalhando esses procedimentos, Minayo (2009, p. 88) destaca,

[...] entretanto, em geral, costumamos, por exemplo: a) decompor o material a ser analisado em partes (o que é parte vai depender da unidade de registro e da unidade de contexto que escolhermos); b) distribuir as partes em categorias; c) fazer uma descrição do resultado da categorização (expondo os achados encontrados na análise); d) fazer inferências dos resultados (lançando-se mão de premissas aceitas pelos pesquisadores); e) interpretar os resultados obtidos com auxílio da fundamentação teórica adotada.

A autora na citação menciona as unidades de registro e as unidades de contexto como as partes que serão analisadas em cada categoria. As unidades de registro são os elementos obtidos decorrentes da decomposição do conjunto da mensagem, podendo ser uma palavra, uma frase ou um tema. Já as unidades de contexto, referem-se a elementos do contexto em que a mensagem está sendo analisada, ou seja, faz referência ao tempo e espaço onde ocorre a pesquisa (MINAYO, 2009).

## 4.6 Produto Educacional

O produto educacional – Sequência de Ensino Investigativa sobre conceitos de corrente elétrica, resistência elétrica e potência elétrica para a Educação Básica na modalidade de ensino remoto pode ser apreciada no apêndice A deste trabalho.

Começamos apresentando os elementos que compõe a SEI e em seguida o cronograma que foi planejado para a aplicação da mesma de forma remota. Ressaltamos que, esta forma de aplicação se deve à pandemia causada pelo SARS-CoV-2 no ano de vigência da pesquisa.

Esta SEI contempla o tema Eletrodinâmica abordando especificamente os conteúdos de corrente elétrica, ddp (como fonte de alimentação para os equipamentos elétricos), resistores (com ênfase na associação de equipamentos elétricos em série e/ou paralelo), potência elétrica e cálculo do consumo de energia elétrica (com ênfase na interpretação dos dados em uma fatura de energia). Ela é composta por 5 elementos (atividades) organizadas e articuladas com o fim de possibilitar uma aprendizagem diferenciada quando comparada aos métodos empregados (aulas predominantemente expositivas) na maioria das aulas de Física sobre este tema.

Ela contempla as seguintes atividades diversificadas:

- 1) Um questionário para reconhecer as concepções alternativas dos alunos sobre o tema (identificar o que os alunos sabem em decorrência de estudos anteriores e a vivência cotidiana). Este questionário foi produzido para ser impresso (PDF), portanto, pode ser aplicada em sala de aula, mas também, pode ser aplicado de forma remota utilizando a ferramenta *Google Forms*.
- 2) Um texto de cunho histórico em PDF que aborda o episódio sobre a guerra das correntes protagonizado por Thomas Edison e Nikola Tesla. O texto é utilizado com a finalidade de proporcionar aos alunos uma melhor compreensão, no sentido de que, o desenvolvimento da ciência e tecnologia ocorre por diferentes personagens e em diferentes épocas, no intuito de evidenciar que o progresso não ocorre da noite para o dia. Também foi usado como estratégia para que os alunos tenham o primeiro contato com os dois principais tipos de corrente elétrica. Este elemento da SEI pode ser implementado de forma remota através de um encontro via ferramenta *Google Meet*.
- 3) O terceiro elemento desta SEI é uma atividade prática produzida também para ser impressa e utilizada em sala de aula, onde se realiza a montagem de lâmpadas em

um protoboard (placa para montagem de componentes em circuitos) em associações série e paralelo – aqui pode ser usada a estratégia do experimento filmado (vídeo). Esse vídeo da atividade produzida pelo professor pode ser exibido em outro encontro via *Google Meet*, com o objetivo de fazer os alunos perceberem que é possível a manipulação de materiais do dia a dia para fins científicos. Esta atividade também proporciona uma discussão entre os participantes do processo de ensino e aprendizagem sobre o brilho observado nas lâmpadas, instigando-os a apresentarem hipóteses para explicarem os fenômenos observados, fator que favorece a interação dos envolvidos mesmo que seja a distância.

Completando a Sequência de Ensino, ainda tem dois elementos: um resumo explicativo e um texto paradidático sobre os conteúdos abordados, textos estes, também em PDF.

4) O resumo aborda os conceitos de forma técnica e formal como visto nos livros de Física, mas com caráter didático, com ilustrações para facilitar a compreensão dos alunos.

5) No texto paradidático, é abordado o cálculo do consumo de energia elétrica de equipamentos, de forma descontraída e leve, na forma de uma narrativa envolvendo uma situação problema real do cotidiano.

Em todas as etapas do processo prioriza-se as discussões e diálogos com os alunos no sentido de esclarecer e situá-los no contexto que vivem. Reitera-se a possibilidade de utilizar esses dois últimos elementos de forma remota através do *Google Meet*.

Quanto à aplicação e cronograma, a SEI foi organizada em 7 encontros como disposto no quadro 1.

**Quadro 1** – Cronograma de aplicação do produto educacional.

<b>Data</b>	<b>Encontro formativo</b>	<b>Evento</b>	<b>Meio de aplicação</b>
24/03/21	1º (50 min)	Aplicação do questionário de concepções alternativas.	WhatsApp, Google Meet e Google Forms.
31/03/21	2º (100min)	Leitura coletiva de um texto em PDF de cunho histórico sobre o episódio da guerra das correntes.	WhatsApp e Google Meet.

07/04/21	3º (100 min)	Exibição aos alunos do vídeo de uma atividade prática sobre associação de lâmpadas incandescentes.	WhatsApp e Google Meet.
14/04/21	4º (100 min)	Sugerida aos alunos a leitura e estudo coletivo de um resumo explicativo em PDF, sobre os conteúdos abordados nesta sequência.	WhatsApp e Google Meet.
28/04/21	5º (100 min)	Discussão com os alunos sobre os resultados observados na atividade prática do 3º encontro e supostas conclusões das respostas fornecidas por eles no questionário do 1º encontro (esta etapa será de reflexão sobre provável resignificação de concepções).	WhatsApp e Google Meet.
05/05/21	6º (50 min)	Sugerida aos alunos a leitura coletiva de forma leve e descontraída de um texto paradidático em PDF.	WhatsApp e Google Meet.
12/05/21	7º (50 min)	Discussão abrangendo todas as etapas do processo no intuito de esclarecer pontos que não foram bem compreendidos e ouvir os alunos sobre suas impressões.	WhatsApp e Google Meet.

**Fonte:** O Próprio autor

Na próxima seção será analisado e discutido todos os dados coletados através dos instrumentos e técnicas que se fizeram presentes no corpo da pesquisa aqui apresentada.

## **5 DAS CONCEPÇÕES DO SENSO COMUM A POSSÍVEIS MUDANÇAS CONCEITUAIS: ANÁLISE E INFERÊNCIA DOS DADOS EMPÍRICOS**

A presente seção configura-se como o ápice de uma pesquisa investigativa, pois, aqui serão feitas as reflexões e inferências a respeito daquilo que se produziu ao longo da investigação. Portanto, considerando o que fundamenta o conjunto de técnicas que enseja a análise de conteúdo, os dados produzidos nesta pesquisa foram organizados em 3 categorias empíricas.

Estas categorias, foram norteadoras para a sequência deste trabalho, logo, esta seção será subdividida em três subseções de acordo com cada categoria: concepções alternativas dos alunos a respeito dos conteúdos considerados; reflexões acerca das hipóteses apresentadas pelos alunos aos questionamentos da atividade prática filmada no sentido de observar se houve aplicação da teorização dos conteúdos; Avaliação do processo no contexto da utilização da SEI buscando mudanças conceituais significativas.

### **1) Concepções alternativas dos alunos a respeito dos conteúdos considerados.**

Nesta categoria foi analisado as respostas dos alunos participantes com relação aos questionamentos feitos no questionário de concepções alternativas que compreendeu os conteúdos de corrente elétrica, ddp, associações em série e paralelo de aparelhos elétricos, potência elétrica e consumo de energia elétrica.

### **2) Reflexões acerca das hipóteses apresentadas pelos alunos aos questionamentos da atividade prática filmada no sentido de observar se houve aplicação da teorização dos conteúdos.**

Neste segundo momento, foi realizada uma reflexão procurando compreender as hipóteses apresentadas pelos alunos como tentativa de explicar os fenômenos ocorridos na atividade prática filmada que envolveu a observação de prováveis alterações no brilho das lâmpadas. Busca-se observar se eles aplicaram termos técnicos para explicar os fenômenos.

### **3) Avaliação do processo no contexto da utilização da sequência de ensino investigativa buscando mudanças conceituais significativas.**

Após a realização da atividade prática, foi proposto a leitura de um resumo explicativo sobre os conteúdos e uma leitura de um texto paradidático sobre o cálculo do consumo de energia elétrica. Esta última categoria, destinamos para uma reflexão sobre a possível diferença causada na significação e conseqüentemente apropriação pelos alunos dos conteúdos, quando do uso do conjunto de atividades que formam esta SEI (Produto Educacional) no ensino dos conteúdos de Eletrodinâmica especificados neste trabalho.

Faremos uma análise das respostas citadas pelos alunos durante a aplicação dessas atividades registradas em diário de campo mediante a observação participante no sentido de encontrar possíveis mudanças conceituais na explicação dos fenômenos observados, ou seja, determinar se ocorreu a enculturação científica.

#### **5.1 Concepções alternativas dos alunos a respeito dos conteúdos considerados**

A SEI (produto educacional) começou a ser aplicada no dia 24 de março de 2021 com um grupo de 13 alunos da 3ª série do Ensino Médio de forma remota, usando como ferramentas o WhatsApp, o Google Meet e o Google Forms. A escola, da qual os alunos fazem parte, é pública, da rede estadual, localizada na cidade de Pio XII – MA. Uma cidade pequena, com apenas duas escolas que ofertam o Ensino Médio e com nenhum polo de instituição de ensino superior, o que agrava o desinteresse dessa comunidade escolar, uma vez que, caso almeje cursar uma graduação, precisam se deslocar para cidades vizinhas como Bacabal a 60 quilômetros e Santa Inês a 38 quilômetros.

No caso específico da aplicação do produto, enfrentamos dificuldades associadas à falta de conexão de internet de boa qualidade por parte dos alunos e grande desinteresse no que diz respeito ao fato de que as atividades propostas na SEI não representaria gratificação (pontuação) nenhuma para eles.

Mas, contornados esses obstáculos, após uma conversa e explicação do que tratava a pesquisa, da sua metodologia e como seria desenvolvida, este grupo aceitou participar como participantes da mesma, assinando como forma de oficializar sua

participação um termo de consentimento livre e esclarecido apresentado no apêndice B deste trabalho.

O primeiro elemento (atividade) aplicado foi o questionário de concepções alternativas com 7 perguntas discursivas e 1 para desenhar um diagrama elétrico (8 questões no total). Este serviu, para conhecer e verificar a ideia que os alunos tinham a respeito de situações do cotidiano que envolviam consumo de energia elétrica (corrente elétrica, tensão elétrica, potência elétrica, associações em série e paralelo e noção de diagramas de circuitos). Os alunos foram orientados que deveriam responder aos questionamentos utilizando apenas os conhecimentos que eles haviam adquirido até aquele momento, ou seja, o conhecimento adquirido em sua vivência e em anos anteriores na escola. Mas, mesmo disto isto, alguns alunos mostraram um pouco de resistência com relação a responder o questionário sem ter conhecimento do conteúdo. Um dos alunos questionou: *“como vou responder se eu não sei o que é tensão elétrica (ddp)?”*

Neste momento, ressaltamos que, este grupo de alunos ainda não tinham estudado os conteúdos contemplados em Eletrodinâmica, por isso, a decisão de aplicar o produto para eles.

Retomando o raciocínio, para o aluno que questionou, foi enfatizado que o propósito da atividade era exatamente levá-lo a apresentar uma explicação para a situação em foco, considerando o conhecimento prévio dele sobre o assunto e assim possibilitar ao professor (mediador) delinear aspectos para nortear o desenrolar das aulas sobre a temática. Em outras palavras, que é relevante o seu conhecimento de mundo como ponto de partida para adaptações e agregações de novos conhecimentos.

Isto posto, faremos o registro das respostas dos alunos aos questionamentos e em seguida a análise e discussão das mesmas. Destacamos que, dos 13 alunos que participaram, 7 responderam todas as questões e 6 responderam parcialmente.

Para facilitar a observação e análise, organizamos os dados em quadros, quadro 2 (questão 1), ..., quadro 9 (questão 8) e os alunos codificamos como A1, ..., A13. No cabeçalho do questionário foram feitas algumas considerações e orientações para os alunos usarem como base para suas respostas, como segue:

*“As perguntas que seguirão devem ser respondidas de acordo com o entendimento que vocês detêm decorrentes de sua vivência social e escolar sobre os fenômenos e aplicações elétricas.*

Consideraremos como ambiente para a situação em análise a sua residência (casa).

Vamos supor uma situação hipotética em que faltou energia elétrica em sua casa exatamente às 17h e que o abastecimento normal retornou às 22h. E que nesse intervalo de tempo a energia elétrica oscilou, chegando e faltando.

Baseado nesta situação e considerando seu entendimento acerca dos fenômenos elétricos e suas aplicações, reflita e responda aos questionamentos.”

Reiteramos que, tomamos o cuidado de registrar os dados (respostas dos alunos) exatamente como colocaram, incluindo os erros de grafia e acentuação.

**1º questionamento:** A concessionária de energia, fornece que tipo de corrente elétrica para sua casa? Este tipo de corrente é perigosa? Explique sua resposta.

**Quadro 2** – Respostas dos alunos ao 1º questionamento

Aluno	Respostas
A1	Fornecer a corrente de tensão elétrica. Sim e um pouco perigosa por conta da corrente. Ex: a corrente de tensão de 10.000 mil volts e fatal.
A2	A de 220, sim porque ela é muito forte porque ela é alternada.
A3	Sim, a corrente elétrica é perigosa, muito perigosa.
A4	Corrente alternada. Sim,
A5	Alternada, dependendo da voltagem.
A6	A concessionária acredito que fornece corrente elétrica. A que não é muito forte como a tensão elétrica.
A7	NÃO RESPONDEU
A8	Energia elétrica, depende muito de como estou usando se eu tiver mexendo em um celular e tiver conectado a um carregador pode ser muito perigoso pois a energia vai estar oscilando muito.
A9	NÃO RESPONDEU
A10	ddp 220 volts, tensão elétrica.
A11	Sim e perigosa porque é energia ela da corrente elétrica.
A12	NÃO RESPONDEU
A13	Se eu não me engano é essa volts não sei direito é perigoso todas elas pra mim é perigoso.

**Fonte:** Dados coletados na pesquisa

Para este primeiro questionamento, quatro alunos (A7, A9 e A12) não responderam, e considerando as respostas dos demais, podemos observar algo até mais grave do que não conhecer as grandezas físicas e aplicações delas em seu dia

a dia. Trata-se da frequência preocupante dos erros de grafia e acentuação, mas não é este o foco da pesquisa. Voltando para análise, percebemos que, o A2 e A10, menciona o valor da tensão, no caso 220 e o tipo de corrente, no caso alternada, é mencionado por A2, A4 e A5, mas não conseguem explicar ou mesmo diferenciar as duas grandezas.

Os alunos A2 e A6 usaram a palavra “forte” para se referirem ao tipo de corrente que a concessionária fornece, numa tentativa de explicar que por ser forte, logo ela é a alternada, como disse o A2. Já o A6 afirma: “A concessionária acredito que fornece corrente elétrica. A que não é muito forte como a tensão elétrica. Quando analisamos esta afirmação, podemos inferir que pela pergunta ele deve ter deduzido que existe mais um de tipo de corrente elétrica, uma vez que, ele diz: “a que não é a muito forte como a tensão elétrica”. Por outro lado, fica evidente o fato de que ele já teve contato com a grandeza física tensão elétrica.

Os alunos A10 e A13 citam como respostas ao item a tensão elétrica, sendo que o A10 menciona exatamente o termo diferença de potencial (*ddp*), o valor da mesma *220 volts*, e a grandeza *tensão elétrica* que fisicamente é sinônimo de *ddp*. Ao passo que, o A13 cita a unidade de *ddp*, o volt (V).

Considerando o exposto, podemos concluir que apenas um aluno (A4) respondeu de maneira aceitável o 1º questionamento, apesar de não fornecer maiores esclarecimentos acerca do perigo da corrente alternada. Os demais, demonstraram dúvidas com relação a qual(is) grandeza(s) física(s) estão envolvidas nesta situação: confundem tensão com corrente elétrica.

**2º questionamento:** *Nesse intervalo de tempo (17h a 22h) houve consumo de energia? Houve risco de queimar seus aparelhos? Explique sua resposta.*

**Quadro 3** – Respostas dos alunos ao 2º questionamento

Aluno	Respostas
A1	Sim houve risco de queima por conta de poucas horas para a intensão elétrica ser forte uma tensão de 220 volts seria cause fatal para seu aparelho.
A2	Sim, porque oscilou, chegando e faltando como isso ficou alta e baixa ao mesmo tempo isso afetaria os aparelhos.
A3	Sim, pois a energia ficava indo e voltando.

A4	Sim, porém foi pouco. Sim houve risco de queimar os aparelhos ligados á tomada, pois a energia poderia atingir um pico e assim ultrapassando a tensão elétrica suportada por alguns aparelhos.
A5	Sim, sim; cada aparelho tem seu limite de pico de energia caso a oscilação ultrapasse isso há riscos de danificar o aparelho.
A6	Sim corre risco de queima as coisas das casas se no caso tiver ligado tipo geladeira, luz, wi-fi e outros objetos.
A7	O consumo de energia prevalece, mas com risco de queimar os aparelhos, pois a energia não estar constante fazendo com que os aparelhos funcionam por um breve momento sem a quantidade necessaria.
A8	Sim, porque a energia está oscilando muito e não sabemos com que intensidade a energia vem.
A9	No caso sim porque na situação que fica indo e volta pode ter o risco de queimar os aparelhos.
A10	Sim, pois a carga elétrica que chega é maior quando fica nessa molecagem de vai e volta.
A11	Não houve consumo de energia por que tava cem energia.
A12	Sim, houve consumo de energia e também houve risco de queimar os aparelhos e o risco é muito maior, pois a energia fica muito forte e depois cai, esse tipo de coisa faz os aparelhos queimarem.
A13	Consumo de energia sim, agora queimar aparelho não que eu me lembro não chegou a queimar nada lá em casa.

**Fonte:** Dados coletados na pesquisa

No segundo questionamento, todos os alunos responderam. Ao observarmos as respostas, identificamos que o A4 se aproximou consideravelmente da explicação ideal, ele afirma: *“Sim, porém foi pouco. Sim houve risco de queimar os aparelhos ligados á tomada, pois a energia poderia atingir um pico e assim ultrapassando a tensão elétrica suportada por alguns aparelhos.”*

Percebemos que ele confunde energia elétrica com tensão elétrica, ou seja, trata as duas grandezas como se fossem sinônimas, porém, justifica dizendo que se a tensão de um aparelho é ultrapassada, seguramente ele queimará. Daí podemos inferir que, a sua intenção era explicar que quando a tensão submetida a um aparelho é maior que a nominal, este será danificado.

Por outro lado, o A2 não especifica que grandeza apresenta oscilação em seu valor, mas entende que, essa variação danifica os aparelhos. Enquanto, que, os alunos A5 e A12 respectivamente, comentam que houve um pico de energia e um aumento de energia (*“...pois a energia fica muito forte e depois cai...”*), o A10 comenta que houve um aumento de carga elétrica nessas oscilações.

Isso nos permite entender que, eles não conseguem diferenciar as grandezas carga elétrica, tensão elétrica e energia elétrica, apesar de serem grandezas fundamentais em situações como esta e que acontecem com certa frequência nos lares.

**3º questionamento:** *Nesta situação, você costuma desconectar os plugs dos aparelhos da tomada? Explique sua resposta.*

**Quadro 4** – Respostas dos alunos ao 3º questionamento

Aluno	Respostas
A1	Sim, porque acho peregoso ela uma corrente elétrica ou entensão elétrica que é mais forte e peregoso.
A2	Sim porque a energia vem muito alta para não ocorrer a queimação do aparelho e bom desconecta da tomada.
A3	Sim, geralmente seria o certo a fazer, na minha casa é desligado o gerador de energia lá fora.
A4	Sim, porque há risco de queimar alguns aparelhos como geladeira, TV, computador, etc...
A5	Sim, pois com a ocilação rede elétrica há riscos de o aparelho não suportar o pico de energia.
A6	Sim porque corre o risco de perder porque depende queimado não mais justo.
A7	Sim, pois com a falta na corrente elétrica o aparelho pode chegar a um curto. Com a oscilação da energia o aparelho não adquirirá a quantidade de energia necessária para seu funcionamento.
A8	Sim, eu vejo um risco muito grande dos aparelhos queimarem pois, durante esse tempo os aparelhos estão sendo muito forçado.
A9	Sim para não caso um queimasão nos aparelhos de dentro de casa.
A10	Sim, para evitar que queime os aparelhos.
A11	Sim para não causa defeito nos aparelhos.
A12	Sim, assim eu evito queimar meus aparelhos, pois o risco é grande.
A13	Sim, nos desligamos tudo da tomada pra não correr o risco de queimar.

**Fonte:** Dados coletados na pesquisa

No terceiro questionamento, retomamos o raciocínio do anterior, ao questioná-los se eles teriam o hábito de retirar o plug dos aparelhos da tomada. As respostas mostram ainda a confusão que eles fazem no uso das grandezas envolvidas (tensão, corrente e energia elétrica), mas, percebemos que os alunos A4, A10, A12 e A13 mostraram uma certa segurança nas respostas apesar de não entrarem em detalhes. Em resumo, eles responderam que retiram os plugs dos aparelhos da tomada para

não correrem o risco de serem queimados. Já os alunos A2 e A5 respectivamente, consideram que esta ação deve ser feita em virtude do risco de a energia voltar muito “alta” e no outro caso, em virtude do risco de se ter um pico de energia. O A3 usou o termo gerador, mas, inferimos que ele quis dizer disjuntor, pelo contexto podemos entender que ele não sabe a diferença ou não entende a função destes elementos.

O A7 afirmou: “*Sim, pois com a falta na corrente elétrica o aparelho pode chegar a um curto. Com a oscilação da energia o aparelho não adquirirá a quantidade de energia necessária para seu funcionamento.*” Observamos nesta resposta, que ele tratou as grandezas corrente, ddp e energia como sinônimos, e que no seu entendimento, os aparelhos queimam por sofrerem um curto circuito.

O A8 afirmou que os aparelhos são forçados neste intervalo de tempo em que a tensão elétrica está oscilando, mas não especificou os motivos. Podemos compreender que, os conhecimentos do senso comum repassados a eles nas experiências adquiridas pelas interações sociais, direcionam os seus raciocínios, a concluir que, em situações como a apresentada, o melhor a fazer é desconectar os aparelhos da tomada, porém, não conseguem explicar com termos técnicos e científicos os reais motivos.

**4º questionamento:** *Quando a energia elétrica oscila em sua casa, qual grandeza física especificamente está com o seu valor variando?*

**Quadro 5 – Respostas dos alunos ao 4º questionamento**

Aluno	Respostas
A1	O valor elétrico a grandeza esta de queima algo de uma lâmpada de um 20 walts.
A2	NÃO RESPONDEU
A3	Não sei o que significa oscila, se a perguntar for o preço mais ou menos 18 reais.
A4	A corrente elétrica, também conhecida como ddp (diferença de potencial).
A5	Volts.
A6	Eu acho que está na média.
A7	A variação dos volts faz com que a energia oscile.
A8	Bom, depende muito da ocasião as vezes, está mais variando do que o normal.
A9	NÃO RESPONDEU
A10	220 volts.
A11	Não cei.

A12	A grandeza que tá oscilando é os volts.
A13	50 reais.

**Fonte:** Dados coletados na pesquisa

A esta quarta pergunta, dois alunos não responderam, o A1 respondeu algo onde inferimos que ele desconhece as grandezas envolvidas (falta coerência textual na sua resposta para uma melhor compreensão do que ele quis dizer), o A11 afirmou que não sabe e o A4 foi o único que mencionou a grandeza correta, no caso a tensão elétrica (ddp). Porém, ele confunde corrente elétrica com tensão, no nosso entender, ele as considera sinônimos. Os alunos A5, A7, A10 e A12 reduziram a grandeza à unidade ao afirmarem que a grandeza que terá o seu valor variando é o volt. E no caso específico de A10, ele citou o valor da tensão nominal (220V) da rede elétrica de sua residência.

Na verdade, volt (V) é a unidade de tensão elétrica, e é esta grandeza física, que apresenta oscilação em seu valor nominal, que no caso, para residências de Pio XXI – MA é 220V. Dois alunos A3 e A13, não compreenderam o questionamento, consideraram que a pergunta fazia alusão ao valor a ser pago na fatura. Especificamente A3, respondeu que não sabe o que significa a palavra “oscilar”, e entendemos que ele concluiu que a pergunta dizia respeito ao valor pago pelo consumo de energia em sua casa.

Percebemos e concluímos pelas respostas, que nenhum dos alunos compreendem com propriedade qual a grandeza física que proporciona o funcionamento dos aparelhos elétricos em suas casas.

**5º questionamento:** *Qual o seu entendimento a respeito de tensão elétrica? O que mata é a corrente elétrica ou a tensão elétrica? O que seria fatal, uma tensão de 220 volts alternada ou uma tensão de 10.000 volts continua? Explique sua resposta.*

**Quadro 6** – Respostas dos alunos ao 5º questionamento

Aluno	Respostas
A1	A tensão de 220 volts alternando por conta da corrente elétrica já esta avançada. É causa mais eletricidade.
A2	O de 220 volts porque ela segura a pessoa, já a de tensão maio tem atenderia de empura para longe.
A3	A corrente elétrica; uma tensão de 220 volts alternada série a fatal (eu acho).

A4	Tensão elétrica é a voltagem. Acho que é a corrente. Acho que as duas tensões matam.
A5	Não me lembro. Tensão elétrica, as duas tensões seriam fatais.
A6	Tensão elétrica deve ser a corrente de energia, corrente elétrica deve ser a mais forte então acho que ela corre mais risco de matar alguém.
A7	NÃO RESPONDEU
A8	Tensão elétrica devido ela tensão elétrica ela tem muito, explosão quando é direcionada ao qualquer ponto vital. Já a corrente elétrica a pessoa tem mais chance de escapar pois a carga já não é muito pesada.
A9	NÃO RESPONDEU
A10	Tensão elétrica, e o que conserva a carga ou seja por onde a corrente elétrica passa, fatal tensão de 10.000 volts contínua, por que a pessoa recebe uma carga maior que leva a morte.
A11	10.000 volts consome uma eletricidade mas mata.
A12	O que mata é a descarga elétrica, o que seria fatal era uma tensão de 10.000 volts contínua.
A13	Tensão elétrica, o que seria fatal na minha opinião é uma tensão elétrica de 10.000 volts.

**Fonte:** Dados coletados na pesquisa

O que observamos nos quatro primeiros e neste quinto questionamento é a confusão que eles fazem envolvendo as grandezas corrente, tensão, carga e energia elétrica.

A resposta de A1 não apresenta coerência com relação à pergunta, ele cita as grandezas envolvidas no fenômeno, porém não as usa de forma adequada. O que o A2 responde faz sentido quando se observa o efeito fisiológico da corrente no corpo humano, mas não percebemos por parte dele um conhecimento adequado do fenômeno.

O aluno A3 respondeu parcialmente, citando as grandezas envolvidas, mas mostrou insegurança. O A4 associa a grandeza à unidade ao responder que a tensão elétrica é a voltagem, mas assim como o A3 mostra insegurança na resposta.

O A5 não compreende o fenômeno e os alunos A8, A10, A11, A12 e A13, confundem carga, corrente, tensão e energia elétrica.

O que podemos inferir das respostas é que em algum momento eles já ouviram falar dessas grandezas físicas, tanto que mencionam elas em suas explicações, mas não conhecem ou não compreendem o que significa cada uma e tampouco o papel delas em fenômenos que envolvem a eletricidade.

A tensão elétrica ou diferença de potencial (ddp) estabelecida nos terminais de um aparelho se torna responsável pelo estabelecimento de um campo elétrico no interior dos componentes condutores. Podemos observar que o campo elétrico produzido no interior do condutor provoca o movimento ordenado dos seus portadores de carga. Esse dispositivo que pode provocar uma ddp é denominado de gerador e como exemplo de geradores podemos ter pilhas, baterias e qualquer aparelho capaz de estabelecer uma ddp nos seus terminais.

No caso das residências, essa ddp ou tensão nominal pode ser de 110V ou de 220V com corrente elétrica alternada, diferentemente de pilhas e baterias que fornecem uma ddp com corrente elétrica contínua. O que causa o efeito fisiológico de choque no corpo é a corrente elétrica que dependendo de sua intensidade pode levar o indivíduo a ter sérias sequelas ou até mesmo sofrer óbito.

Com relação à pergunta desde quinto questionamento, tanto a corrente alternada de 220V como a corrente contínua de 10.000V podem matar. Porém, as características são diferentes, no caso de um choque de 220V com corrente alternada, a tendência é o coração fibrilar causando complicações no bombeamento do sangue. Já no caso de um choque de 10.000V com corrente contínua a tendência é o coração parar e causar queimaduras por todo o corpo.

Esta segunda parte do questionário pede para os alunos considerarem o funcionamento dos aparelhos elétricos/eletrônicos que utilizam diariamente em suas casas.

**6º questionamento:** *Em termos de consumo de energia elétrica, em um intervalo de tempo de 4 horas, qual lâmpada consome mais, uma fluorescente de 20W ou uma de LED de 9W? O que significa a letra “W” que acompanha os números citados? Explique.*

**Quadro 7** – Respostas dos alunos ao 6º questionamento

Aluno	Respostas
A1	Significa a quantidade de walts que há um consumo de energia elétrica.
A2	A led é mais usada porque puxa bem menos energia elétrica.
A3	Led de 9W.
A4	A fluorescente. A letra “W” significa watt.

A5	Uma fluorescente de 20W; watts; medida de consumo elétrico de um aparelho.
A6	Deve ser led de 9W porque led consome mais que as lâmpadas.
A7	Uma lâmpada de led consome menos energia elétrica por precisar de quantidade menor de energia para seu funcionamento. 9 wats.
A8	Em termo de economia, o led faz mais minha parte e a letra w representa volts.
A9	NÃO RESPONDEU
A10	Uma led de 9 w. w = wols valor de i
A11	Não cei
A12	A fluorescente vai consumir mais, o led é mais econômico, a letra "W" significa ... (esqueci o nome).
A13	Led de 9w, w eu acho que é a quantidade de energia é passado pelo led.

**Fonte:** Dados coletados na pesquisa

Os alunos A1, A4 e A5 reconheceram a letra W como sendo (Watt), porém A1 e A5 associam esta unidade a energia elétrica. Inferimos que, apenas A4 e A5 sabem que a lâmpada fluorescente é a que consome mais energia, mas não explicaram o motivo, então, compreendemos que eles associam o maior consumo ao valor 20W ao invés de 9W. No entanto, não se pode dizer que associam os valores à grandeza potência elétrica.

O aluno A12 concorda com A4 e A5 com relação à lâmpada que consome mais, porém não lembra o que significa a letra W. Os alunos A2 e A7, responderam indiretamente à pergunta afirmando que a lâmpada de LED consome menos energia, mas não associaram o baixo consumo à baixa potência. Enquanto que A3, A6, A10 e A13 consideram que as lâmpadas de LED consomem mais energia e A8 confunde W (Watt) que é a unidade de potência elétrica com V (volt) que é a unidade de tensão elétrica.

O consumo de energia elétrica está associado ao tempo de funcionamento de um aparelho e à potência elétrica dele. Quanto maior o tempo de funcionamento e/ou sua potência, maior será o consumo de energia.

**7º questionamento:** *Na rede elétrica de sua casa, as conexões são feitas em série ou paralelo? Os diferentes aparelhos que tem em sua casa são ligados na rede elétrica em série ou paralelo? Considerando a tensão nominal dos aparelhos, qual ligação deve ser feita, série ou paralelo? Qual a ddp da rede elétrica de sua residência? Explique suas respostas.*

**Quadro 8** – Respostas dos alunos ao 7º questionamento

Aluno	Respostas
A1	A ligação de ser feita em paralelo: a um interruptor de fios condutores.
A2	São ventilador e paralelo geladeira e série porque não tem um moto em si.
A3	Série; aparelhos ligados (série; tensão nominal deve ser feito no paralelo, ddp e 220 Volts é; talvez.
A4	Acho que em série, a ddp é 220V.
A5	Não sei.
A6	Ligação deve ser feita série pois paralelo acredito que seja gato como muitos chamam.
A7	NÃO RESPONDEU
A8	Tem que ser feito paralelo, pois eu vejo como um modo mais seguro.
A9	NÃO RESPONDEU
A10	ddp, série
A11	Não sei.
A12	NÃO RESPONDEU
A13	Paralelo.

**Fonte:** Dados coletados na pesquisa

Se comparada as seis anteriores, esta sétima pergunta foi a que mais gerou dúvidas, considerando a quantidade de alunos que não responderam ou que responderam “não sei”. Quando observamos as respostas, percebemos que três responderam que as ligações devem ser feitas em paralelo (A1, A8 e A13), sendo que apenas A3 e A4 mencionaram que a ddp é 220V, apesar de alguns já terem mencionado este valor nos questionamentos anteriores.

Entendemos que, eles não tiveram contato com este conhecimento em nenhum momento de sua vida cotidiana, e que foi a primeira vez que viram tais termos, daí a quantidade de abstenções à pergunta.

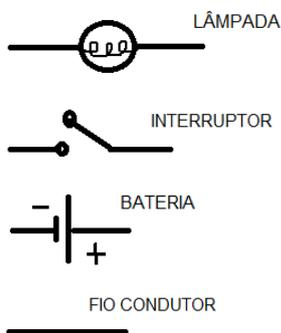
Os aparelhos elétricos/eletrônicos apresentam uma tensão e potência nominal de funcionamento, se eles não forem conectados à sua tensão nominal, apresentarão falhas de funcionamento podendo até queimar. Portanto, uma vez que, a tensão da rede elétrica e a tensão nominal dos aparelhos é 220V, essas ligações, como tomadas por exemplo, deverão serem feitas em paralelo, para possibilitar a correta alimentação dos mesmos.

Não se usa a associação ou ligação em série pelo fato desta ter uma característica de dividir a ddp ou tensão total entre todos os componentes ou

aparelhos conectados à fonte de alimentação, o que provocaria o mal ou o não funcionamento dos aparelhos por baixa tensão.

**8º questionamento:** Considerando os elementos básicos de um circuito como, uma lâmpada, um interruptor, uma bateria e fios condutores para conexões. Desenhe um diagrama elétrico que represente a forma como deve ser feita as ligações desses elementos. Represente uma situação em que a lâmpada esteja acesa e outra em que ela esteja apagada.

Considere os símbolos abaixo para o desenho do diagrama.



Os desenhos produzidos pelos alunos estão apresentados no quadro 9 a seguir.

**Quadro 9** – Desenhos dos alunos relativos ao 8º questionamento

Aluno	Desenhos
A1	<p>DIAGRAMA ELÉTRICO PARA A LÂMPADA ACESA.</p> <p>DIAGRAMA ELÉTRICO PARA A LÂMPADA APAGADA.</p>

A2

DIAGRAMA ELÉTRICO PARA A LÂMPADA ACESA.

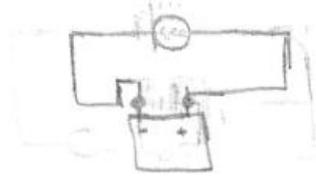
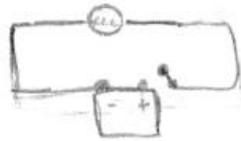


DIAGRAMA ELÉTRICO PARA A LÂMPADA APAGADA.



A3

DIAGRAMA ELÉTRICO PARA A LÂMPADA ACESA.

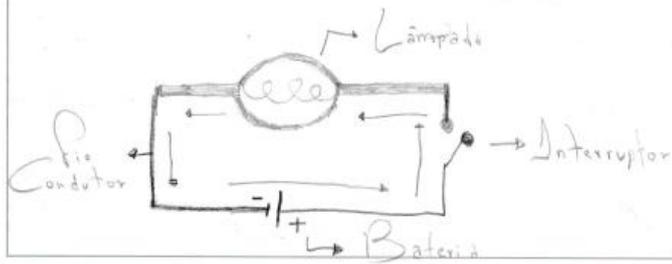
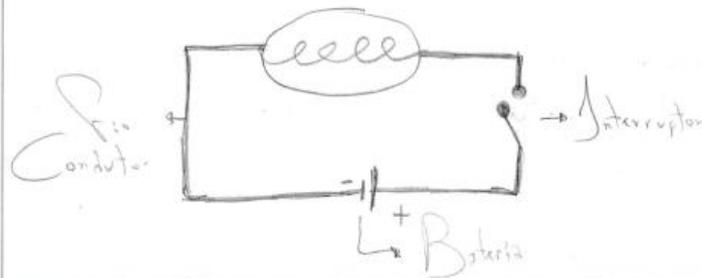
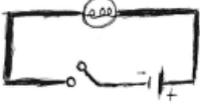
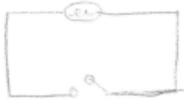
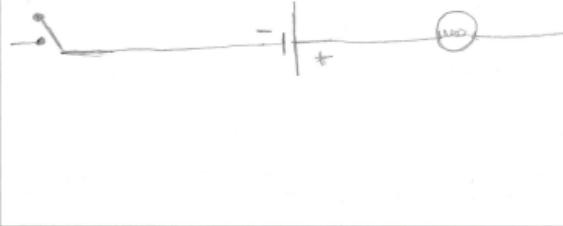
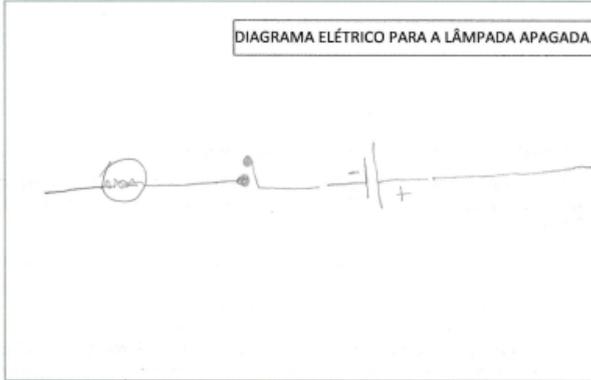
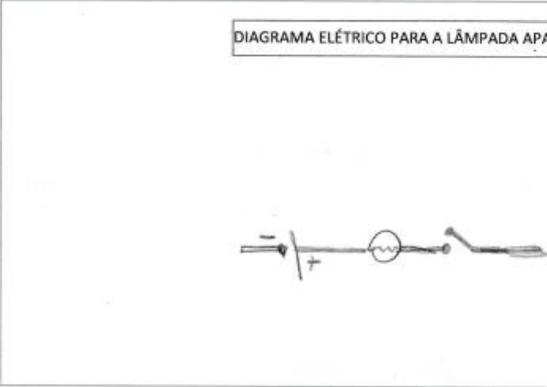
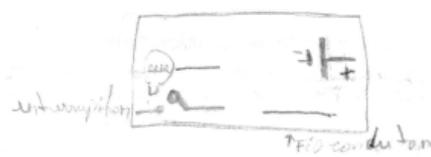
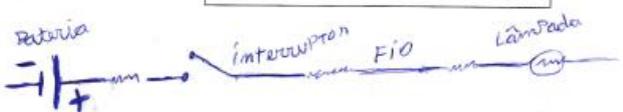
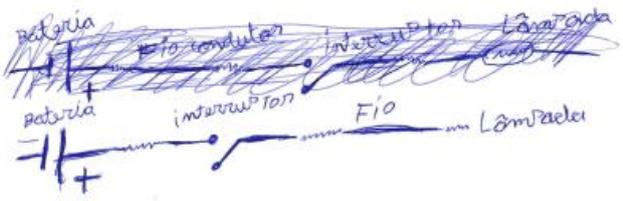


DIAGRAMA ELÉTRICO PARA A LÂMPADA APAGADA.



A4	<p data-bbox="774 286 1109 324">DIAGRAMA ELÉTRICO PARA A LÂMPADA ACESA.</p>  <p data-bbox="758 667 1125 705">DIAGRAMA ELÉTRICO PARA A LÂMPADA APAGADA.</p> 
A5	<p data-bbox="774 1070 1109 1108">DIAGRAMA ELÉTRICO PARA A LÂMPADA ACESA.</p>  <p data-bbox="758 1451 1125 1489">DIAGRAMA ELÉTRICO PARA A LÂMPADA APAGADA.</p> 

A6	<p data-bbox="767 248 1114 282">DIAGRAMA ELÉTRICO PARA A LÂMPADA ACESA.</p>  <p data-bbox="754 629 1126 663">DIAGRAMA ELÉTRICO PARA A LÂMPADA APAGADA.</p> 
A7	<p data-bbox="767 1021 1114 1055">DIAGRAMA ELÉTRICO PARA A LÂMPADA ACESA.</p>  <p data-bbox="754 1406 1126 1440">DIAGRAMA ELÉTRICO PARA A LÂMPADA APAGADA.</p> 

A10	<p style="text-align: center;">DIAGRAMA ELÉTRICO PARA A LÂMPADA ACESA.</p>  <p style="text-align: center;">DIAGRAMA ELÉTRICO PARA A LÂMPADA APAGADA.</p> 
A12	<p style="text-align: center;">DIAGRAMA ELÉTRICO PARA A LÂMPADA ACESA.</p>  <p style="text-align: center;">DIAGRAMA ELÉTRICO PARA A LÂMPADA APAGADA.</p> 

**Fonte:** Dados coletados na pesquisa

Os alunos A8, A9, A11 e A13 não desenharam. Apenas os alunos A2 e A4 conseguiram representar de forma satisfatória os dois circuitos solicitados. Ao passo

que, A1, A6, A7 e A12 desenharam os circuitos em linha e não como uma malha fechada, evidenciando que eles desconhecem completamente esse tipo de representação do diagrama elétrico.

O aluno A3, representou a situação do circuito com lâmpada apagada nas duas situações, entendemos que ele não compreende que na situação de lâmpada acesa, devemos desenhar o interruptor como se fosse um fio condutor.

Quanto a A5 e A10, o primeiro esqueceu de acrescentar a bateria no circuito e o segundo, não representou corretamente nenhum dos dois circuitos.

Compreendemos a partir dos desenhos coletados, que poucos conhecem a forma de representação de circuitos por diagramas elétricos. E isso, entendemos, a partir da observação, que se deve ao fato de que eles até então não tinham visto e estudado sobre representação de circuitos, associa-se a isso também um considerável desinteresse ou falta de curiosidade para conhecerem ou até mesmo compreenderem aspectos relacionados à tecnologia e/ou fenômenos que eles presenciam e/ou usufruem em seu dia a dia.

## **5.2 Reflexões acerca das hipóteses apresentadas pelos alunos aos questionamentos da atividade prática filmada no sentido de observar se houve aplicação da teorização dos conteúdos**

O segundo elemento que compõe a SEI, um texto de cunho histórico a respeito do episódio sobre a guerra das correntes protagonizado por Thomas Edison e Nikola Tesla foi aplicado no dia 31 de março de 2021. Este encontro formativo teve duração de 100 min e foi realizado através da plataforma Google Meet.

As observações e análises da aplicação desta atividade serão feitas na próxima subseção, vamos deter nossa atenção neste momento para observar, refletir e analisar as respostas dos alunos a respeito da aplicação do terceiro elemento desta SEI.

A atividade prática envolvendo materiais como, 3 lâmpadas incandescentes de 3V, uma placa protoboard, duas pilhas de 1,5V/cada e fios para conexões, foi aplicada na forma de exibição de um vídeo (experimento filmado) através de apresentação no Google Meet no dia 07 de abril, este encontro formativo teve duração de 100 min.

A finalidade desta atividade estava pautada na observação por parte dos alunos da alteração apresentado no brilho das lâmpadas em decorrência do tipo de

associação realizado, se em série ou paralelo. Eles deveriam associar a intensidade do brilho das lâmpadas com as grandezas envolvidas nesta situação, como corrente elétrica, ddp, resistência elétrica e potência elétrica.

O vídeo foi exibido pausadamente para possibilitar a eles uma melhor observação do que estava ocorrendo e assim levantarem hipóteses para explicar o fenômeno. Antes de iniciar a atividade, foram apresentadas aos alunos, três questões abertas para serem respondidas após a atividade, e as respostas dependeria de suas observações.

Faremos agora o registro e em seguida a análise destas respostas. Lembramos que as respostas foram transcritas mantendo os erros de grafia e acentuação, ainda ressaltamos que, a análise será pautada também em dados registrados no diário de campo mediante a observação participante.

**1ª questão:** *Com relação à intensidade da corrente elétrica em cada lâmpada, o que a atividade prática evidencia? Explique.*

**Quadro 10** – Respostas dos alunos à 1ª questão

Aluno	Respostas
A1	Evidencia que cada lâmpada têm corrente elétrica diferentes, e a três formas de interligação.
A2	Explica uma corrente continua por que esta ligada em uma pilha de tensão (3v). E mais lâmpadas mais a intensidade fica menor.
A3	A atividade mostra que se os fios quando são ligados de formas diferentes muda o jeito dos fios.
A4	As lâmpadas ficavam com o brilho iguais, logo, pode se dizer que a intensidade da corrente ficou igual em ambas as lâmpadas.
A5	Dependendo da potência da corrente a luz pode ficar mais fraca por causa da divisão.
A6	A intensidade da corrente elétrica. A primeira que e botando fica forte. A segunda fica menos forte. A ultima fica fraca por conta da potência.
A7	Evidencia a diferença de potencia e brilho de acordo com a ligação.
A8	Depende muito, quando tem só uma lâmpada a intensidade e maior agora quando estar todas ligadas a itensidade e menor.
A9	NÃO RESPONDEU
A10	Esse daqui eu não sei.
A11	NÃO RESPONDEU
A12	NÃO RESPONDEU
A13	NÃO RESPONDEU

**Fonte:** Dados coletados na pesquisa

Para esta questão, as respostas apresentadas por alguns foram de certa forma satisfatórias, visto que, conseguiram relacionar o brilho das lâmpadas a pelo menos uma das grandezas envolvidas no fenômeno.

O aluno A1 citou que as intensidades de correntes são diferentes em cada lâmpada e em cada tipo de ligação, mas não especificou em que momentos e os motivos. Podemos inferir que, A2 entendeu, que quanto mais lâmpadas conectadas menor será a intensidade da corrente, mas não identificou em qual momento, se foi na associação em série ou paralelo.

A resposta de A3 foi vaga, mas, podemos afirmar sem muita precisão, que ele quis dizer que muda a intensidade da corrente quando altera o tipo de associação, já A4 associou de forma satisfatória o brilho das lâmpadas com a intensidade de corrente, porém não relacionou às outras grandezas ou explicou melhor a afirmação, como segue: *“As lâmpadas ficavam com o brilho iguais, logo, pode se dizer que a intensidade da corrente ficou igual em ambas as lâmpadas.”*

Os alunos A5 e A6 utilizam a palavra “potência” no sentido de intensidade quando se referem à corrente, sendo que A5, associou o fato de o brilho da lâmpada enfraquecer devido à divisão, porém, não citou que grandeza se divide e em qual situação. Enquanto da resposta de A6 inferimos que ele entendeu que a última lâmpada colocada tem seu brilho enfraquecido em virtude da baixa intensidade de corrente, mas não explica a afirmação.

Diante das afirmações, destacamos que A7 e A8 apresentaram hipóteses interessantes que se complementam, A7 disse que a diferença de intensidades das correntes e conseqüentemente dos brilhos das lâmpadas é uma conseqüência do tipo de ligação/associação e A8 disse que, quanto mais lâmpadas conectadas, menor a intensidade da corrente.

Entendemos que as respostas citadas foram de encontro à finalidade da pergunta, e que as afirmações de alguns mostram que eles conseguiram relacionar aquilo que não podem ver, no caso a grandeza corrente elétrica, com manifestações observáveis como a intensidade do brilho das lâmpadas, embora não tenham especificado suas explicações se pautando em cada uma das etapas observadas na execução da atividade, ou seja, ao momento em que apenas uma lâmpada foi conectada para aferição de brilho normal e aos momentos em que foram conectadas em série e em paralelo.

**2ª questão:** *O brilho observado em cada lâmpada é normal? Por quê?*

**Quadro 11** – Respostas dos alunos à 2ª questão

Aluno	Respostas
A1	Não. O brilho normal só quando há uma lâmpada, as outra 2 tem brilho diferentes brilho mais fraco.
A2	Por que esta ligada direto ao porlo da pilha.
A3	Quando so tem uma lampada ligada sim o brilho é normal, quando esta ligada as três lâmpadas um brilho fica fraco.
A4	Sim, mas quando tira uma das lâmpadas da ligação em série todas apagam, e ascendem quando é colocada um fio link. Já na ligação em paralelo o brilho vai diminuindo conforme vai sendo colocado mais lâmpadas.
A5	Não, depende da divisão da corrente entre elas.
A6	Quando tem as três o brilho fica um pouco mais fraco e quando tem só uma o brilho fica normal mais forte.
A7	Não, pois com a ligação das três lampadas a energia é dividida, a lampada só obtem seu brilho normal quando está ligada sozinha.
A8	Sim, porquê apesar da rede ser ligada em três lâmpadas, quando e retirada uma a itensidade maior.
A9	NÃO RESPONDEU
A10	Não, so o primeiro ficou o brilho normal, as outras ficaram mais fraca.
A11	Sim é normal por quê é
A12	Não, quando as três estão ligadas as luzes ficam fracas, quando é apenas uma a luz fica forte.
A13	NÃO RESPONDEU

**Fonte:** Dados coletados na pesquisa

Os alunos A2, A8 e A11 deram respostas inconclusivas, porém, observamos que, A1, A3, A6, A7, A10 e A12 concordaram entre si ao responderem que o brilho da lâmpada é normal apenas na situação em que apenas uma é conectada e que nas demais associações o brilho ficara enfraquecido.

Sendo que A7, se refere às grandezas corrente e ddp como “energia” ao afirmar que “com as três lâmpadas ligadas, a energia é dividida.” Destacamos que não percebemos em sua resposta a qual tipo de associação ele se refere.

O aluno A4 afirmou: “*Sim, mas quando tira uma das lâmpadas da ligação em série todas apagam, e ascendem quando é colocada um fio link. Já na ligação em paralelo o brilho vai diminuindo conforme vai sendo colocado mais lâmpadas.*”

Deduzimos de sua resposta, que sua observação o levou a concluir que na situação de associação em série as lâmpadas apresentam o mesmo brilho e que na situação de associação em paralelo elas apresentam redução na intensidade de seus brilhos à medida que acrescentam mais lâmpadas.

O que observamos nesse conjunto de respostas, é que apenas A5 conseguiu se aproximar do que esperávamos como explicação para esta pergunta, ele afirmou que o brilho em cada lâmpada não é normal, e diz que o mesmo depende da intensidade de corrente em cada lâmpada, mas não explicou.

Compreendemos que faltou aos alunos relacionarem o brilho das lâmpadas em cada etapa com os respectivos tipos de associações e procurarem perceberem e refletirem como as grandezas envolvidas (corrente, resistência, ddp e potência) interferem na intensidade do brilho emitido.

**3ª questão:** *Caso as lâmpadas não apresentem o mesmo brilho, o que você, com base na teoria, concluirá a respeito da corrente elétrica, resistência elétrica, potência elétrica e energia elétrica consumida da que brilhar menos?*

**Quadro 12** – Respostas dos alunos à 3ª questão

Aluno	Respostas
A1	Corrente elétrica, e quase mesma que resistência corrente elétrica e a correnti qui ocorre em objetos de energia resistência e quando a menos eletricidade.
A2	Por que como esta ligada em serie elas fica com meno resistência elétrica por causa do conequitores.
A3	As lâmpadas não apresentem o mesmo brilho a energia elétrica consumida da que brilhar menos.
A4	NÃO RESPONDEU
A5	A condução dos polos não esta correta.
A6	O brilho das lâmpadas fica menos forte devido o fio que foi botando e potência elétrica diminui o brilho.
A7	A corrente é dividida fazendo com que cada uma das lâmpadas brilhem mas com intensidade diferente. Podendo não apresentar brilho devido a um curto ou tipo da ligação.
A8	Bom, depende muito caso as lampadas estejam todas ligadas o brilho pode se dizer que e igual, agora ao retirar uma lampada o brilho e mais evidente.
A9	NÃO RESPONDEU
A10	Que sera mais franca a quantidade da corrente elétrica é muito fraquinha pra puxar as três lampadas.
A11	NÃO RESPONDEU

A12	Caso as lâmpadas não apresentam o mesmo brilho significa que as lâmpadas estão recebendo uma carga diferente.
A13	NÃO RESPONDEU

**Fonte:** Dados coletados na pesquisa

Nesta 3ª questão, os alunos foram instigados a serem mais específicos em suas respostas, pois eles deveriam associar como as grandezas elétricas citadas influenciaram no brilho que observaram procurando explicar com termos mais técnicos ao invés de usarem expressões do senso comum.

No entanto, entendemos que, o objetivo para esta questão não foi atingido, visto que, nenhum dos alunos conseguiu citar ou comentar algo que se aproximasse da explicação real.

Os alunos A1, A3 e A5 deram respostas inconclusivas, A2 comentou que, na ligação em série a resistência elétrica é menor, se considerarmos que ele se refere à resistência total (equivalente), sabemos que na verdade, a resistência elétrica é maior, daí a conclusão equivocada de sua parte.

O A6 afirmou: “*O brilho das lâmpadas fica menos forte devido o fio que foi botando e potência elétrica diminui o brilho.*” Ele não mencionou a etapa da atividade na qual fez essa observação, porém inferimos que ele quis dizer que o brilho foi reduzido devido à potência, entretanto, como a potência dissipada pela resistência da lâmpada depende em cada situação, ou da corrente (no caso da associação em paralelo) ou da ddp (no caso da associação em série), a redução do brilho não é uma consequência direta da redução da potência e sim da redução ou da corrente ou da ddp.

Quando A7 afirma que: “*A corrente é dividida fazendo com que cada uma das lâmpadas brilhem mas com intensidade diferente. Podendo não apresentar brilho devido a um curto ou tipo da ligação.*”

Ele não especifica em que momento a corrente é dividida, quando diz que pode não apresentar brilho ele cita a situação em que foi colocado um fio link através de uma das lâmpadas ou a alteração no brilho é provocada pelo tipo de associação realizado.

Na verdade, a corrente só é dividida quando as lâmpadas são associadas em paralelo, nesta situação a ddp em cada lâmpada é a mesma e a intensidade de

corrente também, se considerado que as lâmpadas são iguais (mesma resistência elétrica), porém, essa intensidade é menor, por isso o brilho reduzido em cada lâmpada.

Considerando a resposta de A8, ele disse que o brilho é igual, mas não especificou a situação. Inferimos que, ele se referia às duas associações, a série e a paralelo, contudo, não explica que no caso da ligação em série, se retirar uma lâmpada, todas apagam.

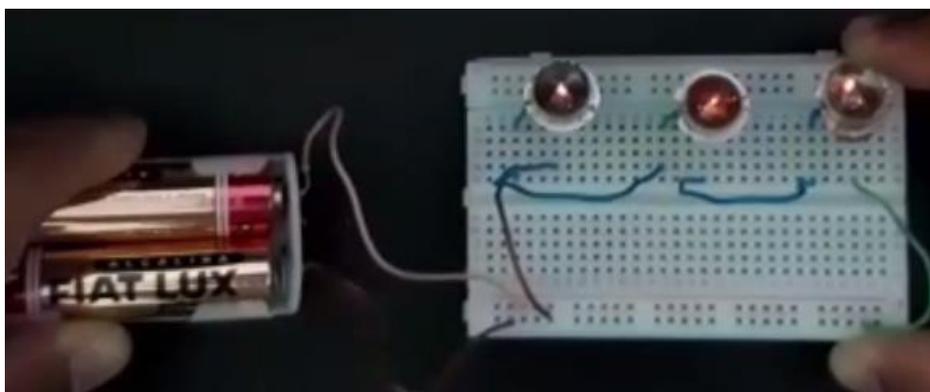
O que ele descreveu ocorre na ligação em paralelo, ao retirar uma lâmpada, as outras brilham mais. Já A10 entendeu que, o brilho é menor em virtude da menor intensidade da corrente quando conecta as três lâmpadas. Ressaltamos que, a intensidade que ele citou, apesar de não ter explicado, deve ser a intensidade total da corrente na associação em série.

As três questões analisadas acima deram uma perspectiva geral sobre o que os alunos observaram durante a execução da atividade neste primeiro momento. Após eles responderem essas questões, no segundo momento, foi proposto a discussão e explicação de 6 perguntas sobre o que haviam observado em cada etapa (passo) da atividade. Este segundo momento remete a uma observação mais detalhada (específica) por parte dos alunos.

Segue as perguntas, as respostas e as respectivas reflexões e análises em cada situação.

**1ª pergunta:** *No segundo passo (figura 4) da execução da atividade, explique o que aconteceu com o brilho das lâmpadas. O brilho aumentou ou diminuiu? Por que?*

**Figura 10** – Imagem referente à figura 4 da atividade prática



**Fonte:** Próprio autor

**Quadro 13** – Respostas dos alunos à 1ª pergunta

Aluno	Respostas
A1	Sem aumento i sem diminuir; por que as lâmpadas não acenderam a ligação era forte de tensão apagou.
A2	Diminuiu por que ouve uma ligação entre as três lampadas.
A3	As lâmpadas conectadas quando uma é removida as lampadas se apaga, são ligadas em serie.
A4	O brilho diminuiu.
A5	NÃO RESPONDEU
A6	O brilho fica mais fraca quando as três luz estar juntas e quando tem só uma o brilho fica mais forte ou seja fica normal.
A7	Com a retirada de uma das lampada.
A8	Diminui, porquê elas só liga quando estão todas conequitadas.
A9	NÃO RESPONDEU
A10	O brilho aumentou, por que foi so uma lâmpada então e o brilho normal dela.
A11	NÃO RESPONDEU
A12	As luzes das lâmpadas diminuíram. Por que a carga fica dividida para todas as lâmpadas.
A13	O brilho diminui, pela potencia é puxado é pouco.

**Fonte:** Dados coletados na pesquisa

A esta pergunta, a resposta esperada é que o brilho das lâmpadas diminuiu em virtude do compartilhamento da ddp total, do aumento da resistência elétrica da associação e da consequente redução da intensidade da corrente elétrica que circulará em cada lâmpada.

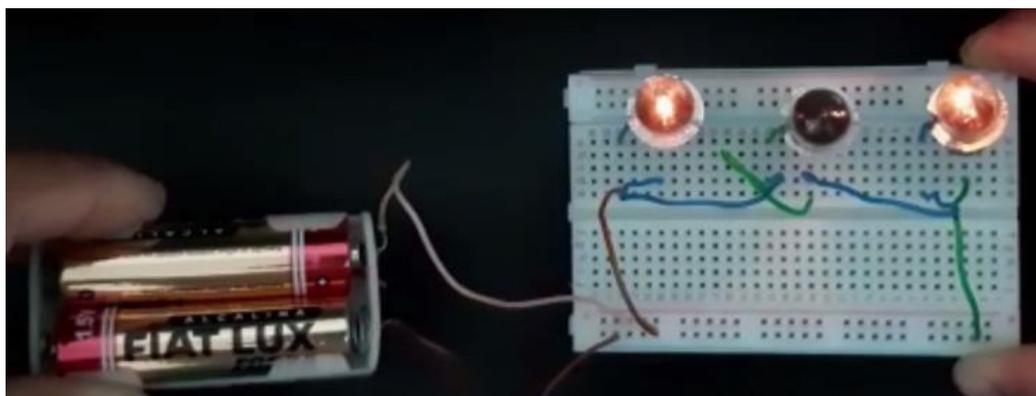
Todavia, apesar de os alunos A2, A4, A6, A8, A12 e A13 mencionarem que houve redução do brilho das lâmpadas, apenas o A12, arriscou uma explicação, ao dizer que o brilho diminuiu devido a “carga” ficar dividida para todas as lâmpadas.

Entendemos que ele compreendeu que ocorre uma redução na intensidade de uma das grandezas, mas, não conseguiu explicitar qual, e associou a um termo que costuma usar em seu cotidiano, que no caso foi expressão “carga”. Entretanto, não podemos concluir se a sua intenção era citar carga elétrica.

Portanto, nenhum dos participantes lograram êxito na explicação do que observaram na associação em série das lâmpadas.

**2ª pergunta:** *No terceiro passo (figura 5) da execução da atividade, por que a lâmpada 2 apagou? Por que as outras lâmpadas tiveram seu brilho aumentado?*

**Figura 11** – Imagem referente à figura 5 da atividade prática



Fonte: próprio autor

**Quadro 14** – Respostas dos alunos à 2ª pergunta

Aluno	Respostas
A1	Por que o fio link foi interligado as terminais da fonte de tensão.
A2	Porque teve uma ligação do fio link que da um circuito na lampada do meio e as duas do lado ficam mais fortes.
A3	A lampada apagou por que o fio link foi conectado, porque o fio verde foi conectado.
A4	Porque a corrente passa a passar apenas pelas 2 lâmpadas, que tiveram o brilho aumentado porque a lâmpada que foi retirada não esta mais consumindo corrente.
A5	NÃO RESPONDEU
A6	Acontece que ele botou o fio link na lâmpada dois e fez ela ficar apagada e as outras ligando e o brilho aumentou.
A7	Apagou por ficar fora da corrente, a corrente presente na lampada 2 foi dividida para as outras duas fazendo com que seu brilho aumentasse.
A8	Quando a ligação é paralela, e desconectar uma lampada automaticamente o brilho aumenta dando uma diferença muito alta.
A9	NÃO RESPONDEU
A10	Por que o fio foi ligado apenas nos dois lampadas ligação em serie.
A11	NÃO RESPONDEU
A12	Uma luz apaga e as outras aumentam a força. A segunda lâmpada apagou por que.
A13	NÃO RESPONDEU

Fonte: Dados coletados na pesquisa

O que ocorreu neste momento da atividade foi que a lâmpada 2 (do meio) apagou em virtude da não passagem da corrente por ela. Isso aconteceu porquê o fio

link conectado através dela tem resistência elétrica menor provocando um curto-circuito nela (caminho de menor resistência).

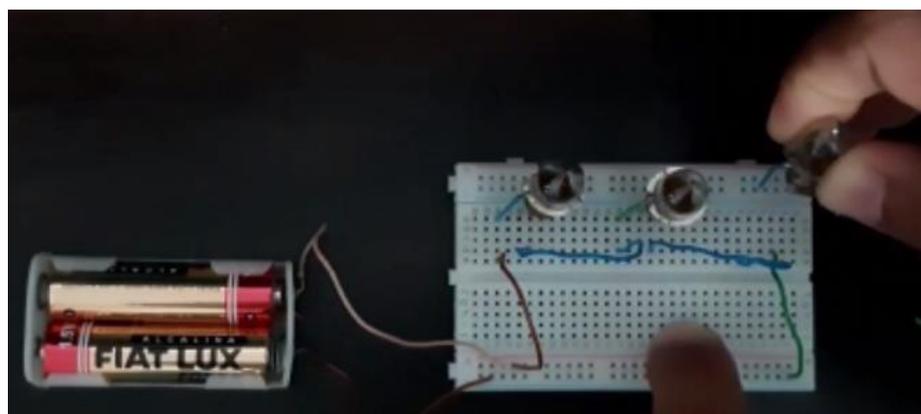
Logo, com uma lâmpada a menos, aumentou a ddp em cada lâmpada, a corrente elétrica total e conseqüentemente o brilho das outras duas lâmpadas.

Os alunos A2, A3, A4, A6 e A7 mencionaram o que aconteceu, entretanto, destacamos que as afirmações de A2 e A4 melhor explicam o ocorrido e se complementam. Inferimos que, A2 teve a intenção de dizer que o fio link causou um curto-circuito na lâmpada 2 e isso possibilitou o aumento do brilho das outras duas, já o A4 disse que, como a lâmpada 2 foi retirada devido à conexão do fio link, ela não consome mais corrente e isso proporcionou um aumento no brilho das demais.

Consideramos que foram satisfatórias as respostas apresentadas, embora apenas dois alunos conseguiram apresentar uma explicação aceitável. No entanto, o fato observado fez com eles percebessem o que é o curto circuito e como ele pode afetar um circuito elétrico.

**3ª pergunta:** *Quando você realizou o quarto passo da atividade, o que aconteceu? Por que?*

**Figura 12** – Imagem referente ao quarto passo da atividade prática



Fonte: próprio autor

**Quadro 15** – Respostas dos alunos à 3ª pergunta

Aluno	Respostas
A1	No quarto passo fio link foi ligado e depois retirado não acendeu a corrente entra e sai na 3 lâmpada link interligado as terminais.

A2	Se apaga porque estão entreligadas quando tira uma a corrente cai entre elas.
A3	Retirar o fio verde (link) e uma das lâmpadas é removidas e as outras se apagam.
A4	Todas apagaram porque ao retirar qualquer lâmpada interrompe a passagem da corrente.
A5	NÃO RESPONDEU
A6	A retirada do fio link e uma lâmpada e as outra duas se apagam.
A7	NÃO RESPONDEU
A8	Aconteceu de apagar todas, as lampadas quando retirou uma.
A9	NÃO RESPONDEU
A10	Porque o fio condutor ele tem que ligar as três lampadas, tirando uma apaga todas as outras coisas, ele retira uma das lampadas em serie.
A11	NÃO RESPONDEU
A12	No quarto ao retirar qualque uma das lâmpadas as luzes apagam.
A13	Retirar o fio verde e uma lâmpada e as outras duas apaga, coloca uma acende e quando tira apaga as duas.

**Fonte:** Dados coletados na pesquisa

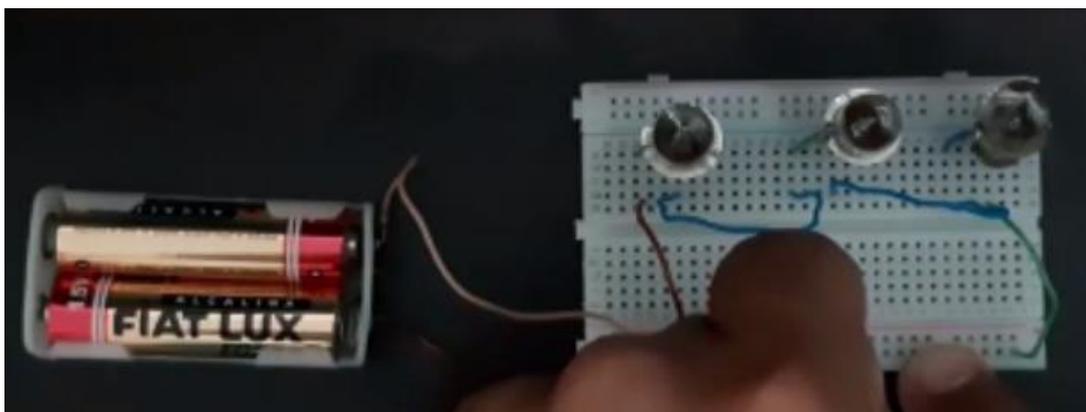
Nesta etapa da atividade, ao retirar o fio link que curto circuitava a lâmpada 2, as três voltaram a brilhar com a mesma intensidade. Em seguida, foi retirada uma das lâmpadas e como consequência, as outras duas apagaram.

Isso ocorreu, porquê na associação em série, a corrente que passa em todos os condutores/aparelhos é a mesma, e ao desconectar um dos elementos do circuito, há a interrupção da corrente, desligando os demais. Em outras palavras, a retirada de uma das lâmpadas, funcionou como um interruptor, desligando as outras.

Os alunos A2, A3, A4, A6, A8, A10, A12 e A13 concordaram entre si sobre o que observaram, mas apenas o A4, explicou de forma aceitável o ocorrido, apesar de não explicar melhor, ele disse que quando se retira qualquer uma das lâmpadas é interrompida a passagem da corrente elétrica.

**4ª pergunta:** *O que aconteceu no quinto passo (figura 6) da atividade, as lâmpadas não acenderam? Acenderam bem fraquinhas? Explique.*

**Figura 13** – Imagem referente à figura 6 da atividade prática



**Fonte:** próprio autor

**Quadro 16** – Respostas dos alunos à 4ª pergunta

Aluno	Respostas
A1	Conforme a figura circuito em que a lâmpada estão conectadas em paralelo.
A2	Acontece um circuito entre as lampadas e a pilha.
A3	o fio verde foi interligado novamente na fonte de tensão que é as pilhas, de forma bem rápida de 1 a 2 segundos, as três lâmpadas acenderam.
A4	Todas apagaram porque foi causado um curto circuito no sistema.
A5	NÃO RESPONDEU
A6	Porque elas puxa a energia de cada uma ai por isso fica fraca por conta da capacidade delas não tem muita potência.
A7	NÃO RESPONDEU
A8	Aconteceu de dá uma curto circuito que fez apagar todas as lampadas durante a segunda.
A9	NÃO RESPONDEU
A10	Fio link na fonte de tensão, ele retira uma das lampadas desliga tudo.
A11	NÃO RESPONDEU
A12	NÃO RESPONDEU
A13	NÃO RESPONDEU

**Fonte:** Dados coletados na pesquisa

No quinto passo da atividade, foi conectado um fio link nos terminais das pilhas (curto-circuito da fonte de tensão), e isso fez com que as lâmpadas apagassem. Toda a possível corrente fornecida pela fonte de tensão, ao invés de circular no circuito, é

dissipada na resistência interna do gerador (fonte) provocando danos no mesmo. Por isso foi feita a recomendação para que esta conexão dure apenas poucos segundos.

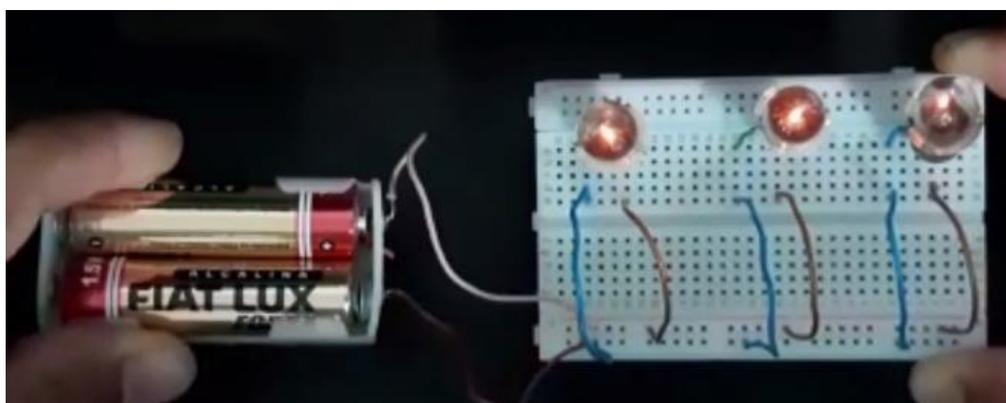
Diante da resposta do aluno A3, percebemos que ele não deve ter dado atenção a este passo da atividade, uma vez que, respondeu o contrário do que os demais observaram. Apesar disso, inferimos da resposta de A2, que ele quis dizer que acontece um curto-circuito entre as lâmpadas e as pilhas.

O A10 afirmou que, o fio link na fonte de tensão retirou as lâmpadas e isso fez com que elas apagassem.

Considerando as respostas de A4 e A8, entendemos que eles conseguiram associar a situação àquela anterior onde foi curto-circuitada a lâmpada, mesmo não explicando com detalhes o que aconteceu, suas colocações foram aceitáveis.

**5ª pergunta:** *No sexto passo (figura 7), o que aconteceu com o brilho das lâmpadas? Como você explicaria o ocorrido?*

**Figura 14** – Imagem referente à figura 7 da atividade prática



Fonte: próprio autor

**Quadro 17** – Respostas dos alunos à 5ª pergunta

Aluno	Respostas
A1	O brilho das lâmpadas aumento porque ele removeu uma por uma ligadas e ocorre cuirto circuito.
A2	Teve uma ligação direta entre os polos.
A3	As três lâmpadas foi conectadas em paralelo, em diferentes trilhas um no positivo outro negativo.
A4	Foi ligado em paralelo e o brilho das lâmpadas ficou igual em todas e foram ligadas em paralelo.

A5	NÃO RESPONDEU
A6	As três lâmpadas são conectando em paralelas.
A7	NÃO RESPONDEU
A8	Por tá e uma ligação paralelas e está ligada em todos os fio o brilho e um pouco fraco.
A9	NÃO RESPONDEU
A10	Ligar em paralelo agora o fio laranja tem que ligar no polo negativo e no positivo.
A11	NÃO RESPONDEU
A12	No sexto, quando ligam as três lâmpadas ficam fracas, e quando ligam duas ou uma fica forte.
A13	As três lâmpadas são conectadas paralelas.

**Fonte:** Dados coletados na pesquisa

Quando as lâmpadas são conectadas em paralelo, a ddp em cada lâmpada será a mesma e a resistência elétrica total (equivalente) será menor, ocasionando uma maior intensidade de corrente para o circuito. Embora essa corrente seja dividida entre as três lâmpadas, o brilho apresentado entre elas é igual, porém maior que o brilho apresentado quando conectadas em série.

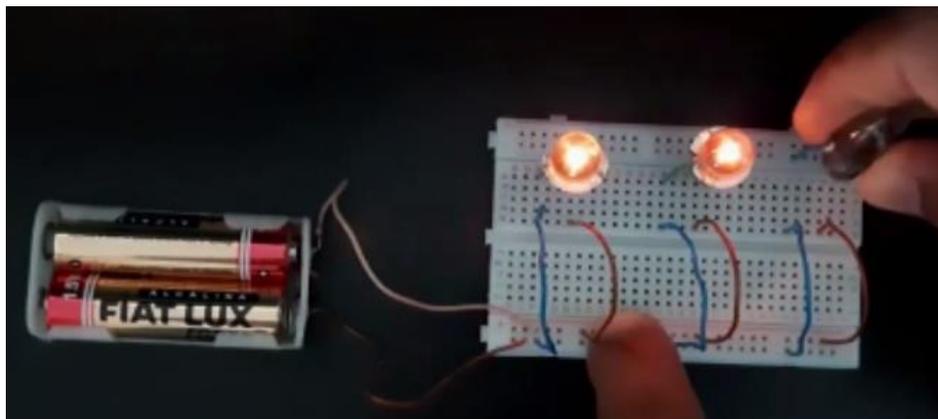
Nesta situação, o brilho é decorrente da potência que a sua resistência está dissipando, o valor dela dependerá da intensidade de corrente, visto que, neste caso, a resistência e a ddp são consideradas constantes.

Considerando as respostas apresentadas, apenas A4 se aproximou de uma resposta aceitável para a pergunta, ao afirmar que as lâmpadas ficaram com o brilho igual, mas não conseguiu associar ao brilho observado na associação em série e tampouco explicar, teorizar, o que observou.

Concluimos que os alunos não conseguiram fazer correlações do que observaram neste sexto passo com o que observaram ao longo da atividade e muito menos utilizar as grandezas envolvidas para explicar o fenômeno.

**6ª pergunta:** *O que aconteceu ao retirar uma das lâmpadas do circuito no sétimo passo (figura 7)? Qual a explicação para o que ocorreu?*

**Figura 15** – Imagem referente ao sétimo passo da atividade prática



Fonte: próprio autor

**Quadro 18** – Respostas dos alunos à 6ª pergunta

Aluno	Respostas
A1	Que a segunda lâmpada fico mais forte.
A2	Aumenta a atenção entre ela por que como ela estão ligada diretamente a outra vai fica mais forte quando tira uma.
A3	O circuito passa pelas lâmpadas quando uma delas é retirada.
A4	As outras 2 lâmpadas brilharam mais forte, porque a corrente passa apenas nas outras 2.
A5	NÃO RESPONDEU
A6	Acontece que se tira uma das lâmpadas as outras duas que fica se apaga por conta dos fios que se disconenta.
A7	As lampadas que continuaram ligadas aumentaram seu brilho com a retirada de uma das lampadas a corrente se consentrou apenas nas outras.
A8	Devido a carga se maior as retirar uma lampada o brilho aumentaram em quaser 2 vezes a mais do brilho.
A9	NÃO RESPONDEU
A10	Paralelo retirando 2 lâmpadas fica mais forte na ligação paralela.
A11	NÃO RESPONDEU
A12	NÃO RESPONDEU
A13	Eu acho é porque vai esquentando por isso do circuito.

Fonte: Dados coletados na pesquisa

Ao retirar uma das lâmpadas da associação, percebemos um aumento na intensidade do brilho das outras duas. Isso ocorre, porquê antes, a corrente elétrica estava dividida por 3 e depois da retirada ficou dividida dor 2, aumentando assim, a corrente total do circuito.

Como neste caso, o brilho depende da potência que a resistência está dissipando, como mencionado anteriormente na análise da 5ª pergunta, as outras duas irão brilhar mais intensamente devido ao aumento da intensidade da corrente em cada lâmpada.

Analisando as respostas dos alunos A4 e A7, inferimos que eles entenderam que o brilho aumentou, porquê a corrente elétrica que antes estava dividida por três passou a ser dividida apenas entre as duas lâmpadas restantes. Ao passo que, o A8 atribuiu a uma maior carga o fato do brilho ter aumentado, fazendo-se entender que ele pode ter utilizado o termo “carga” no sentido de intensidade de corrente.

Após a análise e discussão dos dados desta categoria, apesar de muitos não responderem às questões ou perguntas propostas baseadas na observação que fizeram na execução da atividade prática mediante a exibição do vídeo, da dificuldade de interpretação sobre o que escreveram em virtude dos constantes erros de grafia, acentuação e de incoerência textual e também da má vontade de alguns em registrarem suas impressões e observações.

Concluimos que, no conjunto das respostas explicitadas, houve a tentativa de alguns a citar, A4, A7 e A8 de explicarem os fenômenos observados se utilizando de termos que se aproximam da linguagem técnica empregada, ao invés de se contentarem, com expressões do senso comum para explicarem os mesmos.

### **5.3 Avaliação do processo no contexto da utilização da sequência de ensino investigativa buscando mudanças conceituais significativas**

Aqui procuraremos fazer uma reflexão e avaliação abordando as observações e impressões registradas através da técnica de observação participante ao longo da aplicação da SEI (produto educacional).

Vamos deter nossa atenção à aplicação da atividade referente ao texto do episódio histórico envolvendo a guerra das correntes que ocorreu no 2º encontro formativo como já mencionado, à aplicação do resumo explicativo que ocorreu no 4º encontro formativo no dia 14 de abril com duração de 100min, ao 5º encontro que ocorreu no dia 28 de abril com duração de 100min, encontro este, onde ocorreu uma discussão com os alunos sobre as respostas fornecidas por eles ao questionário de concepções alternativas e sobre a atividade prática.

Ainda discorreremos sobre o 6º encontro que ocorreu no dia 05 de maio com duração de 50min com aplicação de um texto paradidático sobre o cálculo do consumo de energia elétrica e sobre o 7º e último encontro formativo que ocorreu no dia 12 de maio com duração de 50min onde ocorreu uma conversa para esclarecimentos de eventuais dúvidas e impressões dos alunos.

Após a aplicação do questionário com objetivo de identificar as concepções alternativas dos alunos com relação ao tema da pesquisa, foi sugerida a leitura coletiva de um texto que retratava o episódio da guerra das correntes envolvendo dois grandes personagens da ciência, Thomas Alva Edison e Nikola Tesla.

Enfatizamos que todas as atividades foram aplicadas remotamente através do Google Meet. Esse texto foi escolhido especificamente para esta atividade, na intenção de proporcionar um primeiro contato com os dois tipos de corrente, a contínua e a alternada. De prontidão, a sugestão de leitura foi aceita, e todos contribuíram com a mesma.

Quando terminamos a leitura, os alunos foram questionados sobre o que compreenderam com relação a alguns termos empregados no texto, como corrente elétrica contínua (CC) e corrente elétrica alternada (CA). Eles foram citando características apresentadas no texto para cada tipo de corrente e destacaram também aspectos relacionados ao perigo oferecido pela corrente alternada. Também foram questionados, a respeito do que eles inferiram da leitura com relação a tensão elétrica associada à corrente contínua e à tensão elétrica associada à corrente alternada.

Nesse momento, houve uma discussão entre eles, pois alguns estavam discordando em como essas grandezas se relacionavam, acabaram pedindo um tempo para retornarem à leitura de forma a identificar no texto embasamento para suas respostas. Nesse ínterim, eles foram provocados a lembrarem do que haviam respondido no questionário de concepções quando foi perguntado, qual tipo de corrente elétrica a concessionária de energia fornecia para as residências deles.

Voltando à discussão, eles responderam não com essas palavras, mas neste sentido, que na corrente contínua a ddp e a corrente elétrica apresentam uma relação praticamente linear, quando uma aumenta, a outra também aumenta e vice-versa. Já na corrente alternada essa relação é mais complicada, quando a tensão aumenta a corrente diminui. E aproveitando o momento, eles responderam que, agora entendiam que a corrente elétrica fornecida para as residências era a alternada.

Nesse texto foram discutidos também conhecimentos relativos a como a corrente alternada é produzida nas usinas hidrelétricas, termelétricas e nucleares. Ainda ocorreu discussões sobre as invenções de Edison, entre elas, o aperfeiçoamento da lâmpada incandescente doméstica e algumas das contribuições de Nikola Tesla para o desenvolvimento da eletricidade e distribuição da energia elétrica, entre elas, a invenção do motor de corrente alternada.

No quarto encontro, foi realizada a leitura e o estudo do resumo explicativo com o objetivo de apresentar a eles os conteúdos abordados na pesquisa de forma técnica e com rigor científico assim como são contemplados nos livros didáticos.

Neste momento, a preocupação não foi em resolver problemas, fazendo uso de fórmulas das grandezas envolvidas, mas oferecer uma compreensão analítica das fórmulas no sentido de proporcionar a eles a percepção e solução de situações sem que para isso seja necessário calcular.

Após a leitura, eles foram instigados a voltarem à 3ª questão do questionamento que antecedia a atividade prática e procurarem explicar o observado mediante a teorização estudada no resumo.

Para recordar, a questão apresentada foi esta: *“Caso as lâmpadas não apresentem o mesmo brilho, o que você, com base na teoria, concluirá a respeito da corrente elétrica, resistência elétrica, potência elétrica e energia elétrica consumida da que brilhar menos?”*

Ficou acordado com eles que, para seguir o cronograma da aplicação do produto, as respostas apresentadas por eles, seriam discutidas no 5º encontro.

O quinto encontro, foi o momento em que foram esclarecidas todas as explicações e respostas de questionamentos feitos aos alunos até o terceiro encontro formativo. Começamos cobrando dos alunos a explicação para a questão deixada no momento anterior.

Neste encontro só estavam presentes 8 alunos, os demais tiveram problemas de conexão. Foi dada a cada um a oportunidade de fazer suas colocações no sentido de explicar o fenômeno proposto, e podemos inferir que eles, apesar de ainda confundirem as grandezas corrente elétrica e energia elétrica e terem dificuldades de associarem o brilho das lâmpadas com a potência melhoraram suas explicações principalmente com relação à preocupação de usarem os termos corretos.

Consideramos que foi significativo a melhora do entendimento deles a respeito da relação do brilho com variações sofridas pelos valores de resistência elétrica do

circuito, corrente elétrica total e conseqüentemente potência dissipada pela lâmpada, sobretudo, com relação à análise de proporcionalidade direta ou inversa entre as grandezas.

Ainda neste encontro, foi explicado e esclarecido, favorecendo uma boa discussão das respostas com maior frequência citadas por eles no questionário de concepções, instigando-os a perceberem quais os termos corretos empregados em cada resposta, possibilitando um conflito conceitual entre suas ideias e a real explicação para o fenômeno observado.

Foram também feitas considerações acerca das questões explicadas por eles sobre cada situação observada na atividade prática, com a ajuda do professor (mediador) eles foram instigados a reverem suas respostas e buscarem refazê-las mediante o uso dos termos e grandezas apropriadas, proporcionando a eles um reforço, visto que, já realizaram este procedimento com o questionário de concepções.

Este reforço, se deu pelo contato direto com suas ideias de senso comum com a explicação teórica do fenômeno observado, procedimento este, que possibilitou mudanças conceituais observáveis. Principalmente na forma de falar dos alunos, quando se identifica que eles já conseguem diferenciar ddp e potência, grandezas relevantes, quando se considera que são elas que estão presentes na maioria das especificações técnicas dos aparelhos.

No sexto encontro, com a presença de 11 alunos foi realizada a leitura coletiva de um texto paradidático, foi utilizado uma narrativa envolvendo uma família hipotética com quatro membros, o pai, a mãe e dois filhos, sendo que o filho mais velho (João) está no ensino superior cursando engenharia elétrica e a filha mais nova (Josefa) está no ensino médio cursando a 3ª série.

A narrativa é desenvolvida com o propósito de explicar ao leitor leigo o que é a potência elétrica dos aparelhos e conseqüentemente a energia elétrica consumida por eles. Ao longo do texto é explicado como deve ser o procedimento para calcular o valor da energia elétrica consumida e o respectivo valor a ser pago por esse consumo.

Isso é feito através de um exemplo real, utilizando os valores de potência e tempo de funcionamento de um ar condicionado do tipo split de 9000 BTU's, além de considerar um valor de tarifa real para cada unidade de energia elétrica consumida.

Este texto, foi empregado com o objetivo de proporcionar aos alunos um reforço na compreensão de como se faz este cálculo, ressaltamos que, este foi o único momento em que eles foram provocados a realizarem algum tipo de cálculo.

E isso aconteceu no final do texto, onde aproveitando a situação em que o João desafia a Josefa a explicar o motivo pelo qual uma lâmpada de LED de 9W é mais econômica que uma lâmpada fluorescente de 25W pedindo a ela para citar valores de economia para um tempo de funcionamento de 9h.

Então foi solicitado a eles que realizassem o mesmo procedimento para aparelhos diferentes, escolhidos a seus critérios.

Essa atividade foi mediada e observamos que apesar de terem compreendido a interpretação física, a maioria dos alunos tiveram dificuldades em realizar os cálculos sobretudo, porquê não sabem o básico de matemática que é a tabuada, além de dificuldades relacionadas à operação de divisão.

O sétimo e último encontro com presença de 9 alunos foi utilizado para esclarecimentos de eventuais dúvidas e para ouvir as impressões deles sobre a abordagem metodológica através do uso da SEI para trabalharmos os conteúdos escolhidos.

Segundo eles, essa forma de ensinar os conteúdos, foi uma forma diferente na qual estão acostumados, onde os professores chegam na sala de aula e copiam no quadro branco uma espécie de resumo do que está registrado no livro didático, e assim, não conseguem associar o conteúdo com as aplicações práticas, visto que, os professores explicam o que está anotado sem mostrar relação com situações reais do dia a dia.

Eles ainda questionaram, *“professor, por que as aulas não são sempre assim?”*, *“por que o professor de química ou de biologia também não ensinam assim?”*

Considerando o exposto, entendemos que, no tocante a aceitação por parte dos alunos, o produto educacional logrou êxito, uma vez que, despertou neles o anseio por mais aulas com essa abordagem metodológica.

## 6 PONDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os aspectos abordados no desenvolvimento deste trabalho, desde a fundamentação teórica até a análise e discussão dos dados coletados, cabe ainda mais uma vez, enfatizarmos que a compreensão dos conceitos que norteiam os conteúdos de Eletrodinâmica é imprescindível para um viver consciente acerca principalmente do consumo de energia elétrica, sobretudo sobre o modo de manusear os diversos equipamentos e aparelhos elétricos e eletrônicos de forma a minimizar o desperdício da mesma entre outros motivos.

Isto posto, entendemos que este conteúdo, tem um nível de importância considerável para o aprendizado dos alunos na educação básica.

Isso passa pelo reconhecimento e entendimento das grandezas que caracterizam a Eletrodinâmica como, por exemplo, a corrente elétrica, a resistência elétrica, a associação em série e paralelo de condutores, a potência elétrica dos aparelhos e a energia elétrica que eles consomem.

Partindo desse pressuposto, é notório que deve ocorrer a apropriação desses conhecimentos pelos alunos, então, deve-se buscar meios e instrumentos que possibilitem a estes indivíduos associar o conhecimento apresentado com fenômenos e aplicações no meio onde eles estão inseridos.

Dessa forma, no sentido de contribuir para um ensino de física mais próximo da realidade dos alunos, buscou-se responder à seguinte questão norteadora desta pesquisa (problema): Como uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), enquanto ferramenta mediadora, poderá contribuir na aprendizagem dos conteúdos de Eletrodinâmica?

A pesquisa foi desenvolvida no intuito de responder à pergunta e para isso, foi realizado um estudo com relação à teoria da aprendizagem que seria mais adequada para fundamentar a presente pesquisa. Nesse sentido, a teoria adotada para a mesma foi a Histórico-Cultural de Vygotsky, considerando os seus aspectos mediação e interação social.

Ainda nessa perspectiva, buscamos subsídios teóricos para planejar, desenvolver e melhor organizar as atividades que constituem o corpo da SEI aqui produzida, no sentido de tornar possível o uso dessa ferramenta para o ensino de alguns conceitos em Eletrodinâmica.

A princípio, houve uma reflexão e estudo acerca de quais atividades iriam

compor a SEI e como seriam utilizadas, essa etapa teve a participação dos pesquisadores e após o planejamento da mesma foi delineado um cronograma para aplicação.

O primeiro elemento (atividade) aplicado foi o questionário de concepções alternativas com a finalidade de identificar os conhecimentos prévios dos participantes sobre a temática, contemplando assim, o segundo objetivo. Constatamos dos dados coletados, uma influência marcante de expressões e termos da linguagem informal como “queimação” ou “forte” para se referirem por exemplo à intensidade de corrente.

Ponderamos que, há a necessidade de uma intervenção no Ensino de Física e Ciências por parte do professor (mediador do conhecimento) no sentido de provocar e instigar os alunos sobre os termos adequados para falarem ou explicarem fenômenos e situações relativos à natureza no seu contexto social.

Para contemplarmos o terceiro e quarto objetivos específicos, foram aplicados os demais elementos (atividades) da SEI como, o texto do episódio histórico sobre a guerra das correntes, a atividade prática filmada sobre associação de lâmpadas para verificação do brilho, e através disso, instigar os alunos a levantarem hipóteses para tentarem explicar as observações, o resumo explicativo abordando a teorização dos conteúdos, para apresentar a eles as grandezas e os termos técnicos trabalhados e por último, o texto paradidático para reforçar a compreensão acerca do cálculo do consumo de energia elétrica.

No tocante à aplicação e desenvolvimento das aulas com o uso da SEI, consideramos que, foi satisfatório as contribuições que este material proporcionou para uma melhor interação entre os alunos e alunos/professor, sobretudo, porque, favoreceu as discussões e permitiu frequentes feedbacks com relação às explicações das situações e fenômenos envolvendo a eletricidade contribuindo para uma compreensão dos alunos que foi além dos conteúdos contemplados na SEI.

Com relação a aceitação dos alunos, inferimos, a partir de relatos dos mesmos, que atividades como esta, deveriam ser mais desenvolvidas pelos professores, independentemente do componente curricular que lecionam. Desde que, sejam feitas as adequações ou adaptações necessárias para cada situação de ensino.

Feito essas ponderações, destacamos que, a pesquisa aqui desenvolvida foi por demais enriquecedora, no sentido de oportunizar o contato com novas forma de ensinar, com experiências de outros docentes, com a descoberta mediante revisão da literatura de novas metodologias de ensino e principalmente pelo contato mais de

perto com as opiniões e impressões dos alunos, que são os principais protagonistas nesse processo de ensino e aprendizagem.

O nosso anseio, é que novos e mais trabalhos sejam desenvolvidos para que cada vez mais o Ensino de Ciências e particularmente de Física se aproxime da realidade observável e palpável dos alunos.

## REFERÊNCIAS

- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BAUER, W; WESTFALL, G. D; DIAS, H. **Física para universitários: Eletricidade e magnetismo**. Porto Alegre: AMGH, 2012.
- BISCUOLA, J. G; BÔAS, N. V; DOCA, R. H. **Conecte física**. São Paulo: Saraiva, 2011. v. 3.
- BOSS, S. L. B; CALUZI, J. J. Os conceitos de eletricidade vitrea e eletricidade resinosa segundo Du Fay. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 4, p. 635-644, 2007.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999. 4v.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Ensino Médio. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2018. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_sit\\_e.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_sit_e.pdf). Acesso em 26 de jun. 2019.
- BRASIL. **LDB : Lei de diretrizes e bases da educação nacional**. – Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2017. 58 p.
- BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002.
- BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEB, 2006. v. 2.
- CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Calor e temperatura: um ensino por investigação**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.
- CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. Ensino de Física por investigação: referencial teórico e as pesquisas sobre as sequências de ensino investigativas. **Ensino Em Re-Vista, Uberlândia**, v. 22, n. 2, p. 249-266, 2015.
- CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2019.
- CHAIB, J. P. M. D. C; ASSIS, A. K. T. Sobre os efeitos das correntes elétricas— Tradução comentada da primeira obra de Ampère sobre eletrodinâmica. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, v. 5, n. 1, p. 85-102, 2007.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. São Paulo: Cortez editora, 2008.

DIOGO, R.C; GOBARA, S.T. Sociedade, educação e ensino de física no Brasil: do Brasil Colônia ao fim da Era Vargas. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 17., 2007, São Luis. **Anais...** São Luis: Sociedade Brasileira de Física, 2007.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HALLIDAY, D; KRANE, K. S; RESNICK, R. **Física**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. v. 3.

LEITE, C. A. R; LEITE, E. C. R; PRANDI, L. R. A aprendizagem na concepção histórico cultural. **Akrópolis-Revista de Ciências Humanas da UNIPAR**, v. 17, n. 4, 2009.

LUDKE, M; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2. ed. Rio de Janeiro: E. P. U., 2018.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MINAYO, C. S. (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 28. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2009.

MIRANDA, M. I. Conceitos centrais da teoria de Vygotsky e a prática pedagógica. **Ensino em Re-vista**, 2010.

MOREIRA, M. A. **Teorias da Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea. **Rev Prof de Física**, v.1, n.1, 2017.

MOURA, B. A. As contribuições de Benjamin Franklin para a eletricidade. **Física na Escola**, v. 16, n. 2, p. 27-35, 2018.

NUNES, M. V. **Nikola Tesla: uma breve história do Mestre dos Raios**. 2016.

NUSSENZVEIG, H, M. **Física básica: Mecânica**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002. v. 3.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2007.

OLIVEIRA, E. A. M. et al. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, Formação Docente e a Gestão Escolar. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE POLÍTICA E ADMINISTRAÇÃO DA EDUCAÇÃO**, v. 26, p. 1-13, 2013.

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. 151-167, 2003.

PEDRISA, C.M. Características históricas do ensino de ciências. **Ciência & Ensino**, Campinas, n. 11, p. 9-12, 2001.

POZO, J. I. **Aprendizes e mestres: a nova cultura da aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

RAMALHO, F; FERRARO, N. G; TOLEDO, P. A. **Os fundamentos da física**. 10. ed. São Paulo: Moderna, 2009. v. 3.

ROCHA, J. F. (Org). **Origens e evolução das ideias da física**. Salvador: EDUFBA, 2002.

SANTOS, P. D. A. **Proposta de organização do ensino de energia mecânica mediada por um jogo de tabuleiro orientado**. 2019. 141f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2019.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, p. 49-67, 2015.

SILVA, S. M. C; ALMEIDA, C. M. C; FERREIRA, S. Apropriação cultural e mediação pedagógica: contribuições de Vigotski na discussão do tema. **Psicologia em estudo**, v. 16, p. 219-228, 2011.

SOLINO, A. P; FERRAZ, A. T; SASSERON, L. H. Ensino por investigação como abordagem didática: desenvolvimento de práticas científicas escolares. **XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, p. 1-6, 2015.

TEIXEIRA, M. M. "Resistividade elétrica"; **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/resistividade-eletrica.htm>. Acesso em 25 de setembro de 2020.

VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

VIGOTSKI, L. S; LURIA, A. R; LEONTIEV, A. N; tradução de: VILLALOBOS, M. P. **Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem**. 11. ed. São Paulo: ícone, 2010.

VYGOTSKY, L. S. et al. Aprendizagem e desenvolvimento intelectual na idade escolar. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**, v. 10, p. 103-117, 1988.

**APÊNDICE A – Sequência de Ensino Investigativa (Produto Educacional)**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

**PRODUTO EDUCACIONAL**

**SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA SOBRE CONCEITOS DE CORRENTE  
ELÉTRICA, RESISTÊNCIA ELÉTRICA E POTÊNCIA ELÉTRICA PARA A  
EDUCAÇÃO BÁSICA NA MODALIDADE DE ENSINO REMOTO**

**EDNARDO LUIZ AMARANTE DOS SANTOS**

**Orientador:** Prof. Dr. Francisco Ferreira  
Barbosa Filho.

**TERESINA  
2021**

## 1 APRESENTAÇÃO

Nesta Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre conceitos de corrente elétrica, resistência elétrica e potência elétrica para a educação básica na modalidade de ensino remoto, o professor/mediador encontrará o suporte necessário para o desenvolvimento dos conteúdos de corrente elétrica, resistores, potência elétrica e energia elétrica, sendo possível por parte dele, realizar adaptações de acordo com a realidade do ambiente escolar onde está inserido.

Uma SEI é definida como um conjunto de atividades investigativas sobre um tema, organizadas e integradas de forma coerente com a finalidade de oportunizar ao estudante questionar, argumentar e participar com discussões na construção do conhecimento.

Como afirma Carvalho (2019, p. 21),

Para que uma atividade possa ser considerada uma atividade de investigação, a ação do aluno não deve se limitar apenas ao trabalho de manipulação ou observação, ela deve também conter características de um trabalho científico: o aluno deve refletir, discutir, explicar, relatar, o que dará ao seu trabalho as características de uma investigação científica.

Entre as diversas atividades que podem compor uma SEI, cabe destacar algumas como, aquelas que envolvem questões e problemas abertos, experiências de demonstração investigativas, laboratório aberto, textos históricos e aulas de sistematização ou textos de apoio (CARVALHO, 2014).

A presente Sequência de Ensino constitui o Produto Educacional que faz parte do Trabalho de Conclusão do Mestrado Profissional em Ensino de Física ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com a Universidade Federal do Piauí – MNPEF – Polo 26 – UFPI.

O propósito deste Produto Educacional fundamenta-se na organização de um material didático com possibilidades de potencializar o ensino e aprendizagem dos conteúdos de Eletrodinâmica nas escolas públicas da Educação Básica, mais especificamente na 3ª série do Ensino Médio. Ele foi pensado e organizado para ser utilizado de forma remota em virtude das condições sanitárias enfrentadas pelo País a partir do ano de 2020 causada pelo SARS-CoV-2.

Este material didático contempla atividades diversificadas, entre elas, um questionário para reconhecer as concepções alternativas dos alunos sobre o tema (identificar o que os alunos sabem em decorrência de estudos anteriores e vivência cotidiana), este questionário foi produzido utilizando a ferramenta *Google Forms*. Um texto de cunho histórico em PDF para uma compreensão por parte dos alunos que o desenvolvimento da ciência e tecnologia ocorrem por diferentes personagens e épocas, além de evidenciar que o progresso não ocorre da noite para o dia.

Uma atividade prática (aqui será usada a estratégia do experimento filmado – vídeo). Será exibido um vídeo da atividade produzido pelo professor objetivando a percepção pelos alunos de materiais do dia a dia, além de proporcionar uma discussão entre os participantes do processo de ensino e aprendizagem, fator que favorece a interação dos envolvidos mesmo que seja a distância. Para completar os materiais que constituem a Sequência de Ensino, se faz parte no corpo desta, um resumo explicativo e um texto paradidático sobre os conteúdos abordados, textos estes também em PDF.

O resumo aborda os conceitos de forma técnica e formal como visto nos livros de Física, mas com caráter didático, com ilustrações para facilitar a compreensão dos alunos. No texto paradidático os conceitos são abordados de forma descontraída e leve na forma de uma narrativa envolvendo uma situação problema real do cotidiano. Em todas as etapas do processo prioriza-se as discussões, diálogos com os alunos no sentido de esclarecer e situá-los no contexto que vivem.

## **2 PÚBLICO ALVO**

Professores da 3ª série do Ensino Médio.

## **3 OBJETIVO GERAL**

Aplicar o Produto Educacional “Sequência de Ensino Investigativa sobre conceitos de corrente elétrica, resistência elétrica e potência elétrica para a educação básica na modalidade ensino remoto” como possibilidade de potencializar o ensino e aprendizagem dos conteúdos de eletrodinâmica nas escolas públicas da educação básica, mais especificamente na 3ª série do ensino médio.

#### 4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Reconhecer as concepções alternativas (conhecimentos prévios) dos alunos sobre os conceitos em Eletrodinâmica e a forma como se comportam na resolução de situações-problema;
- ✓ Analisar o método empregado pelos alunos para resolver as situações-problema apresentadas no questionário de questões abertas através do google forms;
- ✓ Apresentar a diferença entre Corrente Contínua e Alternada, vantagens e desvantagens no uso de ambas através de um texto de cunho histórico discutindo os pontos em comum ao texto e às perguntas do questionário semiestruturado online;
- ✓ Produzir e exibir um vídeo (atividade prática – experimento filmado) para a percepção de materiais e observação de fenômenos elétricos que possam esclarecer a função e evidenciar a relação das grandezas físicas da Eletrodinâmica em aparelhos elétricos (circuitos elétricos);
- ✓ Explicar os conceitos de Eletrodinâmica através de leitura coletiva participativa de dois textos, um resumo explicativo com linguagem técnica, porém didática com ilustrações para facilitar a compreensão e um texto paradidático com linguagem simples do senso comum com o intuito de proporcionar uma leitura agradável. A leitura e discussão dos textos será feita através da ferramenta *google meet*;
- ✓ Promover momentos de discussão para esclarecimentos acerca do tema estudado priorizando o diálogo e a interação entre os participantes do processo de ensino e aprendizagem através da ferramenta *google meet*;
- ✓ Avaliar as significações produzidas pelos alunos sobre os conceitos abordados em Eletrodinâmica observando todas as etapas desta SE mediante as respostas obtidas dos alunos e discussões em grupo durante o processo de aplicação da SE.

#### 5 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA

Nesta seção será detalhado o desenvolvimento da SEI e conseqüentemente a aplicação dos seus elementos, com o objetivo de esclarecer ao professor/mediador, como ele pode fazer uso deste produto em sala de aula, mas também deixando claro que ele tem toda liberdade para adaptá-lo conforme sua realidade escolar.

## 5.1 Conteúdos

Corrente Elétrica, Resistores, Associação de resistores, Potência Elétrica, Energia Elétrica e situações-problema do cotidiano.

## 5.2 Desenvolvimento Metodológico

Esta sequência será desenvolvida ao longo de **7 encontros** via ferramentas: grupo de WhatsApp, *Google Meet* e *Google Forms*, organizada da seguinte forma:

**1º encontro (50min de aula):** os alunos irão responder individualmente um questionário online produzido no *google forms* (será disponibilizado o link) para que se possa ter noção de suas concepções acerca do tema e assim nortear a abordagem das demais atividades do processo de execução da SE. O questionário que será aplicado pode ser observado abaixo.

### QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAR AS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS A RESPEITO DE ALGUNS CONCEITOS DE ELETRODINÂMICA

As perguntas que seguirão devem ser respondidas de acordo com o entendimento que os participantes detêm decorrentes de sua vivência social e escolar sobre os fenômenos e aplicações elétricas.

Consideraremos como ambiente para a situação em análise a sua residência (casa).

Vamos supor uma situação hipotética em que faltou energia elétrica em sua casa exatamente às 17h e que o abastecimento normal retornou às 22h. E que nesse intervalo de tempo a energia elétrica oscilou, chegando e faltando.

Baseado nesta situação e considerando seu entendimento acerca dos fenômenos elétricos e suas aplicações, reflita e responda aos questionamentos.

1. A concessionária de energia, fornece que tipo de corrente elétrica para sua casa? Este tipo de corrente é perigosa? Explique sua resposta.
2. Nesse intervalo de tempo (17h a 22h) houve consumo de energia? Houve risco de queimar seus aparelhos? Explique sua resposta.

3. Nesta situação, você costuma desconectar os plugs dos aparelhos da tomada? Explique sua resposta.

4. Quando a energia elétrica oscila em sua casa, qual grandeza física especificamente está com o seu valor variando?

5. Qual o seu entendimento a respeito de tensão elétrica? O que mata é a corrente elétrica ou a tensão elétrica? O que seria fatal, uma tensão de 220 volts alternada ou uma tensão de 10.000 volts continua? Explique sua resposta.

Considere agora os aparelhos elétricos/eletrônicos que utiliza diariamente em sua casa.

6. Em termos de consumo de energia elétrica, em um intervalo de tempo de 4 horas, qual lâmpada consome mais, uma fluorescente de 20W ou uma de LED de 9W? O que significa a letra “W” que acompanha os números citados? Explique.

7. Na rede elétrica de sua casa, as conexões são feitas em série ou paralelo? Os diferentes aparelhos que tem em sua casa são ligados na rede elétrica em série ou paralelo? Considerando a tensão nominal dos aparelhos, qual ligação deve ser feita, série ou paralelo? Qual a ddp da rede elétrica de sua residência? Explique suas respostas.

8. Considerando os elementos básicos de um circuito como, uma lâmpada, um interruptor, uma bateria e fios condutores para conexões. Desenhe um diagrama elétrico que represente a forma como deve ser feita as ligações desses elementos. Represente uma situação em que a lâmpada esteja acesa e outra em que ela esteja apagada.

Considere os símbolos abaixo para o desenho do diagrama.

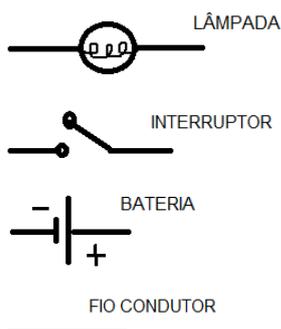


DIAGRAMA ELÉTRICO PARA A LÂMPADA ACESA.

DIAGRAMA ELÉTRICO PARA A LÂMPADA APAGADA.

**2º encontro (100min de aula):** Será sugerida a leitura coletiva de um texto em PDF de cunho histórico sobre o episódio da guerra das correntes protagonizado por Edison e Tesla, os alunos terão através desse texto, um primeiro contato com os dois principais tipos de corrente elétrica, a contínua e a alternada. Ele será projetado e lido simultaneamente por todos via apresentação no *google meet*. Após a leitura serão feitas discussões. Segue o texto.

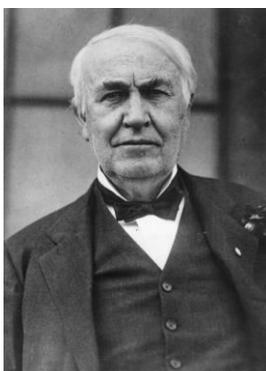
## **EDISON VS TESLA: A DISPUTA ENTRE CORRENTES QUE DEU INÍCIO À ERA ELÉTRICA.**

Em 6 de agosto de 1890 ocorreu a primeira execução por cadeira elétrica. O executado foi William Kemmler, condenado por assassinar sua provável esposa. Pela primeira vez a corrente do tipo alternada foi empregada. Esta aplicação esteve no foco das discussões sobre o perigo que este tipo de corrente ofereceria caso fosse utilizada para a alimentação elétrica de casas, comércios e indústrias.

Este texto abordará um pouco da disputa que envolveu os dois principais tipos de corrente elétrica, a Corrente Contínua (CC) e a Corrente Alternada (CA), qual delas prevalecerá?

Por um lado, estava o defensor da Corrente Contínua (CC), Thomas Alva Edison, que aos 24 anos, isso em 1871, já era um inventor de sucesso em Nova York atraindo a atenção de investidores.

Inventor Thomas Alva Edison (1847-1931)  
Foto: Getty Images



**Fonte:** Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/ciencia/morto-ha-82-anos-thomas-edison-teve-seu-ultimo-suspiro-guardado-em-um-tubo,79ed0f50b8bc1410VgnVCM3000009af154d0RCRD.html>.

Acesso em: 02. fev. 2021.

Com isso, em sociedade, criou uma empresa especializada em invenções em geral e engenharia elétrica, campo pouco conhecido na época. Edison tinha pontos a favor com grandes invenções que facilitavam o dia a dia das pessoas, como por exemplo o telégrafo.

Na época, as lâmpadas usadas eram de arco voltaico que emitiam uma intensa luz e, portanto, eram utilizadas na iluminação pública, porém, insuficientes para uso doméstico principalmente por ter dimensões consideráveis. Então, Edison perseguindo seu sonho de iluminação artificial fundou com a ajuda de parceiros a Edison Electric Light Company e após inúmeras tentativas, em 31 de dezembro de 1879 apresentou ao mundo a sua lâmpada incandescente elétrica feita com filamento de carbono que incandesce quando a corrente elétrica passa por ele.

Essa lâmpada era pequena, apresentava luz suave e uma incrível autonomia de 40 horas, além de ser barata, econômica, durável e de fácil instalação.

Lâmpada de 1879 com um único filamento de carbono



**Fonte:** Disponível em: <http://thomasinventor.blogspot.com/2012/11/invencao-da-lampada.html>.

Acesso em: 02. fev. 2021.

Para suportar a infraestrutura de fabricação e comercialização das lâmpadas, ele projetou todo o sistema de transmissão e distribuição de energia. Em 1880 criou a Edison Lamp Works renomeada depois como Edison Electric Lamp Company, Edison Machine Works e outras empresas para fabricar geradores, condutores, medidores e lâmpadas. Em 1882, ele inaugura a primeira estação de energia elétrica do mundo, a *Pearl Street Station*, que gerava energia elétrica na modalidade CC capaz de

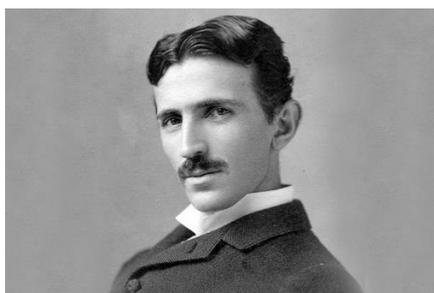
alimentar um pouco mais de 3 mil lâmpadas distribuídas por ruas, comércios e casas de Nova York.

Uma desvantagem do sistema CC de Edison era o fato de que ele era viável apenas para centros densamente povoados, a corrente contínua era ineficiente para transmissões por longas distâncias. O sistema de transmissão de Edison só enviava energia até um raio que girava em torno de 1 quilômetro utilizando cabos de cobre de diâmetro considerável, o que encarecia o sistema.

No entanto, tinha a vantagem de ser manipulada sem nenhum risco de eletrocussão fatal por parte dos técnicos e usuários do sistema por ser uma corrente de baixa tensão ao contrário da CA, daí a aversão de Edison ao uso desta corrente e alia-se a isso também o fato de que todos os componentes e aparelhos fabricados por suas empresas serem alimentados por CC.

Do outro lado desta disputa, estava Nikola Tesla, que desde muito cedo se interessou pelo estudo da CA, corrente esta possível, graças à descoberta em 1831 por Michael Faraday do princípio da indução eletromagnética. Em 1880 enquanto morava em Budapeste, segundo afirmou o próprio Tesla, que durante um dos seus passeios corriqueiros pelo parque teve uma visão do diagrama do motor CA, nasceu aí a ideia do primeiro motor que funcionaria com corrente alternada.

Nikola Tesla (1856-1943)



**Fonte:** Disponível em: <https://super.abril.com.br/tecnologia/o-cientista-maluco/>. Acesso em: 02. fev. 2021.

Tesla se tornou fã do grande inventor Thomas Edison e decidiu que ele seria a única pessoa capaz de ajudá-lo com seus projetos, então resolveu ir para os Estados Unidos da América. No dia 6 de julho de 1884 aos 28 anos desembarcou em Nova York sem dinheiro e com muitos sonhos.

Tesla conseguiu uma reunião com Edison e apresentou a ele seus projetos do motor CA e da possível revolução no ramo da eletricidade com o uso da corrente alternada, porém Edison foi contra o desenvolvimento de qualquer tecnologia associada a CA, este comportamento era justificável, uma vez que todo o império dele estava sustentado pela CC e tal mudança causaria um enorme prejuízo.

Mesmo diante deste insucesso, Tesla foi contratado por Edison para trabalhar em aprimoramentos do seu sistema CC, mas depois de uma decepção com seu patrão pediu demissão e decidiu seguir sozinho trabalhando no seu projeto de motor alimentado por corrente alternada.

Após alguns contatos, em decorrência de exposições de suas ideias e invenções, Tesla conseguiu o apoio de alguns investidores, com isso ele abriu um laboratório próximo de Pearl Street em 1887, sete anos depois do dia em que ele teve a visão do motor CA. Começou a trabalhar incansavelmente e em maio de 1888 apresentou seu motor alimentado por corrente elétrica alternada, um modelo funcional e muito superior aos modelos de Edison e qualquer outro já criado.

Motor de indução elétrica criado por Tesla



**Fonte:** Disponível em: <https://www.oficinadanet.com.br/post/17762-principais-invencoes-de-nikola-tesla>. Acesso em: 02. fev. 2021.

Ao tomar conhecimento dessa grande invenção, o empresário e engenheiro George Westinghouse ofertou a Tesla uma parceria com sua empresa, a Westinghouse Electric Company criada em 1889. Ele teria todo o apoio e recursos para o desenvolvimento de pesquisas e equipamentos para a consolidação do uso da CA, Tesla teria suporte para desenvolver transformadores, geradores e projetos de linha de transmissão.

A morte por eletrocussão mencionado no início do texto foi possível em virtude do uso do sistema Tesla-Westinghouse e a letalidade da CA foi o que causou grandes entraves à adesão da mesma, sobretudo pelo sofrimento causado ao condenado e pela cena aterrorizante presenciada pela plateia durante a execução. Muitos foram os que se opuseram à padronização da rede elétrica por CA, engenheiros, empresários e a população em geral. Era necessária uma mudança de perspectiva por parte do público, então eles decidiram apostar todas as fichas fazendo uma proposta para iluminar a Exposição Mundial da Columbia, na cidade de Chicago.

Edison sabendo da importância do evento, e que este deveria ser o primeiro totalmente iluminado por eletricidade, decidiu entrar na disputa sobre a empresa que ganharia a licitação para iluminar a Exposição. Para isso, fundiu sua empresa com a Thomson-Houston Company criando a General Electric Company e fez uma proposta para a iluminação do evento, porém seu sistema tinha um custo muito alto e acabou perdendo para o concorrente.

Em 1 de maio de 1893 o sistema Tesla-Westinghouse provou sua superioridade e ficou evidente o poder da CA, um sistema mais barato, mais avançado e que podia ser usado em larga escala. O público presente na exposição ficou fascinado, a noite se transformou em dia com a iluminação sustentado por corrente alternada.

Em fim um antigo sonho de Tesla pôde ser realizado, utilizar as quedas d'água das Cataratas do Niágara para produzir eletricidade. Isto porque a Westinghouse com o sucesso da exposição foi contratada para este fim.

Usina elétrica projetada por Tesla nas Cataratas do



**Fonte:** Disponível em: <https://www.oarquivo.com.br/variedades/ciencia-e-tecnologia/4443-tesla,-pai-da-eletricidade-moderna,-do-r%C3%A1dio-e-de-tantas-outras-maravilhas-parte-3.html>. Acesso em:

02. fev. 2021.

Os geradores criados por Tesla foram instalados nas Cataratas, ele projetou 10 geradores com 2.200 volts cada e 5.000 hp que geraria 35.000 kilowatts e uma corrente com tensão de mais de 20.000 volts transmitindo para vários estados.

Próximo das residências e comércios a tensão através de transformadores era reduzida para 110 volts tornando o uso da CA mais seguro. Ela se tornou padrão de transmissão por todo os Estados Unidos. A corrente alternada prevaleu!

### Referências

CARLSON, W. B. A implacável “Guerra Atual” de Edison e Tesla deu início à era da eletricidade. **Revista História**, set. 2019. Disponível em: <https://www.nationalgeographic.com/history/magazine/2016/07-08/edison-tesla-current-war-ushered-electric-age/>. Acesso em: 19 nov. 2020.

MARTON, F. Tesla vs Edison: a guerra das correntes. **Aventuras na História**, São Paulo, n. 151, p. 30-39, fev. 2016.

**3º encontro (100min de aula):** Será exibido aos alunos um vídeo de uma atividade prática sobre associação de lâmpadas incandescentes com o intuito deles perceberem a relação entre as grandezas físicas abordadas através do brilho emitido pelas lâmpadas (nesta etapa os alunos farão anotações sobre o que observaram em todos os passos da atividade. Ao final, eles responderão a questionamentos sobre o que observaram durante a atividade. Segue as orientações de como preparar e realizar a atividade prática.

### **ORIENTAÇÕES PARA A ATIVIDADE PRÁTICA**

Será produzido um vídeo sobre esta atividade e exibido aos alunos. Esta exibição será conduzida de forma a levar o aluno a participar do processo de montagem e execução da prática.

A atividade prática abordará os conteúdos de corrente elétrica, resistores, associação de resistores, curto-circuito, potência elétrica e energia elétrica.

Ela objetiva ao aluno observar e perceber a relação do brilho da(s) lâmpada(s) com as grandezas elétricas citadas e assim possibilitar a ele uma compreensão mais geral sobre os circuitos elétricos ao seu redor, por exemplo, circuitos de corrente contínua presentes em aparelhos elétricos/eletrônicos em sua casa.

Após a execução da atividade prática pelos alunos eles deverão responder aos seguintes questionamentos:

**1) Com relação à intensidade da corrente elétrica em cada lâmpada, o que a atividade prática evidencia?**

**Explique.**

**2) O brilho observado em cada lâmpada é normal? Por quê?**

**3) Caso as lâmpadas não apresentem o mesmo brilho, o que você, com base na teoria, concluirá a respeito da corrente elétrica, resistência elétrica, potência elétrica e energia elétrica consumida da que brilhar menos?**

#### **Materiais/componentes para a atividade prática**

- ✓ 1 protoboard de 830 pontos;
- ✓ 3 lâmpadas de lanterna de 3 volts/cada;
- ✓ 2 pilhas pequenas do tipo AA (1,5 volts);

- ✓ Fios para conexões.

As imagens dos circuitos montados nesta atividade foram feitas com o auxílio de um programa denominado *fritzing*, este é um software livre de fácil acesso na web.

As duas imagens que seguem, ilustram a protoboard e a forma correta de fazer as conexões nesta ferramenta.

### Execução da atividade prática

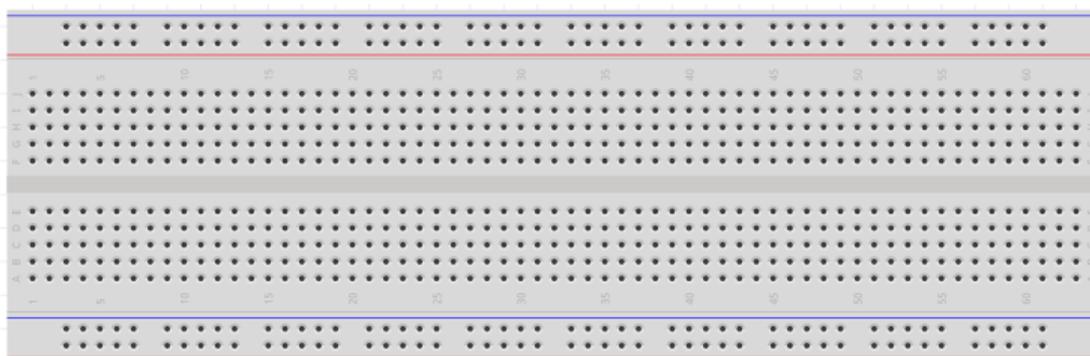
#### IMPORTANTE!!

A fonte de tensão utilizada é de corrente contínua e de baixa ddp (3V), logo, não oferece riscos de choque elétrico, porém deve-se ter cuidado com um dos efeitos da corrente elétrica que é o aquecimento, portanto não deixe o circuito fechado (conexões interligadas) por muito tempo para não ter riscos de pequenas queimaduras.

Esta atividade será executada em duas aulas de 50 minutos/cada.

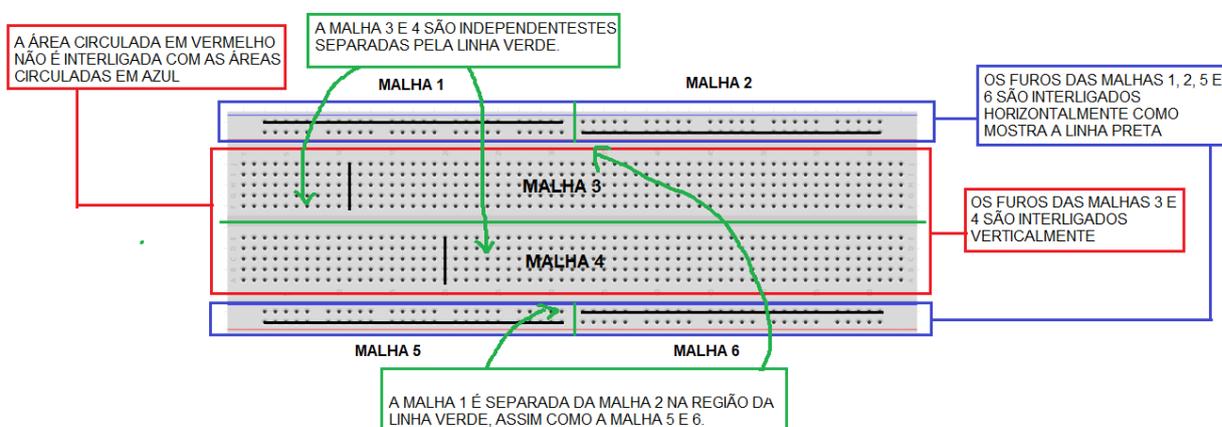
As figuras a seguir ilustram a protoboard e a forma correta de utilizá-la.

**Figura 1** – A protoboard apresenta furos que são interligados em uma malha abaixo deles.



Fonte: Software fritzing.

**Figura 2** – A imagem mostra como os furos através das malhas são interligados.

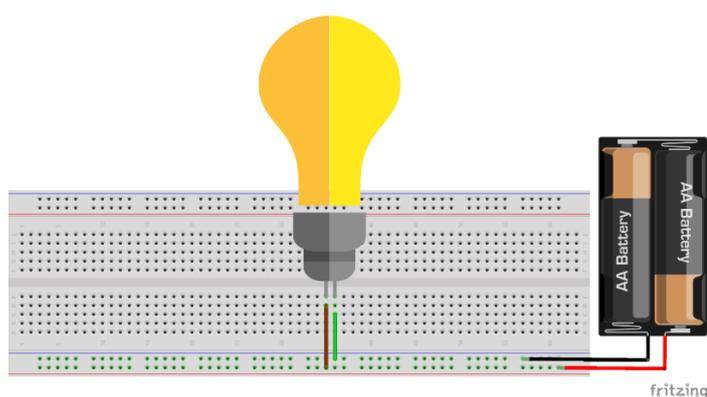


**Fonte:** Software fritzing (adaptado pelo autor).

Para realizar a atividade, siga os passos seguintes observando todos os detalhes e o que acontece em cada passo, a dica é tirar uma foto em cada passo para posterior comparações.

1º) Conecte apenas uma lâmpada à fonte de tensão conforme figura 3 abaixo e observe o brilho dela (este brilho será considerado normal).

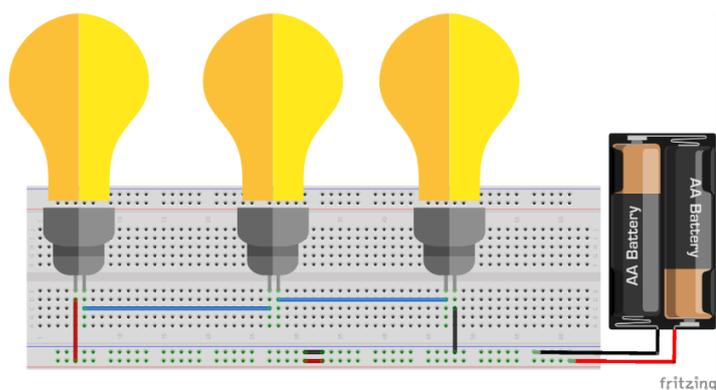
**Figura 3** – Circuito para verificação do brilho normal da lâmpada.



**Fonte:** Software fritzing.

2º) Conecte as 3 lâmpadas em série conforme figura 4 abaixo e observe o brilho de cada lâmpada.

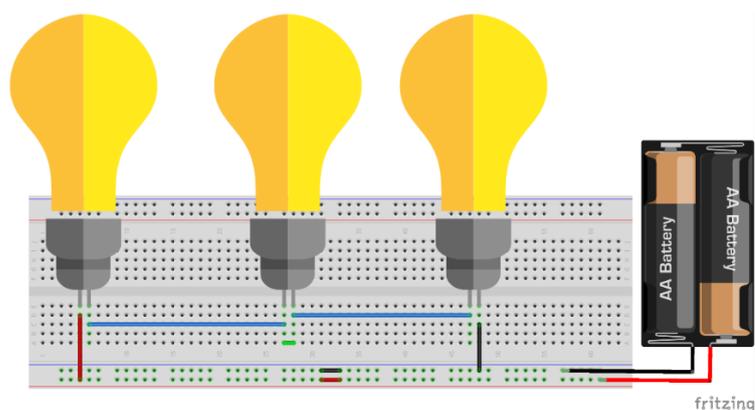
**Figura 4** – Circuito em que as lâmpadas estão conectadas em série.



Fonte: Software fritzing.

3º) No circuito do 2º passo (figura 4), conecte um fio link (fio verde) nos terminais da lâmpada 2 (a do meio), conforme figura 5 abaixo e observe o que acontecerá.

**Figura 5** – Circuito em que as lâmpadas estão conectadas em série com um fio link passando pela lâmpada 2.

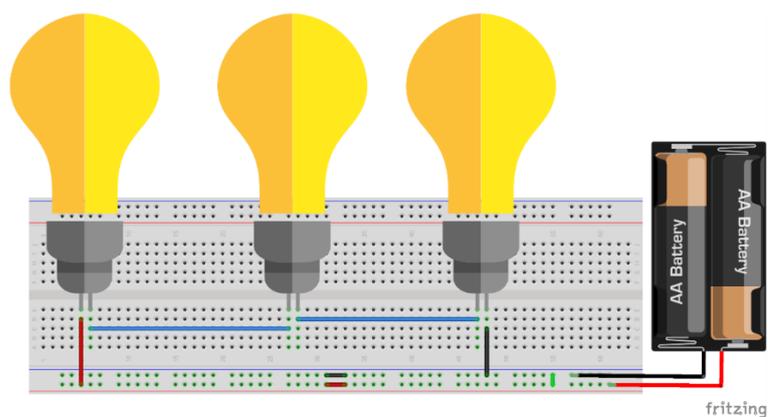


Fonte: Software fritzing.

4º) Retire o fio link (fio verde), depois, retire uma das lâmpadas do circuito do 3º passo (figura 5) e observe o que acontece.

5º) Interligue o fio link (fio verde) aos terminais da fonte de tensão do circuito do 2º passo (figura 4) **de forma bem rápida (tempo de 1 a 2 segundos)** conforme figura 6 abaixo e observe o que acontece.

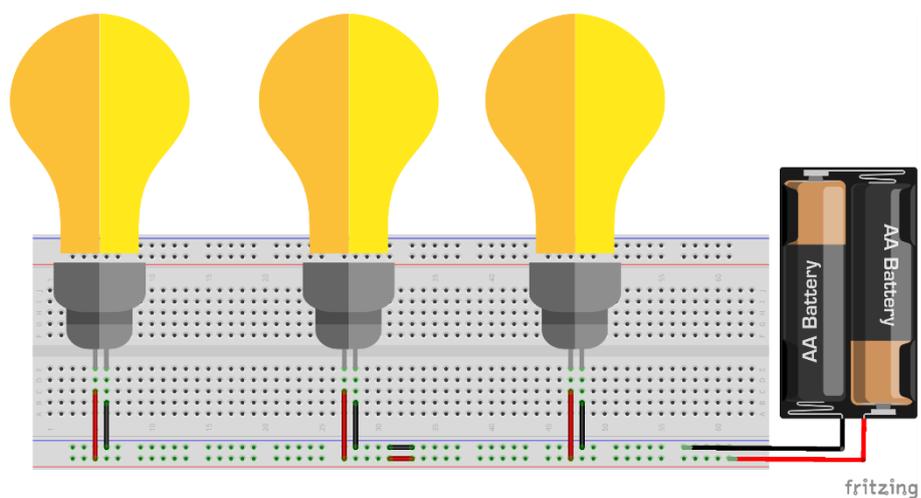
**Figura 6** – Fio link interligando os terminais da fonte tensão.



Fonte: Software fritzing.

6º) Conecte as 3 lâmpadas em paralelo conforme figura 7 abaixo e observe o que vai acontecer.

**Figura 7** – Circuito em que as lâmpadas estão conectadas em paralelo.



Fonte: Software fritzing.

7º) Retire uma das lâmpadas do circuito da figura 7 e observe o que vai acontecer.

## Discussão sobre o que se observou na atividade prática

Analisando as observações feitas na atividade prática proposta responda aos questionamentos que seguem.

- 1) No segundo passo (figura 4) da execução da atividade, explique o que aconteceu com o brilho das lâmpadas. O brilho aumentou ou diminuiu? Por que?
- 2) No terceiro passo (figura 5) da execução da atividade, por que a lâmpada 2 apagou? Por que as outras lâmpadas tiveram seu brilho aumentado?
- 3) Quando você realizou o quarto passo da atividade, o que aconteceu? Por que?
- 4) O que aconteceu no quinto passo (figura 6) da atividade, as lâmpadas não acenderam? Acenderam bem fraquinhas? Explique.
- 5) No sexto passo (figura 7), o que aconteceu com o brilho das lâmpadas? Como você explicaria o ocorrido?
- 6) O que aconteceu ao retirar uma das lâmpadas do circuito no sétimo passo (figura 7)? Qual a explicação para o que ocorreu?

**4º encontro (100min de aula):** Será sugerida aos alunos a leitura e estudo coletivo via apresentação no google meet de um resumo explicativo em PDF, exposto abaixo, sobre os conteúdos abordados nesta sequência para que eles possam conhecer os conceitos técnicos envolvidos. Após a leitura do resumo os alunos deverão responder a questionamentos no final do texto acerca da atividade prática, a intenção é retomar a discussão e verificar se houve mudanças nas respostas com relação a linguagem técnica e científica.

O resumo só será apresentado/entregue aos alunos após a realização da atividade experimental (momento posterior), esta escolha, justifica-se, na tentativa de observar qual a concepção deles acerca dos fenômenos envolvidos no ato da atividade proposta, busca-se determinar o que eles já sabem a respeito do tema considerado.

### **RESUMO EXPLICATIVO**

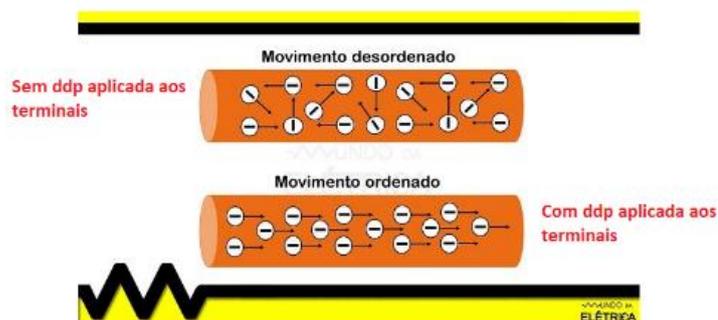
TEMA: CORRENTE ELÉTRICA, RESISTÊNCIA ELÉTRICA, POTÊNCIA ELÉTRICA E CURTO-CIRCUITO.

Os aparelhos elétricos/eletrônicos que usamos no dia a dia para que possam funcionar precisam do que chamamos de **corrente elétrica**. Mas o que é corrente elétrica?

A corrente elétrica é caracterizada pelo movimento ordenado de elétrons no interior de um condutor (objeto que facilita o movimento dos elétrons). Isso significa que os elétrons se movimentam em um único sentido ao longo do condutor ocasionando um fluxo de energia que proporciona os aparelhos elétricos/eletrônicos funcionarem.

Mas por que os elétrons se deslocam no mesmo sentido? Isso se deve a uma diferença de potencial (ddp) ou tensão elétrica aplicada aos terminais do condutor provocado por um campo elétrico como foi estudado no tópico que tratou sobre eletrostática.

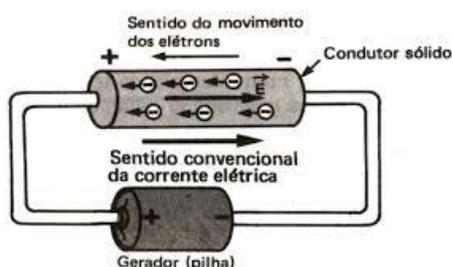
Veja a imagem que exemplifica esse movimento de elétrons que constitui a corrente elétrica em um condutor.



As imagens são meramente ilustrativas

Fonte: Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/principais-caracteristicas-da-corrente-eletrica/>. Acesso em: 04. jan. 2021.

O sentido de movimento dos elétrons é determinado pelo campo elétrico estabelecido no interior do condutor, os elétrons se deslocam no sentido contrário ao campo, veja imagem que segue.



Fonte: Disponível em: <https://mundoedu.com.br/uploads/pdf/56fd6a34a2059.pdf>. Acesso em: 04. jan. 2021.

Mas, por convenção, adota-se para análise de circuitos elétricos o sentido convencional, considera-se o movimento no mesmo sentido do campo elétrico.

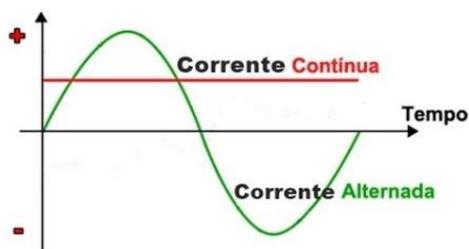
A intensidade de corrente elétrica matematicamente é a razão entre quantidade de carga elétrica e o intervalo de tempo como segue.

$$i = \frac{Q}{\Delta t}$$

Onde:  
*i*: corrente elétrica  
*Q*: quantidade de carga elétrica  
 $\Delta t$ : intervalo de tempo

A unidade de intensidade de corrente no Sistema Internacional de unidades (S.I) é o ampere (A).

Os dois principais tipos de corrente elétrica são a Corrente Contínua (CC) e a Corrente Alternada (CA). Nos gráficos que seguem pode-se observar o comportamento delas no decorrer do tempo.



Fonte: Disponível em: <https://wgsol.com.br/a-diferenca-entre-corrente-continua-e-corrente-alternada/corrente-continua-e-alternada/>. Acesso em: 04. jan. 2021.

O gráfico da corrente contínua é uma função constante, a intensidade da corrente é invariável no tempo, ao passo que na alternada, a sua intensidade varia no decurso do tempo de acordo com uma função seno.

Os condutores quando são percorridos por corrente podem oferecer uma maior ou menor dificuldade para o movimento dos elétrons livres (que constituem a corrente elétrica), essa dificuldade denominamos de **resistência elétrica**.

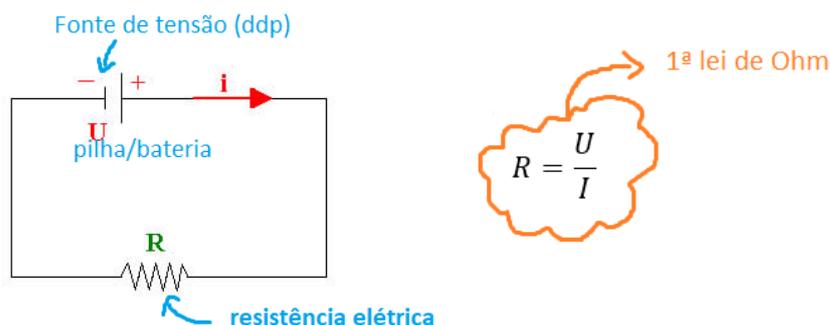
A resistência elétrica está associada a qualquer objeto que possa ser atravessado por corrente elétrica, inclusive os seres humanos. O corpo pode oferecer dificuldade a esta passagem quando a resistência elétrica do corpo é alta, neste caso, a corrente que o atravessa é menor, e quando a resistência é baixa, onde a corrente que o atravessa é maior.

O efeito que a corrente elétrica causa no organismo vivo (efeito fisiológico) é chamado de *choque elétrico*.

Um exemplo de condutores com resistências elétricas diversificadas muito empregados em circuitos no dia a dia são os **resistores**, estes componentes elétricos se apresentam em diferentes tipos e funções com alta aplicabilidade na tecnologia moderna.

A maioria dos resistores no mercado atendem a uma lei denominada **1ª lei de Ohm**, que relaciona de forma linear os valores de ddp e corrente aplicadas aos terminais dos mesmos, estes resistores ou condutores são ditos ôhmicos.

Veja a expressão matemática que define a 1ª lei de Ohm:

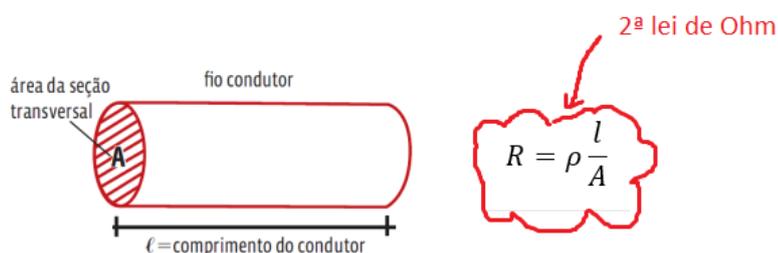


R: é a resistência elétrica;  
U: é a ddp;  
i: é a corrente elétrica

A unidade de ddp no S.I é o volt (V) e de resistência elétrica é o ohm ( $\Omega$ ).

Já uma pequena parte, incluindo as lâmpadas incandescentes não são considerados condutores ôhmicos por não apresentar linearidade nos valores de ddp e corrente. Esses condutores serão analisados sob a ótica da **2ª lei de Ohm**, que relaciona a resistência elétrica com as características geométricas do condutor e uma grandeza associada ao material da qual ele é constituído.

Veja a imagem que mostra a relação matemática para a 2ª lei de Ohm.



R: resistência elétrica  
l: comprimento do fio  
A: área da seção transversal do fio  
 $\rho$ : resistividade do material do fio

Outra grandeza física relacionada aos condutores é a **Potência elétrica**. Nos aparelhos elétricos/eletrônicos há uma grandeza que está diretamente ligada à ddp que ele precisa para funcionar e sua respectiva corrente elétrica, é a potência elétrica, os valores de ddp e potência de um aparelho são chamados de valores nominais.

A potência elétrica no caso específico de uma lâmpada incandescente (lâmpada de filamento) é o que determina o seu brilho, quando submetida à ddp nominal, quanto maior a potência, maior o brilho da lâmpada e quanto menor for a potência, menor será seu brilho.

A potência elétrica pode ser determinada matematicamente da seguinte forma:

$$P = U \cdot i$$

Onde:  
P: potência elétrica  
U: ddp  
I: corrente

A unidade de potência no S.I é o watt (W).

A energia elétrica consumida por qualquer dispositivo elétrico/eletrônico é determinada pelo produto da potência dele pelo tempo em que o dispositivo permanece em funcionamento

$$E_{el} = P \cdot \Delta t$$

Onde:  
 $E_{el}$ : energia elétrica  
 P: potência elétrica  
 $\Delta t$ : tempo de funcionamento

Como a energia elétrica é medida em kWh deve-se converter a potência do aparelho para kW e o tempo de funcionamento considerado em horas, como no exemplo que segue.

**Problema:** Um certo aparelho condicionador de ar do tipo split de 9000 BTU's, possui uma potência de 800W e funciona diariamente por 8h. Qual a energia elétrica consumida por este aparelho em 30 dias?

**Solução:**

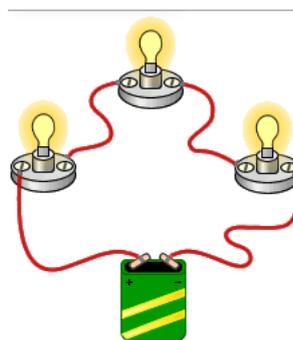
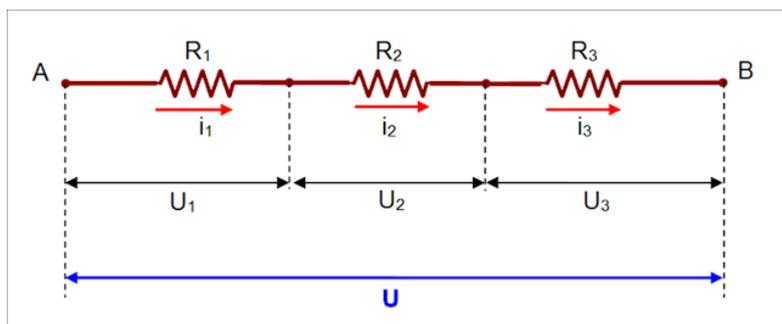
De acordo com equação 16 a energia elétrica é determinada por  $E_{el} = P \cdot \Delta t$ .

Como  $P = \frac{800W}{1000} = 0,8kW$  e  $\Delta t = 8h$ , temos  $E_{el} = (0,8) \cdot 8 \cdot 30 \therefore E_{el} = 192kWh$

A energia elétrica consumida pelo aparelho em um mês foi 192kWh.

Os condutores ôhmicos (caso dos resistores) e não ôhmicos (caso das lâmpadas incandescentes) podem ser associadas formando circuitos de três formas diferentes: **em série, em paralelo e de forma mista (série e paralelo)**, como nos esquemas que seguem.

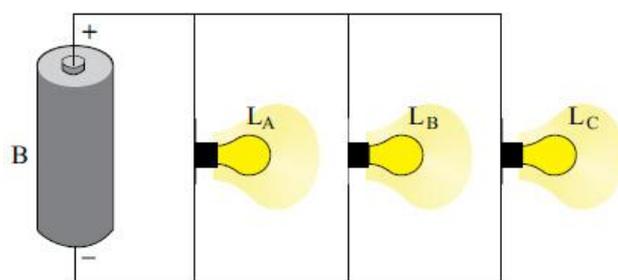
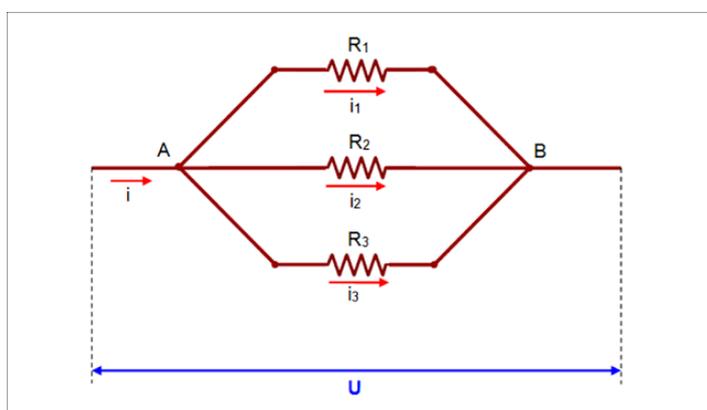
### Associação em série



A corrente elétrica nos resistores e nas lâmpadas é a mesma, portanto  $i_1 = i_2 = i_3$ , porém a ddp da fonte de tensão fica dividida para os três condutores, ocasionando mal funcionamento por causa da baixa tensão. Nesta situação a resistência elétrica do circuito aumenta como pode-se perceber na expressão que determina o valor da resistência equivalente,

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

### Associação em paralelo



A corrente elétrica nos resistores e nas lâmpadas só é a mesma se ele(a)s apresentarem a mesma resistência elétrica, a corrente fornecida ao circuito pela fonte de tensão se subdivide para cada condutor e portanto, pode-se ter correntes diferentes, porém a ddp da fonte de tensão aplicada aos condutores é a mesma ( $U_1 = U_2 = U_3$ ), isso pode trazer vantagens de funcionamento uma vez que ao aparelho será aplicado a tensão nominal dele. Nesta situação a resistência elétrica do circuito diminui como pode-se perceber na expressão que determina o valor da resistência equivalente,

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

## Curto-circuito

Esta situação é caracterizada quando se interliga os terminais da fonte de tensão (polo positivo ligado diretamente ao polo negativo), com isso a ddp se anula e a maior parte da corrente elétrica deixa de circular no circuito ocasionando o desligamento do aparelho elétrico. Este tipo de conexão deve ser evitado, pois danifica a fonte de tensão e provoca um superaquecimento no circuito, fenômeno conhecido como *Efeito Joule* causando dissipação (desperdício) de energia.

## Discussão da atividade experimental à luz da teorização

Retomando as observações feitas na atividade experimental proposta e levando-se em consideração a teoria abordada responda aos questionamentos que seguem.

- 1) No segundo passo da execução do experimento, explique o que aconteceu com o brilho das lâmpadas. O brilho aumentou ou diminuiu? Por que?
- 2) No terceiro passo da execução do experimento, por que a lâmpada 2 apagou? Por que as outras lâmpadas tiveram seu brilho aumentado?
- 3) Quando você realizou o quarto passo do experimento, o que aconteceu? Por que?
- 4) O que aconteceu no quinto passo do experimento, as lâmpadas não acenderam? Acenderam bem fraquinhas? Explique.

## Referências

BAUER, W; WESTFALL, G. D; DIAS, H. **Física para universitários: Eletricidade e magnetismo**. Porto Alegre: AMGH, 2012.

BISCUOLA, J. G; BÔAS, N. V; DOCA, R. H. **Conecte física**. São Paulo: Saraiva, 2011. v. 3.

HALLIDAY, D; RESNICK, R. KRANE, K. S. **Física**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. v. 3.

NUSSENZVEIG, H. M. **Física básica: Mecânica**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002. v. 3.

RAMALHO, F; FERRARO, N. G; TOLEDO, P. A. **Os fundamentos da física**. 10. ed. São Paulo: Moderna, 2009. v. 3.

**5º encontro (100min de aula):** Discussão com os alunos sobre os resultados observados na atividade prática do 3º encontro e supostas conclusões das respostas fornecidas por eles no questionário do 1º encontro (esta etapa será de reflexão sobre provável ressignificação de concepções). Os alunos serão instigados a responderem aos questionamentos feitos desde o 1º encontro até o 4º, utilizando-se dos conhecimentos técnicos estudados no resumo proposto.

**6º encontro (50min de aula):** Será sugerida aos alunos a leitura coletiva de forma leve e descontraída de um texto paradidático em PDF via *google meet* com o propósito de proporcionar a eles um reforço na aprendizagem acerca do cálculo do consumo de energia elétrica pelos aparelhos. Após a leitura eles serão desafiados a solucionarem uma situação-problema no final do texto. Segue o texto.

## TEXTO PARADIDÁTICO

Na casa da família Silva mora 4 pessoas, o senhor Francisco (pai), a senhora Raimunda (mãe), o filho mais velho (João) e a filha caçula (Josefa). Nesta residência há 9 cômodos, uma garagem, uma sala, uma cozinha, dois banheiros, três quartos e uma área de serviço.

Em todos os cômodos da casa são usadas lâmpadas fluorescentes. Na garagem, na sala e na cozinha há uma lâmpada de 25W/cada, nos banheiros há lâmpadas de 15W/cada, nos quartos há lâmpadas de 20W/cada e na área de serviço há uma lâmpada de 30W. Em cada quarto há uma tv de LED de 32" com 120W e um aparelho de ar condicionado do tipo split de 9000 BTU's com 810W/cada, na sala há um ventilador de coluna de 120W e uma tv de LED de 40" de 180W. Na cozinha há um forno micro-ondas de 2000W e na área de serviço uma máquina de lavar roupas de 1000W.

João está cursando Engenharia elétrica e sua irmã Josefa está cursando a 3ª série do Ensino Médio se preparando para a prova do ENEM, o objetivo dela é cursar História, mas Josefa é muito curiosa e atenta às novidades da Ciência e tecnologia. Assistindo a uma reportagem sobre as vantagens do uso das inovadoras lâmpadas de LED, ela indagou seu irmão:

— João, qual tipo de lâmpada usamos aqui em casa?

O João responde,

— A lâmpada fluorescente, porquê a pergunta Josefa?

Josefa explica...

— Eu vi agora uma reportagem onde diz que as lâmpadas de LED são mais econômicas, estou estudando isso no momento, mas ainda fiquei na dúvida do motivo, você sabe?

João explica...

— Bom, primeiro vamos esclarecer alguns pontos, as concessionárias de energia fornecem basicamente a corrente alternada pela facilidade de transmissão em larga escala, quero dizer que é mais fácil levar ela a quilômetros e quilômetros de distância sem a necessidade de construir várias estações de energia como no caso da corrente contínua.

João continua...

— Elas fornecem a nível residencial dois tipos de tensões, 110V(volts) nas regiões do sul e sudeste principalmente e 220V nas regiões norte e nordeste, é o nosso caso, aqui em casa a tensão ou diferença de potencial (ddp) na rede elétrica é 220V. Então, todos os aparelhos elétricos de nossa casa funcionam com 220V.

— Agora vamos à sua dúvida. Dois fatores determinam o consumo de energia de um aparelho, sua potência e o tempo em que o aparelho permanece funcionando.

— Até aqui, você está compreendendo Josefa?

Ela responde,

— Sim!

Chegam o pai e a mãe...

Como estão meus amados filhos? Pergunta a mãe.

Ambos respondem...

— Estamos bem!

O que estão fazendo? Pergunta o pai.

Josefa responde...

— João está me explicando algumas coisas sobre eletricidade sobre uma dúvida que tive ao ver uma reportagem.

Francisco aproveita o momento e pede ao João para mostrar à Josefa como fazer a previsão do consumo de energia no mês de sua casa.

João fala...

— Com certeza pai, vou concluir aqui a explicação e mostro a ela como fazer.

— Bom Josefa, continuando. Então, a potência do aparelho medido em watts (W) diz muito sobre o consumo do aparelho, exemplo, vamos considerar nosso ar condicionado, ele tem 810W de potência, como são três aqui em casa, totaliza 2430W e sabendo que eles funcionam 8 horas por dia, vamos calcular o consumo de energia no mês desses aparelhos.

— A Energia elétrica é calculada multiplicando a potência do aparelho pelo tempo de funcionamento, dessa forma

$$E_{el} = Pot. \Delta t$$

Onde Pot = 2430W e o tempo  $\Delta t = 8. 30$  (mês tem 30 dias) = 240 horas.

$$\text{Então, } E_{el} = 2430W. 240h = \frac{583200Wh}{\text{mês}}$$

Essa é a energia consumida pelos aparelhos de ar condicionados em um mês.

— Mas Josefa, tem um detalhe, a energia é medida pela concessionária em kWh, logo, sabendo que 1kW = 1000W, devemos dividir o resultado obtido por 1000, desta forma

$$E_{el} = \frac{583200}{1000} = \frac{583,2kWh}{\text{mês}}$$

Este consumo é elevado quando comparado ao consumo de outros aparelhos da casa, na fatura de energia a concessionária cobra em torno de R\$0,89 por kWh consumido, logo este consumo calculado acima resulta em R\$ (583,2). (0,89) = R\$ 519,048.

— Então Josefa, este é o cálculo que se faz para determinar o consumo e o valor a ser pago pela energia no mês, para os outros aparelhos o procedimento é o mesmo, basta observar o tempo de funcionamento de cada um.

João então, desafia Josefa...

— Josefa, as lâmpadas da sala e garagem são as que permanecem mais tempo ligadas, em média ficam acesas 5 horas por dia. Sabendo que uma lâmpada de LED de 9W ilumina com a mesma eficiência que uma fluorescente de 25W. Reflita e responda.

— Por que a lâmpada de LED é mais econômica? Em valores, qual seria a economia? Josefa refletiu, respondeu e tirou suas conclusões.

Faça agora o mesmo que a Josefa e defina quais aparelhos da casa dela consomem mais energia, em seguida estipule tempos de funcionamento e calcule o

consumo e valor a ser pago no mês considerando a tarifa de energia em torno de R\$ 0,89/kWh.

**7º encontro (50min de aula):** Discussão abrangendo todas as etapas do processo no intuito de esclarecer pontos que não foram bem compreendidos e ouvir os alunos sobre suas impressões.

### **5.3 Recursos Didáticos**

Ferramentas digitais google meet, google forms, grupo de whatsapp, mesa digitalizadora, questionário para verificação de concepções alternativas (semiestruturado), atividade prática (experimento filmado), texto sobre o episódio da guerra das correntes entre Edison e Tesla, resumo explicativo e texto paradidático.

### **5.4 Avaliação da Aprendizagem**

A avaliação será realizada no curso do processo. Aplicação de questionário que aborda os temas estudados (semiestruturado), participação na leitura dos textos e na atividade prática, interação nas discussões, contribuição para o entendimento coletivo.

## REFERÊNCIAS

- BAUER, W; WESTFALL, G. D; DIAS, H. **Física para universitários: Eletricidade e magnetismo**. Porto Alegre: AMGH, 2012.
- BISCUOLA, J. G; BÔAS, N. V; DOCA, R. H. **Conecte física**. São Paulo: Saraiva, 2011. v. 3.
- CARLSON, W. B. A implacável “Guerra Atual” de Edison e Tesla deu início à era da eletricidade. **Revista História**, set. 2019. Disponível em: <https://www.nationalgeographic.com/history/magazine/2016/07-08/edison-tesla-current-war-ushered-electric-age/>. Acesso em: 19 nov. 2020.
- CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Calor e temperatura: um ensino por investigação**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.
- CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2019.
- HALLIDAY, D; RESNICK, R. KRANE, K. S. **Física**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. v. 3.
- MARTON, F. Tesla vs Edison: a guerra das correntes. **Aventuras na História**, São Paulo, n. 151, p. 30-39, fev. 2016.
- NUSSENZVEIG, H. M. **Física básica: Mecânica**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002. v. 3.
- RAMALHO, F; FERRARO, N. G; TOLEDO, P. A. **Os fundamentos da física**. 10. ed. São Paulo: Moderna, 2009. v. 3.
- Software fritzing. Disponível em: <https://fritzing.org/>. Acesso em 17 nov. 2020.

## **APÊNDICE B – Termo de consentimento livre e esclarecido**

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário (a), do projeto de pesquisa sob o título “Proposta de Ensino de alguns conceitos de Eletrodinâmica na Educação básica mediada por uma Sequência de Ensino Investigativa”. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento.

Em caso de recusa, você não sofrerá qualquer tipo de penalidade. Meu nome é Ednardo Luiz Amarante dos Santos, professor de Física responsável pela pesquisa sob a orientação do Prof. Dr. Francisco Ferreira Barbosa Filho. Nesse trabalho, vamos desenvolver e aplicar a Sequência de Ensino sobre os conteúdos de Eletrodinâmica, que pretende analisar como o uso desse recurso didático pode potencializar a aprendizagem desse conteúdo na 3<sup>o</sup> série do Ensino Médio nas escolas públicas.

Esclarecemos ainda que não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela sua participação. Garantimos também sigilo que assegura a sua privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa.

E reiteramos mais uma vez que você tem toda liberdade de se recusar a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização e sem prejuízo ao seu cuidado.

Em caso de dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável no telefone: (86) 99460-4527 ou pelo e-mail [fisicaprofednardo@gmail.com](mailto:fisicaprofednardo@gmail.com).

### **Consentimento livre e esclarecido**

Declaro que compreendi os objetivos desta pesquisa, como ela será realizada, os riscos e benefícios envolvidos e concordo em participar voluntariamente da pesquisa. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isso acarrete qualquer penalidade. Dou meu consentimento para que a equipe de pesquisadores que elaborou o questionário utilize os dados por mim fornecidos, de forma anônima, em relatórios, artigos e apresentações.

**CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO DA PESQUISA**

Eu, \_\_\_\_\_, abaixo assinado, concordo em participar do estudo como sujeito. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo pesquisador prof. Ednardo Luiz Amarante dos Santos sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios, caso existam, decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isso leve a qualquer penalidade.

Local e data \_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de Abril de 2021.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do participante

Eu, prof. Ednardo Luiz Amarante dos Santos, obtive de forma voluntária o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido do sujeito da pesquisa.