

INSTITUTO FEDERAL SUL-RIO-GRANDENSE

CAMPUS PELOTAS VISCONDE DA GRAÇA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E SIMULAÇÕES VIRTUAIS COMO
RECURSOS DIDÁTICOS AO ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS**

Laércio Rauber

ORIENTADOR: Prof. Dr. Nelson Luiz Reyes Marques

Pelotas – RS

Junho/2023

INSTITUTO FEDERAL SUL-RIO-GRANDENSE

CAMPUS PELOTAS VISCONDE DA GRAÇA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E SIMULAÇÕES VIRTUAIS COMO RECURSOS DIDÁTICOS AO ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Laércio Rauber

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação do Campus Pelotas Visconde da Graça do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências e Tecnologias na Educação, área de concentração: Ensino de Física
Orientador: Prof. Dr. Nelson Luiz Reyes Marques

Membros da Banca:

Prof. Dr. Nelson Luiz Reyes Marques
Orientador – CaVG/IFSul

Prof. Dr. Fernando Augusto Treptow Brod
CaVG/IFSul

Prof. Dr. Luis Ricardo Moretto Tusnski
CaVG/IFSul

Prof. Dr. Josemar Alves
UFSM

Pelotas – RS

Junho/2023

R239a

Rauber, Laércio

Atividades experimentais e simulações virtuais como recursos didáticos ao ensino de circuitos elétricos/ Laércio Rauber. – 2023. 136 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Câmpus Pelotas Visconde da Graça, Programa de Pós - graduação em Ciências e Tecnologias da Educação, 2023.
Orientador: Prof. Dr. Nelson Luiz Reyes Marques.

1. Tecnologias na educação. 2. Circuitos elétricos. 3. Sequência didática. 4. Ensino de Física. I. Marques, Nelson Luiz Reyes (orient.). II. Título.

CDU: 53:37.02

Catálogo na fonte elaborada pelo Bibliotecário
Vitor Gonçalves Dias CRB 10/1938
Câmpus Pelotas Visconde da Graça

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos especiais ao meu orientador, professor Dr. Nelson Luiz Reyes Marques, pelo excelente trabalho, pelo empenho, dedicação e instantaneidade nas respostas, em relação às dúvidas que me surgiam durante o transcorrer da realização e formalização da pesquisa. Agradeço também aos professores que aceitaram o convite para compor a banca avaliadora.

Gratidão ao meu colega e amigo, professor Robson Kleemann, pelo incentivo e apoio. Agradecimentos ao meu motorista, Edson Herket, companheiro das várias noites de viagem que precisei deslocar-me até a cidade de Pelotas – RS. Ao colega de trabalho, na E.E.B. Dr. Theodureto Carlos de Faria Souto, de Dionísio Cerqueira - SC, professor Marcos Hübner, por ceder as aulas para a aplicação da pesquisa. Aos alunos do 3º ano do Ensino Médio que aceitaram o desafio de participar da pesquisa. Gratidão aos conhecimentos adquiridos juntamente com os colegas e professores do instituto, às apresentações de trabalhos em grupo, às trocas de experiências, de modo geral, foi um período de muito aprendizado.

Muito obrigado aos familiares que sempre acreditaram em mim e me apoiaram. Aos colegas de trabalho que me incentivaram e motivaram com a intenção de que tudo ocorresse bem. Sinto-me imensamente grato e orgulhoso por me formar mestre em uma universidade pública e gratuita, o Instituto Federal Sul-rio-grandense, Campus Pelotas – Visconde da Graça. Agradeço, também, pela oportunidade de ser estudante bolsista durante três semestres, custeado pelo programa de bolsas de estudos do estado de Santa Catarina (UNIEDU).

RESUMO

A presente pesquisa traz um estudo sobre a aplicação de um produto educacional (sequência didática), no ensino de circuitos elétricos, no 3º ano do ensino médio. A pesquisa teve como objetivo desenvolver, implementar e avaliar a viabilidade de uma sequência didática amparada em atividades experimentais práticas e nas simulações virtuais, no ensino dos conceitos de tensão, corrente e resistência elétrica e, a partir destes resultados, produzir e formalizar um produto educacional com essa prática. O ensino de Física, de modo geral, é uma área do conhecimento que desperta diversas discussões, reflexões e olhares sobre os modelos pedagógicos adotados para ensiná-la. Sendo assim, apresentamos, na sequência, o estudo e como foi pensada, formalizada e aplicada a sequência didática e os resultados obtidos através da intervenção pedagógica realizada. A sequência didática ampara-se na teoria Histórico-cultural de Vigotski, foi aplicada seguindo as orientações da pesquisa do tipo intervenção pedagógica (DAMIANI, 2012; DAMIANI *et al.*, 2013), por meio de três momentos macros de intervenção (três momentos pedagógicos), segundo orientações de Delizoicov, Angotti, Pernambuco (2002), e em termos pedagógicos visa aproximar a Física teórica, os conceitos abstratos e “difíceis” à realidade em que se aplicam. Os dados da pesquisa foram coletados, tratados, analisados e avaliados por meio de procedimentos e processos de análise qualitativa (YIN, 2016). Os recursos utilizados para mediar esse processo de ensino e aprendizagem dos conceitos de circuitos elétricos foram protótipos experimentais de circuitos elétricos em série, paralelo e misto, conjuntos experimentais de fios e lâmpadas automotivas, pilhas, uma fonte de tensão de 12 volts e o simulador virtual PhET. Diante disso, os resultados obtidos desse processo de intervenção foram satisfatórios e supriram as expectativas esperadas. Alguns dos fatores e destaques iniciais que gostaríamos de ressaltar é que as atividades experimentais são atividades didáticas pedagógicas muito bem aceitas pelos estudantes. Os recursos pedagógicos experimentais, reais e virtuais são fortemente indicados por diversos pesquisadores dessa área em estudo. Nota-se que os objetivos e anseios, em relação ao modelo pedagógico adotado, foram alcançados. Dessa forma, convidamos-vos para a leitura do detalhamento do projeto e a sua aplicação, conforme apresentado no decorrer das próximas seções.

Palavras-chave: Circuitos elétricos. Sequência Didática. Práticas experimentais. Simulações virtuais.

ABSTRACT

The present research brings a study about the application of an educational product (didactic sequence), in teaching electrical circuits, in the 3rd year of high school. The research aimed to develop, implement and evaluate the feasibility of a didactic sequence supported by practical experimental activities and virtual simulations, in teaching the concepts of voltage, current and electrical resistance and, from these results, produce and formalize an educational product with this practice. Physics teaching, in general, is an area of knowledge that arouses several discussions, reflections, and looks at the pedagogical models adopted to teach it. Thus, we present, in the following, the study and how the didactic sequence was designed, formalized, and applied, and the results obtained through the pedagogical intervention carried out. The didactic sequence is supported by Vygotsky's Cultural-Historical theory, and was applied following the guidelines of the pedagogical intervention type research (DAMIANI, 2012; DAMIANI et al., 2013), through three macro moments of intervention (three pedagogical moments), according to Delizoicov, Angotti, Pernambuco (2002) guidelines, and in pedagogical terms aims to bring theoretical Physics, abstract and "difficult" concepts closer to the reality in which they apply. The research data were collected, treated, analyzed and evaluated through qualitative analysis procedures and processes (YIN, 2016). The resources used to mediate this teaching and learning process of electrical circuits concepts were experimental prototypes of series, parallel and mixed electrical circuits, experimental sets of wires and automotive lamps, batteries, a 12 volts voltage source and the PhET virtual simulator. Therefore, the results obtained from this intervention process were satisfactory and met the expected expectations. Some initial factors and highlights that we would like to emphasize is that experimental activities are pedagogical didactic activities that are very well accepted by the students. Experimental, real and virtual teaching resources are strongly indicated by several researchers in this area under study. We note that the objectives and wishes, in relation to the pedagogical model adopted, were reached. Thus, we invite you to read the details of the project and its application, as presented in the following sections.

Keywords: Electric Circuits. Didactic Sequence. Experimental practices. Virtual simulations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação de atividades mediadas por instrumentos.	37
Figura 2 - Cinco fases de análise e suas interações.....	46
Figura 3 - Momentos da intervenção pedagógica.....	47
Figura 4 - Primeiro encontro.	52
Figura 5 - Segundo encontro.	53
Figura 6 - Quarto encontro.....	57
Figura 7 - Quinto encontro.	58
Figura 8 - Modelo de protótipo experimental do reostato.....	59
Figura 9 - Modelo de protótipo experimental de circuitos em série, paralelo e misto.....	60
Figura 10 - Modelo experimental de ligação elétrico em série.	60
Figura 11 - Modelo experimental de ligação elétrico em paralelo.	61
Figura 12 - Modelo experimental de ligação elétrica mista.	62
Figura 13 - Sexto encontro.....	63
Figura 14 - Sétimo encontro.....	65
Figura 15 - Oitavo encontro.	66
Figura 16 - Nono encontro.	67
Figura 17 - Décimo encontro.....	68
Figura 18 - Circuitos elétricos em série.....	69
Figura 19 - Circuitos elétricos em paralelo.....	70
Figura 20 - Circuitos elétricos mistos.	70
Figura 21 - Ilustração virtual dos elétrons.	71
Figura 22 - Linguagens científicas usadas pelos estudantes dos grupos G1, G3, G4, G6 e G7.....	75
Figura 23 - Protótipos reais de circuitos elétricos.	79
Figura 24 - Circuitos elétricos virtuais.	80
Figura 25 - Modelos didáticos representados no quadro.	80
Figura 26 - Fontes de tensão e seus respectivos polos.....	82
Figura 27 - Representação teórica/didática dos resistores no quadro branco.	84
Figura 28 - Demonstração virtual do rompimento do filamento de um fusível.	85
Figura 29 - Lâmpada com o filamento rompido.....	85
Figura 30 - Ordem sequencial da apresentação dos conceitos científicos.	87
Figura 31 - Esquema ilustrativo da relação dos geradores com os receptores.....	92
Figura 32 - Modelos dos circuitos elétricos construídos pelos estudantes.....	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de estudantes que responderam de forma correta ou incorreta a pergunta 2.....	91
Tabela 2 - Respostas dos estudantes na atividade de análise experimental virtual.....	98
Tabela 3 - Respostas dos estudantes e avaliação da viabilidade da sequência didática	102
Tabela 4 - Respostas dos estudantes e avaliação da viabilidade dos recursos experimentais no ensino de circuitos elétricos.....	103
Tabela 5 - Respostas dos estudantes e avaliação da viabilidade da sequência didática	105
Tabela 6 - Respostas dos estudantes e avaliação da viabilidade da proposta metodológica	106
Tabela 7 - Respostas dos estudantes e avaliação de viabilidade da sequência didática.	107
Tabela 8 - Comentários dos estudantes na ordem da lista de chamada e denominados pela legenda (Sn)	109
Tabela 9 - Comentários de estudantes de outras pesquisas.....	111

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Títulos, autores e ano das obras expressas na revisão da literatura	18
Quadro 2 - Sequência didática apoiada nos três momentos pedagógicos	49
Quadro 3 - Respostas dos estudantes na pergunta 1	89
Quadro 4 - Resposta esperada na pergunta 2	90
Quadro 5 - Circuitos elétricos em série, paralelo e misto elaborados pelos respectivos estudantes	93
Quadro 6 - Respostas dos estudantes na análise experimental das perguntas 5, 9 e 14	95
Quadro 7 - Respostas dos estudantes na análise experimental das perguntas 6, 10 e 15	97

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 PRÁTICAS PEDAGÓGICAS APOIADAS NOS RECURSOS EXPERIMENTAIS PRÁTICOS E NAS SIMULAÇÕES VIRTUAIS.....	19
2.2 PRÁTICAS PEDAGÓGICAS AMPARADAS APENAS NAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS OU NAS SIMULAÇÕES VIRTUAIS	23
3. CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL DE VIGOTSKI	26
4. DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E VIRTUAIS	32
4.1 PRÁTICAS EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA	33
4.2 SIMULAÇÕES VIRTUAIS NO ENSINO DE FÍSICA	35
4.3 PROJETO DE SIMULAÇÕES VIRTUAIS PHET	38
4.4 ATIVIDADES PEDAGÓGICAS ENVOLVENDO AS PRÁTICAS EXPERIMENTAIS E AS SIMULAÇÕES VIRTUAIS AMPARADAS AO REFERENCIAL TEÓRICO VIGOTSKIANO.....	39
5. PERCURSO METODOLÓGICO	42
5.1 ENFOQUE DA PESQUISA.....	42
5.2 PESQUISA DO GÊNERO INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA.....	43
5.3 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS	45
5.4 REFERENCIAL METODOLÓGICO DE ENSINO	47
5.5 SUJEITOS DA PESQUISA.....	49
5.6 SÍNTESE DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	49
6. RELATO DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	51
6.1 PRIMEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO DA INTERVENÇÃO	51
6.1.1 Primeiro encontro	51
6.1.2 Segundo encontro.....	52
6.1.3 Terceiro encontro	54
6.2 SEGUNDO MOMENTO PEDAGÓGICO DA INTERVENÇÃO.....	55
6.2.1 Quarto encontro	56
6.2.2 Quinto encontro	57
6.2.3 Sexto encontro	62
6.3 TERCEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO DA INTERVENÇÃO	64
6.3.1 Sétimo encontro	64

6.3.2 Oitavo encontro	66
6.3.3 Nono encontro	67
6.3.4 Décimo encontro	68
6.3.5 Décimo primeiro encontro	69
6.3.6 Décimo segundo encontro	71
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES	72
7.1 CONTRIBUIÇÕES DA CONTEXTUALIZAÇÃO REALIZADA NO PRIMEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO	73
7.2 CONTRIBUIÇÕES DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E AS SIMULAÇÕES VIRTUAIS NO ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS	78
7.3 VALIDAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SEGUNDO A OPINIÃO DOS ESTUDANTES E AS PERSPECTIVAS DOS AUTORES DA PESQUISA.....	100
7.3.1 Perguntas realizadas aos estudantes (resposta individual).....	101
8. CONCLUSÃO	112
REFERÊNCIAS	114
APÊNDICE A: ATIVIDADE SOBRE O VÍDEO DE CONSTRUÇÃO DA USINA ITAIPU.	119
APÊNDICE B: ANÁLISE TEÓRICA E PRÁTICA DE CIRCUITOS ELÉTRICOS.....	120
APÊNDICE C: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	122
APÊNDICE D: PRODUTO EDUCACIONAL	122
ANEXO A: ANÁLISE EXPERIMENTAL VIRTUAL DE CIRCUITOS ELÉTRICOS.....	130

APRESENTAÇÃO

No decorrer desta apresentação, descrevo uma breve síntese da minha trajetória acadêmica e profissional. Como a grande maioria dos jovens da minha época, na minha região, concluí o ensino médio e me deparei com uma importante missão: escolher o que eu iria fazer. Escolhi ingressar no mercado de trabalho e dar uma pausa nos estudos, montei uma pequena empresa e, após alguns anos, decidi vendê-la e mudar de profissão.

Em 2014, prestei dois vestibulares e ingressei no curso de Licenciatura em Matemática, vindo a me formar, em 2018, pelo Centro Universitário Internacional Uninter. Logo após concluir a graduação, ingressei no curso de especialização em Metodologia do ensino de Matemática, no qual me formei em 2019, pela mesma instituição. Nesse mesmo ano, fiz uma segunda especialização em Educação a Distância com Ênfase na Formação de Tutores, através da Faculdade Unina. Ainda no ano de 2018, iniciei minha segunda graduação de Bacharel em Engenharia Civil, na Universidade Pitágoras Unopar, a qual concluí no ano de 2022. Atualmente, sou acadêmico do curso de Licenciatura em Física, no Centro Universitário Internacional Uninter, e mestrando em Ciências e Tecnologias na Educação pelo Instituto Federal Sul-rio-grandense - Campus Pelotas Visconde da Graça.

Atuo, desde o ano de 2016, na educação básica do estado de Santa Catarina, como professor de Matemática e também de Física. Neste ano de 2023, estou na função de orientador de laboratório de Matemática e de professor de Matemática em sala de aula. No período de 2019 a 2022, estive na função de orientador educacional, no Centro Universitário Internacional Uninter, Polo de Barracão - PR e São José do Cedro - SC, na qual desempenhava a função de orientador acadêmico, nos cursos de graduação em Licenciatura em Matemática, Física e nos cursos de Bacharel em Engenharia Civil e Elétrica.

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo introdutório, apresentamos os principais fatores que despertaram o interesse em desenvolver essa pesquisa. Inicialmente, o estudo traz uma problematização que se direciona ao ensino de Física de modo geral e, seguidamente, se direciona ao problema da pesquisa: "O ensino de circuitos elétricos". Mais precisamente, os conceitos de tensão, corrente e resistência elétrica.

O processo de ensino e aprendizagem de Física é objeto de constantes discussões e críticas nos meios educacionais e por parte dos pesquisadores dessa área (CARVALHO, 2010; SASSERON, 2010; CARVALHO, 2012; CARVALHO, 2013), as dificuldades e os problemas relacionados sobre o ensino dessa ciência é objeto de estudo de diferentes níveis de escolaridade. Para Rosa (2003), as ações pedagógicas adotadas por muitos professores no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos de Física, tem constantemente se caracterizado na apresentação de conceitos, leis e fórmulas matemáticas, dissociadas dos objetos reais de aprendizagem e da realidade dos estudantes.

Estudos mostram que existe uma inquietação intrínseca de professores e pesquisadores que se debruçam sobre estudos que visam elucidar novos olhares sobre o Ensino de Física (CARVALHO, 2010; MOREIRA, 2018; BARRETO, 2019; VIACELLI, 2020), nesse trabalho, em especial, os conceitos de circuitos elétricos no 3º ano do Ensino Médio (TRENTIN; SILVA; ROSA, 2018; WEIZENMANN, 2019; DAMACENO, 2020; MOREIRA, 2020). Conforme expressa Viacelli (2020, p.12), "Não é de hoje que sabemos a opinião dos estudantes sobre a disciplina de Física, classificada como uma matéria chata, difícil e cheia de equações matemáticas".

Moreira (2018) faz uma análise retrospectiva acerca da área de ensino de Física no Brasil. Segundo o autor, a pesquisa e a pós-graduação em ensino de Física no país, existe há décadas, assim como eventos nacionais, recursos instrucionais e projetos em ensino de Física. No entanto, nos dias atuais, o ensino de Física no Brasil está em crise, desatualizado, minimizado e desvalorizado. O autor afirma que é necessário desenvolver competências científicas e tecnológicas como modelagem, argumentação a partir de evidências, validação e comunicação de resultados, fazendo uso das tecnologias educacionais como, por exemplo, as práticas experimentais e as simulações virtuais. Ainda expressa que as pesquisas devem propor mudanças metodológicas que se ancorem em

situações reais de sala de aula, seguindo a rigor os aportes teóricos e científicos que envolvem o processo de construção do conhecimento.

Tomando essa perspectiva como pauta, Libâneo (2006) já preconizava que a disciplina de Física não deveria ser reduzida a um mero domínio de regras, ou decoração de fórmulas, mas, sim, de procedimentos que interligam os aspectos teóricos e práticos. Acreditamos que o processo de ensino e aprendizagem dessa disciplina, alicerçado nas práticas experimentais e nos simuladores virtuais, podem melhorar o cenário educacional em relação ao ensino de seus conceitos teóricos e a compreensão dos fenômenos relacionados.

Diante do exposto, propomos a seguinte questão de pesquisa: Como as práticas pedagógicas, amparadas nas atividades experimentais e nas simulações virtuais, podem contribuir para que os estudantes do 3º ano do Ensino Médio ampliem seus conhecimentos sobre os conceitos de circuitos elétricos?

Levando em pauta a questão a ser analisada, pontuamos que, nessa perspectiva metodológica, os estudantes vivenciam o fenômeno físico através da experimentação e das simulações. Entendemos que essa é uma estratégia para fazê-los indagar sobre o objeto conceitual de estudo e estabelecer relações com os objetos experimentais a serem analisados, minimizando os distanciamentos entre a teoria e a prática. E é aqui que a experimentação prática e a simulação se tornam recursos didáticos valiosos no processo de aprendizagem. A experimentação, segundo Gaspar (2014a), é utilizada desde o século III a.C. Arquimedes a utilizava com o objetivo de fazer demonstrações científicas. Tal fato está exibido no museu de Alexandria (Egito). Desde então, experimentos têm sido criados com as mais variadas finalidades, excitando o estudo e a pesquisa em Ensino de Ciências.

As simulações, as quais estamos mais familiarizados por meio de computadores e similares, tiveram seu grande impulso na Segunda Guerra Mundial (BALDEZ, 2009). O autor explica que computadores como o Mark I, da marinha, e o ENIAC, do exército norte-americano, foram utilizados para o uso de cálculos balísticos nesse período, buscava-se simular lançamentos de mísseis, o que hoje encontramos nas simulações educacionais. Enquanto isso, a utilização de computadores na educação teve início com o aparecimento dos primeiros computadores pessoais, no final da década de 70, o momento representou um marco significativo na democratização do uso de computadores. O físico norte-americano Alfred Bork, em 1978, foi o pioneiro na introdução do computador no ensino (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003).

Os avanços tecnológicos, oriundos da ação do homem sobre o meio, abriram novas perspectivas para o ensino e aprendizagem das Ciências em geral e da Física em particular, permitindo a diversificação de estratégias no ensino, como o uso de simuladores. “O professor dispõe de novas possibilidades para transmitir conteúdos e os alunos dispõem de uma maior variedade de meios para aprender” (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003).

Acreditamos que se os alunos fizerem “pontes” entre o que aprendem intelectualmente do mundo real e virtual “a aprendizagem será mais significativa, viva e enriquecedora” (MORAN, 2013, p. 14). Dessa forma, propomos a utilização combinada e complementar entre experimentos práticos e simulações virtuais, entendendo que essas práticas proporcionam um ambiente dinâmico, atrativo e interativo, despertando a curiosidade e o interesse em relação ao exercício intelectual vinculado às atividades.

Tomando o pressuposto das análises a serem realizadas, o objetivo da pesquisa é desenvolver, implementar e avaliar a viabilidade da sequência didática, amparada nas atividades experimentais práticas e nas simulações virtuais, no ensino dos conceitos de circuitos elétricos no 3º ano do ensino médio, e construir um produto educacional com essa prática. Viabilidade no sentido de que as evidências levantadas possam ser mensuráveis do ponto de vista qualitativo, não sendo o resultado um fim em si mesmo, mas que os resultados obtidos possam retratar elementos chave em relação às contribuições que esse modelo pedagógico impacta sobre a aprendizagem.

Para responder o problema a ser investigado e o objetivo a ser alcançado, amparamo-nos a metodologia de pesquisa do tipo Intervenção Pedagógica, sugerida por Damiani (DAMIANI, 2012; DAMIANI *et al.*, 2013), e tendo como referencial teórico a Teoria Histórico-cultural de Vigotski (2000, 2001, 2004, 2007, 2009, 2021). A pesquisa tem foco qualitativo, e a análise dos dados coletados é feita de acordo com as proposições de Yin (2016). O referencial teórico de ensino, são os Três Momentos Pedagógicos, apresentados por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002).

Apoiados nesses referenciais, acreditamos que a proposta atende ao que é preconizado na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), na competência geral 2: “Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade [...]” (BRASIL, 2018, p. 9), e que explicita as dimensionalidades do que espera-se que os estudantes desenvolvam durante o seu processo de formação intelectual formal e científica.

Nos próximos capítulos, apresentamos uma revisão parcial da literatura (Capítulo 2), expomos o referencial teórico, a Teoria Histórico-cultural de Vigotski (Capítulo 3),

apresentamos premissas sobre o desenvolvimento das atividades experimentais (Capítulo 4), explicitamos as metodologias de pesquisa e de ensino, e a proposta didática (Capítulo 5), relatamos como foi o desenvolvimento das aulas (Capítulo 6), expomos uma seção de discussão de resultados (Capítulo 7) e, por fim, a conclusão da pesquisa (Capítulo 8).

2. REVISÃO DA LITERATURA

No transcorrer desta seção, será apresentado um panorama das publicações realizadas sobre o uso dos recursos experimentais no ensino de circuitos elétricos. O estudo visa estimular as práticas pedagógicas, no 3º ano do ensino médio, apoiadas nas atividades experimentais com materiais concretos e nos simuladores virtuais, para melhorar a compreensão dos conceitos de circuitos elétricos.

Inicialmente, a revisão apoia-se ao mapeamento (BIEMBENGUT, 2008), na intenção de coletar dados qualitativos sobre o problema a ser analisado. A busca por bibliografias ocorreu em dois momentos, um no período do projeto de qualificação, e outro no período da fase de conclusão da dissertação. A plataforma de busca utilizada foi o Google acadêmico, onde foram inseridos descritores (palavras-chave) que remetem ao uso de recursos experimentais no ensino de circuitos elétricos, e que foram produzidos de 2015 a 2022.

A primeira combinação inserida no buscador, no período da fase da construção do projeto de pesquisa, foi "circuitos elétricos" and "experimental" and "simuladores". O conectivo "and" impõe que as três palavras-chave precisavam estar contidas na obra a ser analisada. Nesta primeira busca, foram obtidos 354 resultados, distribuídos em 35 páginas da *web*. Todos foram analisados por um requisito prévio, no qual deveriam conter em seu título indícios que remetem às palavras-chave e ao problema de pesquisa. Nessa análise foram selecionados 18 trabalhos. A maioria das obras selecionadas estavam nas primeiras 10 páginas da interface da *web*.

Na segunda combinação, foi inserido "eletricidade" and "circuitos elétricos" and "sequência didática". Nessa pesquisa apareceram 362 resultados sobre o tema. Considerando que na procura anterior a maioria das obras selecionadas estavam nas primeiras páginas da *web*, nessa busca foi verificado apenas até a quinta página da interface da *web*, e selecionadas mais duas obras. De modo geral, nessa pesquisa a maioria das obras já haviam aparecido anteriormente. A fim de localizar outros estudos relacionados ao tema da pesquisa, foi acessado o portal de acervo da CAPES e da Scielo, sendo selecionado mais um artigo. Pontua-se que, nessas plataformas, muitos dos trabalhos já tinham sido selecionados no Google acadêmico.

A exploração de novos estudos também foi realizada na fase de conclusão final da dissertação, e nessa fase foram utilizadas as mesmas combinações e critérios adotados no período da fase de construção do projeto de pesquisa. Um dos fatores, em relação a essas

novas buscas, refere-se à necessidade de novos olhares e novos estudos, tendo em vista os resultados obtidos na pesquisa aplicada, dentre os quais destacam-se a necessidade por recursos alternativos para a realização das atividades práticas experimentais. Nessa nova busca foram selecionadas mais quatro obras.

Conforme citado, foram selecionadas 25 obras como material de apoio na revisão da literatura. Todos os estudos foram analisados criteriosamente através de leitura, coleta e análise de dados. Após a análise, sete obras foram descartadas, pois optamos em nos amparar apenas em estudos aplicados em campo (sala de aula), e dentre as obras, duas apresentavam abordagens de pouca relevância em relação à problemática a ser investigada. O Quadro 1 mostra as obras que compõem essa revisão de literatura.

Quadro 1 - Títulos, autores e ano das obras expressas na revisão da literatura

-	Título do trabalho	Autor/ano
1 ^a	Eletrodinâmica no Ensino Médio: Uma Construção de Conhecimentos por Meio de Experimentos Orientados.	BARRETO, Diego Souza. 2019.
2 ^a	Tecnologias digitais: uso do Physics Education Technology Project (PhET) no ensino de eletrodinâmica.	BASTOS, Argemiro Midonês. 2020.
3 ^a	O uso pedagógico da simulação de circuitos elétricos resistivos em atividades escolares para auxiliar o desenvolvimento da aprendizagem significativa e colaborativa de Física.	CONCEIÇÃO, Francisco das Chagas da. 2016.
4 ^a	Circuitos elétricos: uma proposta de ensino concebida com base na teoria da formação por etapas das ações mentais e dos conceitos de Galperin.	DAMACENO, José Aécio Vieira. 2020.
5 ^a	Eleticidade: uma sequência didática para o ensino médio integrado.	FERNANDES, Moacir Borges. 2015.
6 ^a	Estratégias experimentais de ensino visando contribuir com o ensino de Física de modo significativo: atividades de eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo	KOHORI, Rodolfo Kasuyoshi. 2015.
7 ^a	Laboratórios Reais e Virtuais no Aprendizado de Circuitos Elétricos: Uma investigação dos diferentes mecanismos externos de cognição por meio da análise dos discursos verbal e gestual.	MOREIRA, Luís Paulo Basgalupe. 2020.
8 ^a	Física no ensino fundamental: uma proposta de sequência didática sobre circuitos elétricos.	PASCOAL, Marcos Roberto Amancio. 2016.
9 ^a	O conceito de potência elétrica: uma intervenção pedagógica para o ensino médio.	SALDANHA, Taís Pinto Rodrigues. 2016.

10 ^a	Experimentos reais e virtuais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio.	SANTOS, José Carlos dos; DICKMAN, Adriana Gomes. 2019.
11 ^a	O ensino de física por meio de experimentos com materiais do lixo eletrônico	SANTOS, Rafael Henrique dos Reis. 2017.
12 ^a	Eletrodinâmica no Ensino da Física: uma sequência didática apoiada nas tecnologias e na experimentação.	SILVA, Marcelo da. 2016.
13 ^a	Sequência didática com tábua de circuitos elétricos.	SILVA, Valter Rocha da. 2017.
14 ^a	Aprendizagem significativa em uma abordagem no ensino de circuitos elétricos no ensino médio.	SILVA, Jonnathan da. 2020.
15 ^a	Uma proposta de ensino de eletrodinâmica no ensino médio na metodologia dos três momentos pedagógicos com o uso de vídeos e simuladores computacionais.	SILVA, Marcio Gomes da. 2022.
16 ^a	Eletrodinâmica no ensino médio: uma sequência didática apoiada nas tecnologias e na experimentação.	TRENTIN, Marco Antônio Sandini; SILVA, Marcelo; ROSA, CTW. 2018.
17 ^a	Uma proposta de sequência didática para o Ensino de Eletricidade com o uso de Atividades Experimentais e Simuladores Educacionais.	VIACELLI, Karin Aline Galvan. 2020.
18 ^a	Uma sequência didática para análise de circuitos elétricos a partir das concepções espontâneas dos estudantes.	WEIZENMANN, Leandro Marcos. 2019.

Fonte: o autor (2023).

Concluído o mapeamento, a partir desse momento nos apoiamos nas reflexões levantadas pelos autores, tendo em pauta o uso dos recursos experimentais reais e virtuais no ensino de circuitos elétricos. Os critérios de análise fundamentam-se em: pesquisas que exploram o uso combinado dos recursos experimentais práticos e nas simulações virtuais; pesquisas que exploram apenas o uso das atividades experimentais práticas; e pesquisas que exploram apenas os simuladores virtuais.

2.1 PRÁTICAS PEDAGÓGICAS APOIADAS NOS RECURSOS EXPERIMENTAIS PRÁTICOS E NAS SIMULAÇÕES VIRTUAIS

Segundo Moreira (2020), o aprendizado dos conceitos de Física por meio de recursos mediadores como as atividades experimentais práticas e as simulações virtuais, proporcionam um ambiente diferenciado no processo de aquisição do conhecimento. Esses apontamentos também são reforçados por diversos pesquisadores, dentre os quais

destacamos: Fernandes (2015), Pascoal (2016), Saldanha (2016), Silva (2016), Silva (2017), Trentin, Silva e Rosa (2018), Barreto (2019), Santos e Dickman (2019), Weizenmann (2019), Silva (2020), Viacelli (2020), e Silva (2022).

Iniciando a análise investigativa e teórica sobre a revisão da literatura, em relação ao ensino de circuitos elétricos, reforçamos que a Física é uma ciência experimental e tem um papel importante na sociedade como um todo, então nada mais justo do que o processo de ensino e aprendizagem dos conceitos também sejam estudados apoiando-se nos recursos experimentais, tanto os reais quanto os virtuais (BARRETO, 2019). Esse ambiente diferenciado de ensino desperta a atenção dos alunos e coloca-os diante de um processo que prima pela gradativa expansão intelectual do estudante, ampliando as imagens mentais e a compreensão conceitual sobre os fenômenos observados e os conceitos estudados (MORREIRA, 2020).

Segundo Barreto (2019), explorar a diversidade de recursos que estão à disposição do ensino, desperta nos estudantes a curiosidade pela busca de novos desafios. A pesquisa do autor retrata um processo pedagógico amparado em aulas experimentais virtuais e práticas, e na exposição de trabalhos de uma feira do conhecimento. Segundo o autor, os resultados não “deixam dúvidas da capacidade de transformação que um trabalho bem desenvolvido tem para transformar não só a forma de ensinar, mas também a forma que um educador deve olhar para seu aluno” (BARRETO, 2019, p. 57). No âmbito desse contexto, entendemos que trabalhar de forma colaborativa, amparando-se nos recursos experimentais, aguça nos estudantes o desejo pela busca de novos saberes intelectuais e instrucionais, tornando o processo de ensino e aprendizagem mais dinâmico, atrativo e motivador.

De acordo com Silva (2016), o estudante sente-se mais motivado através da experimentação que os objetos mediadores proporcionam ao seu aprendizado. O autor é perene em suas explanações, expondo a importância da exploração do campo visual para a formação dos conceitos científicos e a associação desses com objetos reais de aprendizagem. Tendo nesse aspecto as ilustrações, imagens, vídeos, representações de modelos didáticos, aparatos pedagógicos, sejam eles reais e/ou virtuais, importantes contribuições no processo de aquisição dos conceitos. Outra situação geradora da aprendizagem é a interação social que os recursos mediadores geram no processo de ensino e aprendizagem.

Nesse sentido, entendemos que o ensino de Física, ancorado nas práticas experimentais e nas simulações virtuais, traz para as práticas escolares a essência do

saber científico aplicado em objetos mediadores da aprendizagem. Sendo que nesse processo, os professores são os responsáveis pela ampliação e a transformação das formas de ensinar e aprender os conceitos teóricos e científicos nos ambientes de ensino. E para que as atividades desenvolvidas proporcionem um ambiente de interação e trocas de saberes e experiências, “o professor deve pautar seu planejamento em estratégias didáticas e metodologias que possam envolvê-los por meio das atividades propostas em cada aula” (VIACELLI, 2020, p. 89). Dessa forma, instigando os estudantes a participar e envolver-se nas atividades, dando assim valor ao estudo da ciência como um todo, e em nosso estudo, em especial, aos conceitos de circuitos elétricos.

Pascoal (2016) fez um estudo direcionado a compreensão dos conceitos de circuitos elétricos, e expõe que os professores precisam compreender o fenômeno da aprendizagem para que, a partir desses pressupostos, preparem ambientes de aprendizagem que deixem lembranças daquilo que o discente estuda. O autor aplica uma sequência didática, amparando-se em atividades experimentais práticas e nas simulações virtuais, e pontua que as atividades experimentais auxiliam na construção dos conceitos científicos e agregam valor ao estudo da ciência, melhorando, assim, o ensino de Física no Brasil.

Nesse sentido, o autor enfatiza a importância do uso de laboratórios de ciências e de informática, e ressalta que a manipulação de materiais em laboratórios de ciência desperta habilidades investigativas nos estudantes, colocando-os à frente da observação, investigação e ação ativa sobre os objetos mediadores da aprendizagem. Já os laboratórios de informática visam despertar a capacidade criativa dos alunos e, principalmente, proporcionar a análise das propriedades microscópicas que aos olhos humanos não são visíveis em um protótipo real (PASCOAL, 2016).

Em relação aos recursos experimentais reais e virtuais, levanta-se algumas peculiaridades entre os resultados que esses trazem no processo de ensino e aprendizagem e, também, algumas circunstâncias que precisam ser consideradas em relação ao uso e manipulação.

Segundo Silva (2016), Trentin, Silva e Rosa (2018), os recursos experimentais, tanto os reais quanto os virtuais, são excelentes ferramentas para o ensino de Física, conforme propomos nessa pesquisa. Porém, salientam que é necessário haver coerência entre as análises feitas em objetos reais e virtuais, para que a análise virtual não se distancie dos reais significados de um fenômeno real. Ou seja, é necessário compreender que a modelagem computacional é uma alternativa pedagógica proporcionada pelas tecnologias digitais (SILVA, 2017; SILVA, 2022), porém “não substituem atividades concretas” (SILVA,

2016, p. 28). Consideramos, nesse sentido, que esses recursos sejam trabalhados de forma combinada e complementar.

Outro fator importante, refere-se ao uso dos recursos experimentais práticos. Trentin, Silva e Rosa (2018), pontuam também sobre os cuidados que deve-se ter nas práticas experimentais com protótipos reais, para que não haja risco de acidente de natureza elétrica. Para minimizar os receios em relação a danos e/ou choques elétricos, Fernandes (2015, p. 42) expõe que a simulação virtual “contribui para que inúmeros testes de hipóteses sejam realizados, sem a preocupação de danificar algum equipamento e receber algum possível choque elétrico”. Essa seria uma possibilidade pedagógica para os estudantes que não se sentem à vontade para manusear e testar os circuitos com protótipos reais.

Conforme vem sendo apresentado nesse estudo, há uma visão mútua entre os estudos apresentados pelos autores citados nessa revisão da literatura, o que implica em uma configuração pedagógica viável ao ensino de circuitos elétricos. Para complementar os diálogos referentes aos estudos dos autores que propõe e aplicam suas pesquisas, amparando-se tanto nas práticas experimentais com materiais concretos, quanto nas simulações virtuais, apresentamos ainda apontamentos de Saldanha (2016), Santos e Dickman (2019) e Weizenmann (2019).

Os três autores citados apresentam estudos amparando-se em atividades experimentais práticas e também nas simulações virtuais. Os autores são unânimes em seus resultados, assim como os demais citados anteriormente, expondo que as práticas experimentais fortalecem a formação dos conceitos sobre os circuitos elétricos. Saldanha (2016, p. 104), relata que “o uso de atividades experimentais foi fundamental para o aprendizado dos alunos”. Santos e Dickman (2019, p. 10), verificam “que as abordagens, tanto real quanto virtual, foram proveitosas para os alunos – tanto na assimilação do conteúdo [...] quanto no seu interesse e motivação”. Weizenmann (2019, p. 1), pontua que a “execução de atividades laboratoriais permitiu conectar a teoria com situações práticas realizadas, facilitando a compreensão dos conceitos e suas aplicações no cotidiano”.

Dessa maneira, o que percebe-se é que há um entendimento coletivo convergente, em relação ao uso dos recursos experimentais com materiais concretos e os simuladores virtuais no ensino de circuitos elétricos. Portanto, expomos com satisfação os resultados encontrados na revisão da literatura, dado a sua consonância ao que propomos como produto educacional desta pesquisa. Na seção 2.2, apresentamos alguns estudos complementares e que apresentam contribuições importantes para esse trabalho.

2.2 PRÁTICAS PEDAGÓGICAS AMPARADAS APENAS NAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS OU NAS SIMULAÇÕES VIRTUAIS

Sobre os estudos que exploraram apenas o uso das atividades experimentais práticas, citamos Damaceno (2020). O autor apresenta um estudo sobre atividades experimentais realizadas em um laboratório de Física, cujo propósito era vincular as atividades escolares aos circuitos elétricos residenciais. O autor apresenta respaldo sobre as práticas com circuitos elétricos, na intenção de mostrar para os estudantes a aplicabilidade dos conceitos estudados. Observa-se um entusiasmo em relação aos resultados das atividades desenvolvidas, e percebe-se o potencial que as atividades diferenciadas proporcionam ao ensino. O decorrer das atividades se fundamentou no levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes, seguido da exposição conceitual e demonstrações, posteriormente, os estudantes precisavam fazer os seus próprios circuitos. Segundo Damaceno (2020, p. 7), "Os resultados das atividades desenvolvidas indicam para o cumprimento dos objetivos".

O estudo, divulgado por Damaceno (2020), apresenta importantes contribuições para o ensino de circuitos elétricos, principalmente no tocante ao entendimento prático dos circuitos residenciais. No entanto, em termos de compreensão dos fenômenos elétricos e conceitos, ligaríamos as tecnologias virtuais a esse processo, para que o estudo fosse mais completo em relação à investigação dos fenômenos elétricos que ocorrem nos condutores e dispositivos instalados nos circuitos, e no que tange à compressão dos conceitos de tensão, corrente e resistência elétrica, uma vez que temos os simuladores virtuais que nos permitem fazer esses testes.

Ampliar o leque de possibilidades de aprendizagem é o que faz o processo abarcar a sua plenitude, é evidente que essa sugestão metodológica esbarra muitas vezes em questões estruturais físicas, porém reforçamos e entendemos que esse seria um modelo formidável para esse processo pedagógico.

Em relação às pesquisas aplicadas e amparadas apenas nas simulações virtuais, apoiamo-nos nos estudos de Conceição (2016) e Bastos (2020). Segundo Conceição (2016, p. 17), "o dia a dia das escolas constantemente apresenta um ambiente onde os resultados não são favoráveis a um bom relacionamento entre escola e aprendizagem de ciências". Para minimizar esses desníveis entre o que se ensina e o que se espera que os estudantes aprendam, é de fundamental importância apoiar-se a modelos pedagógicos que visam a superação das defasagens de aprendizagem. Segundo os estudos do autor, a

simulação virtual trouxe significativas contribuições na compreensão dos fenômenos e conceitos relacionados aos circuitos elétricos.

Bastos (2020, p. 11) expõe que o uso do simulador “contribuiu para melhorar a capacidade lógica, a compreensão das funcionalidades dos elementos de um circuito e no entendimento de suas propriedades”. Para o autor, a compreensão e visualização dos fenômenos oriundos do mundo físico, muitas vezes, são invisíveis aos olhos humanos em um objeto real. Nessas situações, os simuladores virtuais são um recurso pedagógico facilitador da aprendizagem, pois em modelos virtuais há a possibilidade de visualizar alguns fenômenos como, por exemplo, o fluxo elétrico nos condutores, ilustração essa programada pela modelagem computacional e que retrata os fenômenos reais. Contudo, ressaltamos que as propostas amparadas aos recursos virtuais são excelentes em termos de potencial na aprendizagem dos conceitos, porém, conforme já expressamos, nossa sugestão metodológica nessas práticas seria sustentar as atividades experimentais virtuais, também com materiais concretos reais. Trabalhar de forma combinada sempre que possível, objetivando o alcance dos reais significados dos conceitos teóricos e científicos.

Outra recomendação pedagógica para as práticas experimentais são os estudos de Kohori (2015). Segundo o autor, as práticas experimentais podem ser realizadas com materiais de lixo eletrônico, ou seja, materiais que estão em desuso. Essa é uma possibilidade metodológica de grande valia, tendo em vista a contribuição que isso implica em relação ao reaproveitamento e os aspectos que abarcam temas mais globais como a sustentabilidade (UNESCO, 2020). Muitas vezes, não há recursos financeiros para adquirir materiais para a prática experimental, pode-se, então, utilizar o lixo eletrônico para a aplicação dos experimentos.

Por conseguinte, acreditamos que o estudo apresenta aportes teóricos e metodológicos de diversos pesquisadores da área do ensino de Física, potencialmente úteis ao ensino de circuitos elétricos. Reforçando que todas são pesquisas que foram aplicadas em campo, sendo esse um fator de grande expressividade na validação desse estudo.

Sendo assim, ressaltamos que o objetivo dessa pesquisa foi analisar, investigar e apresentar as possibilidades que os recursos experimentais trazem para o ensino, não esgotando os diálogos gerados, e sim contribuindo com novos estudos e com as práticas em sala de aula. Conforme apresentamos no decorrer da pesquisa, acreditamos no potencial do uso combinado e complementar das atividades práticas e virtuais, pelo menos sempre que for possível. A fim de ampliar o horizonte de possibilidades de compreensão

dos conceitos e fenômenos, e para que as funcionalidades mais práticas e instrucionais sejam compreendidas no seu contexto de construção e funcionamento. E para que possamos refletir sobre o contexto que envolve a aprendizagem, ou seja, a forma como o sujeito aprende, na sequência apresentamos os aportes teóricos sobre o processo do desenvolvimento cognitivo.

3. CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL DE VIGOTSKI

Segundo Gaspar (2014b), Lev Semenovich Vigotski nasceu no ano de 1896, na cidade de Orsha, Belarus (antiga Bielorrússia). Sua família era judaica, seu pai trabalhava em um banco em Gomel, também localizado em Belarus, cidade que a família deixou antes que o filho completasse um ano de idade. Vigotski foi escolarizado em casa sob a orientação de tutores particulares, cresceu em um ambiente onde os saberes intelectuais em relação à formação intelectual humana eram muito valorizados.

Em 1913, Vigotski ingressou no curso de medicina na Universidade de Moscou, onde estudou por pouco tempo. O motivo da saída do curso de Medicina se dá pelo fato de ter ingressado no curso de Direito, na mesma universidade, o qual foi concluído em 1917. Durante este período, Vigotski também passou a estudar História e Filosofia, intensificou-se em estudos relacionados à Pedagogia e a Psicologia. O célebre estudioso teve uma morte precoce, vindo a falecer no ano de 1934, o que impossibilitou a continuidade de seus trabalhos e estudos relacionados à compreensão da formação do pensamento humano, dado o seu interesse nessa área onde vinha empreendendo os seus estudos (GASPAR, 2014b).

Vigotski (2001), na sua obra intitulada “A construção do pensamento e da linguagem”, traz importantes contribuições para a área da pedagogia, psicologia e áreas da linguística, tendo em vista a profundidade e complexidade que seus estudos se desdobravam sobre a compreensão do desenvolvimento intelectual humano. Para o autor, o desenvolvimento psíquico do ser humano é uma atividade que envolve aspectos de natureza histórica, cultural e social, e permeia múltiplas dimensionalidades na “evolução histórica da consciência como um todo” (VIGOTSKI, 2009, p. 9). É através da apropriação (internalização, reconstrução interna) das construções sócio-históricas e culturais, via interação social, que o sujeito se desenvolve cognitivamente.

Para fundamentarmos as contribuições que a teoria histórico-cultural proporciona ao processo de ensino e aprendizagem dos conceitos de circuitos elétricos, através dos recursos experimentais e virtuais, conforme propõem-se neste estudo, apoiamo-nos a alguns pressupostos que essa teoria nos traz. Vigotski (2001) classifica os conceitos em dois tipos, os conceitos espontâneos e os conceitos científicos. Embasando-nos nas dimensionalidades do processo de ensino e aprendizagem, esses dois tipos de conceitos representam dois estágios importantes no processo de aquisição do conhecimento. O estágio dos conceitos espontâneos representa uma estrutura cognitiva que dispõe de meios

simples de descrição da realidade. Já o estágio dos conceitos científicos reflete a uma estrutura intelectual mais bem elaborada, e nesse estágio o sujeito é capaz de explicar fenômenos sem ter que se limitar a descrever e demonstrar através de objetos, materiais ou demonstrações visuais, por exemplo. No estágio dos conceitos científicos, o sujeito torna-se capaz de explicar e demonstrar de forma abstrata os conceitos aprendidos. “Vigotski vê todo o processo de aprendizagem e formação de conceitos como um sistema, [...] no qual os conceitos espontâneos e os científicos estão interligados por complexos vínculos internos” (VIGOTSKI, 2001, p. XIV).

Dessa forma, apoiando-nos em Gaspar (2014b), que apresenta estudos experimentais embasados na teoria de Vigotski, pontuando que o processo de ensino e aprendizagem deve acontecer através de uma interação na qual:

A realização de uma atividade experimental por um grupo de alunos sobre determinado conteúdo só possibilita a aprendizagem desse conteúdo se esse grupo contar com a colaboração de alguém que domine esse conteúdo e oriente a realização dessa atividade em todas as suas etapas (GASPAR, 2014b, p. 210-211).

Tomando esses pressupostos como âncoras do processo de ensino e aprendizagem e pontuando o potencial dos recursos experimentais no ensino, salienta-se que uma das premissas básicas a serem consideradas são os conceitos espontâneos dos estudantes, para que os conceitos científicos possam ser vinculados a saberes que já fazem parte da cultura sócio-histórica do estudante. Segundo Vigotski (2001, p. 243), “o desenvolvimento dos conceitos científicos supera o desenvolvimento dos espontâneos”. O sujeito torna-se capaz de generalizar e contextualizar os conceitos científicos quando esse passa de um estágio de compreensão menos elaborado, para um estágio de compreensão mais elaborado e complexo. O autor reitera que o domínio cognitivo dos conceitos científicos pelos estudantes está sempre à frente do domínio cognitivo dos conceitos espontâneos, e que o avanço do estudante no domínio cognitivo de seus conceitos espontâneos se deve à aprendizagem formal dos conceitos científicos.

Conforme retrata Vigostki (2001), buscar elementos referentes aos conceitos espontâneos é um meio que visa facilitar o processo de aquisição do conhecimento e se amparar a circunstâncias onde é possível estabelecer relações com os novos conceitos. Os conceitos espontâneos adquiridos pelos estudantes nas interações sociais devem ser considerados e progressivamente sofisticados através dos conceitos científicos formais. Conforme explica Gaspar (2014b), as atividades experimentais são excelentes recursos mediadores da aprendizagem, para que esta relação entre os conceitos espontâneos e os

conhecimentos científicos possam ser vinculados, (re)organizados, ampliando assim a estrutura cognitiva dos sujeitos. Segundo Oliveira (1993, p. 24), “a relação do homem com o mundo não é uma relação direta, mas uma relação mediada, sendo os sistemas simbólicos os elementos intermediários entre o sujeito e o mundo”.

O desenvolvimento das funções psicológicas superiores dos sujeitos é uma atividade inerente da espécie humana que através das relações dialógicas com o seu meio evoluem intelectualmente. “Um aspecto especial da percepção humana [...] é a percepção de objetos reais [...] o mundo não é visto simplesmente em cor e forma, mas também como um mundo com sentido e significado” (VIGOTSKI, 2007. p. 24). A formação da estrutura psicológica, dentre outras dimensionalidades, ocorre por meio de processos mediados por signos e instrumentos, “o uso de signos como meios auxiliares para solucionar um dado problema [...] é análoga à invenção e uso de instrumentos” (VIGOTSKI, 2007. p. 52). Nesse sentido, pontua-se que os signos visam a compreensão do conceito em relação ao objeto de estudo, e o instrumento um apoio externo que visa o desenvolvimento interno das funções psicológicas superiores. Cabe aqui ressaltar a importância do uso de recursos experimentais no ensino. Dentre esses, neste estudo propõem-se um olhar especial em relação aos protótipos de circuitos elétricos reais e os simuladores virtuais de ensino, compreende-se que esses são excelentes meios para que os conceitos de eletricidade, vinculados aos circuitos elétricos, sejam internalizados e façam sentido no campo do mundo real (GASPAR, 2014b).

Para Vigotski (2007), os signos e instrumentos mediadores da aprendizagem são um meio para que o conceito em relação a atividade humana ou objeto de estudo seja internalizado. A internalização dos signos desenvolve a estrutura cognitiva de tal forma, que o indivíduo não dependa apenas dos signos externos e instrumentos externos para refletir e/ou explicar algo. Outro fator importante é que os signos, ao promoverem o desenvolvimento das funções psicológicas superiores, deixem lembranças daquilo que o estudante aprende, e que estes conceitos possam ser acessados na memória em momentos posteriores.

Os instrumentos mediadores da aprendizagem têm a função de influenciar e "ampliar de forma ilimitada a gama de atividades em cujo interior as novas funções psicológicas podem operar" (VIGOTSKI, 2007, p. 56). Cabe ressaltar que os signos são uma construção histórica, social e cultural, e os instrumentos são utilizados como meio facilitador do desenvolvimento e da aprendizagem dos conceitos conforme já mencionado no discorrer

deste estudo, também pontua-se que a aprendizagem ocorre através das relações de sujeitos com sujeitos mais capazes, ou seja, mais bem instruídos (VIGOTSKI, 2007).

Conforme o estudo vai tomando corpo, percebe-se que o processo de formação dos conceitos é uma atividade complexa da consciência humana, e nem sempre todas as interações e ambientes são favoráveis para facilitar o processo de aquisição do conhecimento. Para Vigotski (2001), a aprendizagem é um fator essencial para o desenvolvimento cognitivo, e as funções psicológicas necessárias à aprendizagem de um conteúdo estão presentes na mente das crianças quando eles começam a ser ensinados, ou seja, o ensino está sempre à frente do desenvolvimento cognitivo.

Vigotski (2001) relata que os resultados de suas pesquisas deixaram claro que, do ponto de vista do desenvolvimento cognitivo, todos os conteúdos básicos do ensino escolar atuam como uma disciplina formal, cada um facilitando a aprendizagem dos outros, ou seja, o cérebro humano não se divide em compartimentos isolados que podem ser acionados por conteúdos específicos, mas todos os conteúdos podem estimular o desenvolvimento de funções psicológicas superiores.

Segundo Prestes (2010), apoiada nas ideias de Vigotski, a formação dos conceitos ocorre em níveis de desenvolvimento. Um destes níveis refere-se a zona de desenvolvimento real, e o outro na zona de desenvolvimento iminente. Esses dois níveis de aprendizagem estão vinculados aquilo que o sujeito já sabe (zona de desenvolvimento real), e aquilo que está dentro de um campo de possibilidade, porém o sujeito ainda precisa de ajuda para realizá-la (zona de desenvolvimento iminente).

No sentido de auxiliar nas práticas pedagógicas e compreender a aplicabilidade da ideia da zona de desenvolvimento iminente (ZDI), e relacionar os conceitos espontâneos e científicos, pontua-se que isso,

implica a apresentação de conteúdos para os quais os alunos ainda não têm uma estrutura de pensamento já formada. Tendo em vista a extensão do conceito de ZDI a que nos referimos [...], pode-se ainda adotar uma postura cognitiva um pouco mais avançada, desde que as estruturas de pensamento a serem construídas possam se apoiar em estruturas pré-existentes (GASPAR, 2014b, p. 200).

Sem dúvidas, a teoria de Vigotski sinaliza diversas dimensionalidades que podem interferir e/ou contribuir com o processo de formação do intelecto humano, cabendo aos agentes que atuam no processo prepararem e se ampararem em elementos que favorecem a aquisição dos conceitos.

Outro fator importante sinalizado por Vigotski é a imitação. Segundo Vigotski (2001, p. 331), "A imitação, se concebida em sentido amplo, é a forma principal em que se realiza

a influência da aprendizagem sobre o desenvolvimento”. O autor associa a aprendizagem por imitação com a fala de uma criança, ela aprende a falar e se comunicar através da imitação, do mesmo modo que muitos dos conhecimentos escolares são aprendidos por imitação, conforme explica Gaspar (2014b). Gaspar (2014b) discute o papel da imitação no referencial vigotskiano:

[...] Vigotski destaca o papel da imitação, conceito que ainda enfrenta muita dificuldade para ser aceito [...] nossa compreensão da teoria de Vigotski, a imitação é o único meio pelo qual a mente do aluno pode se "apropriar" das estruturas mentais do professor, capacitando-se assim a fazer aquilo que não sabe fazer (GASPAR, 2014b, p. 189).

Nesse sentido, salienta-se que a imitação não deve ser confundida como uma simples repetição, e sim como um meio que cria possibilidades para que o sujeito evolua e possa desenvolver suas capacidades criativas oriundas da ampliação da sua estrutura psíquica.

Na intenção de ir ao encontro do que a teoria de Vigotski traz em relação à formação dos conceitos, e aqui pontuamos os conceitos científicos trabalhados para a aquisição do conhecimento em relação aos circuitos elétricos, não poderíamos deixar de discorrer e mencionar a imaginação, característica "intrinsecamente relacionada à atividade criadora do homem" (VIGOTSKI, 2009, p. 7). O homem se constitui sujeito por intermédio das suas interações com o meio, sendo o ambiente e os instrumentos mediadores uma fonte para despertar a imaginação dos sujeitos através dos recursos mediadores da aprendizagem, conforme cita Gaspar (2014b) no seu estudo empreendido na aplicabilidade da teoria histórico-cultural de Vigotski.

Para que a capacidade criadora do homem possa contribuir no processo de assimilação dos conceitos, pontua-se que a imaginação seja uma atividade cerebral que se vincule com a realidade. “A primeira forma de relação entre imaginação e realidade consiste no fato de que toda obra da imaginação constrói-se sempre de elementos tomados da realidade e presentes na experiência anterior da pessoa” (VIGOTSKI, 2009, p. 20). Ressalta-se a importância dos conceitos espontâneos nesse processo imaginário da realidade, que se encontra em uma zona de desenvolvimento onde o sujeito consegue relacioná-la de forma imaginária com o significado empreendido através dos signos construídos culturalmente pela sociedade (VIGOTSKI, 2007).

Outro aspecto, bastante relevante no processo de ensino e aprendizagem, versa sobre o fato do sujeito querer aprender algo novo, tendo neste momento a motivação um papel bastante importante no processo. Segundo Gaspar (2014b, p. 178), apoiado em

Vigotski, “o pensamento se origina da motivação [...]. Então, se para aprender é preciso pensar, pode-se concluir que para aprender é preciso também querer”. Segundo os autores, esse querer deve surgir a partir de um motivo que os instigue a pensar e querer aprender.

Do ponto de vista pedagógico, há a possibilidade de o professor colocar os estudantes diante de situações em que as suas pré-concepções não dão conta de explicar ou responder algo. O professor deve apresentar motivos e argumentos suficientemente fortes e convincentes, para que consciente ou inconscientemente o estudante sinta-se motivado para (re)formular sua estrutura cognitiva, a fim de aprender os conteúdos escolares (GASPAR, 2014b). Nesse ponto, salienta-se a importância das atividades experimentais no ensino de circuitos elétricos, tendo os objetos mediadores da aprendizagem como recursos dinâmicos no processo, e que visam estimular os estudantes em relação ao seu aprendizado.

Destaca-se que o estudo empreendido nessa seção objetiva-se em apresentar bases teóricas e científicas fundamentadas na teoria histórico-cultural de Vigotski, e tem por finalidade contribuir com o processo de aquisição do conhecimento dos conceitos vinculados aos circuitos elétricos.

4. DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E VIRTUAIS

O processo de ensino e aprendizagem da Física tem por objetivo responder às demandas e necessidades do desenvolvimento da sociedade em cada período histórico. Assim sendo, o processo visa desenvolver integralmente o estudante no que tange a sua formação intelectual, humana e social, e desenvolver nos sujeitos competências e habilidades que atendam aos anseios sociais, culturais, econômicos e ambientais da sociedade como um todo (BNCC, 2018).

Segundo Vigotski (2001), o desenvolvimento do homem deve ser concebido como um sujeito em constante evolução, não havendo um padrão predeterminado e estático que todo indivíduo deve alcançar. Considerar as particularidades individuais de cada sujeito é um fator que influencia ascendentemente no desenvolvimento da consciência humana. Cada sujeito desenvolve-se de acordo com seu nível de consciência e carrega consigo uma vivência cultural e histórica que faz parte das suas interações. Segundo Leontiev (2004), o homem, que é um agente ativo no processo de criação e transformação do lugar em que vive, tem seu desenvolvimento condicionado a esse meio, sendo os seus espaços de vivência grandes influenciadores da sua formação e sua atuação sobre o meio.

No que tange a aprendizagem dos conceitos de Física, o processo precisa proporcionar impactos que sejam ascendentes no desenvolvimento cognitivo dos estudantes. Para que isso ocorra, os ambientes escolares precisam estar preparados para proporcionar aos estudantes condições favoráveis para a aquisição desses conceitos. Pontua-se que os professores precisam estar cientes e preparados para dar um certo grau de liberdade em relação a participação dos estudantes durante esse processo de formação. Segundo Carvalho (2010, p. 60), essas são premissas para que o estudante alcance “um engajamento efetivo, pensando e tomando suas próprias decisões, e construindo suas argumentações sobre os fenômenos observados”. O que implica dizer que o planejamento tem um grande impacto sobre o sucesso ou insucesso do processo de ensino e aprendizagem, e pressupõe a interpretação, compreensão e aplicação dos conceitos sobre o meio e/ou os objetos específicos de estudo.

À vista disso, entende-se que esses apontamentos de Carvalho também se direcionam ao que Prestes (2010), amparada em Vigotski, reforça que a aprendizagem precede o desenvolvimento, sendo necessário que as instituições de ensino e os professores identifiquem inicialmente as reais capacidades dos estudantes e façam uma projeção da zona de desenvolvimento iminente (ZDI). Com o objetivo de identificar formas

metodológicas que permitam desenvolver atividades de ensino e aprendizagem que sejam capazes de promover mudanças intelectuais e avanços ascendentes na formação teórica e científica dos estudantes. Sendo esses novos conhecimentos a chave do seu desenvolvimento individual e coletivo, diante das mais variadas situações cotidianas.

Gaspar (2014a) pontua que os trabalhos em relação ao Ensino de Física têm dado ênfase para o conceito da zona de desenvolvimento iminente (ZDI), mas que a perspectiva vigotskiana apresenta inúmeras outras potencialidades para o processo de ensino e aprendizagem de Física, como: (1) a linguagem como formadora do pensamento; (2) a imitação como processo cognitivo básico de aprendizagem; (3) o papel da interação social e (4) a precedência da aprendizagem sobre o desenvolvimento. Na seção do referencial teórico (seção 3) estão minuciosamente detalhados todos os processos básicos da aprendizagem, segundo a teoria de Vigotski.

Assim como os diversos relatos trazidos da literatura, acredita-se que as metodologias amparadas nas atividades experimentais práticas, e nas simulações virtuais, podem contribuir e potencializar o desenvolvimento cognitivo dos estudantes em relação a compreensão e aplicação dos conceitos de circuitos elétricos a serem explorados a partir das premissas metodológicas deste estudo. Os aparatos experimentais e os simuladores virtuais, como recursos mediadores da aprendizagem, visam desenvolver um ambiente de interação e investigação teórica, científica e prática. Colocando os estudantes a frente das situações reais e virtuais de aprendizagem, a fim de confrontar as suas concepções com os conceitos teóricos e científicos, sendo os recursos experimentais reais e virtuais meios que podem ampliar as possibilidades de aprendizagem sobre os conceitos e fenômenos estudados.

4.1 PRÁTICAS EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA

As práticas experimentais no ensino de Física, sem dúvida, podem desempenhar um papel bastante importante no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos dessa ciência. Carvalho (2010) salienta que apesar das práticas experimentais estarem presente, desde o século XIX, no planejamento do Ensino de Física e tendo por objetivo proporcionar aos estudantes um contato mais direto com os fenômenos estudados, muitos professores não têm familiaridade com essas atividades. Muitas vezes, as aulas de laboratório se

traduzem em aulas extremamente estruturadas com guias do tipo “receitas de cozinha” (CARVALLHO, 2010, p. 54).

Segundo apontamentos de Carvalho (2010), nesse tipo de aula os estudantes seguem planos de trabalho previamente elaborados, seguindo guias ou passos preestabelecidos, onde o trabalho dos estudantes se caracteriza pela divisão de tarefas e muito pouco pela troca de ideias significativas sobre os fenômenos estudados. Segundo a autora, é necessário que haja um certo grau de liberdade em relação a participação e o desenvolvimento das atividades, para que os estudantes possam se tornar sujeitos ativos e capazes de agir e atuar sobre os objetos de estudo e os fenômenos de análise, tornando-os capazes de compreender, argumentar e utilizar as mais diferentes linguagens do conhecimento científico.

Para isso, é importante salientar que é necessário despertar nos estudantes um pensamento que os motive a querer aprender, e que desperte emoções suficientemente fortes e convincentes para que o estudante engaje-se com seu próprio desenvolvimento. Sendo assim, “se para aprender é preciso pensar, pode-se concluir que para aprender é preciso também querer” (GASPAR, 2014b, p. 178). Esse querer pode ser despertado através de um estímulo externo que visa o desenvolvimento interno da estrutura cognitiva dos sujeitos, tendo, nesse ponto, o professor um papel de grande impacto no processo.

As práticas experimentais tendem a desenvolver nos estudantes novas técnicas e linguagens, entrelaçando os conhecimentos teóricos e científicos com a prática e o cotidiano, a fim de despertar maior interesse e curiosidade pelo conteúdo da Física, quando esses explicam à realidade em que os estudantes se encontram, e outras dimensionalidades intrínsecas da linguagem do conhecimento científico e que se ancoram aos objetos de estudo (GASPAR; MONTEIRO, 2005).

As atividades experimentais em sala de aula, particularmente quando relacionadas a conteúdos de Física, apesar de fundamentar-se em conceitos científicos, formais e abstratos, têm por singularidade própria a ênfase no elemento real, no que é diretamente observável (GASPAR, 2014b). Dessa forma, para que possamos formar um sujeito com capacidades intelectuais, teóricas, sólidas e científicas, amparando-nos em atividades experimentais práticas e nas simulações virtuais, ressaltamos algumas premissas que devemos considerar no decorrer desse processo. Segundo Carvalho (2010), as atividades experimentais práticas e as simulações virtuais devem se ater a alguns requisitos, ou seja, pontos de significativa relevância: (i) contribuir para a superação das concepções

empírico-indutivistas da ciência, (ii) promover a argumentação dos estudantes, (iii) incorporar ferramentas matemáticas e (iv) transpor o novo conhecimento para a vida social.

Sobre a transposição do novo conhecimento, Carvalho (2010, p. 60) salienta que “Precisamos observar se as atividades experimentais estão proporcionando a transposição do conhecimento aprendido para a vida social”. A autora pontua a importância de se relacionar a ciência, a tecnologia e a sociedade, relações essas necessárias, considerando a sociedade em que vivemos nos dias de hoje e que vem evoluindo desde os séculos passados.

Assim como os autores citados no decorrer desse estudo, pontua-se que as atividades experimentais são de grande valia nas aulas de Física, desde que considere-se os aspectos globais intrínsecos da linguagem da ciência como um todo, e que as dimensionalidades dos aspectos socioculturais dos espaços locais onde os estudantes vivem façam parte desse processo de evolução/expansão intelectual, teórica e científica. Espera-se que esses “novos sujeitos” sejam capazes de discernir, disseminar e transpor esses novos saberes nos locais em que residem.

4.2 SIMULAÇÕES VIRTUAIS NO ENSINO DE FÍSICA

De acordo com Paula (2017), as simulações virtuais são divididas em dois grupos: as estáticas e as dinâmicas. Na estática, o estudante tem pouco ou nenhum controle sobre os parâmetros da simulação. Enquanto no grupo das dinâmicas, os parâmetros podem ser modificados e, portanto, o estudante pode verificar as implicações de cada variável no resultado do fenômeno estudado. No decorrer desta seção, estaremos fazendo um estudo e propondo o uso do simulador virtual PhET, que está detalhado na seção (4.3).

Conforme premissas já apresentadas no decorrer desse estudo, propomos um olhar pedagógico amparado na ótica da perspectiva vigotskiana (seção 3). Segundo Vigotski (2007), a aprendizagem é mediada por signos e instrumentos, sendo, dessa forma, os espaços virtuais excelentes ferramentas metodológicas/pedagógicas para essa mediação. Visto que produzem grande impacto ao serem utilizadas no Ensino de Física como recursos mediadores no processo de ensino e aprendizagem, facilitando e estimulando a interação entre os estudantes e com os seus objetos de estudo. Outro fator importante é que essa experimentação virtual proporciona e facilita a aquisição da linguagem da Física, além de estimular o desenvolvimento da ZDI.

Consideramos que as simulações virtuais devem ser utilizadas como um complemento das atividades experimentais práticas, pois elas “não substituem atividades concretas” (SILVA, 2016, p. 28). Elas são especialmente úteis no ambiente escolar para abordar experimentos difíceis ou, até mesmo, impossíveis de serem realizados na prática, seja pela insuficiência de materiais, falta de tempo, pelo custo alto, por serem perigosas, entre outras situações. Portanto, entende-se que o ambiente virtual proporciona essa possibilidade e visa superar as dificuldades que são encontradas no Ensino de Física, nesse estudo, em especial, os conceitos de circuitos elétricos (CONCEIÇÃO, 2016; MOREIRA, 2020; WEIZENMANN, 2020).

Tomando esses pressupostos apresentados como pauta, temos a convicção de que o uso dos laboratórios virtuais amplia as possibilidades dos estudantes em relação à compreensão dos conceitos científicos. Enfatizamos ainda três aspectos-chave da visão de Vigotski (2001): a aprendizagem é um processo ativo; os estudantes entram em contato com o conhecimento produzido culturalmente pelas gerações a partir de múltiplos recursos; e as ferramentas, como simulações de computador, desempenham um papel importante na mediação da aprendizagem e do conhecimento científico.

Nessa perspectiva, considera-se que o projeto PhET auxilia os estudantes a:

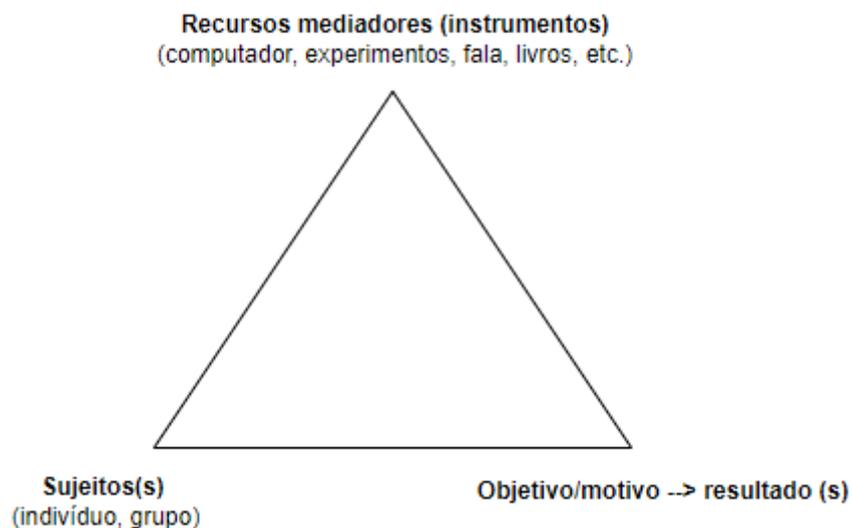
- i. Envolver-se na exploração científica, compreendendo e confrontando seus conhecimentos espontâneos e suas concepções sobre os conceitos e conteúdos estudados.
- ii. Desenvolver a compreensão conceitual, tendo as simulações virtuais um importante papel de causa e efeito sobre os fenômenos e representações observadas, e o impacto sobre a aprendizagem.
- iii. Fazer conexões com as situações do mundo real, conectando ideias científicas formais às suas vivências cotidianas e reconhecendo a ciência como uma ferramenta para entender o mundo em que vivem.
- iv. Reconhecer a ciência como uma linguagem acessível e racionalmente autêntica em termos práticos e científicos, podendo desenvolver nos estudantes uma cultura de maior interesse pelos estudos científicos.

O uso de recursos pedagógicos diferenciados e dinâmicos, na educação, influencia a aprendizagem dos estudantes e seu processo de aprendizagem (GASPAR; MONTEIRO, 2005; GASPAR, 2014b; SARTORI, 2019). Um aspecto importante no uso de recursos, como, por exemplo, as simulações do PhET, é o designer, pois esse impacta na forma como os estudantes interagem com o conteúdo, como participam das atividades de

aprendizagem, e apresenta-se como um recurso de grande potencial pedagógico. Cria-se “novas possibilidades de ação para os estudantes por meio das quais eles podem vir a dominar ou a se apropriar de certos conceitos e métodos das ciências” (PAULA, 2017, p. 79-80).

Diferentes ferramentas suportam diferentes tipos de interação, ambientes e objetivos. Na aprendizagem mediada por recursos educacionais (Figura 1), o aprendiz interage com um objetivo de aprendizagem, por exemplo, conhecimento sobre circuitos elétricos, mediado por um recurso educacional, como uma simulação computacional. Embora o objetivo de aprendizagem seja frequentemente o conhecimento do conteúdo, também pode ser o raciocínio científico, o prazer, a participação para resolver o problema em grupos ou uma combinação desses, ou outros, objetivos.

Figura 1 - Representação de atividades mediadas por instrumentos



Fonte: Adaptado de Daniels (2003).

Dessa forma, acredita-se que as atividades mediadas por simulações computacionais/virtuais podem contribuir para que haja um maior envolvimento dos estudantes na realização das atividades, na motivação para o estudo da disciplina de Física e na apropriação dos conceitos científicos.

Para Arantes, Miranda e Studart (2010), as simulações virtuais possuem enorme potencial, mas não constituem uma panaceia (um remédio ao qual é atribuído a capacidade de curar todos os males), de modo que seja possível despende do papel do professor como facilitador da aprendizagem e de outros recursos metodológicos como experimentos reais, livro didático e resolução de problemas. Porém entende-se que esse é um excelente

recurso educacional para o ensino de física, se utilizado de forma adequada e objetiva, a fim de que os sujeitos compreendam que esse recurso virtual visa representar, de forma dinâmica e ilustrativa, os fenômenos da realidade.

4.3 PROJETO DE SIMULAÇÕES VIRTUAIS PHET

A plataforma virtual do Projeto de Simulações Interativas PhET (Physical Education Technology), da Universidade do Colorado Boulder (EUA), foi fundada no ano de 2002. O criador do software de simulações virtuais (laboratório virtual), foi Carl Wieman, vencedor do prêmio Nobel de Física, nesse mesmo ano de 2002. A iniciativa do projeto PhET tem a intenção de melhorar a qualidade da educação global e apresenta-se como um recurso didático pedagógico de grande potencial de aprendizagem (PHET, 2022; FAIÕES, 2022).

O PhET é um conjunto de simulações interativas de computador baseadas em pesquisa para o ensino e a aprendizagem dos conceitos de Física, Química, Matemática e outras Ciências. No laboratório virtual PhET, as simulações podem ser executadas *online* ou baixadas gratuitamente, nelas os estudantes aprendem por meio da exploração e criam conexões entre os fenômenos da vida real e os conceitos científicos (FAIÕES, 2022). Apesar dessas simulações terem sido desenvolvidas e testadas principalmente para estudantes universitários e do ensino médio, são consideradas educativas e divertidas para estudantes desde os anos iniciais do Ensino Fundamental até os níveis de Pós-graduação.

O projeto de simulações virtuais PhET pode ser utilizado de forma gratuita e livre, e está disponível na versão em português no site: https://phet.colorado.edu/pt_BR/. A plataforma conta com simulações de Física, Química, Matemática, Ciências da Terra e Biologia. Segundo apontamentos expressos no *site* da plataforma, as simulações têm se mostrado mais eficazes no entendimento conceitual, nesse caso dependendo dos objetivos de aprendizagem, sendo mais eficaz o uso combinado de “simulações e equipamentos reais” (PHET, 2022). O que converge em direção ao que se propõe nesse estudo, em relação ao ensino dos conceitos de circuitos elétricos e o desenvolvimento de conhecimentos teóricos e práticos sobre o funcionamento dos circuitos e dispositivos elétricos.

4.4 ATIVIDADES PEDAGÓGICAS ENVOLVENDO AS PRÁTICAS EXPERIMENTAIS E AS SIMULAÇÕES VIRTUAIS AMPARADAS AO REFERENCIAL TEÓRICO VIGOTSKIANO

As atividades experimentais combinadas ao uso de simulações virtuais, seja ela individual ou coletiva, orientada pelos professores, visam desenvolver um processo interativo que, de certa forma, simula a experiência vivencial do aluno fora da sala de aula. Esse processo tem por objetivo enriquecer e fortalecer os conceitos espontâneos trazidos da sua vivência social, histórica e cultural, associados às atividades realizadas nos ambientes escolares. Segundo Vigotski (2001), esses são elementos importantes para a aquisição de novos saberes e o reordenamento daqueles conceitos que os sujeitos trazem das suas vivências cotidianas, como os conceitos espontâneos.

Para que fique claro os apontamentos em relação à proposta pedagógica apresentada nesse estudo, pontuamos que tudo o que foi descrito na seção do referencial teórico, “em relação às implicações pedagógicas da teoria de Vigotski é válido também para o ensino experimental” (GASPAR, 2014b, p. 209). Isso implica dizer que o modelo pedagógico adotado se inspira em princípios básicos da perspectiva vigotskiana, e pode-se adotar as mais variadas estratégias pedagógicas para alcançar os objetivos de aprendizagem.

Gaspar (2014b) salienta a importância da interação social, em um processo colaborativo onde os sujeitos da aprendizagem interagem entre si, com os seus recursos mediadores da aprendizagem e com os professores. Esse é um momento em que a imitação é a propulsora do desenvolvimento da aprendizagem. Ser capaz de realizar alguma coisa que outra pessoa faz e ensina, é o que Vigotski (2001) caracteriza de imitação. Nesse ponto, é importante reforçar que essa imitação não deve ser confundida como algo mecânico ou repetitivo, mas sim como um meio que amplia as capacidades psíquicas dos estudantes diante dos mais diversos acontecimentos, e torna-o capaz de resolver as mais variadas situações que envolvem o objeto conceitual de estudo. Tendo, nesse processo, os sujeitos mais bem instruídos, professor e colegas que já dominam o conteúdo, um papel importante, principalmente em relação às trocas que acontecem durante o decorrer do desenvolvimento da aprendizagem.

Nesse ponto, segundo Vigotski (2001), a aprendizagem não resulta apenas da atividade em si, mas também das interações que essas desencadeiam e desenvolvem nos sujeitos, tomando os conceitos das atividades como conhecimento a ser adquirido ao final do processo. Portanto, as atividades experimentais, combinadas ao uso de simulações

virtuais, têm a possibilidade de ampliar o leque de interações. Gaspar (2014a) aponta que elas visam promover interações sociais que tornem as explicações mais acessíveis e eficientes, em relação à compreensão e aplicação do conhecimento.

Gaspar (2014a) estabelece quatro critérios para as atividades inspiradas na teoria de Vigotski:

- 1º. Estar ao alcance da zona de desenvolvimento iminente do estudante;
- 2º. Assegurar que um parceiro mais capaz participe da atividade;
- 3º. Garantir que as perguntas e respostas pretendidas sejam disponibilizadas;
- 4º. Certificar o compartilhamento da linguagem utilizada.

Portanto, a realização de uma atividade experimental, ou o uso de simulações virtuais, só se solidifica se contar com alguém que tem o domínio do conteúdo e oriente os estudantes durante todas as etapas da realização da atividade. Essas etapas se fundamentam na exposição dos objetivos e de seus fundamentos teóricos, na realização da montagem do aparato experimental, na adoção dos procedimentos experimentais, na explicação de como usar e explorar a simulação, na realização das medidas, na obtenção de resultados e na apresentação das conclusões (GASPAR, 2014b).

Contudo, ressalta-se que é necessário conhecer o nível de desenvolvimento em que os estudantes se encontram (zona de desenvolvimento real), a partir disso, preparar e explicar as bases conceituais e ancorar as práticas experimentais dentro de um nível de aprendizagem que Vigotski chama de ZDI (PRESTES, 2010; GASPAR, 2014b). No caso dos conceitos de circuitos elétricos, é necessário que os estudantes consigam compreender e estabelecer relações entre os conceitos científicos e as concepções oriundas dos conceitos espontâneos, a fim de sofisticá-los de acordo com a linguagem científica e perceber os fenômenos que acontecem em um circuito, seja ele real ou virtual.

Outros aspectos citados por Vigotski são as dimensionalidades que envolvem a imaginação e a motivação. Segundo Gaspar (2014b, p. 178), “o pensamento se origina da motivação”, então para que seja despertado um pensamento que os motive, é importante, sempre que possível, “selecionar experimentos que possam surpreender os alunos [...] e que apresentem resultados convincentes” (GASPAR, 2014b, p. 229). No caso dos circuitos elétricos, realizar as demonstrações experimentais, fazendo as devidas comparações entre os fenômenos que ocorrem e, quando possível, levantar dados e fazer medições que possam confrontar e comprovar os conceitos teóricos diante da prática. Essas medições e confrontações podem ser feitas tanto com os aparatos experimentais reais, quanto com os circuitos elétricos virtuais.

Assim, acredita-se que as práticas experimentais e as simulações virtuais podem contribuir de forma a complementar o processo de ensino e aprendizagem dos conceitos de circuitos elétricos, dotando o indivíduo de capacidades para argumentar e compartilhar os conhecimentos aprendidos. Na prática, pontua-se que esse trabalho deve ocorrer de forma ativa, participativa, e colaborativa, e tende a estimular, contribuir e ampliar a capacidade intelectual, funcional e social dos sujeitos. Formando-se, desse modo, um sujeito capaz de agir e atuar sobre o meio, a fim de promover avanços que abarcam a sua capacidade individual e os aspectos que demandam também as dimensionalidades coletivas. As atividades experimentais por si só não são uma fórmula mágica que resolve todas as dificuldades em relação à compreensão dos fenômenos e conceitos (GASPAR, 2014a; GASPAR, 2014b), porém apresentam-se como um excelente recurso pedagógico no ensino dos conceitos de circuitos elétricos (CONCEIÇÃO, 2016; MOREIRA, 2020; WEIZENMANN, 2020).

5. PERCURSO METODOLÓGICO

No decorrer desta seção, serão apresentadas subseções para detalhar o percurso metodológico da pesquisa. As subseções estão divididas em: Enfoque da pesquisa (5.1); Pesquisa do gênero intervenção pedagógica (5.2); Coleta e análise dos dados (5.3); Referencial metodológico de ensino (5.4); Sujeitos da pesquisa (5.5); e, Síntese da sequência didática (5.6).

5.1 ENFOQUE DA PESQUISA

A pesquisa apoia-se no método de investigação qualitativa (YIN, 2016). Segundo Yin, o método de pesquisa qualitativa pode ser utilizado em praticamente todos os estudos que envolvem acontecimentos da vida real, pois converge em direção a interpretações contextualizadas e descritivas dos fenômenos da realidade.

O objeto de estudo dessa pesquisa é o processo de ensino e aprendizagem de circuitos elétricos no 3º ano do ensino médio, amparado em práticas experimentais e nas simulações virtuais, a fim de ampliar os conhecimentos dos estudantes. Pela natureza do problema de pesquisa, optou-se por uma metodologia de pesquisa qualitativa do tipo Intervenção Pedagógica (DAMIANI, 2012; DAMIANI *et al.*, 2013). Ao mesmo tempo, pretende-se interagir com os sujeitos da pesquisa e levantar informações que nos permitam construir uma visão crítica e reflexiva sobre o problema a ser investigado.

A escolha da metodologia qualitativa está associada ao objetivo da investigação que não é o de testar hipóteses, mas de chegar a compreensões descritivas de comportamentos, práticas e ações pedagógicas sobre o ensino de circuitos elétricos. Um segundo argumento, não menos importante, é que acredita-se na pesquisa qualitativa como um conjunto de procedimentos que permite observar, investigar, analisar e refletir sobre a realidade da sala de aula, sendo possível levantar dados e informações que nos conduzem a um entendimento mais próximo da realidade.

O termo qualitativo implica uma socialização com pessoas, fatos e locais que constituem objetos de pesquisa, para extrair desse convívio os significados visíveis e latentes que somente são perceptíveis através de uma atenção sensível, sendo possível o autor interpretar e traduzir, com perspicácia e competência científica, os significados aparentes ou ocultos do seu objeto de pesquisa (CHIZZOTTI, 2003).

Para Esteban (2010), a pesquisa qualitativa segue procedimentos sistêmicos e orientados para a compreensão em profundidade dos fenômenos de estudo, a fim de desenvolver um corpo organizado de conhecimentos, para transformar práticas e cenários socioeducativos a partir da tomada de decisões baseadas em evidências, fatos e fenômenos que são observados.

Stake (2011, p. 24) frisa que “a investigação qualitativa é interpretativa, experiencial, situacional e personalista”. O autor ainda salienta que o investigador também é considerado um instrumento ao agir sobre o meio, seja através de observações das situações e contextos, ou quando esse desempenha uma determinada função, levantando interpretações e utilizando a sua experiência pessoal. O método qualitativo tem uma gama de possibilidades, ele “é interpretativo, baseado em experiências, situacional e humanístico” (STAKE, 2011 p. 41).

Segundo Stake (2011), os pesquisadores qualitativos devem descrever as situações de forma detalhada, ter compreensão empática e comparar as interpretações atuais com as interpretações presentes na bibliografia da pesquisa. De acordo com o autor, devemos avaliar atentamente o que está ocorrendo bem diante dos nossos olhos para podermos refletir profundamente sobre os significados e questionar a teoria.

5.2 PESQUISA DO GÊNERO INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA

O método desta pesquisa toma um viés qualitativo e apoia-se na Pesquisa do tipo Intervenção Pedagógica, baseada no referencial teórico histórico-cultural de Lev Semenovitch Vigotski (DAMIANI, 2012; DAMIANI *et al.*, 2013). O objetivo da aplicação desse método investigativo, apresentado por Damiani, é a maximização das aprendizagens dos estudantes envolvidos nesse processo de ensino e aprendizagem.

Segundo Damiani (2012, p. 3), “denominam-se intervenções as interferências (mudanças, inovações), propositadamente realizadas, por professores/pesquisadores, em suas práticas pedagógicas”. Essas interferências visam aplicar um método investigativo, que promova melhorias, mudanças, transformações e inovações nos meios educacionais que se aparam a essas práticas pedagógicas.

A pesquisa do tipo intervenção pedagógica se apoia em dois componentes metodológicos: “o método da intervenção e o método de avaliação da intervenção” (DAMIANI *et al.*, 2013, p. 60). O primeiro método refere-se ao desenvolvimento da prática

pedagógica e o segundo refere-se à investigação do processo desenvolvido. Esses dois métodos fundamentam o status investigativo da pesquisa proposta nesse estudo, em relação ao processo de ensino e aprendizagem dos circuitos elétricos, por meio das práticas experimentais e as simulações virtuais.

Vigostki (2001) aponta que a aprendizagem dos conceitos acontece através de um processo psíquico que amplia a estrutura cognitiva dos sujeitos. Esse processo de formação da estrutura cognitiva está intimamente ligado com aquilo que o indivíduo traz da sua realidade sociocultural. Dessa forma, propõem-se esse método investigativo de intervenção pedagógica como um meio facilitador da verificação da aprendizagem dos conceitos de circuitos elétricos. Sinaliza-se que esse método investigativo visa elucidar e ampliar as possibilidades investigativas sobre o processo de ensino e aprendizagem, como forma de conduzir e intervir no processo de aquisição dos conceitos de circuitos elétricos, além de dispor de uma investigação sólida, precisa e da mesma forma flexível do ponto de vista pedagógico. Observa-se que as intervenções devem ocorrer através de processos intencionais e que estejam ancorados na realidade social e cultural dos estudantes (VIGOTSKI, 2001; DAMIANI *et al.*, 2013).

Para resumirmos os aspectos que envolvem a intervenção pedagógica, pontuamos algumas características, segundo apontamentos de Damiani (2012). São pesquisas aplicadas, têm intencionalidades que visam analisar a prática pedagógica e propor mudanças e inovações, trabalham com dados gerados através da intervenção, e envolvem uma avaliação rigorosa em relação aos seus efeitos sobre a prática pedagógica. À vista disso, destacamos que a aplicação da pesquisa seguirá alguns procedimentos metodológicos e estará fundamentada em três momentos pedagógicos de intervenção (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002).

Damiani (2012, p. 7) explica que as intervenções

[...] podem ser vistas como um passo no processo de ascensão do abstrato ao concreto: elas representam o momento de aplicação das abstrações teóricas (no caso, as ideias de Vigotski sobre ensino/aprendizagem) para entender a realidade concreta (problemas de ensino e aprendizagem a serem sanados), testando sua pertinência e posteriormente produzindo um concreto pensado (entendimento do processo de ensino inovador e suas possibilidades), teorizado.

Damiani *et al.* (2013) ressaltam que a Pesquisa do tipo Intervenção Pedagógica é um método de intervenção que deve ser descrito detalhadamente todas as análises sobre o objeto de estudo, e que esses estejam explicitamente embasados nos seus fundamentos teóricos. No caso de intervenções em sala de aula, conforme o local que essa pesquisa

será aplicada, é necessário explicitar o método de ensino aplicado e os motivos que justificam a implementação dessa prática com esses procedimentos.

Conseqüentemente, pela sua capacidade de interpretação, o pesquisador torna-se um produtor da realidade pesquisada e deve analisar como se desenvolve um fenômeno em suas fases desde o início até o seu final. Isso permite conhecer sua essência como um todo, e como postula Vigotski (2000), a pesquisa deve partir da realidade visando à mudança pela intervenção.

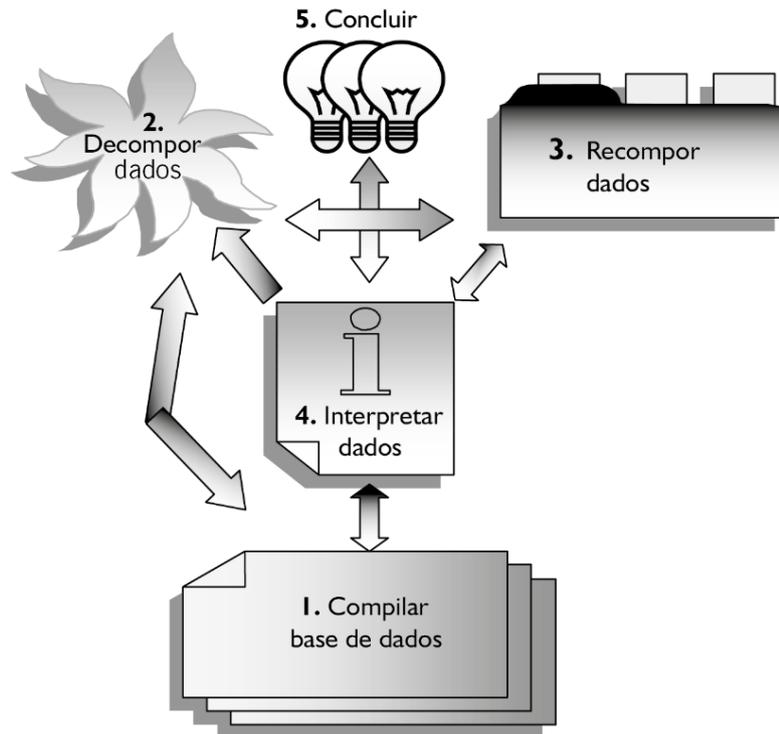
5.3 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Conforme apresentado nas seções anteriores, as pesquisas qualitativas caracterizam-se pelo seu viés descritivo e interpretativo da realidade. O interesse sobre os estudos envolve a ampliação do arcabouço de conhecimentos, e “tratam as unidades sociais investigadas como totalidades que desafiam o pesquisador” (MARTINS, 2004, p. 292). Segundo o autor, esse método de pesquisa qualitativa assenta-se em técnicas de coletas de dados flexíveis, principalmente visando a escolha de procedimentos adequados, dependendo dos espaços e situações em que essa se aplica.

De acordo com Yin (2016), a pesquisa qualitativa visa garantir a validade do construto. Devem haver dados coletados por meio de questionários e entrevistas semiestruturadas que os participantes da pesquisa devem responder, análise do desempenho escolar, e também devem ser consideradas as observações do pesquisador.

Para a análise de dados, segue-se as orientações de Vigotski (2000, 2001, 2004, 2007, 2009) já discutidas nesse estudo, e de Yin (2016), que elenca cinco etapas para a análise de dados qualitativos. É importante ressaltar que o autor lista as etapas em uma ordem cronológica, porém pode ser necessário que o pesquisador flua entre elas, avançando e retrocedendo para que a análise se torne mais compreensível e confiável. As etapas exploradas por Yin (2016), são as seguintes: (1) compilar, (2) decompor, (3) recompor (e arranjar), (4) interpretar e (5) concluir, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 - Cinco fases de análise e suas interações



Fonte: Yin (2016, p. 200).

A etapa de compilação de dados caracteriza-se pela classificação dos dados acumulados a partir de diferentes fontes de evidências usadas ao longo da pesquisa, e tem por objetivo a organização dos dados de modo a otimizar e facilitar o trabalho do pesquisador. O produto da compilação pode ser considerado um banco de dados da pesquisa para posteriores avaliações.

A fase de decompor consiste no desagrupamento dos dados compilados em fragmentos menores, o que se caracteriza como um processo de decomposição. Yin (2016) salienta que esse processo pode ser repetido várias vezes como forma de evidenciar possíveis erros, pois o sucesso do pesquisador sempre estará intimamente ligado à fase do reagrupamento.

Na fase do reagrupamento, os fragmentos produzidos são rearranjados em grupos de dados, para serem categorizados. Com isso, as fases de desagrupamento e reagrupamento podem ser repetidas várias vezes, sempre com o intuito de buscar categorias que satisfaçam o objetivo da pesquisa.

A etapa de interpretação envolve o uso dos dados do material reagrupado para, a partir desses, serem produzidas as narrativas que se tornarão a parte analítica da investigação, podendo serem arranjadas em tabelas e gráficos. As interpretações iniciais

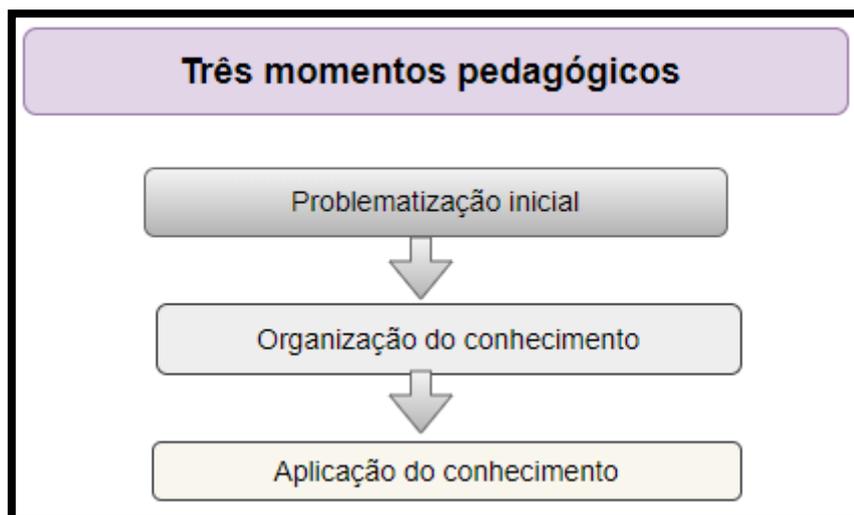
do investigador podem ser recompiladas pelos dados brutos, de tal forma que essas possam ser revisitadas pelo pesquisador nas etapas de desagrupamento e reagrupamento.

O material, produto da interpretação dos dados, será o principal amparo para o desenvolvimento da etapa de conclusão do estudo da pesquisa, nessa fase o pesquisador vai refletir sobre os resultados e elaborar as conclusões do seu estudo. Yin (2016) enfatiza que nem todos os pesquisadores qualitativos seguem de forma igualitária as cinco fases. Pesquisadores mais experientes podem ser capazes de percorrer as três fases iniciais e chegar à fase de interpretação mais precocemente.

5.4 REFERENCIAL METODOLÓGICO DE ENSINO

A proposta metodológica de Intervenção Pedagógica, em relação a aplicação do estudo sobre a aquisição dos conceitos de circuitos elétricos, ampara-se em três momentos pedagógicos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002). Esse método de intervenção estrutura-se em três momentos macro, que são denominados de: Problematização inicial, Organização do conhecimento e Aplicação do conhecimento (Figura 1).

Figura 3 - Momentos da intervenção pedagógica



Fonte: adaptado de DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO (2002).

A primeira etapa da intervenção consolida-se através da Problematização inicial e tem "o propósito de obter um panorama da concepção dos alunos acerca de aspectos que

fazem parte do contexto em que vivem” (GEHLEN; MALDANER; DELIZOICOV, 2012, p. 3). Nessa fase de inicialização, devem ser lançadas questões norteadoras que conduzirão e organizarão o processo de problematização inicial. Seguindo o referencial teórico e metodológico amparado na teoria de Vigotski, nesse momento da intervenção, é importante que as questões sejam discutidas em grupos e, em seguida, socializadas e discutidas com toda a turma (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002). Para os autores, esse é o momento para que sejam aguçadas inquietações nos estudantes, tomando as concepções como um campo fértil e cheio de possibilidades, em relação às possibilidades de ascensão do conhecimento.

A segunda etapa caracteriza-se pela Organização do conhecimento. Nesse momento da intervenção, os conceitos identificados como fundamentais são abordados de forma sistematizada pelo professor, e a abordagem dos conceitos científicos é considerada:

[...] ponto de chegada, quer da estruturação do conteúdo programático quer da aprendizagem dos alunos, ficando o ponto de partida com os temas e as situações significativas que originam, de um lado, a seleção e organização do rol de conteúdos, ao serem articulados com a estrutura do conhecimento científico, e, de outro, o início do processo dialógico e problematizador (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002, p. 194).

Conforme observa-se, os três momentos pedagógicos fundamentam-se em levantar premissas que podem ser problematizadas e entrelaçadas com os conhecimentos científicos.

A terceira etapa da intervenção, apoiada nos três momentos pedagógicos, consiste na aplicação dos conceitos científicos. O objetivo nesse momento é “de capacitar os alunos ao emprego dos conhecimentos, no intuito de formá-los para que articulem [...] a conceituação científica com situações reais” (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002, p. 202). Ressalta-se, neste momento, a importância dos recursos mediadores da aprendizagem, conforme explicita Vigotski em sua teoria histórico-cultural, e as possibilidades que os recursos experimentais trazem para o ensino e aprendizagem, nesse estudo, direcionado às práticas experimentais com os modelos reais e virtuais.

O estudo empreendido pela aplicação do método pedagógico baseado nos três momentos pedagógicos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002) e explorados por GEHLEN; MALDANER; DELIZOICOV (2012), permeiam as perspectivas que envolvem as vivências socioculturais dos estudantes. Para os autores, a aplicação desse método pedagógico estruturado e apoiado nos três momentos pedagógicos, traz importantes contribuições conceituais em relação à formação dos conceitos científicos, observa-se que

esse modelo pedagógico vem de encontro com a teoria histórico-cultural de Vigotski. Assim sendo, enfatiza-se que o modelo pedagógico a ser adotado apresenta-se como um excelente método de intervenção e avaliação, observado a sua convergência entre o referencial teórico e metodológico e o método de aplicação.

5.5 SUJEITOS DA PESQUISA

A pesquisa foi aplicada na E.E.B. Dr. Theodureto Carlos de Faria Souto, localizada na cidade de Dionísio Cerqueira, estado de Santa Catarina, e tem por objetivo deixar contribuições para o processo de ensino e aprendizagem da Física na Educação Básica. Os sujeitos da pesquisa foram alunos do 3º ano do Ensino Médio, e o objeto do conhecimento (conteúdos/conceitos) a serem explorados nas aulas e mediados pelos recursos experimentais são os conceitos relacionados aos circuitos elétricos. A escola fica localizada na região central da cidade, tem um público misto de alunos, oriundos do centro, bairros e, alguns alunos, da zona rural.

5.6 SÍNTESE DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática foi planejada e organizada em 12 aulas, de 45 minutos cada. E a sequência de aulas da intervenção pedagógica foi pensada para ocorrer de acordo com a sequência mostrada no Quadro 2.

Quadro 2 - Sequência didática apoiada nos três momentos pedagógicos

-	Tempo	Descrição das aulas
Problematização inicial	45 min (1 aula)	Fazer um levantamento sobre os conhecimentos que os estudantes já têm sobre situações que podem envolver os conceitos de circuitos elétricos (em grupo). Posteriormente, fazer uma socialização sobre os elementos e situações que os estudantes expressarem. Inicialmente, lançar uma questão norteadora: O que vocês entendem por circuitos elétricos, e onde eles estão presentes no nosso dia a dia?
	90 min (2 aulas)	Sugestão de filme. Assistir ao filme de construção da usina Itaipu e propor uma atividade para refletir sobre aspectos que envolvem a geração de energia (aspectos econômicos, sociais e ambientais). E responder a atividade (Apêndice A) e, em seguida, fazer uma discussão com toda a turma.

Organização do conhecimento	90 min (2 aulas)	Fazer a exposição dialogada dos conceitos relacionados aos circuitos elétricos (tensão, corrente e resistência elétrica), e explicar sobre os circuitos elétricos em série, paralelo e misto, apoiando-se em demonstrações no quadro e nos protótipos experimentais. Nessa aula, relacionar os conceitos com as discussões geradas nas três primeiras aulas.
	45 min (1 aula)	Fazer demonstrações, análises conceituais qualitativas e quantitativas no simulador virtual PhET. Nessa aula, mostrar para os estudantes como montar os circuitos elétricos no simulador, e como fazer medições e observar os valores de tensão, corrente e resistência elétrica.
Aplicação do conhecimento	90 min (2 aulas)	Construir, explorar e analisar os circuitos elétricos através do conjunto experimental (fios, suportes de lâmpadas, lâmpadas, pilhas e gerador), e responder à atividade da análise experimental teórica e prática (Apêndice B).
	90 min (2 aulas)	Construir, explorar e analisar os circuitos elétricos no simulador virtual PhET, e responder à atividade da análise experimental virtual (Anexo A).
	90 min (2 aulas)	Propor aos estudantes uma discussão sobre as atividades, retomar conceitos que talvez não tenham ficado claro, fazer comparações e fazer uma avaliação diagnóstica sobre a aprendizagem dos estudantes.

Fonte: o autor (2022).

Conforme apresentado no Quadro 2, a sequência didática foi configurada para seguir procedimentos que estão amparados a um referencial teórico metodológico de ensino. Na sequência (seção 6), apresentamos como foi a aplicação dessa proposta pedagógica em um ambiente real de sala de aula.

6. RELATO DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A aplicação da sequência didática, conforme proposto nas seções anteriores, ocorreu através de intervenção pedagógica (DAMIANI, 2012; DAMIANI *et al.*, 2013) e foi dividida em três momentos macros de aplicação (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002). A base teórica de ensino que sustentou a aplicação do estudo foi a Teoria Histórico-cultural de Vigotski, tendo em vista o modelo pedagógico a ser adotado e os objetivos de aprendizagem a serem alcançados.

Os três momentos da intervenção foram subdivididos em encontros/aulas conforme a organização do horário de trabalho do professor regente da turma, o qual também participou na aplicação da intervenção pedagógica. Conforme apresentado, a aplicação desse produto educacional/sequência didática ocorreu em parceria entre o professor que ministra as aulas de Física na turma e o professor pesquisador. Dessa forma, na sequência, estaremos relatando os três momentos da intervenção, que estão divididos em doze encontros/aulas, conforme expresso na proposta da sequência didática.

6.1 PRIMEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO DA INTERVENÇÃO

Nesse primeiro momento, o objetivo foi criar uma problematização inicial (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002) que envolvesse o contexto sociocultural em que os estudantes vivem, a fim de levantar informações sobre os conhecimentos que os estudantes trazem das suas vivências cotidianas. Esse momento de intervenção ficou subdividido em três encontros que deram início ao levantamento de informações sobre os conceitos espontâneos dos estudantes, sendo os conceitos científicos o objetivo a ser alcançado ao final dos três momentos da intervenção (VIGOTSKI, 2001).

6.1.1 Primeiro encontro

O primeiro encontro foi marcado pela apresentação verbal da proposta da sequência didática e pelo levantamento de informações sobre o que os estudantes entendiam sobre circuitos elétricos. Para orientar esse primeiro momento de interação com os estudantes, foi lançada uma questão norteadora que tinha como objetivo levantar informações em relação aos conceitos espontâneos dos estudantes (VIGOTSKI, 2001). A problematização apresentada foi o que eles entendiam sobre circuitos elétricos, e onde eles estão presentes

no nosso dia a dia. Nesse encontro, a turma foi dividida em grupos de quatro a cinco estudantes, conforme expresso na Figura 4, e o objetivo era que conversassem entre si e com os professores e anotassem o que entendiam sobre a questão lançada.

Figura 4 - Primeiro encontro



Fonte: arquivo pessoal (2022).

Após conversa e anotações de tópicos que foram gerados pelos diálogos dos estudantes de cada grupo, foi proposto que cada grupo socializasse com a turma o que entendiam sobre o questionamento feito. Conforme apresentado, esse primeiro momento de intervenção teve como objetivo levantar informações sobre os conceitos espontâneos dos estudantes, conforme propõe a teoria Vigotskiana.

6.1.2 Segundo encontro

No segundo encontro, foi reproduzido, através de projetor digital, o vídeo da construção da usina Itaipu, conforme Figura 5. O vídeo pode ser acessado pelo canal do youtube, por meio do link: <https://www.youtube.com/watch?v=t868kON5IYA>. Acesso em: 14 abr. 2023.

Figura 5 - Segundo encontro



Fonte: arquivo pessoal (2022).

O vídeo conta a história da construção da usina hidrelétrica de Itaipu, localizada na divisa entre a cidade de Foz do Iguaçu, Brasil, e Hernandarias, Paraguai (ITAIPU BINACIONAL). Antes de começar a reprodução o vídeo, foi pontuado aos estudantes que algumas informações estavam desatualizadas, devido ao ano de gravação e publicação do respectivo vídeo, e que seriam analisadas logo após a apresentação do mesmo.

Conforme foi discutido anteriormente, nesse primeiro momento pedagógico, devem ser apresentadas questões ou situações reais que os estudantes conhecem e presenciam, e que estão envolvidas nos temas e conceitos a serem estudados. Sendo assim, criado um ambiente em que os estudantes são desafiados a expor o que entendem, conhecem e pensam sobre as situações geradoras de aprendizagem, e que visam levantar informações sobre os conhecimentos espontâneos dos estudantes (VIGOTSKI, 2001). Por isso, o objetivo desse encontro foi partir de situações reais que envolvem o contexto social dos estudantes e, em aulas posteriores, vincular essas situações com os conceitos formais e científicos a serem abordados nas aulas.

Nessa aula foi proposto aos estudantes que refletissem sobre os aspectos econômicos, sociais e ambientais em relação a construção da usina, e que explicassem de que maneira a energia elétrica chega até as residências, indústrias, comércios, entre outros locais de consumo. Nesse momento da intervenção, teve-se como intencionalidade despertar nos estudantes o interesse pela curiosidade (BNCC, 2018; BARRETO, 2019;

SILVA, 2020), o que vem de encontro também ao que enfatiza Vigotski (2007) e Gaspar (2014b), que é necessário criar motivos para que os estudantes sintam-se motivados a querer aprender mais, por meio das situações do mundo real, mecanismos estes, potencializadores no processo de ensino e aprendizagem. Desse modo, também foi proposto aos estudantes que refletissem sobre a dinâmica que envolve os aspectos da geração de energia e a chegada dela até os seus locais de consumo (transmissão).

A finalidade da problematização inicial é propiciar ao estudante um discurso crítico, quando esse se defronta com as interpretações preliminares das situações geradoras de aprendizagem, e fazer com que estes reconheçam a necessidade de se obterem novos conhecimentos com os quais possam interpretar as situações mais adequadamente (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002). Também buscou-se aguçar explicações contraditórias e localizar as possíveis limitações dos conhecimentos que foram sendo expressos quando se confrontam com os conhecimentos científicos. Assim sendo, propomos mais algumas questões para gerir esse processo, dentre elas: “Como surge a corrente elétrica?”; “O que é necessário para um aparelho funcionar, utilizando pilha ou tomada?”; “O que significa ligar um aparelho elétrico?”; “Por que existe corrente elétrica em um aparelho ligado?”; “O que é resistência elétrica?” e “Como ocorre o aquecimento em um chuveiro elétrico?”. Essas questões foram sendo lançadas desde o primeiro encontro, observando os momentos oportunos em que poderiam ser ancoradas aos comentários e situações reais que os estudantes traziam, durante os diálogos e as discussões.

Observado as ponderações deste momento pedagógico da aplicação, seguimos a rigor as orientações apresentadas por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), que recomendam ao educador que este seja um momento voltado a questionar e lançar dúvidas sobre os temas abordados nas aulas, ao invés de responder e fornecer explicações prontas sobre as situações e conceitos envolvidos. O papel do professor, neste momento, foi de diagnosticar o que os estudantes sabiam e pensavam sobre os elementos de um circuito elétrico, tendo como objetivo, em aulas posteriores, envolver os conceitos formais e científicos com a prática e com o cotidiano. Sendo essas premissas elementos que favorecem a formação intelectual humana (VIGOTSKI, 2007).

6.1.3 Terceiro encontro

Nessa aula foi proposto aos estudantes uma discussão, orientada pelas questões disponíveis no Apêndice (A), as quais serviram como base para orientar os diálogos, principalmente no que tange os aspectos econômicos, sociais e ambientais. Inicialmente,

foi feita uma reflexão sobre os impactos que as usinas têm sobre o meio (necessidade versus viabilidade) e a forma como essa energia é transportada até os seus locais de consumo (residências, indústrias, comércios, entre outros locais).

Até este momento, o objetivo principal foi contextualizar os aspectos que envolvem as dimensionalidades econômicas, sociais e ambientais ligados à produção e distribuição de energia elétrica, e levantar informações dos conhecimentos espontâneos dos estudantes sobre o contexto que envolve os conceitos científicos a serem abordados nas aulas subsequentes, a fim de fundamentar premissas de situações reais e que envolvem os principais conceitos de circuitos elétricos (tensão, corrente elétrica e resistência elétrica).

Conforme explica Gaspar (2014b), embasado em Vigotski, é preciso criar motivos que instigam o estudante a querer aprender. Sendo, dessa forma, as situações reais e locais um campo fértil de possibilidades para instigar os estudantes a quererem aprender e conhecer o seu entorno e as explicações que envolvem os fenômenos das suas comodidades e a sua própria existência nesse planeta.

6.2 SEGUNDO MOMENTO PEDAGÓGICO DA INTERVENÇÃO

O segundo momento da intervenção foi marcado pela organização do conhecimento (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002), momento em que os conceitos são apresentados seguindo o rigor da estrutura dos conhecimentos científicos. Sendo de fundamental importância, durante esse momento pedagógico, articular e entrelaçar os conceitos (espontâneos e científicos) discutidos durante a problematização inicial.

Segundo Prestes (2010), esse é o momento em que os conceitos científicos são apresentados e devem estar dentro de um campo de possibilidades, ou seja, estar organizados e estruturados em um nível de aprendizagem que caracteriza-se pela Zona de Desenvolvimento Iminente. No decorrer deste momento da intervenção, teve-se como objetivo a compreensão dos conceitos científicos (evolução conceitual) que envolvem os conceitos de circuitos elétricos, apresentando-os de maneira formal e organizados de acordo com a estrutura do conhecimento científico, conforme sugere Prestes (2010), embasada em Vigotski (2001).

A partir desse momento, buscamos sempre uma discussão que favorecesse a argumentação dialógica, ou seja, as atitudes que incentivassem a socialização de ideais e o aprimoramento intelectual, individual e coletivo. Buscando sempre estabelecer diálogos

em que os estudantes fossem instigados a criar vínculos e comprometimento com o seu processo de expansão intelectual, sendo as concepções expostas, organizadas de acordo com os conceitos cientificamente aceitos (GASPAR; MONTEIRO, 2005).

Gaspar e Monteiro (2005) explicam que nesse padrão discursivo é o estudante que desempenha o papel ativo nas atividades em sala de aula, suas falas, ideais e conclusões devem ser o centro das atenções do processo, cabendo ao professor dar espaço e ênfase, garantido voz a todos e procurando dar contornos nítidos e conclusões que fortalecem a aprendizagem dos conceitos por parte dos estudantes. Tomando essa perspectiva como pauta, procuramos exercer apoio e suporte ao trabalho e estudo dos estudantes, provocando-os a se envolver com as atividades propostas. Sendo as suas ideias organizadas de tal forma que o aluno perceba as possíveis falhas que podem ocorrer no levantamento de hipóteses e informações, propiciando, dessa forma, uma interação que possibilite compartilhar conceitos e saberes individuais, que favoreçam o construto coletivo em relação aos conceitos estudados (GASPAR; MONTEIRO, 2005).

Por conseguinte, procuramos planejar as aulas proporcionando a interação entre os sujeitos e a experimentação desses com os seus recursos de aprendizagem, experimentação essa que ocorrerá com maior ênfase no terceiro momento pedagógico. Favorecendo, assim, que os estudantes sejam protagonistas da sua ação educativa e suscitando o uso dos recursos experimentais e as simulações virtuais no ensino dos conceitos de circuitos elétricos. Conforme percebe-se, a intenção desse momento pedagógico foi promover a interação entre os sujeitos participantes no processo e estimulá-los a expor suas ideias, propor hipóteses, discuti-las com os colegas e com o professor, sendo este um ambiente de colaboração, que favoreça a aprendizagem dos conceitos, intencionalidade clara e explícita durante todo decorrer dessa pesquisa.

6.2.1 Quarto encontro

Nessa aula, os conceitos de tensão, corrente e resistência elétrica foram apresentados e abordados de forma organizada e estruturada conforme os fundamentos do conhecimento formal e científico. A exposição e explicação dos conceitos ocorreu através do quadro branco e explicações verbais, sempre procurando uma participação ativa dos estudantes. Nessa aula, também foram utilizados dois protótipos experimentais de circuitos elétricos, um em série e outro em paralelo, conforme compilado da Figura 6.

Figura 6 - Quarto encontro

Fonte: arquivo pessoal (2022).

Nesse momento, além de apresentar e explicar dialogicamente os conceitos de tensão, corrente, resistores, resistência elétrica e os fenômenos elétricos relacionados, buscamos compreender mais profundamente as concepções espontâneas (conceitos espontâneos) dos estudantes. Discutimos a percepção dos estudantes e a concepção científica de como ocorre o aquecimento da água em um chuveiro elétrico, ideia essa que foi retomada no quinto encontro com o uso de um protótipo experimental, que chamamos de reostato.

A aula ocorreu de forma expositiva e dialógica, através de interações com os estudantes, procurando sempre perceber as concepções espontâneas presentes nas explanações dos discentes. Tomando estas como base e suporte para a formação dos conceitos científicos, ou seja, buscando uma evolução de ambos os tipos de conceitos. Também procuramos determinar os limites e possibilidades de apresentação desses conceitos científicos, respeitando a zona de desenvolvimento iminente (VIGOTSKI, 2001; PRESTES, 2010).

6.2.2 Quinto encontro

Tendo em vista que um professor da turma havia faltado, e mediante a autorização da equipe gestora da escola, o quinto encontro ocorreu no mesmo dia do quarto encontro e foi realizado em duas horas/aulas. Nessa aula foi dada continuidade a exposição e as

explicações sobre os principais conceitos de circuitos elétricos, ampliado as explicações com o uso do protótipo experimental chamado reostato (citado na aula anterior) e da proposta de um protótipo experimental de um circuito elétrico misto, conforme Figura 7. A imagem é uma captura de tela de um pequeno vídeo gravado pela diretora da escola, a qual participou da aula e elogiou a forma como os conceitos estavam sendo expostos, enalteceu ainda a parceria firmada pelo professor da turma e o professor pesquisador para a aplicação da pesquisa.

Figura 7 - Quinto encontro



Fonte: arquivo pessoal (2022).

Nessa aula, o objetivo foi estabelecer relações entre os conceitos científicos e os fenômenos observáveis nos circuitos elétricos (protótipos reais) e, ainda, relacioná-los com os conceitos espontâneos dos estudantes (GASPAR, 2014b). Conforme já foi exposto nas duas aulas anteriores, nas situações geradoras de aprendizagem trazidas nos diálogos de

socialização e através do vídeo da problematização inicial, ambos momentos da primeira e segunda aula (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002), a intencionalidade desse momento prima pela exposição formal e científica dos conceitos, pela significação desses através das situações e os recursos mediadores da aprendizagem.

Nessa hora, teve-se a preocupação de, primeiramente, usar o reostato (Figura 8) para comparar o brilho da lâmpada com o aquecimento da água dos chuveiros, de modo a questionar a concepção espontânea de quem aquece a água no chuveiro é a resistência. Nesse instante, foi explicado que o elemento físico que produz o aquecimento, cotidianamente chamado de resistência, na concepção científica o seu nome correto é resistor, é uma propriedade relacionada a dificuldade (ou não) da “passagem da corrente elétrica”. Também foi discutido como ocorre o movimento dos portadores de carga e qual a diferença entre a corrente alternada e a corrente contínua (MORAES; TEIXEIRA, 2006). Para essas explicações utilizamos o protótipo do reostato com uma fonte de corrente contínua de 12V.

Figura 8 - Modelo de protótipo experimental do reostato



Fonte: o autor (2022).

Utilizando o protótipo de circuitos em série, paralelo e misto (Figura 9), fizemos a discussão qualitativa de cada uma das associações e como faz-se os cálculos da resistência equivalente de cada tipo de associação de resistores. Nessa aula, foi montado um circuito em série (Figura 10), com lâmpadas incandescentes de diferentes potências nominais (25 W e 40 W), discutimos as características do circuito e comparamos os brilhos das lâmpadas com a sua potência nominal, o que causou grande surpresa para os alunos. Como já tínhamos conhecimento da resistência elétrica de cada uma das lâmpadas, foi possível analisar que, apesar das lâmpadas terem resistências elétricas diferentes, todas ficavam submetidas a mesma intensidade de corrente, o que ocasionava a lâmpada de menor potência nominal apresentar maior brilho. Sempre comparamos o brilho apresentado

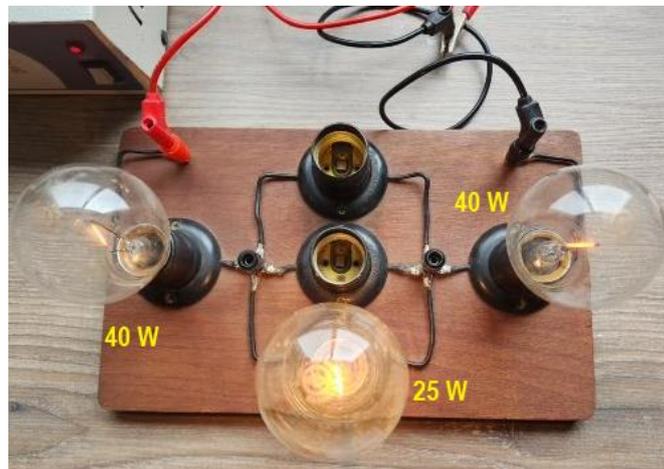
no circuito em série com o seu brilho quando ligada dentro das suas especificações nominais. Salientamos que essa aparente discrepância se deve ao tipo de ligação, que é muito pouco observado no cotidiano. Mostramos que se uma lâmpada queimar ou for desligada, as demais não funcionam, ou seja, o circuito fica aberto. Nesse ponto, fizemos uma comparação com o uso cotidiano dos dispositivos de segurança (fusíveis e disjuntores).

Figura 9 - Modelo de protótipo experimental de circuitos em série, paralelo e misto



Fonte: o autor (2022).

Figura 10 - Modelo experimental de ligação elétrica em série



Fonte: o autor (2022).

Na sequência, foi analisado o circuito com ligação das mesmas lâmpadas em paralelo (Figura 11), e relacionamos essa ligação com os circuitos residenciais, mostramos que todos os resistores (lâmpadas incandescentes) ficam submetidas à mesma tensão e tivemos a preocupação de mostrar que quando se liga ou desliga equipamentos em paralelo, não ocorre alteração na intensidade da corrente dos que ficam ligados (sempre

comparando com o brilho das lâmpadas), e que a mudança ocorre na intensidade da corrente total do circuito. Essa análise foi feita considerando que a fonte fosse capaz de fornecer a quantidade de energia elétrica que o sistema necessita, e relacionamos com o que ocorre em algumas residências onde o brilho de lâmpadas diminui quando se liga, por exemplo, um chuveiro.

Figura 11 - Modelo experimental de ligação elétrica em paralelo



Fonte: o autor (2022).

Para finalizar, apresentamos a associação de resistores mista (Figura 12), usando agora quatro lâmpadas incandescentes. Mostramos que temos dispositivos conectados tanto em paralelo quanto em série, associados a uma só fonte de tensão. A partir disso, realizamos uma discussão sobre o que ocorre com o brilho das lâmpadas que permanecem acesas, quando ligamos e desligamos algumas delas. Nesse momento, foi feita uma análise qualitativa das possíveis variações da intensidade de corrente total e em cada resistor, bem como, das possíveis variações das tensões em cada lâmpada (resistor), à medida que íamos variando as lâmpadas conectadas no circuito.

As aulas do quarto e quinto encontro foram marcadas por momentos de grande apreensão e curiosidade, observado que a apresentação dos conceitos foi vinculada aos protótipos experimentais dos circuitos elétricos, algo considerado não muito habitual nas aulas de Física, e que, inclusive, despertou a curiosidade da diretora da escola que, ao entrar na sala de aula para dar um recado, pediu para ficar na sala e acompanhar a aula.

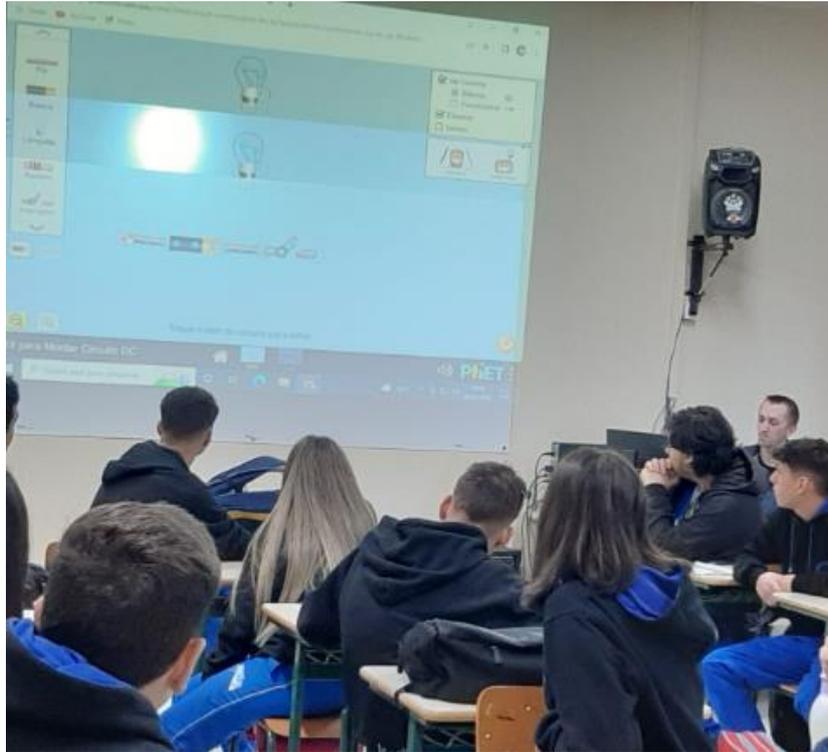
Figura 12 - Modelo experimental de ligação elétrica mista



Fonte: o autor (2022).

6.2.3 Sexto encontro

Na aula do sexto encontro, foram feitas demonstrações no simulador virtual PhET, a fim de ampliar as possibilidades de compreensão conceitual, amparando-nos, nos recursos virtuais, conforme Figura 13. As explicações e demonstrações ocorreram de forma dialógica, expositiva e interativa, fazendo uso do projetor digital da sala de aula e valorizando a interação entre todos os sujeitos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem. Foi um momento de bastante interação entre os estudantes e os professores, tanto em relação aos fenômenos que aconteciam nos diferentes arranjos de circuitos quanto pela curiosidade em relação aos recursos de análise conceitual que foram utilizados (ferramentas do simulador virtual), algo não muito comum nas aulas de Física e, também, em outras disciplinas.

Figura 13 - Sexto encontro

Fonte: arquivo pessoal (2022).

O objetivo dessa aula foi ampliar a compreensão em relação aos conceitos de tensão, corrente, resistor e resistência elétrica, tendo em vista as análises que são possíveis de serem realizadas através das simulações virtuais (GASPAR, 2014b). Também foi feita a montagem dos três tipos de associações de lâmpadas e comparados os fenômenos observados nas simulações, com os fenômenos observados nos protótipos experimentais reais. Com o auxílio dos instrumentos de medições disponíveis no simulador, foi possível comparar a variação de brilho das lâmpadas com os valores medidos das intensidades de corrente e tensões ao longo de cada circuito.

Cabe ressaltar que o objetivo, em relação a proposta metodológica da sequência didática, é que as práticas experimentais e as simulações virtuais sejam trabalhadas de forma complementar (real e virtual). Para que os conceitos que não fiquem claros nas explicações expositivas e nas demonstrações experimentais práticas, possam ser ampliadas através das simulações virtuais, conforme passos seguidos na aplicação da sequência didática proposta e aplicada nesse processo de intervenção.

6.3 TERCEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO DA INTERVENÇÃO

Nessa etapa da intervenção, o objetivo foi a aplicação do conhecimento formal e científico apresentado e explorado nas aulas do segundo momento pedagógico (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002). Sendo assim, os estudantes foram instigados a aplicar os conhecimentos explorados durante as aulas dos encontros anteriores. Logo, foram propostas atividades amparadas nos recursos experimentais que visavam a compreensão dos conceitos relacionados. Os estudantes receberam um conjunto experimental de fios e lâmpadas automotivas 12 volts, uma fonte de tensão 12 volts e também fizeram uso do simulador virtual PhET, conforme apresentado a seguir nas subseções da aplicação do conhecimento. Inicialmente, retomamos o cálculo da resistência equivalente de cada tipo de circuito, bem como as características de cada associação.

6.3.1 Sétimo encontro

O sétimo encontro foi marcado pela construção dos circuitos elétricos em série e paralelo, e pelas análises realizadas sobre os fenômenos elétricos que ocorriam em cada um dos circuitos. Dentre os testes e análises conceituais realizadas, estão a compreensão sobre o que é o fenômeno relacionado a tensão elétrica e o que isso implica nos dispositivos instalados nos circuitos elétricos. Outras situações foram exploradas e analisadas, tais como: a intensidade e os caminhos que a corrente elétrica percorre, como essa corrente elétrica é gerada, entre outras possibilidades que os recursos experimentais proporcionaram. Na Figura 14, segue um compilado de imagens do sétimo encontro.

Figura 14 - Sétimo encontro

Fonte: arquivo pessoal (2022).

Essa aula foi orientada através de uma lista de questões norteadoras (Apêndice B), procuramos buscar evidências da evolução conceitual dos estudantes, principalmente no que se refere a internalização dos conceitos científicos que tinham sido discutidos nos encontros anteriores com o uso dos aparatos experimentais e as simulações virtuais. Os estudantes buscavam reconstruir as associações de circuitos elétricos em série e paralelo, utilizando materiais experimentais e analisando detalhadamente o que era solicitado em cada uma das questões orientadoras.

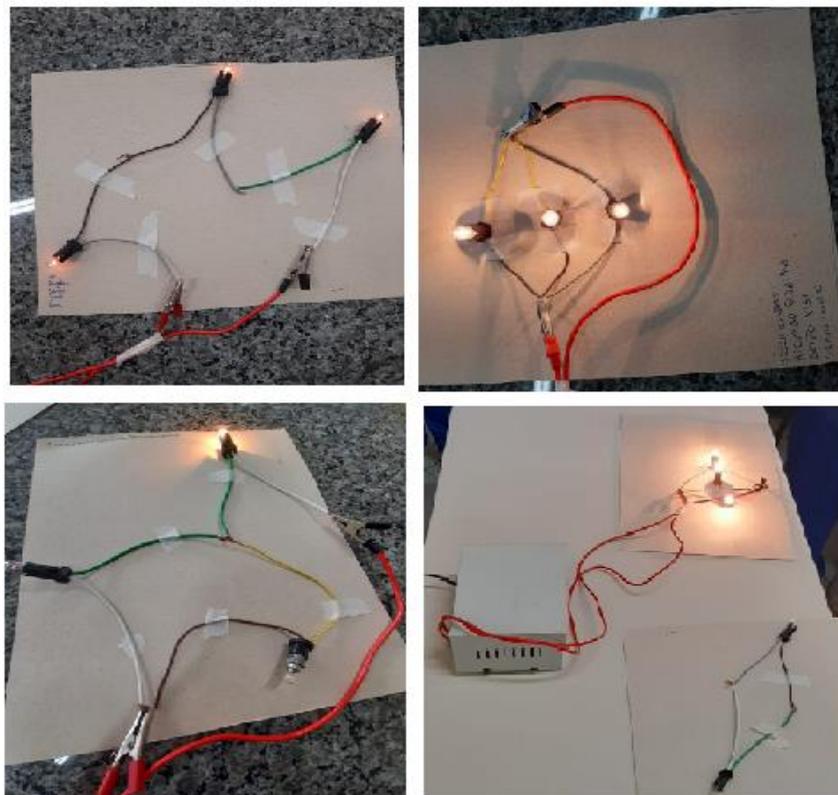
Esse foi um momento em que a aprendizagem foi fortemente influenciada pela interação entre os estudantes e pela interação com os seus recursos mediadores da aprendizagem (VIGOTSKI, 2007). Como professor e parceiro mais capaz, participamos de maneira ativa em todos os momentos, elogiando e reformulando as ideias e concepções que os estudantes tinham em relação às explicações conceituais, a fim de fornecer elementos científicos que ampliassem as compreensões em relação aos conceitos de circuitos elétricos.

6.3.2 Oitavo encontro

No oitavo encontro, continuamos com as atividades do encontro anterior e acrescentamos as questões envolvendo circuitos mistos, além dos circuitos em série e paralelo. Os estudantes voltaram a construir os circuitos elétricos, analisaram as variações da luminosidade das lâmpadas e a relação com a tensão e a corrente elétrica “imprimida” no circuito.

Nesse encontro, houve muita conversa e grande interação entre os estudantes, material instrucional e professor. Foi possível perceber uma evolução na compreensão dos significados dos conceitos explorados, bem como em relação a sua aplicabilidade em objetos reais de aprendizagem e da própria realidade. Na Figura 15, seguem circuitos que foram construídos pelos estudantes.

Figura 15 - Oitavo encontro



Fonte: o autor (2022)

Conforme expresso no sétimo e oitavo encontro, o objetivo principal foi explorar o material experimental na solução de questões que envolviam a construção de circuitos elétricos em série, paralelo e misto, e analisar os fenômenos elétricos envolvidos. Tivemos a intencionalidade voltada para a compreensão dos conceitos de tensão, corrente e

resistência elétrica. Cabe ainda ressaltar que foi um momento de compreender e estabelecer relações entre os conceitos que os alunos estudam na escola, de maneira formal (conceitos científicos), e aqueles conhecimentos que os estudantes trazem da sua vivência sociocultural (conceitos espontâneos) (VIGOTSKI, 2001).

6.3.3 Nono encontro

No nono encontro, foi proposto aos estudantes que construíssem e explorassem os circuitos elétricos no simulador virtual PhET. Após familiarizarem-se com a manipulação dos recursos da plataforma virtual PhET, propomos aos estudantes uma atividade de análise conceitual e experimental de circuitos elétricos virtuais. O objetivo era que os estudantes percebessem claramente a forma como a corrente elétrica se distribui nos diferentes arranjos de circuitos elétricos, e o que isso implica na luminosidade das lâmpadas instaladas nos circuitos virtuais, observando que esse mesmo fenômeno ocorre nos dispositivos elétricos reais.

Essa atividade foi realizada em grupos de 4 a 5 estudantes, conforme Figura 16, e mostra a valorização do trabalho coletivo. Buscamos, nessa atividade, a formação de grupos com estudantes em diferentes etapas de desenvolvimento, em relação ao conteúdo de circuitos elétricos (dentro do que foi possível perceber nos encontros anteriores), a fim de que os estudantes com melhor entendimento, em colaboração, construíssem na apropriação dos recursos mediadores e, assim, auxiliassem no desenvolvimento cognitivo dos colegas.

Figura 16 - Nono encontro



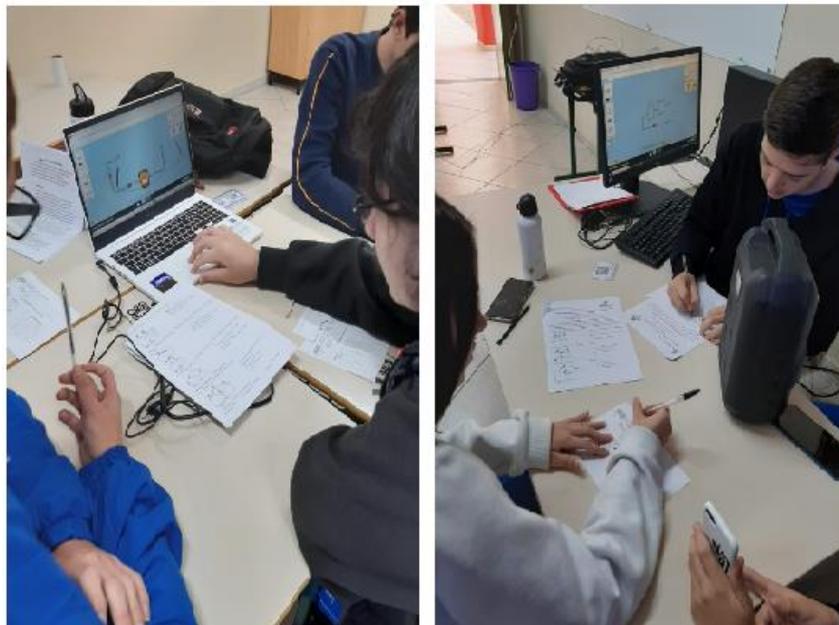
Fonte: arquivo pessoal (2022).

Para esse encontro, foi feita uma força tarefa entre o professor regente da turma, o professor pesquisador e a direção da escola para conseguirem equipamentos de informática necessários para a execução da atividade. A escola estava com o laboratório de informática desativado, devido à falta de manutenção dos computadores, o educandário oferecia os Tablets, mas esses tinham uma restrição de acesso ao simulador da plataforma virtual colorado PhET. Dessa forma, foram reunidos sete computadores portáteis para que a atividade experimental virtual fosse possível de ser realizada. Alguns estudantes também realizaram a atividade através dos seus dispositivos eletrônicos celulares. Seguindo apontamentos de Moran (2013), esse foi um momento onde foram exploradas as possibilidades dos recursos do mundo virtual para compreender e estabelecer conexões com os fenômenos do mundo real.

6.3.4 Décimo encontro

O décimo encontro foi utilizado para concluir a atividade experimental virtual iniciada no nono encontro, conforme retrata a Figura 17 a seguir.

Figura 17 - Décimo encontro



Fonte: arquivo pessoal (2022).

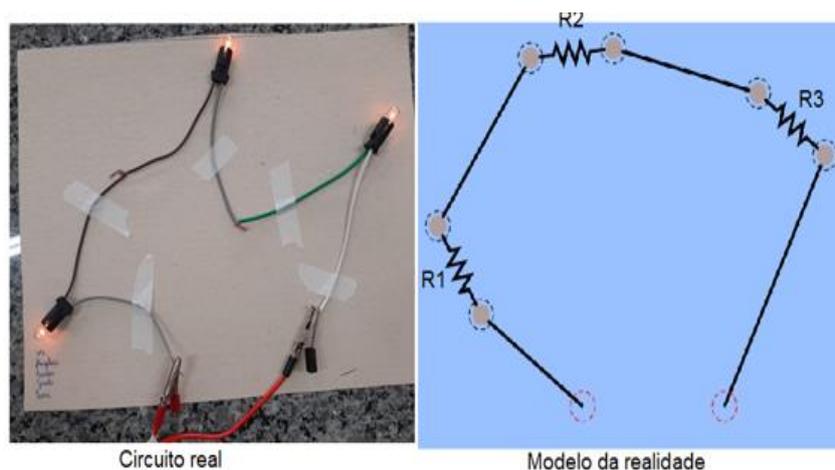
Nesse dia, houve pequenas oscilações no sinal de internet *wifi*, dessa forma, alguns grupos acabaram se atrasando um pouco em suas análises experimentais e, por esse

motivo, dois grupos fizeram o uso do computador da sala de aula, o qual estava conectado à internet via cabo e funcionando de forma eficiente. Conforme expresso no nono encontro, o objetivo dessa aula era que os estudantes construíssem e explorassem os diferentes tipos de circuitos, fizessem uma análise conceitual observando os fenômenos que ocorrem nos circuitos elétricos, respondessem um questionário de perguntas (Anexo A) que os direcionava a analisar a corrente elétrica nos diferentes arranjos de circuitos e o que isso implicava na luminosidade (potência) das lâmpadas.

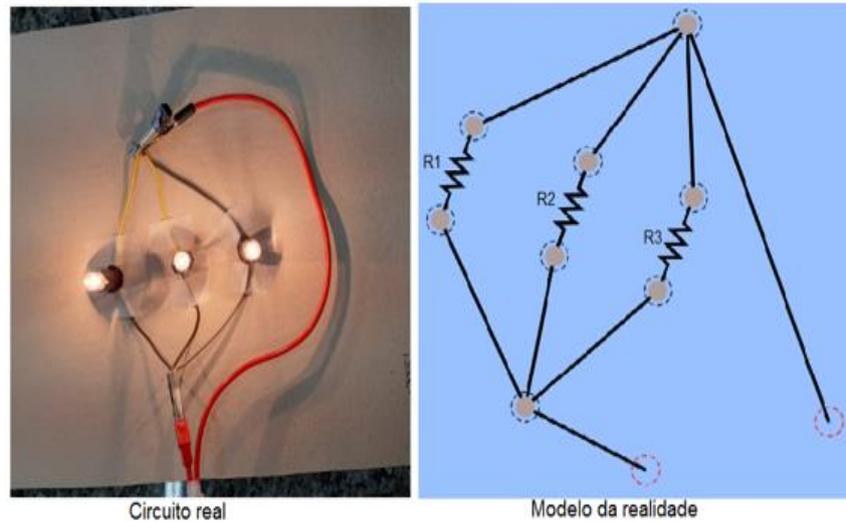
6.3.5 Décimo primeiro encontro

O décimo encontro foi um momento de diálogo com os estudantes, a fim de sintetizar alguns conceitos que ainda não estavam muito claros, e estabelecer conexões entre os conceitos científicos e os fenômenos observados nas análises experimentais reais e virtuais. Também foram feitas comparações entre os circuitos produzidos pelos estudantes e os modelos didáticos que representam essas construções de circuitos reais. Nas Figuras 18, 19 e 20, seguem as imagens dos circuitos elétricos em série, paralelo e misto, que foram utilizados para fazer as demonstrações, comparações e análises conceituais em relação aos conceitos de tensão, corrente elétrica e resistência elétrica, vinculados aos condutores e resistores elétricos nos diferentes tipos de circuitos.

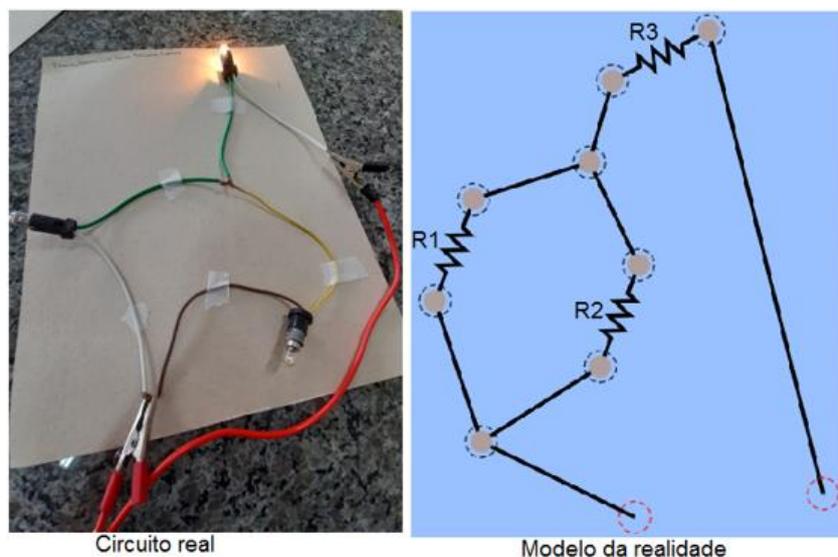
Figura 18 - Circuitos elétricos em série



Fonte: o autor (2022).

Figura 19 - Circuitos elétricos em paralelo

Fonte: o autor (2022).

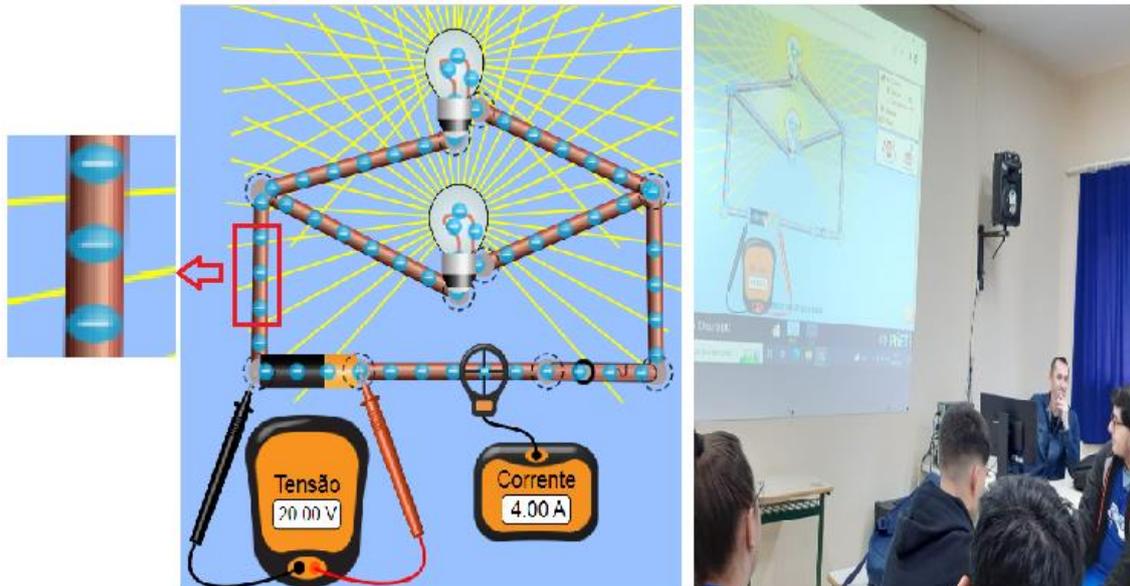
Figura 20 - Circuitos elétricos mistos

Fonte: o autor (2022).

Nesse encontro, também foi reforçado que a corrente elétrica é um fenômeno que ocorre através do movimento ordenado de elétrons (consideramos especificamente a corrente contínua), movimento esse produzido pela diferença de potencial elétrico entre pontos do circuito. Foi reforçado que as representações observadas nos simuladores virtuais são representações que retratam os fenômenos da realidade (Figura 21), porém não podem ser criadas imagens mentais distorcidas da realidade, haja visto que os elétrons são partículas microscópicas em movimento nos condutores reais, e que a modelagem

computacional visa apenas fazer ilustrações dos fenômenos da realidade (SILVA, 2016), sendo o tamanho virtual do elétron apenas uma ilustração para compreender o real.

Figura 21 - Ilustração virtual dos elétrons



Fonte: o autor (2022).

Conforme disposto no relato desse encontro, foi um momento de pensar, refletir e esclarecer dúvidas sobre os conceitos estudados. Em termos de avaliação do processo de ensino e aprendizagem, foi um momento de reforçar alguns pontos fundantes em relação ao objeto de estudo, e levantar premissas que servirão como base (banco de dados) para a avaliação dos resultados (YIN, 2016).

6.3.6 Décimo segundo encontro

O décimo segundo encontro foi a última aula desta sequência didática. Nesse encontro, foram levantados questionamentos aos estudantes em relação à metodologia da sequência didática adotada durante o transcorrer do processo, e qual a opinião dos estudantes em relação ao uso dos recursos experimentais.

Nessa última aula, também foram feitos questionamentos verbais com toda a turma, sobre os momentos e recursos experimentais que mais gostaram durante o desenvolvimento das doze aulas ministradas e conduzidas pelo professor regente da turma e o professor pesquisador. Os estudantes também responderam um questionário individual, contendo questões para avaliar pontos positivos e negativos em relação à aplicação da sequência didática. Ainda, a pedido do professor da turma, foi solicitado que o professor

mestrando e pesquisador, atribuisse uma nota em forma de conceito para cada um dos estudantes, a qual seria convertida em nota numérica pelo professor da turma, observando o modelo avaliativo do sistema educacional vigente naquele estabelecimento de ensino.

Levando em consideração premissas da teoria Histórico-cultural de Vigotski, e o método de intervenção pedagógica (DAMIANI, 2012; DAMIANI *et al.*, 2013), segue-se a rigor os procedimentos do método de pesquisa qualitativa de Yin (2016), conforme apresentado na seção 7, resultados e discussões. Os dados levantados, em cada um dos momentos da intervenção pedagógica, foram compilados, analisados e avaliados de forma global e também fragmentada, levando em consideração o método de pesquisa, a avaliação dos resultados, a intencionalidade e os objetivos particulares de cada um dos encontros/aulas.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No decorrer da aplicação da sequência didática, uma base de dados foi sendo criada para posterior análise e avaliação dos resultados. Segundo Yin (2016), esse primeiro momento é caracterizado pela etapa da compilação dos dados da pesquisa. Nesse momento da pesquisa, evidências de diferentes fontes de análise foram levantadas e organizadas. Dentre as fontes de análise estão as informações reunidas através da observação do professor pesquisador; as evidências registradas durante as discussões; os índices observados e/ou registrados através das atividades realizadas pelos estudantes; dentre outros fatores que influenciaram o processo de intervenção, tanto por parte dos sujeitos envolvidos na pesquisa, quanto por parte dos recursos que foram utilizados para mediar essa aprendizagem.

Assim, a análise, que visa trazer respostas ao problema de pesquisa, se fundamenta em algumas variáveis que serão analisadas e avaliadas.

Os dados foram analisados por meio de categorias de análise (YIN, 2016). Essas categorias correspondem: (1) as contribuições da contextualização do primeiro momento pedagógico, (2) as contribuições das atividades experimentais e das simulações virtuais no ensino de circuitos elétricos, e (3) a validação da sequência didática, segundo a opinião dos estudantes e dos autores da pesquisa. Dentro de cada categoria, foi discutido de que forma esses elementos macros de análise contribuíram para que os estudantes avançassem em relação a compreensão dos conceitos de tensão, corrente e resistência elétrica, e de que forma esses se aplicam aos circuitos elétricos de modo geral.

Segundo Yin (2016), esse é o momento de decompor os dados em fragmentos menores e fazer análises mais pontuais e específicas, em relação aos objetivos a serem alcançados. Para, em momentos posteriores, reagrupar esses dados e apresentar as conclusões mais globais em relação ao objeto de estudo analisado, ou seja, nesse estudo avaliar a viabilidade pedagógica da sequência didática.

7.1 CONTRIBUIÇÕES DA CONTEXTUALIZAÇÃO REALIZADA NO PRIMEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO

O processo de intervenção foi iniciado com a intenção de levantar informações e questionamentos sobre as concepções dos estudantes em relação ao objeto conceitual de estudo. Esses conhecimentos prévios, oriundos da vivência sociocultural dos estudantes, Vigotski caracteriza como conceitos espontâneos. Segundo Vigotski (2001), os

conceitos espontâneos dos estudantes são premissas importantes para que haja avanços na aprendizagem, sendo os conceitos científicos o objetivo a ser alcançado ao final do processo.

Tomando essas considerações iniciais como pauta, apresentamos alguns elementos que contribuiram para que o primeiro momento pedagógico impactasse positivamente no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos científicos de circuitos elétricos. O que já se sabe, é que a resposta não é algo único, mágico, pronto ou acabado, mas sim um estudo pontual de um espaço geográfico específico, situado em um determinado período temporal singular e inserido numa cultura própria do contexto em que a pesquisa é aplicada. Segundo Yin (2016), esses elementos devem ser considerados na análise dos dados da pesquisa, pois podem implicar em pequenas variações nos resultados da pesquisa quando comparados com outros estudos. Sendo assim, analisaremos cuidadosamente os dados coletados em cada um dos momentos da intervenção.

O primeiro momento da intervenção foi marcado pelo levantamento de informações dos conceitos espontâneos dos estudantes. As primeiras informações foram levantadas através de atividade realizada em grupos (7 grupos) e, logo depois, socializadas com os demais colegas da turma. Nessa análise, denominaremos os grupos pela legenda (Gn).

Conforme já foi apresentado no relato da aplicação da sequência didática, essa atividade foi orientada por uma questão norteadora, e o que foi possível perceber no desenvolvimento dessa atividade é que os grupos G1, G2 e G3 deixaram bem explícito que circuitos elétricos são ligações feitas por fiações elétricas, ou seja, um conjunto de fios condutores. Percebeu-se que nesses grupos houve clareza em relação ao que expressaram sobre os arranjos de circuitos elétricos, e os conhecimentos que expressaram foi o ponto de partida das explicações conceituais no que se refere aos conceitos científicos do segundo momento pedagógico. Segundo Vigotski (2001), essas premissas conceituais devem ser ancoradas e ampliadas nos momentos posteriores, quando os conceitos científicos são introduzidos no processo de ensino e aprendizagem, o que converge ao procedimento pedagógico adotado nessa intervenção.

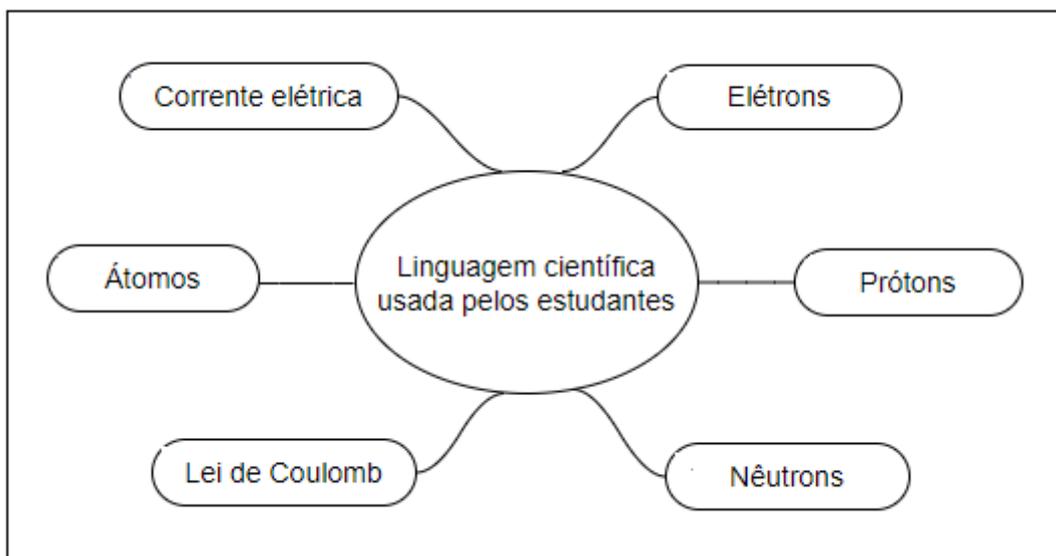
Os demais grupos apresentaram premissas básicas que remetem a ideia de circuitos elétricos, porém não houve uma clareza nas exposições no que diz respeito ao que compreendiam por circuitos elétricos. De modo geral, associaram circuitos elétricos aos equipamentos e dispositivos elétricos, dentre os quais destacam-se televisores, computadores, chuveiros, lâmpadas, interruptores e baterias. Essas exemplificações trazidas pelos estudantes foram de grande valia para os momentos das explicações

conceituais, onde foi possível explicitar além dos conceitos vinculados aos circuitos elétricos, também diferenciar o que são circuitos elétricos e o que são dispositivos elétricos. Conforme explica Moraes e Teixeira (2006), circuitos elétricos são arranjos de fios condutores e elementos elétricos (interruptor, lâmpadas, entre outros), e dispositivos elétricos são os elementos e equipamentos elétricos que compõem os circuitos.

É importante expor que, em algum momento, todos os grupos citaram ou relacionaram circuitos elétricos com os dispositivos elétricos. No segundo momento pedagógico, essas exemplificações foram sendo introduzidas nas explicações científicas dos conceitos de circuitos elétricos, tanto para compreender os conceitos quanto para compreender o funcionamento dos dispositivos elétricos. Assim como estudos apresentados por Trentin, Silva e Rosa (2018), essas relações proporcionam aos estudantes confrontar e estabelecer relações entre os conhecimentos empíricos e científicos. Os autores descrevem que em seus estudos perceberam que os estudantes foram gradativamente transformando seus conhecimentos empíricos em conhecimentos científicos. Acreditamos que esse foi um fator que também influenciou de forma bastante expressiva na aprendizagem dos conceitos de circuitos elétricos.

Outro aspecto a ser observado na atividade inicial é que os grupos G1, G3, G4, G6 e G7, tentaram conceituar de forma científica o que entendiam sobre circuitos elétricos. O que implica dizer que buscaram explicações científicas a partir dos conceitos já consolidados através de conteúdos de aulas anteriores. Na Figura 22, estão explícitas em forma de palavras-chave, as principais linguagens usadas pelos estudantes.

Figura 22 - Linguagens científicas usadas pelos estudantes dos grupos G1, G3, G4, G6 e G7



Fonte: o autor (2022).

De modo geral, percebe-se que são conceitos que envolvem os conteúdos do campo da eletricidade, e são as premissas que os estudantes precisam para que seja possível trabalhar com os conceitos de tensão, corrente e resistência elétrica, e o professor projetar a ZDI (PRESTES, 2010). Para entender o funcionamento dos dispositivos instalados nos arranjos de circuitos, é necessário compreender os elementos conceituais que os envolvem, bem como os conceitos teóricos que permeiam o circuito elétrico como um todo.

A segunda atividade realizada com os estudantes, nesse primeiro momento de contextualização, foi o vídeo que conta a história da construção da usina Itaipu. Segundo estudos de Silva (2022), o uso de vídeos como estratégia pedagógica é bem aceito pelos estudantes. Nesse estudo em especial, também avaliamos que as dimensionalidades abarcadas no vídeo despertaram interesses nos discentes no que tange às abordagens curiosas abordadas no vídeo, e que podem ser problematizadas e ancoradas ao objeto conceitual de estudo. Conforme pontua Gaspar (2014b), é necessário arranjar motivos para que os estudantes consciente ou inconscientemente se engajem nos diálogos e nas atividades a serem realizadas.

Após assistirem o vídeo, os estudantes receberam uma pequena folha com 5 perguntas (Apêndice A) sobre o contexto que envolve o vídeo, precisavam responder de forma individual ou coletiva, em seguida, houve um momento de discussão sobre os aspectos econômicos, sociais e ambientais que envolvem a geração e o transporte da energia elétrica até os seus locais de consumo. Um dos fatores que foram questionados e deixados como desafio para que os estudantes refletissem nesse momento, é: “De que forma a energia é gerada e como ela se move pelos fios condutores?”, ou seja, que fenômeno acontece no condutor e faz com que haja movimento ordenado de partículas portadoras de cargas elétricas, considerando que os grupos G1, G4, G6 e G7 já haviam descrito e socializado na atividade anterior, explicações que remetem a corrente elétrica nos condutores. Nesse ponto, foram sendo criados vínculos entre os conceitos espontâneos dos estudantes, e as premissas científicas que os estudantes foram expondo através das interações iniciais que o processo os proporcionava. Nas quais, foi possível também, por parte do professor pesquisador, ir projetando a ZDI, conforme propõe a teoria vigotskiana.

A realização e discussão do contexto que envolve o vídeo foi de grande importância, considerando que temos como missão formativa, o desenvolvimento integral do sujeito (BNCC, 2018). As questões que envolveram as discussões do contexto do vídeo foram de bastante representatividade para o processo, pois tinha-se como premissa básica levantar

as concepções dos estudantes e resgatar alguns conceitos “esquecidos” que trazem da sua formação escolar e de sua vivência sociocultural, também objetivava-se criar um ambiente de participação ativa, em que fosse possível estimular a curiosidade dos estudantes a partir de situações engajadoras de âmbito real e local. Essas premissas também são enfatizadas por Silva (2017) e Viacelli (2020), os autores salientam que é importante conhecer o público-alvo e, de alguma forma, estimulá-los para que queiram aprender mais.

Um fator que consideramos plausível expor é que, para uma contextualização inicial, como é o caso dessa sequência didática, vídeos com tempo de duração menor certamente também impactam de forma positiva no processo. Pontuamos esse fator pelo fato de observar que alguns estudantes começaram a dispersar a sua atenção após um certo tempo de exibição do vídeo. Porém, avaliamos que as contribuições foram bastante expressivas, considerando os diálogos que foram gerados a partir do contexto do vídeo, por ser uma obra gigantesca construída pelo homem em detrimento a uma necessidade social, e que desperta curiosidade em quem assiste e/ou passa pela usina. Nesse ponto, consideramos que o objetivo, quanto ao vídeo, foi despertar a curiosidade e a motivação nos estudantes referente às situações que podem envolver o objeto conceitual de estudo. Dentre os quais, destacam-se a forma como a energia é gerada e como chega até os seus locais de consumo. Conforme explica Silva (2022), a problematização inicial é um dos momentos estratégicos no que diz respeito aos aspectos motivacionais, para que nos momentos seguintes, os conceitos científicos possam ser introduzidos e façam sentido para os estudantes.

De modo geral, foi possível perceber, até esse momento da intervenção, que os estudantes possuíam concepções que são premissas básicas para que fosse possível introduzir os conceitos formais e científicos sobre as definições de circuitos elétricos. Sendo identificado, nesse momento, o que Vigotski caracteriza de zona de desenvolvimento real dos estudantes, para, a partir dessa, projetar a zona de desenvolvimento iminente (PRESTES, 2010).

Um fator que gostaríamos de deixar claro, sobre a escolha de um vídeo que abarca vários outros aspectos que vão além dos objetivos em relação aos conceitos específicos a serem trabalhados, é que além do levantamento das concepções dos estudantes em relação ao objeto conceitual de estudo, também havia um interesse em aproximar-se dos estudantes, fazendo com que se sentissem à vontade para participar das aulas, e que os ambientes escolares, além do estudo dos conceitos abstratos, também abram espaço para

outras dimensionalidades, onde esses conceitos se originam e se aplicam. Sendo essa uma estratégia pedagógica que faz com que o processo de ensino e aprendizagem seja algo prazeroso e não maçante, cansativo e desprovido de significados (VIACELLI, 2020).

Segundo estudos realizados por Viacelli (2020) e os resultados obtidos nesse estudo, enfatiza-se que os vídeos despertaram e geraram discussões e diálogos importantes sobre o contexto em que os conceitos se originam e se aplicam, aliando os conceitos científicos à prática e ao cotidiano. O que implicou em contribuições importantes na aprendizagem como um todo.

Isso, do ponto de vista dos autores pesquisadores e de acordo com premissas trazidas da teoria vigotskiana, faz com que os sujeitos possam compreender que os ambientes escolares são locais de busca incessante pelo conhecimento e sintam-se seres sociais do seu espaço e tempo. Possibilita, ainda, que todos os agentes que conduzem os processos escolares possam ser vistos como agentes estimuladores e incentivadores para uma sociedade ainda melhor ou, em alguns casos, que os estudantes possam sentir-se estimulados a mudar a sua própria realidade. Esses apontamentos versam em grande parte aos desafios globais sobre educação de qualidade (UNESCO, 2020). Em nosso estudo, entendemos que o primeiro momento pedagógico contribuiu de forma bastante ascendente para que os estudantes se sentissem inseridos e motivados em relação ao seu processo de evolução e expansão intelectual, pois partimos de aspectos que envolvem os seus conhecimentos espontâneos e as suas vivências socioculturais.

Sendo assim, na seção 7.2 apresentaremos as contribuições das atividades experimentais práticas e as simulações virtuais no ensino de circuitos elétricos. As quais foram inseridas no segundo e terceiro momento pedagógico da intervenção, e tem por intenção fazer com que o processo educativo seja um espaço de interações e trocas, que as atividades experimentais, sejam elas reais ou virtuais, possam potencializar os processos educativos e fazer com que os estudantes sintam-se motivados a explorar os conceitos a serem estudados e disseminados através dessas práticas pedagógicas.

7.2 CONTRIBUIÇÕES DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E AS SIMULAÇÕES VIRTUAIS NO ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

As atividades experimentais, com os protótipos reais e os simuladores virtuais, fazem parte do que consideramos primordial nas aulas de Física para o processo de ensino e

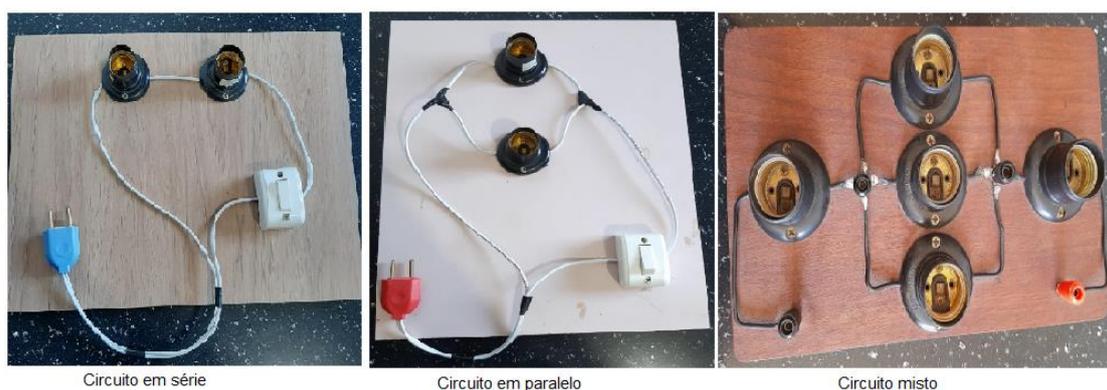
aprendizagem dos conceitos de circuitos elétricos. Assim como Barreto (2019), entendemos que a Física é uma ciência experimental, então que ela seja ensinada através dos recursos experimentais.

No segundo momento da intervenção, foram apresentados os conceitos teóricos de tensão, corrente, resistor e resistência elétrica, e discutido os diferentes tipos de circuitos. Os conceitos foram apresentados por meio do quadro branco, explicados de forma dialógica e, posteriormente, ancorados aos recursos experimentais dos protótipos reais e as simulações virtuais.

No decorrer das exposições e demonstrações experimentais, pontuamos que os recursos experimentais tiveram um grande impacto no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos de circuitos elétricos, pois foi possível demonstrar de forma prática os arranjos dos diferentes tipos de circuitos, os conceitos abstratos e os fenômenos físicos que acontecem nas lâmpadas instaladas nos circuitos. Um dos fatores que consideramos de grande representatividade, no início das demonstrações, são as imagens mentais que os estudantes conseguem criar sobre os três diferentes tipos de circuitos. Os circuitos elétricos em série, paralelo e misto.

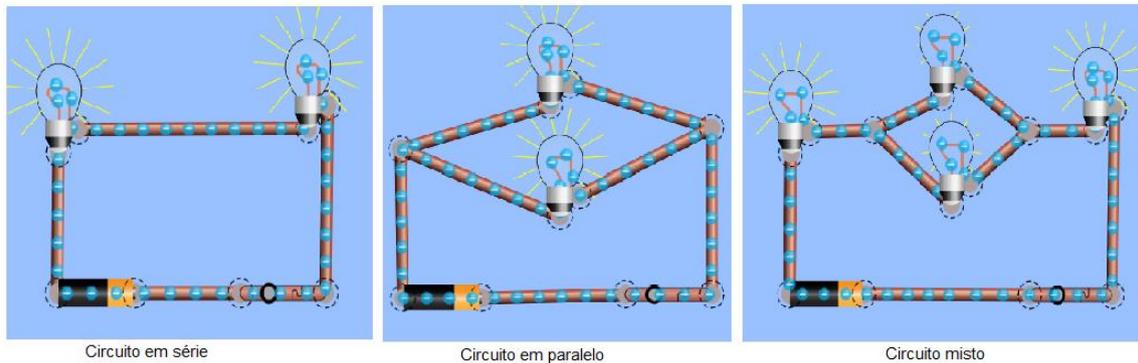
Conforme explica Moreira (2020), é possível perceber que os estudantes criam imagens mentais que descrevem os objetos de estudo. Nas Figuras 23 e 24 estão os objetos experimentais reais e virtuais que descrevem as possíveis imagens mentais que podem ser lembradas pelos estudantes após as demonstrações experimentais.

Figura 23 - Protótipos reais de circuitos elétricos



Fonte: o autor (2022).

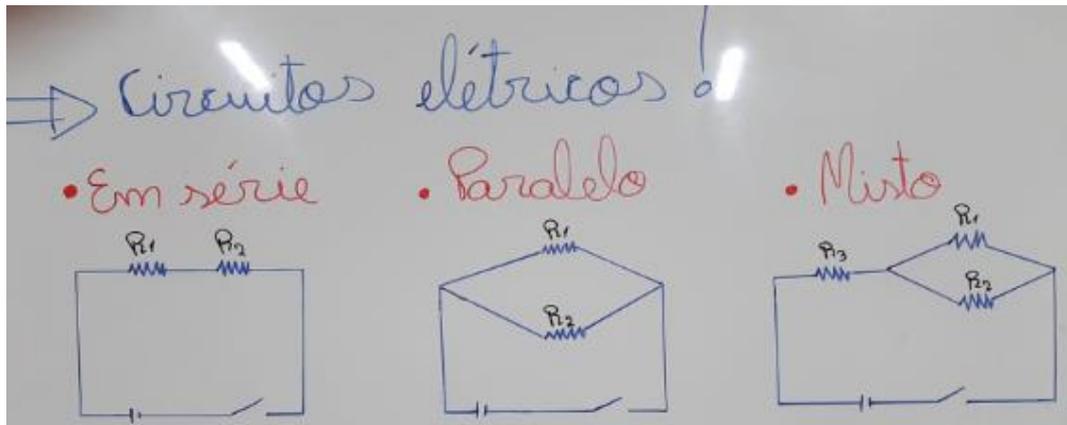
Figura 24 - Circuitos elétricos virtuais



Fonte: adaptado do PhET (2022).

Outro fator de substancial importância, repassado aos estudantes, são as representações didáticas que reproduzem a realidade, os modelos teóricos desenhados no quadro branco (Figura 25).

Figura 25 - Modelos didáticos representados no quadro



Fonte: o autor (2022).

As contribuições das representações no quadro, combinadas com os protótipos experimentais e com os modelos virtuais, foram de grande potencial. Isso foi notado no momento em que os estudantes realizaram a atividade com o conjunto experimental, visto que precisavam construir os circuitos elétricos e representar no papel os três tipos de circuitos. O resultado foi que todos os grupos conseguiram construir, testar e observar os fenômenos elétricos que ocorriam nos diferentes tipos de circuitos.

Dessa forma, apoiamo-nos ao que pontua Silva (2017), que a Física teórica precisa se apoiar, sempre que possível, às práticas experimentais para que seja possível transcender esses conhecimentos para as situações cotidianas, conforme também é pontuado na teoria vigotskiana e por Carvalho (2010).

No decorrer das explicações e demonstrações, houve o momento de explicar aos estudantes o que é tensão elétrica, e como é gerada a corrente elétrica que percorre os fios condutores. Inicialmente foi conceituado, expondo aos estudantes que a tensão elétrica é a diferença de potencial elétrico entre os terminais que alimentam um circuito ligado a um gerador elétrico. Os geradores elétricos são fontes de energia capazes de sustentar um fluxo de carga constante. Reforçamos que a função do gerador elétrico (fonte de tensão) é fazer com que a diferença de potencial permaneça e, com isso, parte dos elétrons livres mantenham um movimento ordenado, devido a força elétrica aplicada sobre eles, que esse movimento ordenado é denominado corrente elétrica (MORAES; TEIXEIRA, 2006). Outro fator conceitual que foi explicado nessa aula, é que a corrente elétrica pode ser contínua ou alternada, dependendo do tipo de gerador elétrico utilizado.

Essas explicações foram apoiadas aos conceitos espontâneos que os estudantes trouxeram na primeira aula e às situações trazidas através do vídeo de problematização, inserido no primeiro momento pedagógico. Após as definições teóricas, feitas de forma verbal e através do quadro branco, foi introduzido as explicações e demonstrações com os protótipos experimentais.

Inicialmente, em relação às demonstrações experimentais sobre o conceito de tensão, notou-se que a maioria dos estudantes já tinham ideias básicas e compreendiam que é necessária uma fonte de tensão (gerador elétrico) para que haja fluxo elétrico em um circuito elétrico. Dessa forma, durante essas explicações, foi exposto que as fontes de tensão são as tomadas das residências, as baterias, as pilhas, entre outras. Em relação aos conceitos espontâneos, tratados na primeira atividade realizada com os estudantes, o grupo G1 havia descrito que para haver corrente elétrica em um circuito, as extremidades dos circuitos elétricos precisam estar ligadas a uma fonte de tensão, na qual o grupo citou as baterias.

Consideramos, a partir das observações e realização das atividades, que o conceito de tensão ficou claro durante as explicações e, principalmente, porque durante a realização das atividades essa linguagem começou a fazer parte das explicações quando os estudantes tinham alguma dúvida. Essas linguagens científicas, introduzidas durante a interação com os estudantes, visam desenvolver a estrutura cognitiva dos estudantes para que passem a fazer suas discussões através da linguagem da ciência, conforme estudo apresentado por Moreira (2020).

Prosseguindo com as análises, observamos dois elementos materiais que foram bastante associados ao conceito de tensão, os terminais das tomadas residenciais e as

pilhas, tanto a física quanto a virtual. Durante as demonstrações, foram utilizadas pilhas para explicar que havia dois polos, um positivo e outro negativo, também foi mostrado que se uma pilha não tem carga, significa que não há diferença de potencial entre os dois polos. Nesse momento da aula, alguns estudantes expressaram, que os opostos se atraem, no caso as cargas de sinal oposto. Notava-se que haviam conceitos sobre a interação dos corpos já consolidados em aulas e conteúdos anteriores, e que são premissas básicas para que se introduza os conteúdos de circuitos elétricos, ou seja, conforme a teoria vigotskiana expõe, os conceitos foram sendo apresentados dentro da ZDI (PRESTES, 2010).

Durante as atividades, tivemos a preocupação de explicar que as pilhas e baterias (fontes de corrente contínua) apresentam polos (Figura 26), enquanto que as tomadas residenciais são fontes de corrente alternada, ou seja, não há uma polaridade fixa.

Figura 26 - Fontes de tensão e seus respectivos polos



Fonte: o autor (2022).

Essas exemplificações fizeram com que os estudantes percebessem que para gerar corrente elétrica nos circuitos elétricos é necessário que exista uma diferença de potencial elétrico (tensão elétrica). Sendo a tensão elétrica a responsável por fazer com que haja corrente elétrica nos circuitos. Dessa forma, assim como Weizenmann (2019), entendemos que os recursos experimentais e os conceitos espontâneos contribuem bastante na compreensão dos conceitos científicos, pois os estudantes conseguiram fazer conexões entre os elementos conceituais que trazem das suas vivências, e os conceitos científicos que foram explicados e demonstrados através das práticas experimentais.

Em relação ao conceito de corrente elétrica, foi exposto de forma conceitual no quadro, explicado através de demonstração com os protótipos experimentais e, principalmente, estabelecido relações com o conceito de tensão elétrica. Para demonstrar

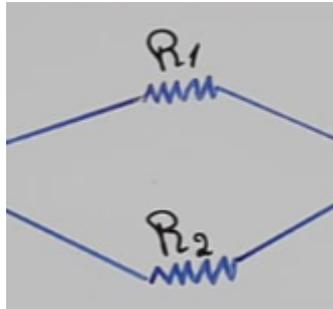
de forma experimental esse conceito, foram feitas analogias que quando o circuito é conectado a uma fonte e, por exemplo, fecha-se o circuito com um interruptor, como é o caso do circuito com lâmpadas, gera-se corrente elétrica, que é o movimento ordenado dos elétrons livres, e isso faz com que os dispositivos elétricos funcionem.

Conforme explica Bastos (2020), alguns fenômenos físicos não são visíveis aos olhos humanos, como é o caso da corrente elétrica, nessas situações a simulação virtual é um excelente recurso didático. No que se refere às estratégias adotadas para a compreensão do conceito de corrente elétrica, consideramos que a simulação virtual foi muito importante. Os estudantes que não tinham uma percepção muito bem fundamentada pelas explicações verbais e demonstrações experimentais, tiveram a possibilidade de visualizar uma ilustração experimental virtual para que conseguissem compreender o fenômeno relacionado à corrente elétrica. O que foi possível observar nas demonstrações virtuais é que os estudantes tiveram uma compreensão mais clara em relação à corrente elétrica. Consideramos que a simulação virtual foi um dos recursos que mais contribuiu para a compreensão desse fenômeno elétrico.

Outro momento que contribuiu de forma bastante expressiva na compreensão dos conceitos de tensão e corrente elétrica, foi a atividade (Anexo A) realizada no simulador virtual. Conforme já foi mencionado no relato da aplicação, a atividade foi orientada por questões norteadoras, sendo que os estudantes precisavam construir e analisar os fenômenos elétricos que ocorriam nos diferentes arranjos de circuitos com lâmpadas. Nessa atividade, notou-se que houve avanços na aprendizagem em relação a tensão elétrica a que cada lâmpada fica submetida, a forma como a corrente elétrica se distribui nos diferentes tipos de circuitos e o que isso implica na luminosidade das lâmpadas. Segundo estudos realizados por Barreto (2019), os estudantes relatam que a simulação virtual favorece a compreensão do funcionamento dos circuitos elétricos.

Prosseguindo na análise dos dados, objetivava-se também que o conceito de resistência elétrica fosse compreendido, para que os estudantes fossem capazes de compreender as relações entre tensão, corrente e resistência elétrica. As explicações iniciais fundamentaram-se nas demonstrações realizadas através das ilustrações realizadas no quadro branco, conforme mostra a Figura 27.

Figura 27 - Representação teórica/didática dos resistores no quadro branco



Fonte: o autor (2022).

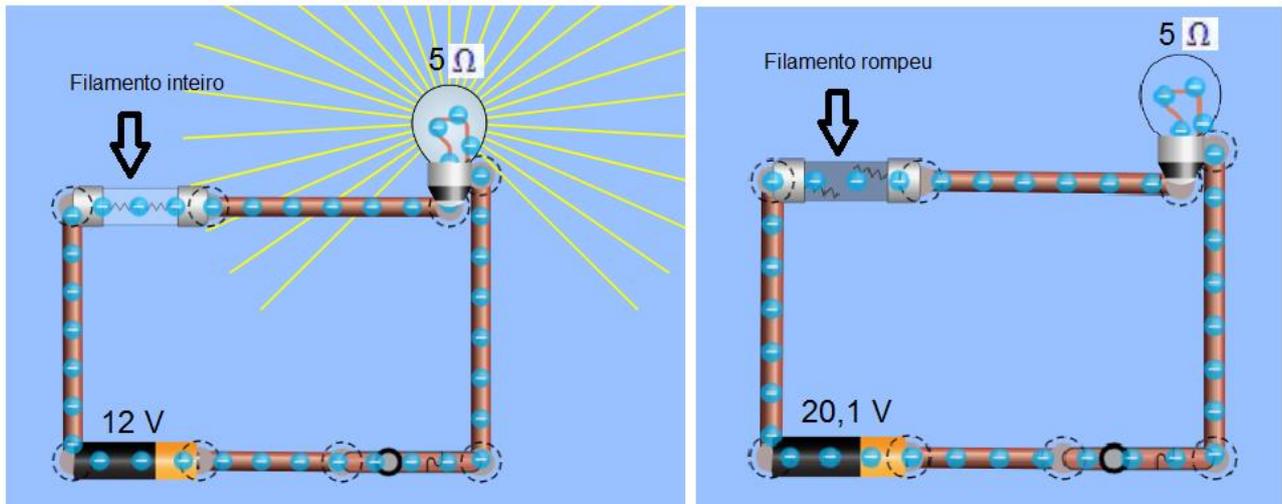
Nessa aula, foi exposto para os estudantes que as ilustrações no quadro representavam os dispositivos elétricos instalados no circuito.

No momento da demonstração experimental, foi mostrado, através dos aparatos experimentais, que as lâmpadas instaladas no circuito são os dispositivos elétricos que restringem a passagem da corrente elétrica, sendo esses os resistores do circuito. Foi explicado para os estudantes que o filamento da lâmpada é considerado um resistor, pois é um filamento com uma espessura bem fina, e isso faz com que a corrente elétrica encontre dificuldade ao passar nesse dispositivo. Essas explicações foram ampliadas no simulador virtual.

No simulador virtual, foi possível demonstrar as cargas elétricas passando pelos resistores (reiteramos que é um modelo que procura fazer uma aproximação com a situação real). Outro fator influenciador nessas explicações e demonstrações foi a realização de testes sobre os limites que um resistor suporta sem se romper, dado que os dispositivos elétricos são construídos tendo um limite de carga a suportar. Foi exposto que esses limites de carga tem uma relação direta com a potência dos dispositivos, e que a potência dos aparelhos elétricos está relacionada às necessidades e funções que esse precisa desempenhar (MORAES; TEIXEIRA,2006). Nesse momento, também foi exposto a função dos fusíveis que são instalados nos circuitos elétricos, dentre os quais foi citado os fusíveis instalados nos automóveis, principalmente automóveis mais antigos, os quais são mais facilmente vistos, pois de modo geral estão instalados em locais mais visíveis.

Para os estudantes terem uma compreensão visual dos fusíveis, foi demonstrado o fusível virtual do simulador virtual PhET, e também foi feita uma busca no navegador da web. Na Figura 28, segue um compilado das demonstrações relacionadas aos filamentos dos fusíveis, os quais também representam resistores.

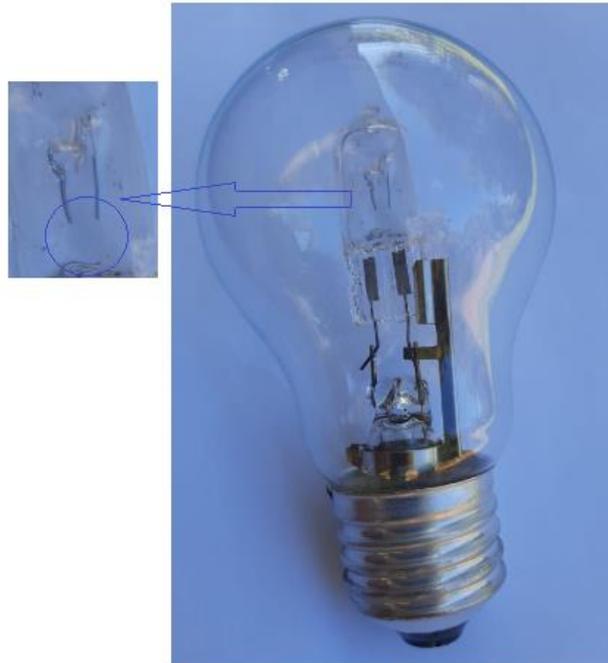
Figura 28 - Demonstração virtual do rompimento do filamento de um fusível



Fonte: adaptado do PhET (2022).

Conforme exposto, o filamento do fusível se rompe após atingir um certo valor de intensidade de corrente elétrica (limite de carga suportado em um certo intervalo de tempo). Outras relações estabelecidas nessa demonstração é que quanto maior a tensão elétrica, maior será a intensidade da corrente elétrica para o mesmo resistor, então o que faz o filamento se romper é o excesso do aquecimento produzido pela transformação da energia elétrica em energia térmica (MORAES; TEIXEIRA,2006), ou seja, ultrapassa-se a sua potência nominal. Foi evidenciado que o mesmo fenômeno que ocorre com o fusível também ocorre com as lâmpadas e outros dispositivos elétricos. Avaliamos que as explicações e demonstrações tenham contribuído no avanço da aprendizagem desse elemento conceitual, pois foram bastante ilustrativas. Essa situação também foi exemplificada com uma lâmpada com o filamento rompido, popularmente conhecidas como lâmpadas “queimadas” (Figura 29).

Figura 29 - Lâmpada com o filamento rompido



Fonte: o autor (2022).

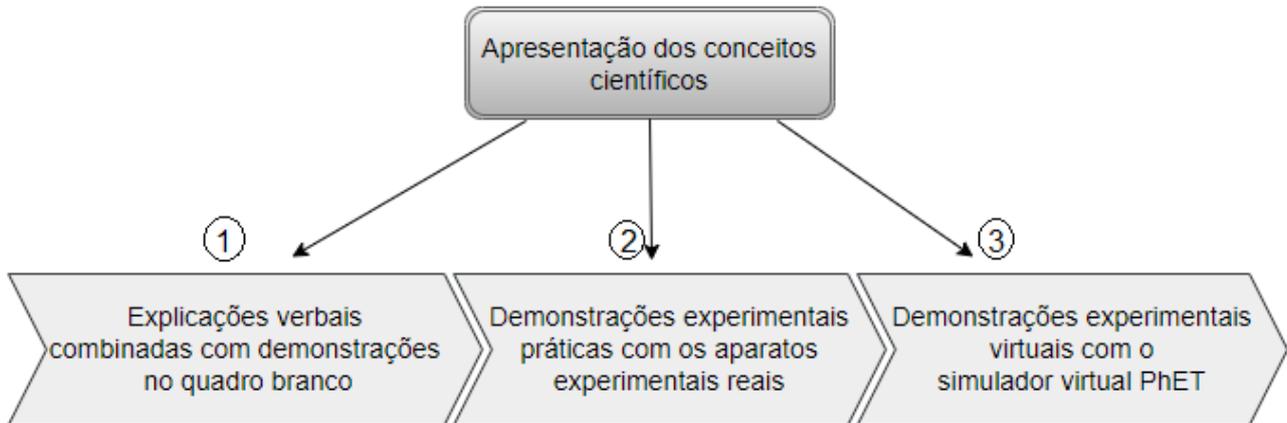
Outro fator que consideramos que contribuiu de forma ascendente na compreensão do que é resistência elétrica nos condutores e resistores, é a demonstração experimental realizada com o aparato experimental reostato, mostrado anteriormente na Figura 8. Nessa demonstração foi feita uma analogia com o funcionamento dos chuveiros elétricos.

Primeiro, foi explicado para os estudantes que o elemento metálico ao qual popularmente chamamos de resistência do chuveiro, na verdade, do ponto de vista científico, esse elemento deve ser chamado de resistor. Pois de acordo com Moraes e Teixeira (2006), resistência é a propriedade que representa a dificuldade que as partículas portadoras de cargas elétricas encontram ao passarem pelos condutores e resistores instalados nos circuitos. Esse foi um momento de confrontar as concepções de uso popular com os saberes científicos, a fim de superar as concepções empíricas e transpor esses saberes para a vida social dos estudantes (CARVALHO, 2010).

Avaliamos que com essa demonstração houve uma certa desconfiança em um primeiro momento, porém acreditamos que após fazer as demonstrações com o aparato experimental reostato, fazendo uma analogia com a variação da luminosidade da lâmpada e associando essas explicações às demonstrações, em relação ao comprimento do elemento metálico que representa o reostato, foi possível entender que a intensidade da corrente elétrica pode ser aumentada e diminuída através da variação do comprimento do resistor.

Resumindo o contexto que envolve a apresentação dos conceitos científicos, destacamos que ocorreu de forma sequencial, conforme apresentado na Figura 30.

Figura 30 - Ordem sequencial da apresentação dos conceitos científicos



Fonte: o autor (2022).

Todo esse processo de apresentação formal dos conceitos ocorreu de forma dialogada e expositiva, sempre abrindo espaço para a participação dos estudantes. Em relação às contribuições dos dois recursos mediadores da aprendizagem, entendemos que um recurso complementa o outro. O potencial pedagógico de um recurso ou outro vai depender dos objetivos específicos de ensino e aprendizagem, sendo em determinadas situações um recurso mais eficiente que o outro, essas são premissas já citadas na literatura, e também em estudos que estão disponíveis no *site* da plataforma PhET (PHET, 2022).

Dessa maneira, para finalizar os diálogos sobre as contribuições dos recursos experimentais reais e virtuais durante as demonstrações experimentais, avaliamos que houveram grandes contribuições, segundo o que foi possível mensurar durante o transcorrer do processo. Sendo assim, prosseguiremos na sequência expondo os resultados obtidos do momento da “aplicação do conhecimento” (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002), onde os estudantes foram colocados a luz do processo, ou seja, precisavam realizar as atividades propostas.

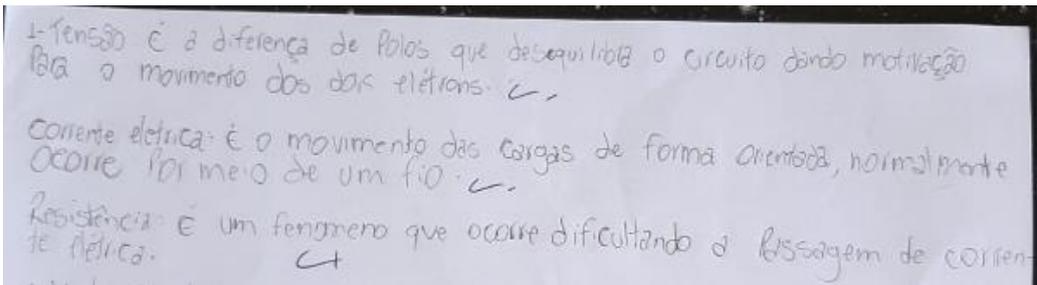
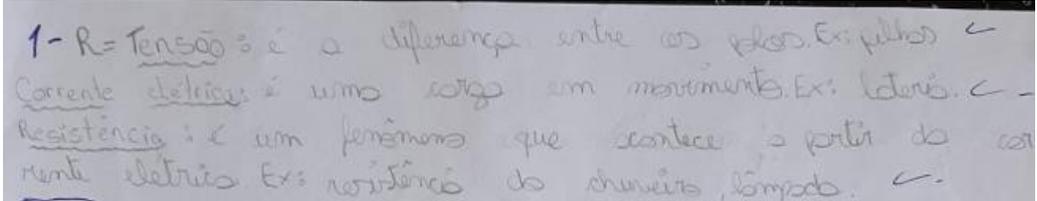
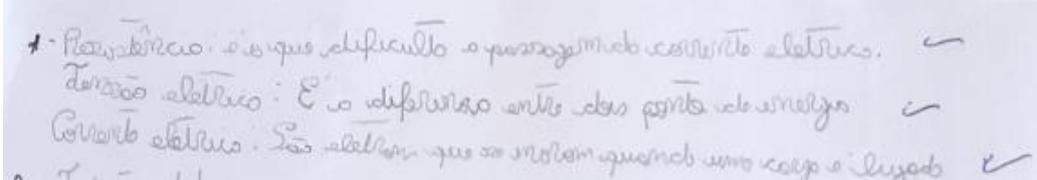
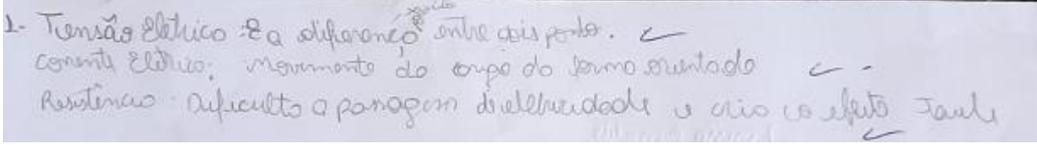
Sendo assim, no terceiro momento da intervenção, os estudantes realizaram uma atividade de análise teórica e prática de circuitos elétricos (Apêndice B), conforme já foi exposto no relato da aplicação. Nessa atividade, os estudantes receberam uma folha onde precisavam responder algumas perguntas puramente teóricas e conceituais, e outras perguntas que envolviam a montagem e funcionamento dos circuitos.

Para retratar esses resultados, na sequência apresentaremos dados que demonstram o que os estudantes realizaram e responderam, em relação às perguntas realizadas.

Na primeira pergunta da atividade, os estudantes precisavam responder com suas palavras o que entenderam sobre os conceitos de tensão, corrente e resistência elétrica. Foi possível perceber, através das respostas dos estudantes, que a maioria conseguiu entender as premissas conceituais que envolvem os conceitos estudados. Sendo assim, avaliamos como satisfatórios os resultados obtidos, porém com uma ressalva. Que fosse implementado em uma aplicação futura, sugestões de leitura para os estudantes melhorarem a sua capacidade argumentativa em relação a linguagem utilizada para explicar o objeto conceitual de estudo. Porém, assim como Vigotski (2001), entendemos que o avanço na qualidade da linguagem é um processo gradativo e evolutivo, sendo os momentos posteriores do processo formativo, o caminho para essa expansão intelectual.

Para demonstrar o que os estudantes responderam, na sequência, no Quadro 3, segue algumas das respostas dos estudantes. A atividade experimental prática foi realizada em grupo e respondida individualmente. Sobre o critério de escolha das respostas selecionadas, teve-se como intencionalidade escolher respostas que retratam mais fielmente a definição científica, e que notava-se que o estudante tenha escrito com suas próprias palavras, ou seja, que retratam aquilo que foi assimilado pelo estudante. A referência para identificar o estudante participante da pesquisa é a legenda (Sn), considerando a ordem desse na lista de chamada da turma.

Quadro 3 - Respostas dos estudantes na pergunta 1

Imagem da pergunta:	
1) Escreva com suas palavras o que você entendeu sobre o conceito de: tensão elétrica, corrente elétrica, e resistência elétrica.	
Legenda (Sn) que representa o sujeito da pesquisa	Imagem das respostas dos estudantes.
S3	 <p>1- Tensão é a diferença de Potencial que desequilibra o circuito dando motivação para o movimento dos elétrons. ←</p> <p>Corrente elétrica: é o movimento das cargas de forma orientada, normalmente ocorre por meio de um fio. ←</p> <p>Resistência: é um fenômeno que ocorre dificultando a passagem de corrente elétrica. ←</p>
S14	 <p>1- R= Tensão é a diferença entre os polos. Ex: pilhas. ←</p> <p>Corrente elétrica: é uma carga em movimento. Ex: lâmpada. ←</p> <p>Resistência: é um fenômeno que acontece a partir da corrente elétrica. Ex: resistência do chuveiro, lâmpada. ←</p>
S22	 <p>* Resistência: é o que dificulta a passagem de corrente elétrica. ←</p> <p>Tensão elétrica: é a diferença entre dois pontos de energia. ←</p> <p>Corrente elétrica: são elétrons que se movem quando um corpo é ligado. ←</p>
S23	 <p>1- Tensão elétrica: é a diferença entre dois pontos. ←</p> <p>Corrente elétrica: movimento de carga de forma orientada. ←</p> <p>Resistência: dificulta a passagem de elétrons e cria o efeito Joule. ←</p>

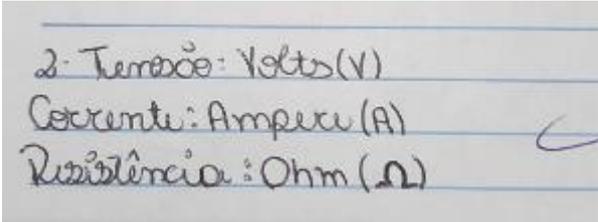
Fonte: acervo do autor (2022).

De acordo com o que já foi comentado e as respostas apresentadas pelos estudantes, esse foi o momento em que os estudantes aplicaram e expressaram de forma escrita os conceitos científicos que foram introduzidos no segundo momento pedagógico.

Considerando as premissas conceituais apresentadas no primeiro momento pedagógico, nota-se que houve avanços em relação às explicações conceituais desses três conceitos que se vinculam aos circuitos elétricos. Assim como os estudos de Silva (2022), nota-se que houve uma ampliação na argumentação dos estudantes.

Na pergunta 2, teve-se como intencionalidade observar se os estudantes tinham compreendido quais são as unidades de medida que mensuram os fenômenos elétricos de tensão, corrente e resistência elétrica. No Quadro 4, apresentamos a imagem da resposta de um estudante (resposta correta), que era o que esperava-se de todos, e na Tabela 1, apresentamos a quantidade de estudantes que conceituaram de forma correta, e também a quantidade de estudantes que confundiu a legenda conceitual que representa o conceito com a unidade de medida utilizada para mensurar a grandeza física.

Quadro 4 - Resposta esperada na pergunta 2

Imagem da pergunta:	
2) Quais são as unidades de medida da grandeza física: tensão elétrica, corrente elétrica, e resistência elétrica.	
Legenda (Sn) que representa o sujeito da pesquisa	Imagem de resposta descrita de forma correta.
S5	

Fonte: Acervo do autor (2022).

Nessa variável de análise (pergunta 2), notamos um problema em relação às respostas dos estudantes. Conforme mostra a Tabela 1, a situação representa um fator negativo em relação aos resultados da pesquisa, porém entendemos que não afeta negativamente a pesquisa como um todo. Pois fatores pontuais são analisados e tratados tendo em vista as suas particularidades específicas, não sendo válido a generalização desse construto como um todo, quando diversas outras variáveis de análise impactam positivamente no estudo (YIN, 2016). Sendo esse um fator de ação corretiva em futuras aplicações e que será corrigido no produto educacional final, deixado por essa pesquisa.

Tabela 1 - Quantidade de estudantes que responderam de forma correta ou incorreta a pergunta 2.

Conceito	Quantidade de estudantes que responderam de forma correta.	Quantidade de estudantes que responderam de forma incorreta.
Tensão elétrica	15	10
Corrente elétrica	11	14
Resistencia elétrica	8	17

Fonte: o autor (2022).

Conforme percebe-se, os dados da Tabela 1 mostram que uma quantidade grande de estudantes respondeu de forma incorreta a pergunta 2. Sobre as respostas dos estudantes, foi possível observar que a maioria dos que responderam de forma incorreta confundiram ou trocaram a unidade de medida pela legenda que representa a palavra (tensão, corrente ou resistência) referente ao conceito. Por outro lado, também notou-se que alguns estudantes tinham consciência dessa diferenciação, porém na hora de registrar, sem se dar conta, registraram a legenda incorreta.

O que torna-se importante e relevante destacar em relação a essa variável de análise (pergunta 2), é que nesse momento o professor e os colegas que já tinham compreendido esse elemento conceitual devem dialogar e interagir com os demais estudantes, para que o elemento conceitual seja compreendido. Segundo Vigotski (2007), esse é o momento em que os parceiros mais instruídos auxiliam no avanço da aprendizagem.

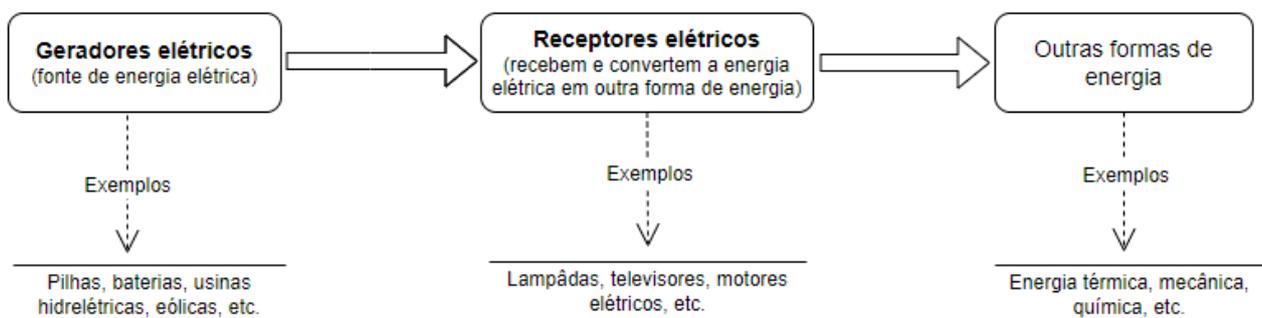
Portanto, por meio dessa variável de análise, julgamos que em aplicações futuras esse elemento conceitual seja mais reforçado durante a exploração das definições das respectivas grandezas. Esses conceitos foram reforçados nas aulas seguintes, tivemos a preocupação de retomar o significado de cada uma das unidades de medidas das respectivas grandezas físicas.

Essa retomada e correção foi tratada com um certo grau de descontração por parte do professor pesquisador e por parte de alguns estudantes, tendo em vista que equívocos podem ocorrer, muitas vezes, pela falta de atenção que alguns alunos têm na hora de realizar as atividades. As lacunas que o processo de ensino e aprendizagem às vezes deixa, pode ser corrigido através de uma ação pedagógica corretiva, com ela visa-se ampliar e suprir as necessidades de aprendizagem dos sujeitos. Sendo assim, o que foi comentado e enfatizado para os estudantes é que talvez isso tenha sido tratado de forma superficial durante as explicações e demonstrações, e que a realização da atividade e a entrega da mesma tem por objetivo diagnosticar se os conceitos foram compreendidos.

Sendo a retomada uma estratégia pedagógica que faz parte do amadurecimento intelectual dos sujeitos (LUCKESI, 1999).

Na questão 3, os estudantes precisavam citar quais foram as fontes de energia elétrica utilizadas nas demonstrações experimentais pelo professor. Nessa pergunta foi notado que todos os estudantes citaram as fontes utilizadas (pilhas e tomadas), porém, de modo geral, também citaram os elementos elétricos, principalmente as lâmpadas que na verdade são receptores de energia e não fontes geradoras de energia elétrica (MORAES; TEIXEIRA, 2006). Conforme mostra a Figura 31.

Figura 31 - Esquema ilustrativo da relação dos geradores com os receptores

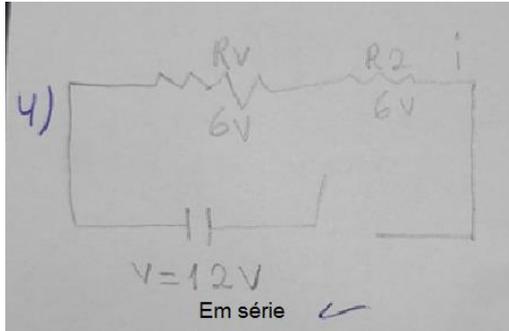
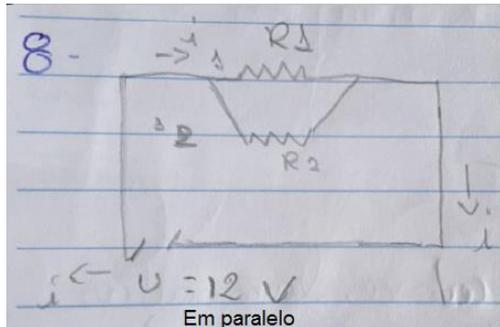
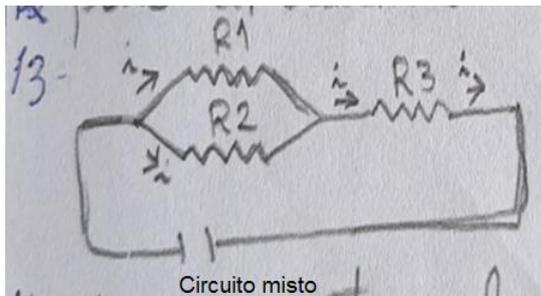


Fonte: o autor (2022).

Em relação à pergunta 3, também houve a necessidade de retomar alguns diálogos, porém avaliamos que os resultados foram satisfatórios, pois as fontes de energia elétrica foram citadas por todos os estudantes. Alguns estudantes relataram que, na dúvida, preferiram citar os dispositivos elétricos também, o que entendemos que a interação entre os estudantes e/ou com o professor poderia ter suprido essa necessidade naquele momento. Contudo, compreendemos que esse elemento conceitual foi suprido nos momentos posteriores. Conforme explica Luckesi (1999), após diagnosticar a lacuna que o processo deixou, essa deve ser suprida nos momentos posteriores.

Dando continuidade ao estudo, na pergunta 4, 8 e 13 referente à atividade experimental prática, os estudantes precisavam desenhar a representação do modelo teórica do circuito elétrico em série (pergunta 4), em paralelo (pergunta 8), e misto (pergunta 13), e construí-los com os elementos do conjunto experimental. No Quadro 5, estão representados um modelo de cada circuito.

Quadro 5 - Circuitos elétricos em série, paralelo e misto elaborados pelos respectivos estudantes

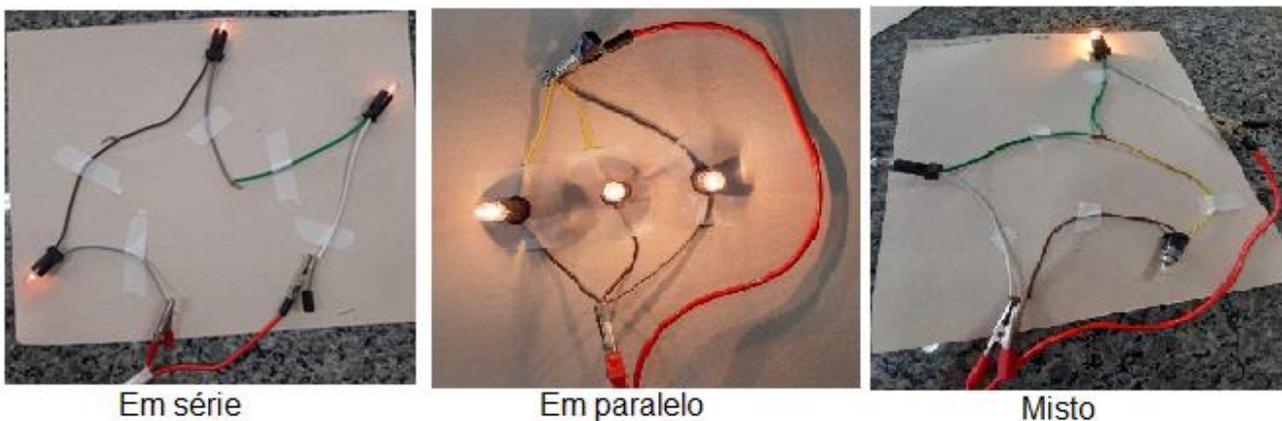
Imagens das perguntas:	
<p>4) Desenhe um modelo de circuito elétrico em série, e posteriormente construa-o com os materiais do conjunto experimental.</p> <p>8) Desenhe um modelo de circuito elétrico em paralelo, e posteriormente construa-o com os materiais do conjunto experimental.</p> <p>13) Desenhe um modelo de circuito elétrico misto e posteriormente construa-o com os materiais do conjunto experimental.</p>	
Legenda (Sn) que representa o sujeito da pesquisa	Imagens dos modelos teóricos elaborados pelos estudantes.
S2	
S9	
S11	

Fonte: acervo do autor, 2022.

Nas perguntas 4, 8 e 13, todos os estudantes responderam de forma correta, havendo algumas variações no grau de elaboração dos circuitos elaborados. Conforme mostram as imagens do Quadro 5, os três modelos representam o que os estudantes como um todo elaboraram. De acordo com o que foi levantado nessas questões, alguns estudantes representaram o valor da tensão da fonte e também a tensão elétrica em cada um dos resistores do circuito. Outros representaram o circuito e a simbologia que representa a linguagem do resistor, e uma parte dos estudantes representou apenas o desenho que caracteriza o circuito elétrico.

Em relação à construção do circuito com os materiais do conjunto experimental, todos os grupos conseguiram montar os circuitos. Apesar de não ser uma regra, todos os grupos seguiram o mesmo padrão de montagem, conforme o compilado da Figura 32, os quais foram sugeridos pelos professores.

Figura 32 - Modelos dos circuitos elétricos construídos pelos estudantes



Fonte: acervo do autor (2022).

Dessa forma, avaliamos que as representações utilizadas durante as exposições no quadro branco, combinadas com as demonstrações experimentais reais e virtuais, contribuiu de forma bastante ascendente na aprendizagem, pois os estudantes desenvolveram as atividades (pergunta 4, 8 e 13) de forma correta, salvo 4 estudantes que representaram parcialmente os modelos teóricos dos circuitos solicitados.

Sendo assim, os resultados do estudo se direcionam a pesquisas trazidas por Fiolhais e Trindade (2003) e Moram (2013), onde os autores apontam que o processo de ensino deve apoiar-se nas diversas possibilidades pedagógicas, aliando as práticas tradicionais às novas tecnologias educacionais e, conforme pontua Viacelli (2020), as atividades experimentais visam o desenvolvimento pleno do estudante em relação ao objeto

de estudo, tendo dessa forma a atividade prática realizada, alcançado os seus princípios formativos em relação a compreensão dos três diferentes arranjos de circuitos elétricos.

Nas perguntas 5, 9 e 14 os estudantes precisavam testar os circuitos montados e fazer análises sobre a relação da tensão elétrica da fonte com a tensão elétrica em que as lâmpadas instaladas nos circuitos ficam submetidas. Com essas perguntas, foi possível perceber que a maioria dos estudantes conseguiu entender a relação do valor da tensão da fonte, e a tensão elétrica de cada um dos dispositivos instalados nos circuitos. No Quadro 6, estão representadas algumas das respostas dos estudantes, as quais descrevem o que a maioria registrou nas resoluções.

Quadro 6 - Respostas dos estudantes na análise experimental das perguntas 5, 9 e 14

Imagens das perguntas:	
<p>5) No circuito elétrico em série, a tensão elétrica de uma lâmpada escolhida aleatoriamente é igual ou diferente a tensão da fonte? Explique essa situação?</p> <p>9) No circuito elétrico em paralelo, a tensão elétrica de uma lâmpada escolhida aleatoriamente é igual ou diferente a tensão da fonte? Explique essa situação?</p> <p>14) No circuito elétrico misto a tensão elétrica é igual em todas as lâmpadas do circuito? Justifique a sua resposta.</p>	
Legenda (Sn) que representa o sujeito da pesquisa	Imagens das respostas dos estudantes em relação a análise experimental referente as perguntas 5, 9 e 14.
S15	
S12	
S28	

Fonte: acervo do autor (2022).

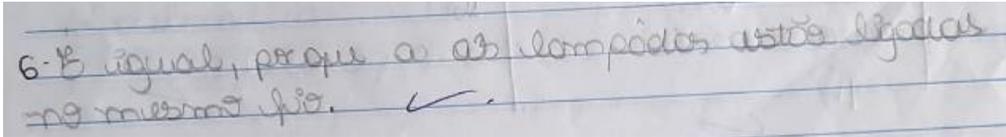
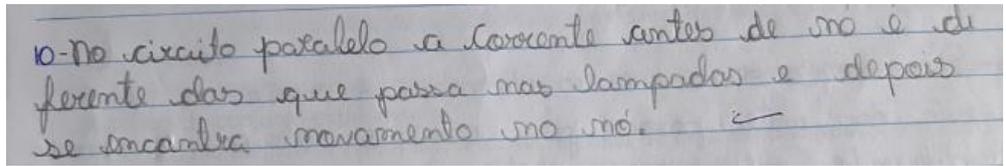
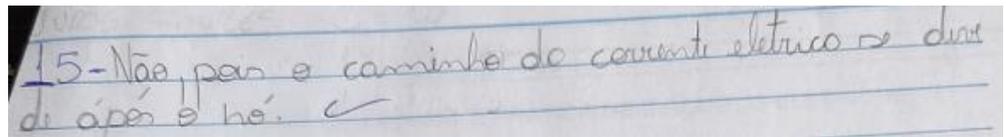
Conforme percebe-se nas respostas dos estudantes, há uma compreensão em relação a intensidade elétrica que cada lâmpada é submetida em cada um dos circuitos (série, paralelo e misto). Pois o valor da tensão elétrica a qual uma lâmpada é submetida

pode ser igual ou diferente a tensão elétrica da fonte, o que vai diferenciar isso é o tipo de circuito ao qual essa lâmpada estará instalada. Nessa atividade de construção, exploração e análise teórica e prática dos circuitos, os estudantes tiveram a oportunidade de vivenciar e aplicar na prática os conceitos relacionados aos circuitos elétricos. Segundo Gaspar (2014b), a experimentação prática explorada a partir da teoria, proporciona ao estudante uma investigação científica, sólida, engajadora e amparada na ciência. Engajadora no sentido de transpor os conceitos científicos para o seu meio de vivência.

Em relação às justificativas escritas pelos estudantes, reforçamos que o aprofundamento e a continuidade do processo formativo vão ampliando e auxiliando na capacidade argumentativa dos estudantes, conforme já foi exposto anteriormente. Diante disso, entendemos que as premissas conceituais mais globais foram contempladas, e um aspecto de grande relevância que precisamos e devemos considerar nessas questões é a exploração e a análise experimental que os estudantes tiveram a oportunidade de vivenciar. Pois foi possível visualizar na prática a intensidade luminosa das lâmpadas nos diferentes tipos de circuitos, e perceber que tem uma relação direta com o valor da tensão elétrica a qual esta lâmpada está submetida. Um fator de relevância a ser citado, em relação às análises experimentais, é que a atividade prática experimental promove uma aproximação interpessoal entre os sujeitos que participam das atividades, conectando-os intelectualmente em detrimento a interpretação de um fenômeno real. Trentin, Silva e Rosa (2018) apontam em seus estudos que as atividades experimentais aproximam os sujeitos (professores e alunos), conforme expressa um dos sujeitos da pesquisa, “essas aulas são as que lembro por mais tempo, e que provavelmente não me esquecerei”. O que se direciona ao que pontua Vigotski (2007), que os instrumentos mediadores da aprendizagem devem ser utilizados como mecanismos externos, que visam o desenvolvimento interno das funções psicológicas superiores, a fim de desenvolver intelectualmente os estudantes e deixar lembranças mais duradouras. Sendo os signos mais facilmente internalizados e compreendidos pelos estudantes.

Nas perguntas 6, 10 e 15, objetivava-se explorar os aspectos que envolvem as dimensionalidades do conceito de corrente elétrica nos resistores. Conforme expresso nas perguntas e nas imagens do Quadro 7, os estudantes precisavam analisar e avaliar a intensidade da corrente elétrica nas lâmpadas instaladas nos diferentes tipos de circuitos, e justificar cada situação analisada. As respostas dos estudantes S5, S9 e S26 representam o que a maioria respondeu.

Quadro 7 - Respostas dos estudantes na análise experimental das perguntas 6, 10 e 15

Imagens das perguntas:	
<p>6) No circuito elétrico em série, a corrente elétrica que passa nas lâmpadas é igual em todas as lâmpadas, ou é diferente? Explique essa situação?</p> <p>10) No circuito elétrico em paralelo, a corrente elétrica que passa no fio condutor antes do nó da ligação em paralelo é igual ou diferente a corrente elétrica que passa nas lâmpadas? Explique essa situação?</p> <p>15) No circuito misto a corrente elétrica é igual em todas as lâmpadas do circuito? Justifique a sua resposta.</p>	
Legenda (Sn) que representa o sujeito da pesquisa	Imagens das respostas dos estudantes em relação a análise experimental referente as perguntas 6, 10 e 15.
S5	
S9	
S26	

Fonte: acervo do autor (2022).

Nessas perguntas (6, 10 e 15), foi possível perceber que a maioria dos estudantes entende que a corrente elétrica é diferente quando se compara o fluxo de corrente em um circuito em série e um circuito em paralelo, conforme apresentado nas respostas dos estudantes.

Após a conclusão, entrega e avaliação dessas atividades (as respostas dos estudantes), foram feitos alguns comentários com os estudantes para suprir lacunas conceituais que notava-se que haviam ficado por parte de alguns estudantes. Sabendo que a aprendizagem não é um fenômeno cognitivo que ocorre sempre de um momento para o outro, e sim depende do desenvolvimento gradual e evolutivo da estrutura cognitiva dos sujeitos (VIGOTSKI, 2001). Ademais, avaliamos que as definições expressas pelos

estudantes contemplam as aprendizagens essenciais esperados dos estudantes, e que a sofisticação da linguagem conceitual é um processo que vai gradativamente avançando em seus estudos posteriores, onde esses conceitos são premissas para que outros conceitos possam ser trabalhados.

Na sequência, está disponível a análise e a avaliação dos resultados da atividade experimental virtual (Anexo A).

A exploração da atividade experimental virtual foi uma atividade de caráter complementar, dada a sua eficiência e eficácia em relação às possibilidades de interpretação teórica e prática sobre o objeto de estudo na fase da aplicação do conhecimento. E assim como orientações apresentadas no *site* de simulações do PhET, acreditamos que o ensino de circuitos elétricos poderá apresentar melhores resultados se trabalhado de forma “combinada com as atividades experimentais práticas” (PHET, 2022), conforme propomos em nosso estudo. O desenvolvimento da atividade investigativa e exploratória virtual foi de grande importância, principalmente para que os estudantes compreendessem os diferentes tipos de arranjos de lâmpadas nos circuitos, e percebessem visualmente o brilho das lâmpadas, fenômeno esse gerado pelo aquecimento que a corrente elétrica produz no resistor.

Conforme mostra a Tabela 2, a maioria dos estudantes respondeu de forma correta as perguntas do questionário norteador. O critério de análise dos resultados dessa atividade amparou-se nas frases de teor qualitativo: todos acertaram; a maioria acertou; e poucos acertaram. Esses critérios foram formulados a partir das orientações e procedimentos de pesquisas qualitativas (YIN, 2016).

Tabela 2 - Respostas dos estudantes na atividade de análise experimental virtual

Número da pergunta (Anexo A)	Todos acertaram	A maioria acertou	Poucos acertaram
1		X	
2			X
3		X	
4		X	
5		X	
6		X	
7	Questões não analisadas.		
8			

9		X	
10	X		
11		X	
12			X
13		X	
14	Questão não analisada.		

Fonte: o autor (2022).

Ressaltamos que o objetivo, em relação às questões entregues aos estudantes, foi de nortear a exploração experimental virtual no que se refere aos conceitos relacionados, e não de medir a aprendizagem como um instrumento avaliativo fixo e fechado. Conforme pontua Luckeci (1999), as atividades realizadas devem ser um instrumento que visa diagnosticar se os objetivos de aprendizagem foram alcançados, no caso do nosso estudo, os conceitos de circuitos elétricos.

Sobre os resultados obtidos na atividade experimental virtual, consideramos que os resultados foram positivos, pois todos os grupos de estudantes conseguiram montar os circuitos virtuais, e a maioria respondeu de forma correta as questões. Sobre os dados apresentados na Tabela 2, a questão 10 todos os estudantes acertaram, notando-se nessa questão que as interpretações conceituais foram compreendidas e internalizadas. Sendo, dessa forma, os conceitos espontâneos aprimorados através da exploração teórica e experimental, conforme propõe Gaspar (2014b), amparando-se a teoria de Vigotski.

As questões 1, 3, 4, 5, 6, 9, 11 e 13, a grande maioria dos estudantes respondeu de forma correta, entendendo-se assim que a sequência didática proposta contribui na aprendizagem dos conceitos de circuitos elétricos. Reforçamos a ideia de que as simulações virtuais sejam trabalhadas de forma combinada com as atividades experimentais práticas. Pois, as lacunas de aprendizagem que uma atividade experimental deixa, pode ser suprida por outra, dado a sua dinâmica específica em relação ao seu arranjo instrumental e visual, apontamentos esses reforçados também por Moreira (2020).

Em relação à questão 12 ter vários estudantes que responderam de forma incorreta, entendemos que talvez tenha havido uma desatenção em relação a uma análise mais conceitual. Uma vez que, os circuitos foram construídos individualmente, sendo esse um fator que não dispôs de uma análise experimental de comparação visual de dois circuitos montados paralelamente no simulador. O que avaliamos dessa atividade experimental virtual é que houve significativas contribuições em relação ao avanço intelectual dos

estudantes. Compreendemos que a irregularidade do funcionamento do sinal de *internet* prejudicou a realização dessa atividade experimental virtual. Sendo essa uma dificuldade encontrada na aplicação desse modelo didático, naquele momento.

Um fator de considerável relevância, em relação ao processo de ensino e aprendizagem do ensino de Física que gostaríamos de expor, é o pouco tempo que os professores do ensino básico têm para trabalhar os conteúdos da disciplina. Conforme pontua Viana (2022, p. 39), é grande a “quantidade de conteúdo presente no currículo da disciplina de Física”. A pergunta que fica é: Como ensinar todos os conteúdos da disciplina no tempo disponível para esse componente curricular? Essa preocupação também foi notada nos comentários do professor regente da turma.

Por fim, avaliamos que as atividades experimentais, tanto as práticas com os recursos físicos reais, quanto as virtuais, contribuem para que os conceitos relacionados aos circuitos elétricos sejam compreendidos e internalizados. Sendo, dessa forma, os recursos experimentais utilizados uma possibilidade pedagógica de grande potencial pedagógico, assim como citado e proposto por diversos outros pesquisadores dessa área de estudo, e que também propõem esse modelo pedagógico.

7.3 VALIDAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SEGUNDO A OPINIÃO DOS ESTUDANTES E AS PERSPECTIVAS DOS AUTORES DA PESQUISA

Segundo Yin (2016) e Damiani *et al.* (2013), a validação de um estudo é sintetizado por meio do cruzamento dos diferentes instrumentos investigativos, dessa forma, nessa seção apresentaremos alguns elementos investigativos que descrevem as respostas dos estudantes sobre os impactos que a sequência didática representou na sua aprendizagem. O objetivo dessa análise é fazer uma avaliação diagnóstica das respostas dos estudantes sobre a viabilidade da sequência didática no ensino de circuitos elétricos, a fim de levantar informações que possam evidenciar o grau de satisfação sentido pelos estudantes e os possíveis ajustes que talvez tenham que ser feitos.

Os dados coletados nessa categoria de análise foram reunidos através de seis questões, nas quais os estudantes tinham a possibilidade de assinalar uma das alternativas previamente estruturadas pelos pesquisadores (pergunta fechada), considerando estas as variáveis indispensáveis em relação ao objetivo final do estudo. Tinham também a possibilidade de responder de acordo com a sua percepção/opinião (pergunta aberta),

nesse caso descrever outras possíveis variáveis a serem consideradas pelos pesquisadores (YIN, 2016).

Outra fonte de dados foi as observações diretas do professor pesquisador, durante o desenvolvimento das atividades de ensino e aprendizagem, em relação a viabilidade do modelo pedagógico adotado. Outro fator importante, foi confrontar as percepções do pesquisador, durante a aplicação do trabalho, com as encontradas em outros trabalhos presentes na revisão da literatura. Nesse momento da análise, teve-se como intencionalidade confrontar as respostas dos estudantes com a teoria e as concepções dos pesquisadores sobre os objetivos iniciais da proposta aplicada (a sequência didática apoiada nas práticas experimentais e nas simulações virtuais para o ensino de circuitos elétricos).

A avaliação de validação da sequência didática, segundo a perspectiva dos pesquisadores, apoiado na ciência, é expressa por meio das palavras: viável (contribui na aprendizagem); inviável (contribui pouco ou nada na aprendizagem); e verificar (avaliar a sugestão do estudante). O tipo de linguagem adotado dependeu da questão a ser analisada, havendo ainda algumas variações de linguagem, como: parcialmente viável; é uma possibilidade aceitável; seria o mais ideal; e não seria o mais ideal. Esses critérios de validação (a linguagem adotada) foram utilizados na análise das questões 1, 2, 3, 4 e 5, que estarão citadas na sequência (subseção 7.4.1).

Esses critérios apoiam-se aos fundamentos teóricos e científicos de pesquisas qualitativas (STAKE, 2011; DAMIANI, 2012; DAMIANI *et al.*, 2013; YIN, 2016), no referencial teórico de ensino (VIGOTSKI, 2000, 2001, 2004, 2007, 2009), no referencial metodológico de ensino (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002; GEHLEN; MALDANER; DELIZOICOV, 2012) e de preceitos e linguagens trazidos na revisão da literatura.

Dessa forma, na sequência apresentamos os resultados dessa investigação, relacionando os principais achados da pesquisa com a teoria e os objetivos a serem alcançados na pesquisa, através desse método de investigação.

7.3.1 Perguntas realizadas aos estudantes (resposta individual)

Questão 1: Levando em consideração o que você sabia sobre circuitos elétricos antes das aulas e o que você sabe hoje. Assinale a alternativa que melhor descreve o seu aprendizado ou descreva em outro.

Tabela 3 - Respostas dos estudantes e avaliação da viabilidade da sequência didática

Possibilidades de respostas dos estudantes	Quantidade de estudantes por alternativa	Avaliação da viabilidade da sequência didática segundo a perspectiva dos pesquisadores
Houve um grande avanço	11	Viável
Houve um avanço bastante expressivo	11	Viável
Houve um pequeno avanço	1	Inviável
Não houve nada de avanços	1	Inviável
Outro	0	Verificar

Fonte: o autor (2022).

Conforme apresentado na Tabela 3, os dados retratam uma boa aceitação em relação ao modelo pedagógico adotado, pois dos 24 estudantes que responderam a pergunta, 11 estudantes descreveram que houve um grande avanço e 11 responderam que houve um avanço bastante expressivo na aprendizagem dos conceitos de circuitos elétricos. Esses dados são avaliados como satisfatórios, pois direcionam-se ao que é proposto nesse estudo pelos autores/pesquisadores e na literatura pesquisada.

Um dos fatores que considera-se de maior expressividade nessa pergunta é que os estudantes ampliaram o seu arcabouço de conhecimentos. Sendo essas, evidências plausíveis e relevantes em relação ao avanço cognitivo, de suas concepções em direção a aquisição dos conceitos formais e científicos, aos quais Vigotski (2001) descreve de conceitos espontâneos as concepções que os estudantes trazem da sua vivência sociocultural, e conceitos científicos aqueles adquiridos de forma formal de modo geral através das instituições de ensino.

Outro fator de fundamental relevância são os conceitos científicos que foram apresentados levando em consideração a zona de desenvolvimento iminente (ZDI). Os conceitos científicos foram apresentados dentro de um campo de possibilidades acessíveis, tomando como ponto de partida a zona de desenvolvimento real do estudante, ou seja, aquilo que o estudante já sabe sobre o objeto de estudo (PRESTES, 2010). Segundo a teoria vigotskiana, esses conceitos precisam estar presentes nos planejamentos pedagógicos para que se tenha resultados ascendentes na aprendizagem. Os quais entendemos que foram contemplados de forma assertiva na aplicação dessa sequência didática, levando em consideração as respostas dos estudantes.

Sobre a única resposta referindo-se que houve pequenos avanços na aprendizagem dos conceitos de circuitos elétricos, o estudante denominado pela legenda S28, deixa um comentário na questão 3 e na questão 6. Os comentários deixados pelo estudante são positivos em relação à experiência vivenciada, o estudante também relata ter faltado em algumas aulas. Acredita-se que as faltas nas aulas sejam o motivo pelo qual tenha havido pouco avanço na aprendizagem, dessa forma não sendo um dado que impacta negativamente no resultado final da pesquisa. Sobre a outra única resposta, referindo-se que não houve nada de avanços na aprendizagem, o estudante denominado de S1 deixa um comentário na questão 5 e na questão 6. O estudante descreve que “os conteúdos deveriam ser mais estudados”, o que foi possível extrair desse comentário é que deveriam ser destinadas mais aulas para estudar esses conceitos. Segundo comentários de dois professores da turma, um de Física e outro de Matemática, o estudante (S1) tem sérias dificuldades de aprendizagem, sendo dessa forma um caso com peculiaridades bastante específicas e pontuais, em relação às suas necessidades particulares de aprendizagem. Segundo os professores da turma, esses entendem que esse é um caso que deveria ter um atendimento especializado (caso de educação especial), pois essas necessidades de aprendizagem são observadas em todas as disciplinas.

Questão 2: Sobre as práticas experimentais. Qual (is) você considera mais atrativa (s) para o seu aprendizado?

Tabela 4 - Respostas dos estudantes e avaliação da viabilidade dos recursos experimentais no ensino de circuitos elétricos

Possibilidades de respostas dos estudantes	Quantidade de estudantes por alternativa	Avaliação da viabilidade dos recursos experimentais segundo a perspectiva dos pesquisadores
Os protótipos de circuitos elétricos reais.	5	Parcialmente viável
Os circuitos elétricos nos simuladores virtuais.	1	Parcialmente viável
Os dois modelos experimentais são bons para o nosso aprendizado.	18	Viável
Nenhuma.	0	Inviável
Outro	0	Verificar

Fonte: o autor (2022).

Os dados expressos nessa questão trazem algumas peculiaridades sobre a análise a ser realizada. Conforme proposto na sequência didática, a sugestão metodológica é que

as atividades experimentais práticas e as simulações virtuais sejam trabalhadas de forma combinada, a fim de um recurso pedagógico complementar o outro, em relação à compreensão conceitual dos conceitos de circuitos elétricos. Essa sugestão é citada no *site* do PhET (2022) e, de modo geral, a maioria dos estudos que versam sobre atividades experimentais no ensino de circuitos elétricos se amparam também tanto nos recursos dos protótipos reais, quanto nas simulações virtuais, conforme está apresentado na seção 2 (Revisão da literatura).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 4, dos 24 estudantes que responderam a pergunta, 18 consideram tanto as atividades experimentais práticas quanto as simulações virtuais atrativas para o ensino de circuitos elétricos. O que vem de encontro ao que realizaram em suas pesquisas os autores Fernandes (2015), Silva (2017), Moreira (2020), entre outros autores, e concluem que as práticas experimentais e as simulações virtuais são recursos pedagógicos atrativos, e tem uma boa aceitação por parte dos estudantes, além da boa aceitação, há avanços satisfatórios na aprendizagem. Esses apontamentos também vêm de encontro ao que propõe Moran (2013), aliar os conhecimentos do mundo real e virtual enriquece e potencializa o processo de ensino e aprendizagem, tornando-o mais dinâmico, atrativo e vivo do ponto de vista pedagógico.

Sobre os 6 estudantes que optaram por apenas um dos recursos pedagógicos, as atividades experimentais práticas ou apenas a simulação virtual, consideramos que é uma possibilidade que pode deixar lacunas no sentido mais geral da compreensão de todos os possíveis conceitos e fenômenos a serem analisados. Por esse motivo, classificamos esse recurso como parcialmente viável. Porém destacamos que são excelentes recursos de mediação da aprendizagem, sendo uma boa possibilidade dependendo dos objetivos específicos de aprendizagem (PhET, 2022).

Dessa forma, o uso combinado de recursos experimentais reais e virtuais apresenta-se como uma possibilidade viável, pois a maior parte dos estudantes considera os dois modelos experimentais como bons recursos para a aprendizagem. Essa validação vem de encontro à perspectiva dos autores da pesquisa e dos estudos bibliográficos trazidos no decorrer desse trabalho de pesquisa.

Questão 3: Na sua opinião, a proposta de sequência didática apresentada é uma boa opção para o Ensino e Aprendizagem de Circuitos Elétricos?

Tabela 5 - Respostas dos estudantes e avaliação da viabilidade da sequência didática

Possibilidades de respostas dos estudantes	Quantidade de estudantes por alternativa	Avaliação da viabilidade da sequência didática segundo a perspectiva dos pesquisadores
Sim, pois traz um método que facilita o ensino e aprendizagem.	17	Viável
Sim, mas é um método de difícil aplicação.	5	Parcialmente viável
Não, pois é perigoso e difícil de replicar.	0	Inviável
Não, pois pode confundir os alunos.	1	Inviável
Outro	1	Verificar

Fonte: o autor (2022).

A Tabela 5 apresenta a opinião dos estudantes em relação a viabilidade da sequência didática e, conforme apresentado, os dados mostram que 22 estudantes consideram o modelo pedagógico um método que facilita a aprendizagem dos conceitos. Mostrando-se um produto educacional viável.

Sobre os 5 estudantes que consideram um método de difícil aplicação, segundo evidências levantadas durante o decorrer das aulas, alguns estudantes relataram da falta de recursos instrucionais para a aplicação desse modelo pedagógico. Por outro lado, pontuamos que as aulas, de modo geral, ainda são muito baseadas na apresentação de narrativas conceituais e fórmulas matemáticas (SILVA, 2022), havendo por parte de alguns estudantes um certo espanto em relação a esses novos olhares sobre os ambientes escolares. Esses aspectos podem ter influenciado os estudantes a escolherem essa resposta que seria uma possibilidade parcialmente viável.

Por outro lado, há ainda a possibilidade de ser minimizado essa falta de materiais que os estudantes citam e que realmente é realidade de muitos espaços escolares, porém é possível suprir essa necessidade utilizando sucatas para realizar essas atividades experimentais, ou seja, equipamentos eletrônicos que estão em desuso (SANTOS, 2017).

Com relação aos recursos virtuais, acreditamos que as redes escolares vêm avançando em relação a melhoria dessa necessidade educativa. Porém, um fator que preocupa é a falta de verba para a manutenção, no que diz respeito ao funcionamento dos recursos tecnológicos digitais já existentes nas unidades escolares (KOHORI, 2015).

Sobre a única resposta considerando que o modelo pedagógico pode confundir os estudantes, pontua-se que a resposta se contradiz ao comentário que o estudante denominado pela legenda S23 deixou na questão 6. Em seu comentário o mesmo relata

que gostou do formato das aulas. E sobre o comentário deixado na opção outros, refere-se ao estudante S28, que relata ter faltado em algumas aulas, porém avalia que não vê problemas na sequência.

Dessa forma, de acordo com os resultados apresentados na Tabela 5, a sequência didática é uma opção viável para o processo de ensino e aprendizagem dos conceitos de circuitos elétricos, segundo a resposta dos estudantes e a visão dos autores pesquisadores que propõem a sequência didática.

Questão 4: Na sua opinião, a presente proposta metodológica poderia ser útil para a ampliação das opções pedagógicas dos professores?

Tabela 6 - Respostas dos estudantes e avaliação da viabilidade da proposta metodológica

Possibilidades de respostas dos estudantes	Quantidade de estudantes por alternativa	Avaliação da viabilidade da proposta metodológica segundo a perspectiva dos pesquisadores
Sim, pois pouco se trabalha com esse enfoque no Ensino Médio.	20	Viável
Sim, porém seria pouco utilizado.	4	Parcialmente viável
Não, pois é um assunto muito comum.	0	Inviável
Não, pois tem equipamentos melhores no laboratório das escolas.	0	Inviável
Outro	0	Verificar

Fonte: o autor (2022).

Em relação à opinião dos estudantes sobre a proposta metodológica para ampliar as opções pedagógicas para os professores, todos os 24 estudantes foram unânimes em afirmar que a proposta é uma opção útil. Sendo essa uma proposta de grande potencial pedagógico, considerando tanto a opinião dos estudantes quanto as perspectivas dos pesquisadores e a literatura pesquisada.

O método de ensino apresentado é uma possibilidade pedagógica que visa entrelaçar a linguagem abstrata dos conceitos científicos com a prática e os fenômenos que acontecem em situações cotidianas (GASPAR; MONTEIRO, 2005). Entendemos que o processo de ensino e aprendizagem dos conceitos de circuitos elétricos através dessa opção pedagógica tem por objetivo colocar os estudantes diante de situações que representam a realidade ou que são a própria realidade, para que possam manusear, explorar, visualizar, compreender e transpor os conhecimentos sobre os objetos de estudo (SALDANHA, 2016; BARRETO, 2019; SILVA, 2020).

Conforme os dados apresentados na Tabela 6, quatro estudantes consideram que a sequência didática é uma opção útil, porém seria pouco utilizada. Nesse ponto, ressaltamos novamente que a escolha por essa opção de resposta pode estar ligada àquilo que é considerado “o mais normal” em relação às aulas tradicionais de Física, apresentação de narrativas conceituais e fórmulas matemáticas (SILVA, 2022), ou ainda essas considerações podem estar ligadas a questões de estrutura das escolas, em função dos aparatos experimentais.

Diante dessas situações foram feitos alguns comentários na sala, dentre os quais, ressaltamos que é necessário que haja um olhar mais saudável e de aceitação dessas possibilidades pedagógicas por parte dos professores, haja visto que a Física é uma ciência experimental (BARRETO, 2019). Os autores consideram que nem todas as abordagens conceituais são fáceis de serem abstraídas e aplicadas nos contextos de aplicação real, ainda mais quando essas se ancoram apenas a interpretações abstratas da realidade. Sobre a falta de recursos, é possível construir esses aparatos experimentais com materiais de baixo custo ou que estão em desuso (lixo eletrônico), ou seja, materiais que ainda podem ser reutilizados (SANTOS, 2017).

Questão 5: Na sua opinião, em qual das situações abaixo a sequência didática melhor se aplica?

Tabela 7 - Respostas dos estudantes e avaliação de viabilidade da sequência didática

Possibilidades de respostas dos estudantes	Quantidade de estudantes por alternativa	Avaliação da viabilidade da sequência didática segundo a perspectiva dos pesquisadores
Para que cada aluno construa seu experimento, sem o auxílio do professor.	0	Não seria o mais ideal
Para que cada aluno construa seu experimento, com o auxílio do professor.	7	Uma possibilidade aceitável
Para que em grupos os alunos construam experimentos, sem o auxílio do professor.	3	Não seria o mais ideal
Para que em grupos os alunos construam experimentos, com o auxílio do professor.	13	Seria o mais ideal
Outro	1	Verificar

Fonte: o autor (2022).

Conforme os dados apresentados na Tabela 7, nessa questão há uma pequena variação em relação às respostas dos estudantes sobre a melhor forma que a sequência

didática se aplica. Segundo Vigotski (2009), o desenvolvimento da consciência humana é um processo de natureza histórica, cultural e social, e a aprendizagem é uma atividade que acontece através da interação entre as pessoas e os seus recursos que mediam essa aprendizagem. Outro fator considerado pela teoria Vigotskiana é que os parceiros mais capazes são os que fazem os demais evoluírem intelectualmente, pois ajudam os seus demais parceiros superarem as suas lacunas que, às vezes, o processo ainda não supriu (VIGOTSKI, 2007).

Tomando esses pressupostos como um ponto de convergência a um interesse mútuo, no que se refere ao processo de ensino e aprendizagem dos conceitos de circuitos elétricos, consideramos, assim como os 13 estudantes que escolheram essa opção, que em grupos os estudantes construam os seus experimentos e tenham a ajuda do professor. Essa foi a metodologia adotada no decorrer da aplicação da sequência didática. Esse método de gerir o andamento das aulas experimentais também é defendido e proposto por diversos pesquisadores que realizam propostas pedagógicas amparadas nas atividades experimentais e nas simulações virtuais, dentre os quais destacamos Barreto (2019) e Fernandes (2015).

Sobre os 7 estudantes que sugeriram que cada estudante realize seu experimento com o auxílio do professor, consideramos que é uma opção válida, porém envolve questões estruturais quanto a ter material experimental para todos os estudantes, depende ainda de um fator bastante relevante que é a quantidade de estudantes na sala de aula. Sendo, dessa forma, essa opção pedagógica uma possibilidade validada, porém com algumas ressalvas a serem observadas, principalmente o número de alunos por sala e a quantidade de material disponível.

Em relação aos 3 alunos que escolheram a opção que os estudantes realizassem as atividades em grupo e sem o auxílio do professor, entende-se, assim como Gaspar (2014b), que o professor é o agente responsável por gerir o processo, de forma a conduzir e orientar os seus estudantes considerando os métodos e saberes científicos.

Um estudante deixou um comentário na opção “outro”, é o mesmo estudante que já foi comentado anteriormente, e que alguns professores da turma relatam que o mesmo tem grandes dificuldades de aprendizagem, sendo um caso que inicialmente passou despercebido em relação às suas necessidades educativas.

Concluindo essa análise, entendemos que a melhor forma de aplicabilidade é a forma como a mesma foi aplicada. Houve uma validação dos estudantes em direção ao que

propomos nessa sequência didática, e que segue de encontro ao que propõem a teoria vigotskiana.

Questão 6: Utilize este espaço para comentários que considere importante para a melhoria e aperfeiçoamento dessa proposta de sequência didática.

Tabela 8 - Comentários dos estudantes na ordem da lista de chamada e denominados pela legenda (Sn)

Legenda (Sn) que representa o sujeito da pesquisa	Opinião do estudante em relação a sequência didática (transcrição fiel)
S1	“para mim, seria bom que fosse mais estudado esse tipo de conteúdo”.
S2	“Com os Circuitos Elétricos aprendi muitas coisas que não sabia essa ideia de aula foi muito boa para nossos aprendizados”.
S3	“Não mudaria nada pois gostei do método de aprendizagem aplicado”.
S4	Estudante não participou da aula.
S5	“Aulas práticas são boas e importantes, pois facilita o aprendizado e assim o aluno pode ter um contato melhor com o conteúdo”.
S6	“Com estas atividades nós como alunos conseguimos ter maior desenvolvimento, pois fazendo atividades em grupo e prática”.
S7	“Eu gostei desse método de aprendizado, pois é uma maneira legal em aprender com seu colega”.
S8	“Para melhorar o conhecimento melhor opção seria práticas assim cada sistema montado daria mais conhecimento”.
S9	Estudante não participou da aula.
S10	Estudante não participou da aula.
S11	“As atividades em um geral foram ótimas e aprender na prática nos auxiliará muito com atividades teóricas, mas não é em todas as redes de ensino que conseguirão o material para este tipo de aula”.
S12	Estudante não participou da aula.
S13	“eu particularmente gostei muito dessas aulas práticas aprendi bastante coisa sobre circuitos elétrico”.
S14	“A melhor opção para maior aprendizado e conhecimento prático”.
S15	“Eu gostei bastante, acredito que na prática é mais fácil compreender o conteúdo. O método de ensino escolhido pelo professor foi ótimo para a absorção do conteúdo”.
S16	“Eu gostei muito desse tipo de aula pois consegui aprender bem mais na aula prática e foi bem divertido fazer a aula pratica”.
S17	“Que tenha mais atividades em grupo e com mais dinâmicas na sala de aula”.
S18	“Eu acho esse método muito bom, consegui aprender muito bem”.
S19	Estudante não participou da aula.

S20	“Foi boa a experiência pois mesmo sendo difícil consegui entender. Aprendi mais sobre a eletricidade de como gerar a energia a um polo”.
S21	“gostei assim mesmo S12”
S22	“Muito bom”.
S23	“Gostei do formato dessas aulas, foi muito importante para compreender melhor o conteúdo”.
S24	Estudante não participou da aula.
S25	“Eu acho que não precisa de melhoria, está proposta que estávamos seguindo é ótima e acredito que todos estão conseguindo compreender bem”.
S26	“Foi uma ótima experiência, minhas críticas se voltam apenas aos meus colegas”.
S27	“Acredito que deveria haver mais aulas assim com mais frequência, pois prende a atenção do aluno”.
S28	“Na minha opinião, deveria haver mais aulas práticas como estas, e também em outras matérias”.
S29	“A sequência didática apresentada já é bastante para ser passado em sala de aula”.
S30	Estudante não participou da aula.
S31	Estudante não participou da aula.
S32	“Muito bom”.

Fonte: o autor (2022).

Conforme apresentado na Tabela 8, todos os estudantes avaliam a proposta de sequência didática como uma boa opção pedagógica, sendo assim, o modelo pedagógico foi validado pelos estudantes. O comentário do estudante S1, referindo-se que deveria ser mais estudado esse conteúdo, é a situação do aluno que já foi discutido anteriormente. É um caso com particularidades bastante específicas. E sobre o estudante S11, que descreve que nem todas as redes têm a disponibilidade desses materiais, conforme já relatamos em questões anteriores, há algumas possibilidades alternativas, como, por exemplo, usar materiais que estão em desuso e que ainda podem ser reutilizados (SANTOS, 2017). Essa alternativa também pode ser um estímulo para despertar um olhar sobre aspectos que envolvem a temática sustentabilidade nos meios escolares (UNESCO, 2020), é claro que sem perder o foco em relação ao objeto conceitual específico de estudo, nesse caso, os conceitos de circuitos elétricos.

Na Tabela 9, apresentaremos comentários de discentes de outros estudos que envolvem essa perspectiva pedagógica e que visam também validar o modelo pedagógico adotado. Os comentários registrados pelos estudantes das referidas pesquisas, fazem parte de estudos dos autores citados nesse estudo, na seção 2 (Revisão da literatura).

Tabela 9 - Comentários de estudantes de outras pesquisas

Cidade e estado que a pesquisa foi aplicada	Comentários dos estudantes em relação ao modelo pedagógico amparado nos recursos experimentais	Autor/ano/página
Viçosa - Minas Gerais	“Aulas práticas e virtuais são essenciais para o melhor aprendizado”.	(BARRETO, 2019, p. 48).
Mossoró – Rio Grande do Norte	“Foi bastante interessante, todas as experiências no laboratório e o programa no computador ajudaram a aprender coisas novas”.	(PASCOAL, 2016, p. 48).
Bagé – Rio Grande do Sul	“Podemos ver na prática, o que ocorre em um circuito. Isso é um ponto positivo, pois assim podemos enxergar os nossos erros e é uma forma de termos aula prática já que não a temos”.	(FERNANDES, 2015, p. 63)
Medianeira - Paraná	“as imagens dos esquemas de montagem fornecidos em cada questão facilitaram muito o desenvolvimento da atividade”.	(VIACELLI, 2020, p. 77)
Macapá - Amapá	“O nosso projeto precisou ser modificado, mas com as explicações do professor não tivemos dificuldades. Achei muito mais fácil aprender física desse jeito”.	(BASTOS, 2020, p. 10)

Fonte: o autor (2022).

Conforme observa-se, há comentários bastante positivos em relação a esse modelo pedagógico, haveriam vários outros comentários, porém pontuamos alguns que retratam e validam aquilo que também foi expresso pelos sujeitos dessa pesquisa. Sendo assim, findamos as análises em relação a validação da sequência didática, tendo como sujeitos dessa análise a opinião dos estudantes que participaram da pesquisa.

8. CONCLUSÃO

Nessa pesquisa, pudemos observar as contribuições que a teoria histórico-cultural de Vigotski proporciona aos processos de ensino e aprendizagem em sala de aula, e o quanto as atividades experimentais com materiais concretos e virtuais contribuem em relação à exploração conceitual e na realização das atividades. Reforçamos que, nesse processo, o professor atua como o sujeito mais bem instruído, mais capaz, que conduz e expõe os conceitos científicos, sempre considerando os conceitos espontâneos dos estudantes os elementos primordiais para o desenvolvimento da aprendizagem, sendo que o docente deve, ainda, apresentar os conteúdos de acordo com o nível cognitivo dos estudantes (GASPAR; MONTEIRO, 2005).

No que diz respeito ao problema investigado e à proposta apresentada (uma sequência didática amparada nas atividades experimentais práticas, reais e virtuais), a pesquisa também mostrou resultados satisfatórios como meio para suprir as necessidades pedagógicas demandadas. O ensino de Física, sem dúvidas, é uma área do conhecimento que deixa professores e pesquisadores preocupados em relação aos melhores métodos de ensino e aprendizagem dos conceitos científicos. Sendo assim, procuramos elucidar alguns problemas correlatos e apresentar possibilidades pedagógicas para o processo de ensino e aprendizagem.

Assim como Gaspar e Monteiro (2005) e Gaspar (2014b), destacamos que as atividades experimentais em sala de aula não são recursos pedagógicos autossuficientes, elas dependem da ação do professor, da sua capacidade instrucional e funcional quanto a realização das atividades de exploração e demonstração, e de torná-las um elemento desencadeador de interações sociais fecundas e que desenvolvam a aprendizagem.

Dessa forma, entendemos que ensinar os conceitos de circuitos elétricos, amparados nos recursos experimentais concretos e nos simuladores virtuais, mostrou-se como uma excelente metodologia de ensino para melhorar a aprendizagem dos discentes. Entendemos que a Física é uma ciência que deve ser apresentada para os estudantes de forma experimental e investigativa, alicerçadas nas atividades experimentais reais e virtuais, sempre que esses recursos pedagógicos forem possíveis de serem utilizados.

De acordo com o que indicava o referencial vigotskiano e os aportes teóricos trazidos dos autores citados na revisão da literatura, consideramos que as interações entre os sujeitos da pesquisa, proporcionada pelas atividades experimentais, é um fator de grande representatividade no processo de ensino e aprendizagem. Os resultados mostraram a

importância e o potencial de aprendizagem das atividades para a evolução do domínio cognitivo dos conceitos científicos pelos estudantes, influenciado pela familiaridade que eles apresentavam com os conceitos espontâneos correlatos. A aprendizagem é fator essencial para o desenvolvimento cognitivo. Consideramos que houve avanços na aprendizagem, e que a evolução na compreensão dos conceitos científicos não é algo mágico e instantâneo, mas um processo muito particular de cada estudante, pois cada sujeito vem de um contexto de vivência, e isso reflete na forma como esse desenvolve-se cognitivamente.

Podemos destacar, entre outros fatores, a evolução da compreensão dos seguintes temas: o reconhecimento de diferentes tipos de circuitos (série, paralelo e misto); a diferenciação entre os dispositivos e elementos elétricos (geradores, receptores, resistores, condutores, entre outros); e a compreensão dos conceitos e fenômenos vinculados a tensão, corrente e resistência elétrica. Reiteramos a importância das interações e a motivação que essa metodologia de ensino fez aflorar nos estudantes no transcorrer de sua aplicação.

Sendo assim, finalizamos expondo muita satisfação em relação aos resultados obtidos, que apesar de esperados, produzem incertezas durante a sua aplicação. Lembramos que esse estudo visou deixar contribuições para essa área do conhecimento, tanto na forma de estudos teóricos e metodológicos de ensino e aprendizagem, quanto em termos mais práticos. Ponderamos que é um produto educacional produzido e destinado para professores, o mesmo se encontra no Apêndice D dessa pesquisa. Ademais, o desejo é de bons estudos e boas práticas para todos os professores que farão uso dessa sequência didática, e que as práticas pedagógicas, amparadas nos recursos experimentais reais e virtuais, possam fazer parte do ensino de circuitos elétricos no 3º ano do ensino médio e/ou níveis em que forem utilizados.

REFERÊNCIAS

- ARANTES, A. R.; MIRANDA, M. S.; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. **Física na Escola**, v. 11, n. 1, 2010.
- BALADEZ, F. O passado, o presente e o futuro dos simuladores. **Fasci-Tech** – Periódico Eletrônico da FATEC - São Caetano do Sul, São Caetano do Sul, v.1, n. 1, Ago./Dez. 2009, p. 29 a 40.
- BARRETO, D. S. **Eletrodinâmica no Ensino Médio: Uma Construção de Conhecimentos por Meio de Experimentos Orientados**. 2019. 100 p. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2019.
- BASTOS, A. M. Tecnologias digitais: uso do Physics Education Technology Project (PhET) no ensino de eletrodinâmica. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e205996846, out. 2020.
- BIEMBENGUT, M. S. **Mapeamento na Pesquisa Educacional**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2008.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- CARVALHO, A. M. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: Carvalho, A. M. P. **Ensino de Ciências por Investigação**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, A. M. P. As Práticas experimentais no Ensino de Física. In: Carvalho, A. M. P. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- CARVALHO, A. M. P. Trabalhar com a formação de professores de Ciências: uma experiência encantadora. In: Carvalho, A. M. P.; Cachapus, A. F.; Gil-Pérez, D. **O Ensino de Ciências como compromisso científico e social**. São Paulo: Cortez, 2012.
- CHIZZOTTI, A. A pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais: evolução e desafios. **Revista Portuguesa de Educação**, 2003. v. 16, n. 2 Universidade do Minho Braga, Portugal pp. 221-236.
- CONCEIÇÃO, F. C. **O uso pedagógico da simulação de circuitos elétricos resistivos em atividades escolares para auxiliar o desenvolvimento da aprendizagem significativa e colaborativa de Física**. 2016. 182 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 2016.
- DAMACENO, J. A. V. **Circuitos elétricos: uma proposta de ensino concebida com base na teoria da formação por etapas das ações mentais e dos conceitos de Galperin**. 2020. 150 p. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró – RN, 2020.
- DAMIANI, M. F. et al. **Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica**. Cadernos de educação, n. 45, p. 57-67, 2013.

DAMIANI, M. F. **Sobre pesquisas do tipo intervenção**. XVI Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino, ENDIPE - 23 a 26 de julho de 2012, FE/UNICAMP, Campinas.

DANIELS, H. **Vygotsky e a pedagogia**. São Paulo: Centauro, 2004.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 4 ed. São Paulo: Cortez, 2002.

ESTEBAN, M. P. S. **Pesquisa qualitativa em educação**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

FAIÕES, V. S. Simulações PhET: recurso didático-pedagógico para o ensino de ciências alinhado à Base Nacional Comum Curricular. **R. Bras. Ens. Ci. Tecnol.**, Ponta Grossa, v. 15, p. 1-17, 2022.

FERNANDES, M. B. **Eletricidade: uma sequência didática para o ensino médio integrado**. 2015. 163 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Universidade Federal do Pampa, Bagé – RS, 2015.

FIOLHAIS, C; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. **Rev. Bras. Ensino Fís.** 25 (3). Set 2003.

GASPAR, A. **Experiências de Ciências**. 2.ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014a.

GASPAR, A. **Atividades experimentais no Ensino de Física**. São Paulo: Livraria da Física, 2014b.

GASPAR, A. **Experiências de Ciências**. 2.ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. de C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 227–254, 2005.

GEHLEN, S. T.; MALDANER, O. A.; DELIZOICOV, D. Momentos pedagógicos e as etapas da situação de estudo: complementaridades e contribuições para a educação em ciências. **Revista Ciência & Educação**, v. 18, n. 1, p. 1-22, 2012.

ITAIPU. Localização. Foz do Iguaçu – PR: **Itaipu Binacional**. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/institucional/localizacao>. Acesso em: 01 de set. 2022.

KOHORI, M.K. **Estratégias experimentais de ensino visando contribuir com o ensino de física de modo significativo: atividades de eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo**. 2015. 61 p. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física) – Universidade Estadual Paulista - SP, 2015.

LEONTIEV, A. N. **O desenvolvimento do psiquismo**. São Paulo: Centauro, 2º ed, 2004.

LIBÂNEO, J. C. **Democratização da Escola Pública**: a pedagogia crítico-social dos conteúdos. 21ª ed. São Paulo: Loyola, 2006.

LUCKESI, Cipriano Carlos. Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições. 9. ed. São Paulo: Cortez, 1999. 180 p.

MARTINS, H. H. T. S. Metodologia qualitativa de pesquisa. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.30, n.2, p. 289-300, maio/ago. 2004.

MORAES, M. B. S. A.; TEIXEIRA, R. M. R. **Circuitos elétricos**: novas e velhas tecnologias como facilitadoras de uma aprendizagem significativa no nível médio. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2006.

MORAN, J. M. Ensino e aprendizagem inovadores com apoio de tecnologias. *In*: MORAN, J. M.; MASETTO, M. T.; BEHRENS, M. A. (Orgs.). **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 21ª ed. Campinas – SP: Papirus, 2013.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avançados**, vol.32 n.94 São Paulo Sept./Dec., 2018.

MOREIRA, L. P. B. **Laboratórios Reais e Virtuais no Aprendizado de Circuitos Elétricos**: Uma investigação dos diferentes mecanismos externos de cognição por meio da análise dos discursos verbal e gestual. 2020. 182 p. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Luterana do Brasil, Canoas - RS, 2020.

OLIVEIRA, M. K. Série pensamento e ação no magistério. Vol 21 – Vigotski- **Aprendizado e desenvolvimento**: um processo sócio-histórico. Scipione. 1ª edição. 1993.

PASCOAL, M. R. A. **Física no ensino fundamental**: uma proposta de sequência didática sobre circuitos elétricos. 2016. 82 p. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró – RN, 2016.

PAULA, H. de F. e. Fundamentos Pedagógicos para o Uso de Simulações e Laboratórios Virtuais no Ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 75–103, 2017.

PhET. Physics Educacional Technology. 2021. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/. Acesso em: 05 outubro. 2022.

PRESTES, Z. R. **Quando não é quase a mesma coisa**: análise de traduções de Lev Semionovitch no Brasil, repercussões no campo educacional. Tese de Doutorado. Brasília: Faculdade de Educação da Universidade de Brasília, 2010.

ROSA, C. T. W. Concepções teórico-metodológicas no laboratório didático de física na Universidade de Passo Fundo. **Ensaio**, vol 5, nº 2, out 2003.

SALDANHA, T. P. R. **O conceito de potência elétrica**: uma intervenção pedagógica para o ensino médio. 2016. 159 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Universidade Federal do Pampa, Bagé – RS, 2016.

SANTOS, J. C.; DICKMAN, A. G. **Experimentos reais e virtuais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 41, nº 1, e20180161, 2019.

SANTOS, R. H. R. **O ensino de física por meio de experimentos com materiais do lixo eletrônico.** 2017. 98 p. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) – Universidade Federal de Goiás, Catalão – GO, 2017.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica e documentos oficiais brasileiros: um diálogo na estruturação do Ensino de Física. In: Carvalho, A. M. P. **Ensino de Física.** São Paulo: Cengage Learning, 2010.

SILVA, J. **Aprendizagem significativa em uma abordagem no ensino de circuitos elétricos no ensino médio.** 2020. 100 p. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, PR, 2020.

SILVA, M. G. **Uma proposta de ensino de eletrodinâmica no ensino médio na metodologia dos três momentos pedagógicos com o uso de vídeos e simuladores computacionais.** 2022. 230 p. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal do Espírito Santos - ES, 2022.

SILVA, V. R. **Sequência didática com tábua de circuitos elétricos.** 2017. 131 p. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru – PE, 2017.

SILVA, M. **Eletrodinâmica no Ensino da Física: uma sequência didática apoiada nas tecnologias e na experimentação.** 2016. 75 p. Dissertação (Mestrado em ensino de Ciências e Matemática) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo - RS, 2016.

STAKE, R. E. **Pesquisa Qualitativa: estudando como as coisas funcionam.** Porto Alegre: Penso, 2011.

TRENTIN, M. A. S; SILVA, M.; ROSA, C.T.W. Eletrodinâmica no ensino médio: uma sequência didática apoiada nas tecnologias e na experimentação. **Revista de Ensino de Ciência e Matemática**, v. 9, n. 5, p. 94-113, Dez, 2018.

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Brasília – DF: **Unesco** 2020. Disponível em: <https://pt.unesco.org/fieldoffice/brasil/pt/expertise/education-sustainable-development/eds-na-escola>. Acesso em: 01 de set. 2022.

VIACELLI, K. A. G. **Uma proposta de sequência didática para o Ensino de Eletricidade com o uso de Atividades Experimentais e Simuladores Educacionais.** 2020. 95 p. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira - PR, 2020.

VIANA, L. G. D. **Análise de uma proposta de intervenção pedagógica para o ensino de eletrodinâmica na disciplina de física no ensino médio.** 2022. 58 p. Monografia

(Especialista em Práticas Pedagógicas) – Instituto Federal do Espírito Santo, Viana – ES, 2022.

VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente**. 7 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VIGOTSKI, L. S. **Historia del desarrollo de las funciones psíquicas superiores**. Trad. José María Bravo. In: Obras Escogidas III. Madrid: Visor, 2000.

VIGOTSKI, L. S. **Imaginação e criação na infância**. 4 ed. São Paulo: Ática, 2009.

VIGOTSKI, L. S. **Teoria e método em psicologia**. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

VIGOTSKI, L.S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

WEIZENMANN, L. M. **Uma sequência didática para análise de circuitos elétricos a partir das concepções espontâneas dos estudantes**. 2019. 61 p. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira - PR, 2019.

Yin, Robert K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim**. Porto Alegre: Penso, 2016.

APÊNDICE A: ATIVIDADE SOBRE O VÍDEO DE CONSTRUÇÃO DA USINA ITAIPU

ALUNO (A): _____ TURMA: _____

PROFESSOR (A): _____

Instruções: Responder as questões sobre o vídeo de construção da usina Itaipu para posterior socialização e discussão.

1) Escreva um pequeno texto expressando sua opinião sobre a construção de usinas hidrelétricas. (Refleta sobre a relação entre necessidade, viabilidade e impactos ambientais. Há outras formas de geração de energia?).

2) Quais os impactos positivos e negativos em relação a usina Itaipu?

3) O que foi feito com o leito do rio para que a usina fosse construída? Qual é o rio que foi represado?

4) Quais os impactos ambientais ocorridos naquela região? Quais os trabalhos de compensação que foram feitos para compensar os danos ambientais?

5) Qual foi o procedimento realizado com as pessoas e áreas de terras que foram inundadas?

APÊNDICE B: ANÁLISE TEÓRICA E PRÁTICA DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

ALUNO (A): _____ TURMA: _____

PROFESSOR (A): _____

Instruções: Considerando os conceitos expostos e discutidos durante as aulas, e de posse do conjunto experimental (lâmpadas, fios e pilhas), siga as instruções da atividade a seguir. A atividade pode ser realizada em grupo, porém deve ser respondida individualmente.

- 1) Escreva com suas palavras o que você entendeu sobre o conceito de: tensão elétrica, corrente elétrica, e resistência elétrica.
- 2) Quais são as unidades de medida da grandeza física: tensão elétrica, corrente elétrica, e resistência elétrica.
- 3) Cite quais as fontes de tensão elétrica que foram utilizadas durante as demonstrações experimentais realizadas pelo professor.
- 4) Desenhe um modelo de circuito elétrico em série, e posteriormente construa-o com os materiais do conjunto experimental.
- 5) No circuito elétrico em série, a tensão elétrica de uma lâmpada escolhida aleatoriamente é igual ou diferente a tensão da fonte? Explique essa situação?
- 6) No circuito elétrico em série, a corrente elétrica que passa nas lâmpadas é igual em todas as lâmpadas, ou é diferente? Explique essa situação?
- 7) Retire uma das lâmpadas do circuito elétrico em série, e responda o que aconteceu e por que isso acontece.
- 8) Desenhe um modelo de circuito elétrico em paralelo, e posteriormente construa-o com os materiais do conjunto experimental.
- 9) No circuito elétrico em paralelo, a tensão elétrica de uma lâmpada escolhida aleatoriamente é igual ou diferente a tensão da fonte? Explique essa situação?
- 10) No circuito elétrico em paralelo, a corrente elétrica que passa no fio condutor antes do nó da ligação em paralelo é igual ou diferente a corrente elétrica que passa nas lâmpadas? Explique essa situação?

- 11) No circuito elétrico em paralelo a corrente elétrica que passa antes do nó da ligação em paralelo é igual ou diferente a corrente que passa depois do nó que junta novamente as ligações? Explique essa situação?
- 12) Retire uma das lâmpadas do circuito elétrico em paralelo, e responda o que aconteceu e por que isso acontece.
- 13) Desenhe um modelo de circuito elétrico misto e posteriormente construa-o com os materiais do conjunto experimental.
- 14) No circuito elétrico misto a tensão elétrica é igual em todas as lâmpadas do circuito? Justifique a sua resposta.
- 15) No circuito misto a corrente elétrica é igual em todas as lâmpadas do circuito? Justifique a sua resposta.
- 16) Qual dos três tipos de circuitos elétricos representam as ligações elétricas dos circuitos de lâmpadas das salas de aula da sua escola, e das ligações elétricas das lâmpadas de sua casa? Caso tenha dúvidas converse com os colegas e/ou professor.

APÊNDICE C: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, RG _____, declaro por meio deste termo que autorizo a participação do aluno (a); e eu aluno (a), _____, RG _____ do terceiro ano do ensino médio da EEB Dr. Theodureto Carlos de Faria Souto, declaro por meio deste termo que me voluntario a participar da coleta de dados de uma pesquisa sobre o ensino de Circuitos Elétricos. A pesquisa será realizada pelo Mestrando Laércio Rauber (e-mail laerciorauber33@gmail.com), do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação, do Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Campus Pelotas – Visconde da Graça, sob a orientação do professor Dr. Nelson Luiz Reyes Marques. Nosso objetivo é avaliar a aplicação de uma sequência didática para o ensino de Circuitos Elétricos no terceiro ano do ensino médio. Dessa forma declaro que fui informado que: i. a identificação do aluno (a) será mantida em sigilo em quaisquer publicações científicas em que elas venham a ser veiculadas; ii. as declarações e imagens coletadas serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos (e.g. artigos científicos, palestras, seminários, etc); iii. a participação na pesquisa será inteiramente voluntária; iv. não haverá quaisquer despesas para a participação, nem remuneração de qualquer tipo; v. você poderá interromper a participação do (a) aluno (a) a qualquer momento, bastando para isso manifestar o seu desejo para os pesquisadores (através de comunicação eletrônica). A colaboração com a pesquisa se dará através da entrega do termo devidamente assinado, sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes.

Dionísio Cerqueira, ____ de _____ de 2022.

Nelson Luiz Reyes Marques

Laércio Rauber

Assinatura do responsável

Assinatura do aluno participante

APÊNDICE D: PRODUTO EDUCACIONAL

Partindo desses apontamentos, consideramos importante salientar que os conceitos científicos precisam ser apresentados dentro de um campo de possibilidades acessíveis aos estudantes. Vigotski afirma que os conceitos a serem internalizados devem ser apresentados dentro da Zona de Desenvolvimento Iminente (ZDI), para que estes conceitos possam fazer algum sentido para os estudantes (PRESTES, 2010). A ZDI refere-se aqueles conhecimentos que o estudante ainda não aprendeu, mas que estão acessíveis para que ele possa aprendê-los por meio da ajuda de um parceiro mais capaz. Dessa forma, sobre esses apontamentos, é possível entender que a distância entre o que o estudante sabe e o que ele precisa aprender precisa estar arranjada de tal forma que esses possam estabelecer relações entre os conceitos científicos e os conceitos espontâneos. Sendo essa missão responsabilidade do professor nos primeiros encontros.

Tomando esses pressupostos pedagógicos como referência para esse produto educacional, apresentaremos nas próximas seções a sequência didática dividida em três momentos macros de aplicação, segundo orientações pedagógicas de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002).

O primeiro momento pedagógico refere-se aos procedimentos de problematização inicial e o levantamento de informações em relação aos conceitos espontâneos dos estudantes. Já o segundo momento pedagógico refere-se à organização do conhecimento, nesse momento da intervenção devem ser apresentados os conceitos científicos de maneira formal. E o terceiro momento pedagógico é caracterizado pela aplicação do conhecimento. Esse é o momento em que os estudantes são colocados à luz do processo e precisam demonstrar e aplicar os conhecimentos formais adquiridos.

Um fator importante a ser considerado é que as aulas, em cada um dos momentos pedagógicos, sejam trabalhadas valorizando-se a interação. A interação social é um elemento externo que promove o desenvolvimento cognitivo interno dos sujeitos (VIGOTSKI, 2021). Sendo assim, a seguir apresentaremos a sequência de procedimentos de cada momento pedagógico e o detalhamento de cada aula.

5

Organização da sequência didática.

A sequência didática está planejada e organizada para ocorrer em 12 aulas de 45 minutos, havendo a possibilidade de ajustes dependendo do público-alvo e do perfil do professor.

Figura 1 – Primeiro momento pedagógico.

Problematização inicial	
Tempo	Objetivos de cada aula.
45 minutos	- Levantar informações sobre os conceitos espontâneos dos estudantes e socializar com a turma.
90 minutos	- Amparar-se a uma situação geradora de aprendizagem que envolva o objeto conceitual de estudo e dialogar sobre o contexto em que essa se insere.

Fonte: os autores (2022).

6

Figura 2 – Segundo momento pedagógico.

Organização do conhecimento	
Tempo	Objetivos de cada aula.
90 minutos	- Reconhecer os diferentes tipos de circuitos elétricos (série, paralelo e misto). - Compreender os conceitos de tensão, corrente, resistor e resistência elétrica.
45 minutos	- Ampliar o leque de possibilidades de compreensão dos conceitos de tensão, corrente, resistor e resistência elétrica, através das tecnologias digitais. - Visualizar através da modelagem computacional os fenômenos elétricos que ocorrem nos condutores e nos resistores dos circuitos.

Fonte: os autores (2022).

Figura 3 – Terceiro momento pedagógico.

Aplicação do conhecimento	
Tempo	Objetivos de cada aula.
90 minutos	- Desenvolver conhecimentos técnicos e práticos em relação à construção dos circuitos elétricos em série, paralelo e misto. - Perceber e compreender os fenômenos elétricos relacionados a tensão, corrente e resistência elétrica em cada um dos circuitos.
90 minutos	- Desenvolver competências tecnológicas em relação à construção de circuitos elétricos em softwares virtuais; - Compreender os fenômenos elétricos macroscópicos e microscópicos que ocorrem nos circuitos elétricos.
90 minutos	- Comparar os modelos experimentais reais com os modelos experimentais virtuais. - Compartilhar os conhecimentos adquiridos durante o decorrer do processo e avaliar os avanços que houveram.

Fonte: os autores (2022).

7

2. Problematização inicial

No momento de problematização inicial, consideramos primordial que o professor lance uma questão norteadora que possa sensibilizar e contribuir no processo de levantamento de informações dos conceitos espontâneos dos estudantes, em relação aos conceitos de circuitos elétricos. Para que, a partir dessas informações, seja possível preparar um ambiente de aprendizagem que se relacione com a realidade social e o nível de conhecimento dos estudantes. Outro fator que consideramos importante, é que sejam criadas situações problematizadoras que sensibilizam e motivam os estudantes a querer aprender e conhecer mais sobre os conceitos e as situações que envolvem o objeto conceitual de estudo (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002; GASPAS, 2014b).

2.1 Primeira aula

Tempo aproximado: 45 minutos.

Objetivo: Levantar informações sobre os conceitos espontâneos dos estudantes e socializar com a turma.

Questões norteadoras:

1. O que vocês entendem por circuitos elétricos, e onde eles estão presentes no nosso dia a dia?
2. O que acontece se você ligar um aparelho 127 volts numa tensão 220 volts?
3. Qual o nome do dispositivo responsável pelo aquecimento da água em um chuveiro elétrico?
4. Qual é o significado das informações expressas na etiqueta de informações técnicas do chuveiro a seguir, com tensão nominal 220V, e potência nominal 6543W?

Energia (Elétrica)		Aquecedor
Marca	Abodelg	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA Super A 95%
Modelo	Água Quente	
Tensão Nominal	220 V ~	
Potência Nominal	6.543 W	
Potência Econômica	2.345 W	

8

Figura 4 – Procedimentos pedagógicos da 1ª aula.



Fonte: os autores (2022).

2.2 Segunda e terceira aula

Tempo aproximado: 90 minutos.

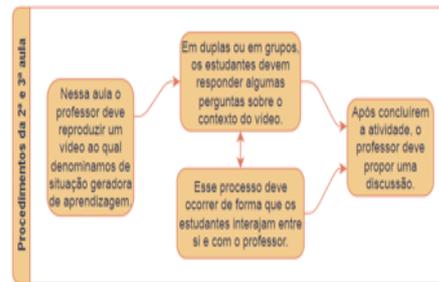
Objetivo: Aprender-se a uma situação geradora de aprendizagem que envolve o objeto conceitual de estudo e dialogar sobre o contexto em que essa se insere.

Situação geradora da aprendizagem: Reproduzir um vídeo que envolva o objeto conceitual de estudo, a fim de entrelaçar a teoria, a prática e ao cotidiano.

Sugestões de vídeos:

- Construção da usina Hidrelétrica de Itaipu: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=I888kON5tYA>. Acesso em: 14 de abr. 2023.
- Funcionamento das turbinas de Itaipu: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=481lepuOxLw>. Acesso em: 14 de abr. 2023.
- Como funciona uma Usina Solar: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=W1nQ7az8c>. Acesso em: 14 de abr. 2023.
- Como funciona uma Usina Eólica: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PHdrRcOGCA>. Acesso em: 14 de abr. 2023.

Figura 5 – Procedimentos pedagógicos da 2ª e 3ª aula.



Fonte: os autores (2022).

Caminho metodológico:

1. Fazer uma breve apresentação sobre o contexto do vídeo, dando ênfase aos aspectos de geração e transmissão da energia até os seus locais de consumo.
2. Reproduzir o vídeo através de lousa digital ou outro recurso disponível.
3. Propor algumas questões sobre o contexto do vídeo. No caso do vídeo de construção da usina Itaipu, uma sugestão de atividade encontra-se no Apêndice A.
4. Propor uma discussão acerca dos aspectos sociais, econômicos e ambientais em relação à construção de usinas e a geração de energia.

3. Organização do conhecimento

Nesse momento da organização do conhecimento, o professor deve apresentar formalmente e hierarquicamente os conceitos científicos. É importante lembrar que o fenômeno pode ser mostrado, é um acontecimento da natureza, entretanto, o conceito não está diretamente visível, é uma abstração, quase sempre uma explicação para o fenômeno, e precisa ser explorado e internalizado logicamente.

A exposição e a exploração conceitual devem se entrelaçar com os conceitos espontâneos dos estudantes e com as contextualizações geradas no primeiro momento pedagógico (VIGOTSKI, 2001; DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002). Outro fator importante é que os conceitos científicos sejam apresentados considerando-se a ZDI (PRESTES, 2010). Sugerimos, assim, que os procedimentos didáticos pedagógicos se aparam nos recursos experimentais reais e virtuais (protótipos experimentais e simuladores virtuais).

3.1 Quarta e quinta aula

Tempo aproximado: 90 minutos.

Objetivos:

- Reconhecer os diferentes tipos de circuitos elétricos (série, paralelo e misto);
- Compreender os conceitos de tensão, corrente e resistência elétrica.

Objeto do conhecimento: Circuitos elétricos: tensão, corrente e resistência elétrica.

Apoio teórico: MORAES, M. B. S. A.; TEIXEIRA, R. M. R. Circuitos elétricos. Disponível em: https://www.ufros.br/taf/y17n1_Moraes_Teixeira.pdf. Acesso em: 14 de abr. 2023.

Materiais pedagógicos: Quadro branco, lousa digital ou outro meio, protótipos experimentais de circuitos elétricos conforme a Figura 6, um reostato, caso seja possível, e uma fonte de tensão.

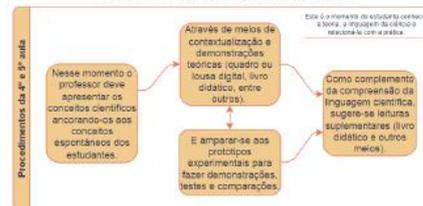
Montagem dos protótipos experimentais: Os protótipos podem ser construídos e montados com materiais novos ou sucatas.

Figura 6 – Protótipos experimentais.



Fonte: os autores (2022)

Figura 7 – Procedimentos pedagógicos da 4ª e 5ª aula.



Fonte: os autores (2022).

Caminho metodológico:

1. Apresentar as definições dos conceitos de tensão, corrente e resistência elétrica, no quadro ou lousa digital, e de forma demonstrativa e exploratória com um protótipo experimental.
2. Diferenciar os circuitos elétricos em série, paralelo e misto, tanto de forma expositiva, no quadro ou lousa digital, quanto de forma demonstrativa com os protótipos experimentais.
3. Explicar o que é um resistor e fazer demonstrações experimentais com o reostato, se possível, para que os estudantes compreendam o fenômeno da resistência elétrica nos condutores e resistores.
4. Fazer demonstrações, testes e comparações teóricas e práticas em relação aos valores de tensão, corrente e resistência elétrica em cada um dos três tipos de circuitos. Sugere-se que essa análise seja qualitativa e quantitativa.

3.2 Sexta aula

Tempo aproximado: 45 minutos.

Objetivos:

- Ampliar o leque de possibilidades de compreensão dos conceitos de tensão, corrente, resistor e resistência elétrica, através das tecnologias virtuais;
- Visualizar, através da modelagem computacional, os fenômenos elétricos que ocorrem nos condutores e nos resistores.

Materiais pedagógicos: Lousa digital ou outro meio expositivo com acesso à internet, para que seja possível fazer a montagem dos circuitos virtuais, conforme Figura 8, e outros que o professor considerar importante.

Montagem dos circuitos virtuais: Fazer uso do simulador virtual Phet. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_all.html?locale=pt_BR. Acesso em: 14 de abr. 2023. Ou outro que o professor conhecer.

Construção e montagem dos circuitos virtuais:

1. Acessar o simulador PHET, na interface de montagem de circuitos, no link disponibilizado na orientação anterior.
2. Na barra dos elementos do circuito, clique sobre o elemento desejado, segure clicado e arraste para dentro da tela do simulador e solte.
3. Realize esses procedimentos até construir todo o circuito desejado.

Importante: Observe que todos os dispositivos têm dois polos, sendo assim, conecte uma das pontas do fio condutor em um dos polos de um elemento elétrico, clique na outra ponta do condutor e arraste (aumente o comprimento) até o outro polo de outro dispositivo. Faça isso com todos os fios utilizados, até que o circuito esteja completamente construído. Ao final, feche a chave para que o circuito funcione e abra quando quiser desligar. Seleccione valores quando for fazer análises quantitativas.

Figura 8 – Exemplos de circuitos construídos no simulador PHET.

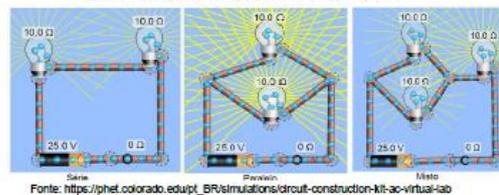


Figura 9 – Exemplo de circuito e os medidores de tensão e corrente no Phet.



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab.

Figura 10 – Procedimentos pedagógicos da 6ª aula.



Fonte: os autores (2022).

Caminho metodológico:

1. Apresentar o simulador virtual PHET aos estudantes e fazer demonstrações das possibilidades operacionais do simulador.
2. Construir os circuitos em série, paralelo e misto (Figura 8) e dialogar com os estudantes sobre os conceitos e fenômenos relacionados à tensão, corrente e resistência elétrica.
3. Fazer demonstrações, testes e comparações dos valores de tensão, corrente e resistência elétrica nos diferentes tipos de circuitos (Figura 8 e 9).
4. Expor aos estudantes que a simulação virtual visa ilustrar fenômenos da realidade, sendo, nesse momento, importante estabelecer relações entre os fenômenos virtuais e os reais.

4. Aplicação do conhecimento

Nesse momento de aplicação do conhecimento, o professor deve propor atividades teóricas e práticas, a fim de desenvolver competências tecnológicas e específicas em relação ao objeto conceitual de estudos. Esse é o momento em que os estudantes exploram os conceitos científicos, superando os conceitos espontâneos oriundos da sua vivência sociocultural (VIGOTSKI, 2001; DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002). Compete, neste instante, ao professor a tarefa de conduzir e orientar os estudantes em relação à realização das atividades.

4.1 Sétima e oitava aulas

Tempo aproximado: 90 minutos.

Objetivos:

- Desenvolver conhecimentos teóricos e práticos em relação a construção dos circuitos elétricos em série, paralelo e misto;
- Perceber e compreender os fenômenos elétricos relacionados a tensão, corrente e resistência elétrica, em cada um dos circuitos.

Atividade teórica e prática: Em anexo, no Apêndice B.

Material experimental: Conjunto experimental com fios, suportes de lâmpadas, lâmpadas, pilhas ou uma fonte de energia compatível com a tensão dos elementos do circuito. Cada professor pode escolher quais serão os elementos e dispositivos elétricos a serem utilizados.

Montagem dos circuitos: Os dispositivos e recursos a serem utilizados ficam à escolha do professor. Caso o professor opte por elementos elétricos automotivos, espera-se que os estudantes construam circuitos semelhantes aos da Figura 11.

Figura 11 – Circuitos elétricos em série paralelo e misto.



Fonte: os autores (2022).

Figura 12 – Procedimentos pedagógicos da 7ª e 8ª aula.



Fonte: os autores (2022).

Caminho metodológico:

1. Propor aos estudantes a atividade de análise teórica e prática (Apêndice B).
2. Formar grupos de 4 a 5 estudantes.
3. Entregar o conjunto experimental para cada grupo.
4. Auxiliar e orientar os estudantes em relação à realização da atividade.

16

4.2 Nona e décima aula

Tempo aproximado: 90 minutos.

Objetivos:

- Desenvolver competências tecnológicas em relação à construção de circuitos elétricos em softwares virtuais;
- Compreender os fenômenos elétricos macroscópicos e microscópicos que ocorrem nos circuitos elétricos.

Atividade experimental virtual: Atividade do Anexo A.

Recurso experimental: Computador ou outro dispositivo eletrônico com acesso à internet, para acessar o simulador virtual PhET.

Figura 13 – Procedimentos pedagógicos da 9ª e 10ª aula.



Fonte: os autores (2022).

Caminho metodológico:

1. Propor aos estudantes a atividade de análise experimental virtual (Anexo A).
2. Formar grupos de 2 a 3 estudantes.
3. Auxiliar e orientar os estudantes em relação a realização da atividade.

17

4. Fazer uma avaliação diagnóstica da aprendizagem considerando as atividades desenvolvidas.

4.3 Décima primeira e décima segunda aulas

Tempo aproximado: 90 minutos.

Objetivos:

- Comparar os modelos experimentais reais com os virtuais;
- Compartilhar os conhecimentos adquiridos e avaliar os avanços que houveram.

Recursos pedagógicos: Utilizar as atividades e protótipos de circuitos construídos pelos estudantes para conduzir as discussões, demonstrações, comparações e cálculos em relação aos valores de tensão, corrente e resistência elétrica em circuitos.

Figura 12 – Procedimentos pedagógicos da 11ª e 12ª aula.



Fonte: os autores (2022).

Caminho metodológico:

1. Propor aos estudantes uma discussão sobre as atividades realizadas, amparando-se nos modelos que os estudantes construíram e nas respostas das atividades realizadas.
2. Fazer uma comparação entre os conceitos espontâneos e empíricos expostos nas primeiras aulas e os científicos explorados nas aulas subsequentes.
3. Retomar definições formais, caso o professor considerar necessário.

18

5. Considerações finais

Espera-se que esse produto educacional possa contribuir com as práticas pedagógicas dos professores, quando trabalharem com os conceitos e conteúdos relacionados aos circuitos elétricos. Entendemos que as atividades práticas e as simulações virtuais contribuem de forma positiva na aprendizagem dos conceitos teóricos e abstratos, e que a realidade dos estudantes também pode fazer parte da vivência escolar. Sendo assim, desejamos bons estudos e boas práticas a todos que se ampararem a essa sugestão pedagógica.

19

6. Referências

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. 4 ed. São Paulo: Cortez, 2002.

EDU. *Simulador Interativo Phet*. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_all.html?locale=pt_BR. Acesso em: 14 abr. 2023.

GASPAR, A. *Atividades experimentais no Ensino de Física*. São Paulo: Livraria da Física, 2014b.

ITAIPU. *Gigantes da engenharia - Super Usina Hidrelétrica*. YouTube. Foz do Iguaçu – PR, 2013. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=666kQNSIYA>. Acesso: 14 abr. 2023.

MANUAL DO MUNDO. *Funcionamento das turbinas de Itaipu*. YouTube. 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=43llepUvLw>. Acesso em: 14 de abr. 2023.

MANUAL DO MUNDO. *Como funciona uma Usina Solar*. YouTube. 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=W1nQT7az8c>. Acesso em: 14 de abr. 2023.

MANUAL DO MUNDO. *Como funciona uma Usina Eólica*. YouTube. 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PHdrlRoOGCA>. Acesso em: 14 de abr. 2023.

MORAES, M. B. S. A.; TEIXEIRA, R. M. R. *Circuitos elétricos: novas e velhas tecnologias como facilitadoras de uma aprendizagem significativa no nível médio*. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2006.

PRESTES, Z. R. *Quando não é quase a mesma coisa: análise de traduções de Lev Semionovitch no Brasil, repercussões no campo educacional*. Tese de Doutorado. Brasília: Faculdade de Educação da Universidade de Brasília, 2010.

VIGOTSKI, L. S. *A formação social da mente*. 7 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VIGOTSKI, L. S. *Historia del desarrollo de las funciones psicológicas superiores*. Trad. José María Bravo. In: *Obras Escogidas III*. Madrid: Visor, 2000.

VIGOTSKI, L. S. *Historia do desenvolvimento das funções mentais superiores*. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2021.

VIGOTSKI, L. S. *Imaginação e criação na infância*. 4 ed. São Paulo: Ática, 2009.

VIGOTSKI, L. S. *Teoria e método em psicologia*. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

VIGOTSKI, L. S. *A construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

7. Apêndices

Apêndice A - Atividade sobre o vídeo de construção da usina Itaipu

ALUNO (A): _____ TURMA: _____
PROFESSOR (A): _____

Instruções: Responder as questões sobre o vídeo de construção da usina Itaipu para posterior socialização e discussão.

- 1) Escreva um pequeno texto expressando sua opinião sobre a construção de usinas hidrelétricas. (Refleta sobre a relação entre necessidade, viabilidade e impactos ambientais. Há outras formas de geração de energia?).
- 2) Quais os impactos positivos e negativos em relação a usina Itaipu?
- 3) O que foi feito com o leito do rio para que a usina fosse construída? Qual é o rio que foi represado?
- 4) Quais os impactos ambientais ocorridos naquela região? Quais os trabalhos de compensação que foram feitos para compensar os danos ambientais?
- 5) Qual foi o procedimento realizado com as pessoas e áreas de terras que foram inundadas?

21

Apêndice B - Análise teórica e prática de circuitos elétricos

ALUNO (A): _____ TURMA: _____
PROFESSOR (A): _____

Instruções: Considerando os conceitos expostos e discutidos durante as aulas, e de pose do conjunto experimental (lâmpadas, fios e pilhas), siga as instruções da atividade a seguir. A atividade pode ser realizada em grupo, porém deve ser respondida individualmente.

- 1) Escreva com suas palavras o que você entendeu sobre o conceito de: tensão elétrica, corrente elétrica, e resistência elétrica.
- 2) Quais são as unidades de medida da grandeza física: tensão elétrica, corrente elétrica, e resistência elétrica.
- 3) Cite quais as fontes de tensão elétrica que foram utilizadas durante as demonstrações experimentais realizadas pelo professor.
- 4) Desenhe um modelo de circuito elétrico em série, e posteriormente construa-o com os materiais do conjunto experimental.
- 5) No circuito elétrico em série, a tensão elétrica de uma lâmpada escolhida aleatoriamente é igual ou diferente a tensão da fonte? Explique essa situação?
- 6) No circuito elétrico em série, a corrente elétrica que passa nas lâmpadas é igual em todas as lâmpadas, ou é diferente? Explique essa situação?
- 7) Retire uma das lâmpadas do circuito elétrico em série, e responda o que aconteceu e por que isso aconteceu.
- 8) Desenhe um modelo de circuito elétrico em paralelo, e posteriormente construa-o com os materiais do conjunto experimental.
- 9) No circuito elétrico em paralelo, a tensão elétrica de uma lâmpada escolhida aleatoriamente é igual ou diferente a tensão da fonte? Explique essa situação?

22

- 10) No circuito elétrico em paralelo, a corrente elétrica que passa no fio condutor antes do nó da ligação em paralelo é igual ou diferente a corrente elétrica que passa nas lâmpadas? Explique essa situação?
- 11) No circuito elétrico em paralelo a corrente elétrica que passa antes do nó da ligação em paralelo é igual ou diferente a corrente que passa depois do nó que junta novamente as ligações? Explique essa situação?
- 12) Retire uma das lâmpadas do circuito elétrico em paralelo, e responda o que aconteceu e por que isso aconteceu.
- 13) Desenhe um modelo de circuito elétrico misto e posteriormente construa-o com os materiais do conjunto experimental.
- 14) No circuito elétrico misto a tensão elétrica é igual em todas as lâmpadas do circuito? Justifique a sua resposta.
- 15) No circuito misto a corrente elétrica é igual em todas as lâmpadas do circuito? Justifique a sua resposta.
- 16) Qual dos três tipos de circuitos elétricos representam as ligações elétricas dos circuitos de lâmpadas das salas de aula da sua escola, e das ligações elétricas das lâmpadas de sua casa? Caso tenha dúvidas converse com os colegas e/ou professor.

23

8. Anexo A

ANÁLISE EXPERIMENTAL VIRTUAL DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Créditos: Este material é uma produção de Fernando Lang da Silveira (2011). Foram feitos ajustes.

Publicado em Física no ensino médio: falhas e soluções. Organizador: Rocha Filho, J.B. Porto Alegre: Edipucrs, 2011. p. 61-67-ISBN:9788539700967.
 Fernando Lang da Silveira - IF-UFRGS / lang@if.ufrgs.br
https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Corrente_eletrica.pdf

Instruções: Os circuitos elétricos a seguir devem ser construídos e analisados no simulador virtual PhET ou similar. Em todas as questões usar lâmpadas com a mesma potência.

1) No circuito da figura 1 pode-se afirmar que:

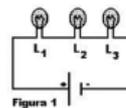


Figura 1

- a) L1 brilha mais do que L2 e esta mais do que L3.
- b) L3 brilha mais do que L2 e esta mais do que L1.
- c) as três lâmpadas têm o mesmo brilho.

2) No circuito da figura 2, R é um resistor. Neste circuito:

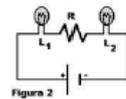


Figura 2

- a) L1 e L2 têm o mesmo brilho.
- b) L1 brilha mais do que L2.
- c) L2 brilha mais do que L1.

24

3) No circuito da figura 3, R é um resistor. Neste circuito:

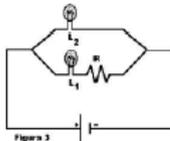


Figura 3

- a) L1 tem o mesmo brilho de L2.
- b) L2 brilha mais do que L1.
- c) L1 brilha mais do que L2.

4) No circuito da Figura 4, I é um interruptor aberto. Ao fechá-lo:

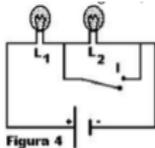


Figura 4

- a) aumenta o brilho de L1.
- b) o brilho de L1 permanece o mesmo.
- c) diminui o brilho de L1.

5) Nos circuitos 5a e 5b a lâmpada L, o resistor R e a bateria são exatamente os mesmos. Nestas situações:

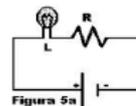


Figura 5a

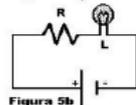


Figura 5b

- a) L brilha mais no circuito 5a.
- b) L brilha igual em ambos os circuitos.
- c) L brilha mais no circuito 5b.

25

6) No circuito da figura 6, R é um resistor e I é um interruptor que está aberto. Ao fechar o interruptor:

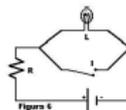


Figura 6

- a) L continua brilhando como antes.
- b) L deixa de brilhar.
- c) L diminui seu brilho, mas não apaga

(Questões e figuras 7 e 8): Não analisadas.

As questões 9 e 10 se referem ao circuito da figura 9.

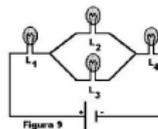


Figura 9

9) No circuito da figura 9 o brilho de L1 é:

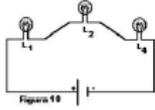
- a) igual ao de L4.
- b) maior do que o de L4.
- c) menor do que o de L4.

10) No circuito da figura 9 o brilho de L2 é:

- a) igual ao de L4.
- b) maior do que o de L4.
- c) menor do que o de L4.

26

O circuito da figura 9 foi modificado pois se tirou a lâmpada L3. O novo circuito é, então, o da figura 10.



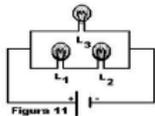
11) Quando se compara o brilho de L1 nos circuitos 9 e 10 ele é:

- maior no circuito 10.
- menor no circuito 10.
- o mesmo nos dois.

12) quando se compara o brilho de L4 nos circuitos 9 e 10 ele é:

- maior no circuito 10.
- menor no circuito 10.
- o mesmo nos dois.

13) No circuito da figura 11:



- L1 e L2 têm o mesmo brilho que é menor do que o de L3.
- L1 brilha mais do que L2 e do que L3.
- L1, L2 e L3 brilham igualmente.

27

ANEXO A: ANÁLISE EXPERIMENTAL VIRTUAL DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Créditos: Este material é uma produção de Fernando Lang da Silveira (2011). Foram feitos ajustes.

Publicado em Física no ensino médio: falhas e soluções. Organizador: Rocha Filho, J.B.

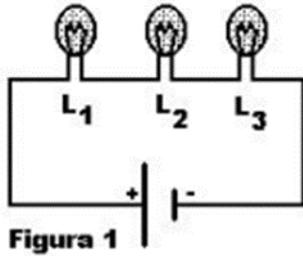
Porto Alegre: Edipucrs, 2011. p. 61-67-ISBN:9788539700967.

Fernando Lang da Silveira - IF-UFRGS / lang@if.ufrgs.br

https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Corrente_eletrica.pdf

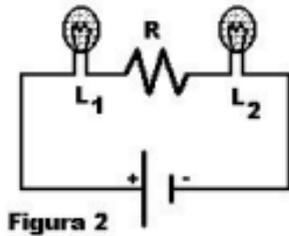
Instruções: Os circuitos elétricos a seguir devem ser construídos e analisados no simulador virtual Phet ou simular. Em todas as questões usar lâmpadas com a mesma potência.

1) No circuito da figura 1 pode-se afirmar que:



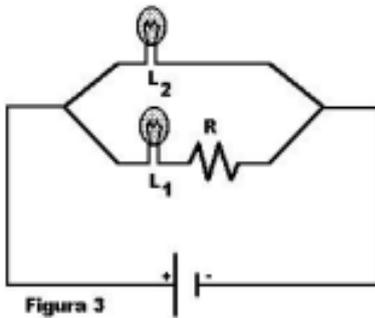
- a) L1 brilha mais do que L2 e esta mais do que L3.
- b) L3 brilha mais do que L2 e esta mais do que L1.
- c) as três lâmpadas têm o mesmo brilho.

2) No circuito da figura 2, R é um resistor. Neste circuito:



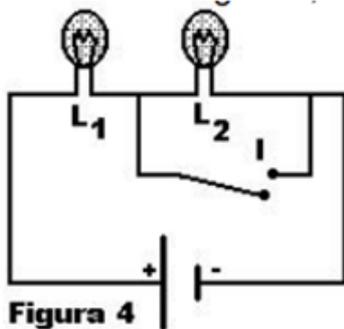
- a) L1 e L2 têm o mesmo brilho.
- b) L1 brilha mais do que L2.
- c) L2 brilha mais do que L1.

3) No circuito da figura 3, R é um resistor. Neste circuito:



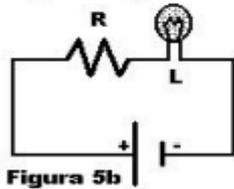
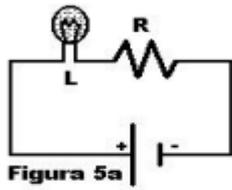
- a) L1 tem o mesmo brilho de L2.
- b) L2 brilha mais do que L1.
- c) L1 brilha mais do que L2.

4) No circuito da Figura 4, I é um interruptor aberto. Ao fechá-lo:



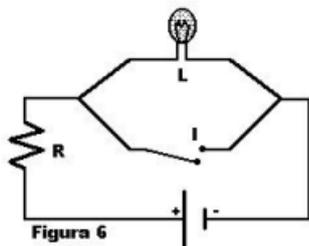
- a) aumenta o brilho de L1.
- b) o brilho de L1 permanece o mesmo.
- c) diminui o brilho de L1.

5) Nos circuitos 5a e 5b a lâmpada L, o resistor R e a bateria são exatamente os mesmos. Nestas situações:



- a) L brilha mais no circuito 5a.
- b) L brilha igual em ambos os circuitos.
- c) L brilha mais no circuito 5b.

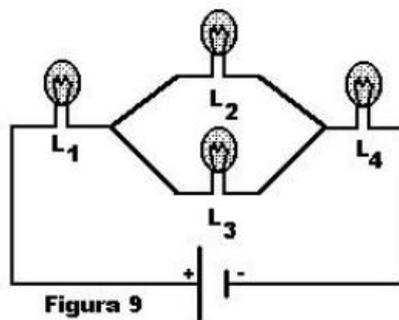
6) No circuito da figura 6, R é um resistor e I é um interruptor que está aberto. Ao fechar o interruptor:



- a) L continua brilhando como antes.
- b) L deixa de brilhar.
- c) L diminui seu brilho, mas não apaga

(Questões e figuras 7 e 8): Não analisadas.

As questões 9 e 10 se referem ao circuito da figura 9.



9) No circuito da figura 9 o brilho de L1 é:

- a) igual ao de L4.
- b) maior do que o de L4.
- c) menor do que o L4.

10) No circuito da figura 9 o brilho de L2 é:

- a) igual ao de L4.
- b) maior do que o de L4.
- c) menor do que o de L4.

O circuito da figura 9 foi modificado pois se tirou a lâmpada L3. O novo circuito é, então, o da figura 10.

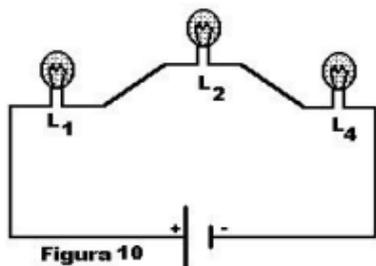


Figura 10

11) Quando se compara o brilho de L1 nos circuitos 9 e 10 ele é:

- a) maior no circuito 10.
- b) menor no circuito 10.
- c) o mesmo nos dois.

12) quando se compara o brilho de L4 nos circuitos 9 e 10 ele é:

- a) maior no circuito 10.
- b) menor no circuito 10.
- c) o mesmo nos dois.

13) No circuito da figura 11:

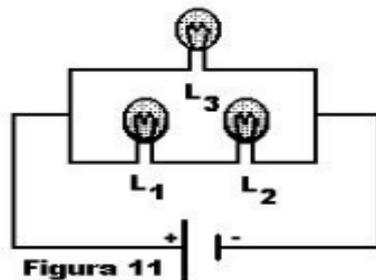


Figura 11

- a) L1 e L2 têm o mesmo brilho que é menor do que o de L3.
- b) L1 brilha mais do que L2 e do que L3.
- c) L1, L2 e L3 brilham igualmente.

(Questão e figura 14): Não analisada.