

INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS
Campus Ouro Preto

Lucas da Silva Vieira

**CONTRIBUIÇÕES DE UM SIMULADOR VIRTUAL NO ESTUDO DE CIRCUITOS
ELÉTRICOS NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS E NO ENSINO MÉDIO
REGULAR**

Ouro Preto - MG
2026

Lucas da Silva Vieira

**CONTRIBUIÇÕES DE UM SIMULADOR VIRTUAL NO ESTUDO DE CIRCUITOS
ELÉTRICOS NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS E NO ENSINO MÉDIO
REGULAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Ouro Preto, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientadora: Profa. Dra. Fernanda Luíza de Sousa
Coorientadora: Profa. Dra. Elisângela Silva Pinto

**Ouro Preto - MG
2026**

V658c

Vieira, Lucas da Silva.

Contribuições de um simulador virtual no estudo de circuitos elétricos na Educação de Jovens e Adultos no Ensino Médio Regular [manuscrito] / Lucas da Silva Vieira. – 2026.

69 f. : il.

Orientadora: Fernanda Luíza de Souza.

Coorientadora: Elisângela Silva Pinto.

Trabalho de Conclusão de Curso (licenciatura) – Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* Ouro Preto, 2026.

1. Física (Ensino Médio). 2. Simuladores virtuais. 3. Circuitos elétricos. I. Souza, Fernanda Luíza de. II. Pinto, Elisângela Silva. III. Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* Ouro Preto. IV. Título.

CDU: 53:37

Catálogo: Kelly Cristiane Santos Moraes - CRB-6/3217

LUCAS DA SILVA VIEIRA

**CONTRIBUIÇÕES DE UM SIMULADOR VIRTUAL NO ESTUDO DE
CIRCUITOS ELÉTRICOS NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS E NO
ENSINO MÉDIO REGULAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Ouro Preto para obtenção do título de Licenciado em Física.

Aprovado em 24 de agosto de 2026.

Documento assinado digitalmente
 **FERNANDA LUIZA DE SOUSA**
Data: 04/09/2026 16:56:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Fernanda Luíza de Sousa (Orientadora)
Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Ouro Preto

Documento assinado digitalmente
 **ELISANGELA SILVA PINTO**
Data: 04/09/2026 20:31:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Elisângela Silva Pinto (Coorientadora)
Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Ouro Preto

Documento assinado digitalmente
 **ANA CAROLINA DE LIMA MATOS**
Data: 04/09/2026 17:59:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Msc. Ana Carolina de Lima Matos (Membro Interno)
Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Ouro Preto

Documento assinado digitalmente
 **EDER CONCEICAO DA SILVA**
Data: 04/09/2026 16:53:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Msc. Éder Conceição da Silva (Membro Externo)
Escola Estadual José Leandro

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por renovar minhas forças a cada dia, dar-me sabedoria nos momentos mais difíceis e permitir que eu chegasse até o fim desta jornada.

À minha família, que foi o meu principal incentivo ao longo de toda essa caminhada. Sem o apoio, o amor e a base que vocês me deram, nada disso teria sido possível.

A uma pessoa muito especial que hoje não está mais presente entre nós, mas que foi a chave principal de tudo isso. Foi ela quem começou a me apoiar e a incentivar esse sonho, e a sua ausência me fez perder o chão e o foco por um tempo. No entanto, compreendo que quando Deus recolhe alguém de nossas vidas, Ele também coloca outras pessoas para nos sustentar.

À minha companheira e namorada, que chegou para deslumbrar um novo caminho. Você foi a força que me ajudou a recuperar o foco, despertando de volta em mim a vontade e o interesse de me formar. O seu apoio foi fundamental quando me vi em um momento decisivo, enfrentando o limite do tempo de integralização do curso e precisando escolher entre desistir ou ir até o fim. Obrigado por me fazer acreditar de novo.

Agradeço imensamente à professora Elis, por ter aceito me apoiar e indicar a orientação deste trabalho, abrindo as portas para que esta etapa se concretizasse.

À minha orientadora, professora Fernanda, a quem não tenho palavras suficientes para agradecer. Você me abraçou nesta reta final como uma verdadeira mãe, ajudando em cada detalhe, vibrando junto e fazendo até mais do que o dever exigia. Meu agradecimento a você é gigante e eterno e fica registrado aqui a minha profunda gratidão.

Aos professores do curso de Licenciatura em Física, pelo acolhimento humano e pela parceria ao longo dessa jornada. A postura de vocês em abraçar e apoiar os estudantes faz toda a diferença. Levo daqui não apenas o conhecimento, mas amizades verdadeiras, sabendo que posso contar com vocês e que vocês também poderão sempre contar comigo.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) – Campus Ouro Preto, por me proporcionar uma formação gratuita e de excelência em um curso tão rico.

Aos estudantes do Ensino Médio Regular e da EJA, e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que eu não desistisse e concluísse este sonho. O meu muito obrigado a todos.

*Jamais desista dos seus sonhos, pois eles são a
bússola que guia os seus passos.
AUGUSTO CURY, 2004, p. 12*

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso teve como objetivo principal investigar o uso do simulador virtual *PhET Interactive Simulations* no Ensino de Física, com foco no conteúdo de circuitos elétricos de corrente contínua. Como a Física muitas vezes é vista pelos estudantes como uma disciplina difícil e muito teórica, a pesquisa buscou entender se a experimentação virtual ajuda a tornar o aprendizado mais dinâmico e compreensível. O estudo foi realizado em uma escola estadual do estado de Minas Gerais, com o desenvolvimento de uma proposta didática em duas turmas: uma do 3º ano do Ensino Médio Regular e outra da Educação de Jovens e Adultos (EJA). A metodologia contou com o uso prático do simulador nas aulas e, ao final, com a aplicação de um questionário em escala de Likert, a fim de avaliar a percepção de aprendizagem, o engajamento e a facilidade de uso do recurso pelos estudantes. Os resultados mostraram que, na percepção dos estudantes, o simulador funcionou como uma excelente ferramenta de apoio ao ensino e à aprendizagem em ambas as realidades, auxiliando na compreensão dos conceitos, na visualização dos fenômenos e na motivação e interesse pelo conteúdo estudado. Na turma regular, observou-se engajamento na resolução de problemas, gerado pela troca de saberes entre os estudantes. Já na turma da EJA, destacou-se o entusiasmo e a curiosidade prática dos estudantes ao manipularem os circuitos virtualmente. Conclui-se que o uso do simulador contribuiu para superar o modelo tradicional e passivo de ensino, colocando o estudante como construtor ativo do seu conhecimento e favorecendo a compreensão dos fenômenos físicos, independentemente da modalidade de ensino.

Palavras-chave: Ensino de Física; Simuladores Virtuais; PhET; Circuitos elétricos; Educação de Jovens e Adultos (EJA); Ensino Médio.

ABSTRACT

This undergraduate thesis aimed to investigate the use of the virtual simulator *PhET Interactive Simulations* in Physics teaching, focusing on the topic of direct current electric circuits. Since Physics is often seen by students as a difficult and highly theoretical subject, the research sought to understand whether virtual experimentation helps make learning more dynamic and comprehensible. The study was carried out in a state school in the state of Minas Gerais, through the development of a didactic proposal in two classes: one from the 3rd year of regular high school and another from Youth and Adult Education (EJA). The methodology included the practical use of the simulator during classes and, at the end, the application of a Likert-scale questionnaire in order to assess students' perception of learning, engagement, and ease of use of the resource. The results showed that, from the students' perspective, the simulator functioned as an excellent tool to support teaching and learning in both contexts, helping with the understanding of concepts, the visualization of phenomena, and motivation and interest in the content studied. In the regular class, engagement in problem-solving was observed, generated by the exchange of knowledge among students. In the EJA class, the students' enthusiasm and practical curiosity stood out as they virtually manipulated the circuits. It can be concluded that the use of the simulator contributed to overcoming the traditional and passive teaching model by placing students as active constructors of their own knowledge and fostering the understanding of physical phenomena, regardless of the educational modality.

Keywords: Physics Teaching; Virtual Simulators; PhET Interactive Simulations; Electrical Circuits; Youth and Adult Education (EJA); High School.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Tela inicial do simulador	30
Figura 2: Descrição do desenvolvimento da proposta didática.....	32
Quadro 1: Divisão dos blocos temáticos do questionário Likert	34
Gráfico 1: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 1	36
Gráfico 2: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 2	37
Gráfico 3: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 3	39
Gráfico 4: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 4.....	40
Gráfico 5: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 5	41
Gráfico 6: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 6	42
Gráfico 7: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 1	44
Gráfico 8: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 2	45
Gráfico 9: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 3	46
Gráfico 10: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 4.....	47
Gráfico 11: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 5.....	48
Gráfico 12: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 6	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CBAAI	Comissão Brasileiro-Americana de Educação Industrial
DC	Direct Current (corrente contínua)
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
EJA	Educação de Jovens e Adultos
ENCI	Ensino de Ciências por Investigação
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
PhET	Physics Education Technology
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
PSSC	Physical Science Study Committee
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

LISTA DE SÍMBOLOS

U	Tensão elétrica (volt – V)
i	Corrente elétrica (ampère – A)
R	Resistência elétrica (ohm – Ω)
Req	Resistência equivalente (ohm – Ω)
Ω	Ohm
V	Volt
A	Ampère

SUMÁRIO

1. Introdução	13
2. Referencial teórico	16
2.1 Contexto do ensino geral no Brasil	16
2.2 Contexto do Ensino de Ciências com ênfase na Física	18
2.3 Simulações no Ensino de Física e a aprendizagem	21
2.4 Fundamentos dos circuitos elétricos e eletrodinâmica	24
2.4.1 Conceito de circuitos elétricos	24
2.4.2 Como funciona um circuito elétrico	25
2.4.3 Elementos de um circuito elétrico	25
2.4.4 Circuito em série: características e equações	25
2.4.5 Circuito em paralelo: características e equações	26
2.4.6 Instrumentos de medida	26
3. Metodologia	28
3.1 Contexto e público-alvo da pesquisa	28
3.2 Escolha do Simulador	29
3.2.1 Lateral esquerda: componentes do circuito elétrico	30
3.2.2 Área central: banca virtual	31
3.2.3 Lateral direita: ferramentas de medição e opções de visualização	31
3.3 Elaboração dos roteiros de atividade e desenvolvimento da proposta didática.....	32
3.4 Instrumento de coleta de dados	33
4. Resultados e discussões	35
4.1 Percepção dos estudantes do 3º ano do Ensino Médio Regular	35
4.2 Percepção dos estudantes do 3º ano da EJA	43
4.3 Panorama geral das impressões das turmas do Ensino Médio Regular e da EJA	50
5. Considerações finais	55
Referências	54
Apêndices	57
Apêndice A – Ficha técnica do simulador: Kit para montar um circuito DC	60
Apêndice B – Roteiro de simulação: circuito elétrico em série	61
Apêndice C – Roteiro de simulação: circuitos elétricos em paralelo	64
Apêndice D – Questionário aplicado aos estudantes	68

1 INTRODUÇÃO

Este projeto aborda o uso de simulações no Ensino de Física, o principal papel desse recurso é contribuir para a melhoria da metodologia de ensino na disciplina, que, em muitos contextos escolares, ainda é apresentada de maneira tradicional. Na realidade de diversas escolas, os estudantes têm pouco contato com as atividades experimentais. Muitas vezes, o professor apresenta os conteúdos teóricos no quadro e propõe a resolução de exercícios. De modo geral, não há realização de práticas em laboratório e pouco uso de equipamentos tecnológicos que possam auxiliar o processo de ensino e aprendizagem (GIORDAN, 1999; SILVA *et al.*, 2016).

Segundo Arruda e Laburu (1998), existe uma grande necessidade de aproximar a teoria da realidade dos estudantes. Para os autores, a ciência se constitui em uma relação constante entre experimento e teoria. A teoria não deve ser compreendida como uma verdade final, mas como forma de organizar os fatos e os experimentos, adaptando a ciência à realidade do mundo. Nesse sentido, a falta de experiências práticas que se associam ao conhecimento científico pode dificultar o aprendizado dos estudantes, tornando a Física uma disciplina desanimadora e pouco significativa para eles. Por outro lado, quando a disciplina é ensinada de forma investigativa, por meio de experimentos e outros recursos, proporciona ao estudante uma vivência direta com o fenômeno estudado, contribuindo para despertar o interesse e possibilitando a compreensão do conteúdo.

Segundo Arruda e Laburú (1998), existe uma grande necessidade de aproximar a teoria da realidade escolar. Para os autores, a ciência se constitui em uma relação constante entre experimento e teoria, a teoria não deve ser compreendida como uma verdade final, mas como forma de organizar fatos e fenômenos, conectando o conhecimento científico à realidade dos estudantes. Nesse sentido, a falta experiências práticas que se associam ao conhecimento científico pode dificultar o aprendizado dos estudantes, tornando a Física uma disciplina desanimadora e pouca significativa. Todavia, como destaca Rodríguez Arocho (2023) ao resgatar a perspectiva histórico-cultural de Vygotsky, a relação entre o sujeito e o objeto de conhecimento é sempre mediada e contextualizada pela vivência do estudante. Dessa forma, quando a disciplina é ensinada por meio de forma investigativa, por meio de experimentos e outros recursos, proporciona ao estudante uma vivência direta com o fenômeno estudado, contribuindo para despertar o interesse e possibilitando a compreensão do conteúdo.

Atualmente, existe uma busca por melhorias no Ensino de Física, tanto pela dificuldade de compreensão da disciplina quanto pelos desafios relacionados à formação de professores nessa área. Observando a situação real do ensino no Brasil, percebe-se que a educação ainda apresenta baixos índices de aprendizagem. De acordo com os dados do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) de 2022, o Brasil não conseguiu registrar avanços significativos no desempenho dos estudantes em Ciências (INEP, 2023). Esse cenário retrata a forma como as disciplinas de Ciências da Natureza vêm sendo tratadas na escola, especialmente após a reforma do Ensino Médio. Nesse contexto, os alunos encontram dificuldades para compreender de fato os fenômenos físicos, muito em razão das mudanças nas matrizes curriculares e da divisão da carga horária entre as disciplinas da base comum e os itinerários formativos, o que acaba reduzindo o tempo de sala de aula dedicado aos conteúdos fundamentais da Física.

Assim, o uso de simuladores computacionais apresenta-se como uma metodologia alternativa para o Ensino de Física. Esse recurso pode auxiliar os professores a superarem, em parte, o modelo tradicional conteudista, visando uma melhoria nas aulas e trazendo maior significação do conhecimento científico para o estudante. Segundo Araújo (2003), o uso de atividades experimentais contribui para a aprendizagem, auxilia na compreensão da parte matemática, no direcionamento do conhecimento, no manuseio de novas tecnologias, nas relações da Física com o dia a dia e na própria montagem dos experimentos.

Trabalhar com a experimentação significa criar um ambiente propício para a investigação. Trata-se de um espaço em que o estudante participa ativamente da construção da sua aprendizagem, investigando, analisando, criando hipóteses, discutindo e trabalhando em grupo, envolvendo-se na busca por conclusões que sustentem a teoria (GUIMARÃES, 2009). Essa metodologia torna o ensino mais ativo, pois envolve os estudantes na manipulação direta de materiais e na realização de experimentos que possam ser modificados, testados e interpretados na prática (MORAES; RAMOS, 1988). Quando a ciência é trabalhada de forma que o próprio estudante tenha a oportunidade de planejar e executar seus experimentos, seja em laboratórios físicos ou por meio de simuladores, há uma contribuição importante para a superação de dificuldades de aprendizagem. Isso ocorre porque a atividade experimental favorece a interação social, a troca de ideias e a construção coletiva do conhecimento. Sob a perspectiva Histórico-Cultural de Vygotsky (2001), o estudante não aprende de forma isolada, mas sim por meio das relações sociais e da mediação pedagógica, articulando seus conceitos espontâneos e vivências cotidianas com o saber científico formal. Conforme indicam as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2014), práticas pedagógicas

que favoreçam a investigação, a contextualização e o protagonismo dos estudantes na construção do conhecimento devem ser incentivadas. Nesse sentido, as atividades experimentais constituem estratégias relevantes para o Ensino de Física por estimularem a autonomia dos alunos, permitindo ir além da simples aplicação de equações e possibilitando a observação e análise crítica dos fenômenos para uma aprendizagem mais significativa.

Assim, considerando a falta de estrutura e de laboratórios encontrada em diversas escolas do país, os simuladores computacionais surgem como uma estratégia metodológica que pode contribuir para minimizar esse problema. Eles funcionam como uma ferramenta que permite representar, de forma virtual, situações próximas aos experimentos reais, trazendo para a sala de aula possibilidades de visualização e manipulação de fenômenos físicos. Nesse sentido, essa pesquisa foi desenvolvida com estudantes do 3º ano do Ensino Médio e da Educação de Jovens e Adultos (EJA) de uma escola pública de Minas Gerais. O objetivo geral foi analisar a percepção dos estudantes do 3º ano do Ensino Médio Regular e do 3º ano da EJA quanto ao uso do simulador computacional *PhET Interactive Simulations* no processo de ensino e aprendizagem de circuitos elétricos em série e em paralelo. Para alcançar esse objetivo, os objetivos específicos propostos foram: i) elaborar e aplicar roteiros de atividades experimentais investigativas utilizando o simulador "Kit para montar um circuito DC – Laboratório Virtual", abordando conceitos de corrente elétrica, tensão, resistência e a 1ª Lei de Ohm associados a circuitos em série e em paralelo; ii) utilizar a simulação virtual para aprimorar a visualização de fenômenos físicos abstratos (como o movimento dos elétrons e as quedas de tensão) e melhorar a concepção tradicional da Física focada apenas na memorização de fórmulas; iii) coletar e mensurar as percepções dos estudantes das duas modalidades de ensino por meio da aplicação de um questionário estruturado em escala Likert, dividido em blocos temáticos (compreensão conceitual, motivação, autonomia, facilidade de uso, entre outros); iv) identificar as potencialidades, semelhanças e diferenças de aprendizagem e de interação com a tecnologia entre os estudantes do Ensino Médio Regular e da EJA.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico desta pesquisa está organizado em quatro seções principais, que buscam fundamentar historicamente, pedagógica e conceitualmente o estudo desenvolvido. Na seção 2.1, apresenta-se um panorama histórico da educação brasileira, desde o período colonial até a consolidação de marcos legais, como a Constituição Federal de 1988 e a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), destacando as transformações ocorridas no acesso à educação e na organização do ensino. A seção 2.2 aborda as mudanças ocorridas no Ensino de Ciências e de Física ao longo das últimas décadas, evidenciando a passagem de práticas predominantemente expositivas para propostas que valorizam a contextualização, a experimentação e a participação dos estudantes. Na seção 2.3 discute-se as possibilidades e limitações da utilização de recursos computacionais e simuladores virtuais no processo de ensino e aprendizagem de Física, destacando seu potencial para favorecer o Ensino de Física, bem como a importância da mediação docente. Por fim, a seção 2.4 apresenta os principais conceitos físicos necessários à compreensão das atividades desenvolvidas nesta pesquisa, contemplando o conceito e o funcionamento dos circuitos elétricos, seus principais componentes, as características das associações em série e em paralelo e a utilização dos instrumentos de medida.

2.1 Contexto do ensino geral no Brasil

A história do ensino em nosso país começou desde a descoberta do Brasil. Em 1549, teve como início a catequização de povos nativos por meio de padres jesuítas, que, segundo Werner e Becker (2012, p. 2), tinham como finalidade "a educação e a evangelização dos brancos mais abastados, dos nativos e dos mais pobres".

Após 200 anos, os jesuítas foram expulsos do país e ocorreu uma grande mudança no ensino. O país ficou abandonado em seu sistema educacional, situação que só foi alterada com a vinda da família real, momento em que, conforme Werner e Becker (2012, p. 2), se processa total reorganização, sendo criadas as primeiras instituições de ensino técnico e superior no país, que foram a base para o salto positivo que sucedeu à independência e que precedeu a reforma constitucional de 1834.

A educação no período pós-independência foi importante porque contou com a criação das escolas de formação de professores, porém descentralizou o ensino elementar, tornando a educação básica responsabilidade das províncias. Estas, tendo poucos recursos

financeiros, acabaram por deixar esse ensino em segundo plano. Quanto ao ensino superior e médio, esses se limitavam às classes mais abastadas, sendo o primeiro constituído por aulas avulsas e exames parcelados (WERNER; BECKER, 2012, p. 2).

Com a Proclamação da República, surgiu um movimento chamado Escola Nova, em 1920, que ganhou força no ambiente educacional, trazendo ideias e propostas para a educação no país e visando uma educação mais inclusiva. Nesse período, o assunto da questão educacional tomou um sentido maior, aumentando o número de estudantes matriculados no ensino primário em razão da intensa transformação econômica e social no país (WERNER; BECKER, 2012, p. 3).

Na Revolução de 1930, a educação sofreu grandes mudanças com a finalidade de criar um sistema organizado de ensino por meio do governo federal, com a criação do Ministério da Educação. A educação passou a ser vista como alternativa para o desenvolvimento social e econômico do país, sendo estendida às classes menos favorecidas, que até então não tinham acesso à escolarização (WERNER; BECKER, 2012, p. 4).

Em 1934, ocorreu um marco histórico para a educação e o ensino, pois esses passaram a ser direito de todos, graças aos movimentos que antecederam essa iniciativa em 1932 por alguns grupos de educadores, que conseguiram captar o anseio da população por meio do Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova, constituindo-se um marco para a educação brasileira (WERNER; BECKER, 2012, p. 4).

Com o final da República Velha e com o início do Estado Novo (1937-1945), criou-se o ensino profissionalizante com as escolas técnicas, surgindo o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) com o propósito de capacitar a população para o mercado de trabalho. Segundo Werner e Becker (2012), o ensino começou a se caracterizar pelo crescimento quantitativo e pela discussão da primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, que contou com o apoio da cooperação entre Brasil e Estados Unidos, por meio da Comissão Brasileira-Americana de Educação Industrial (CBAI), para equipar 33 escolas técnicas industriais. Historicamente, o acesso à escola no Brasil sempre foi restrito a uma minoria, essa realidade ganhou uma mudança importante com o Artigo 205 da Constituição de 1988, que transformou a educação em um direito de todos, garantido pelo Estado e pela família, focado no desenvolvimento do aluno, na cidadania e no trabalho (BRASIL, 1988; BELLO, 2001). Segundo Bello (2001), a Constituição estabelece a educação como um direito de todos e dever do Estado, determinando a obrigatoriedade do Ensino Fundamental e a competência da União para legislar sobre as diretrizes e bases da educação nacional. Esse

marco histórico fortalece o princípio da democratização do ensino, promovendo um espaço educacional mais igualitário e inclusivo.

Já em 1996, o ensino tomou novos rumos com a criação da Lei de Diretrizes e Bases (LDB), que veio para regulamentar o sistema educacional do Brasil, da educação básica ao ensino superior. Esse decreto teve como principal ponto determinar diretrizes e bases da educação nacional, servindo à formação dos profissionais da educação para, assim, garantir a toda população um ensino gratuito e de qualidade. A lei, em seu Artigo 35, trouxe várias finalidades para o ensino médio:

Art. 35. IV – A compreensão dos fundamentos científicos-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina (BRASIL, 1996).

Com relação ao Ensino de Física diante desse artigo da LDB, pode-se observar que ele não deve se limitar à exposição teórica dos conteúdos. Ao enfatizar a compreensão dos fundamentos científicos e tecnológicos e a articulação entre teoria e prática, a legislação reforça a importância do uso de recursos didáticos, como por exemplo, os simuladores virtuais, que possibilitam aos estudantes visualizar fenômenos, testar hipóteses e aplicar conceitos físicos em situações próximas da realidade.

2.2 Contexto do Ensino de Ciências com ênfase na Física

O Ensino de Ciências no Brasil, a partir da década de 1950, era predominantemente desenvolvido por meio de aulas expositivas e apoiado em livros didáticos, muitas vezes, desatualizados. Nesse contexto, o conhecimento científico era apresentado de forma generalista e transmissiva, sem evidenciar suficientemente sua relevância social, sua dimensão investigativa e suas possibilidades de aplicação prática, como apontam Werner e Becker (2012, p. 6):

Cujos métodos de ensino encontravam-se apoiados em um ensino por transmissão de conteúdo, generalista e extremamente expositivo. O ensino escolarizado apresentava uma distinção em termos de organização e estruturação na etapa colegial, na qual as disciplinas científicas deveriam se fazer presentes (WERNER; BECKER, 2012, p. 6).

A partir de 1956, o cenário começou a mudar com o crescimento das pesquisas científicas e tecnológicas nos Estados Unidos, o que influenciou diretamente o Ensino de Ciências no Brasil. Esse movimento levou a um avanço dessas disciplinas, segundo destacam Werner e Becker (2012):

[...] os modelos de desenvolvimento dessas disciplinas eram os do ensino nos Estados Unidos, fortemente estendidos para toda a América Latina. Tais projetos tinham como principais características a produção de textos, a utilização de material experimental, o treinamento de professores e a permanente atualização e valorização do conteúdo a ser ensinado (p. 6).

Segundo Werner e Becker (2012), o Physical Science Study Committee (PSSC), lançado em 1957, revolucionou o Ensino da Física ao propor uma abordagem inovadora. O PSSC introduziu textos modernos e uma nova sequência de conteúdos, incorporando tópicos que até então eram pouco explorados. Essa proposta também fomentava a prática experimental, proporcionando aos estudantes uma maior interação em laboratório e promovendo uma compreensão mais profunda da Física.

Diversos fenômenos e teorias, como os estudos dos movimentos, as leis de Newton e a eletrodinâmica, tornaram-se pilares da base curricular de Física. A partir dos anos 1960, o Ensino de Ciências, e em particular o de Física, passou a ser uma prioridade no Brasil, com o objetivo de inserir os jovens nas carreiras científicas (WERNER; BECKER, 2012).

Com a criação dos primeiros cursos de graduação em Física na década de 1970, o livro didático consolidou-se como o principal guia para a formação de professores e para a organização do ensino. Conforme Moreira (2000), o livro-texto determinava a estrutura dos cursos de Física geral e avançada, incluindo o nível de aprofundamento, a sequência das aulas e o plano de ensino. No entanto, a prática laboratorial, essencial para o aprendizado científico, ainda era pouco explorada, representando um desafio tanto para professores quanto para estudantes.

As novas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) reconhecem a importância de contextualizar o Ensino de Física, visando a uma formação científica prática e transformadora. As DCNEM orientam a necessidade de articular os conhecimentos teóricos com as tecnologias e as situações do dia a dia, permitindo que os fenômenos físicos, como os elétricos e magnéticos, sejam compreendidos a partir de aparelhos eletrônicos cotidianos, de motores ou de instalações elétricas residenciais, dando um significado real à prática dos estudantes (BRASIL, 2024).

Nesse sentido, Moreira (2000) cita que, desde a década de 1970, o ensino de Física já enfrentava o desafio de ser percebido como algo abstrato e desconectado do cotidiano dos estudantes. Isso levou à busca por práticas pedagógicas mais engajadoras, como o uso de materiais acessíveis e de novas tecnologias. No entanto, o autor alerta que, embora a contextualização a partir de situações do dia a dia seja uma estratégia fundamental para

aproximar os conteúdos da realidade dos estudantes, limitar o ensino apenas a essa perspectiva pode restringir a compreensão de fenômenos mais complexos e abstratos.

Para Silva *et al.* (2016), a Física muitas vezes é vista como uma disciplina difícil e irrelevante pelos estudantes, o que resulta em desmotivação. Assim, é fundamental contextualizar os conteúdos, conectando-os ao cotidiano dos estudantes para melhorar a compreensão e o engajamento. Segundo Gil-Pérez (2009), o Ensino de Ciências deve promover uma alfabetização científica, indo além da memorização de fórmulas e conceitos, de modo a formar indivíduos críticos, capazes de interpretar e questionar o mundo ao seu redor. Depois de alguns anos, a ciência começou a ter novos olhares, e os educadores perceberam que poderiam mudar a forma de ensinar os conhecimentos científicos. Começaram, então, a ensinar de forma dialógica, na qual passaram a questionar mais o porquê de cada fenômeno. De acordo com Moreira (2017), o Ensino de Física vem passando por uma transição em que se busca superar o modelo de ensino tradicional, dando lugar a uma educação dialógica que valoriza o questionamento e a participação ativa do estudante na construção de seu conhecimento.

Tratando-se do Ensino de Física, o processo educacional pode partir da curiosidade natural do aluno ou de estímulos externos para compreender os fenômenos ao seu redor (BZUNECK, 2001). Nesse sentido, a escola atua como um agente fundamental na disseminação do conhecimento, devendo proporcionar um ensino que estimule, motive e se mostre significativo para a vida do educando (FREIRE, 1996).

Para alcançar esse ensino motivador e significativo, superando de fato a visão tradicional e puramente de memorização da Física, tornam-se indispensáveis abordagens pedagógicas que coloquem o estudante no centro do processo de aprendizagem. E é nesse cenário que o Ensino de Ciências por Investigação (ENCI) aparece como uma alternativa para mudar a forma de ensinar e deixar as aulas mais dinâmicas e motivadoras para os alunos.

Por muito tempo, a Física foi ensinada com foco em memorizar fórmulas e resolver exercícios prontos, deixando o aluno apenas escutando e copiando. Já o Ensino de Ciências por Investigação funciona de outra forma, ele desafia o estudante a construir o próprio aprendizado ao resolver problemas, levantar hipóteses e discutir os resultados (CARVALHO, 2013; SASSERON, 2015; CARVALHO, 2018). Essa abordagem não é um passo a passo rígido nem uma receita pronta, é uma maneira de ensinar que o professor oferece espaço para o aluno observar, fazer perguntas, testar ideias e debater, aproximando o estudante.

Segundo Carvalho (2013), para fazer uma aula investigativa não é preciso ter um laboratório completo na escola, tudo começa com uma pergunta que desperte o interesse e faça o aluno usar o que já sabe. Essa questão não é para aplicar uma fórmula, mas uma questão que estimule o estudante a testar, pesquisar e mudar de ideia se for preciso (CARVALHO, 2013; CARVALHO; SASSERON, 2015; CARVALHO, 2018). Por isso, o ponto de partida deve ser o conhecimento prévio do aluno, mesmo que ainda não seja uma explicação correta da Ciência. Nessa proposta, o erro não é punido nem visto como fracasso, ele torna-se uma oportunidade de aprender (CARVALHO, 2013; SASSERON, 2015; CARVALHO, 2018).

Para organizar essa prática na sala de aula, Carvalho (2013) sugere as Sequências de Ensino Investigativas (SEI), divididas em quatro etapas principais: 1. Apresentação do problema: o professor lança a pergunta e os alunos levantam as primeiras hipóteses; 2. Investigação: a turma manipula os materiais ou o simulador e testa as possibilidades; 3. Discussão e Sistematização: os alunos conversam sobre o que observaram, organizam as ideias e o professor conecta a prática aos conceitos da Física; 4. Contextualização: a turma relaciona o que aprendeu com o dia a dia, como os piscas-piscas, as extensões e a rede elétrica de casa (CARVALHO, 2013; CARVALHO; SASSERON, 2015; SASSERON, 2018).

Carvalho (2013) lembra que só manipular os materiais ou programas de computador não garante que o aluno aprendeu. O mais importante é fazer o estudante sair do "apenas manipular" e passar a pensar sobre o que está fazendo, comparando os dados e explicando os resultados com as próprias palavras. Por isso, o papel do professor é fundamental durante toda a aula, em vez de dar as respostas prontas, ele faz perguntas que instigam os alunos a conversarem em grupo, defenderem suas ideias e começarem a entender o pensamento científico (CARVALHO, 2013; SASSERON, 2015; SASSERON, 2018). No Ensino de Física, essa forma de ensinar ajuda o aluno a fugir da decoreba de fórmulas, mas sem deixar de aprender o conteúdo (CARVALHO; SASSERON, 2015).

2.3 Simulações no Ensino de Física e a aprendizagem

A utilização de novos recursos metodológicos vem aumentando em razão de um problema ainda presente na educação: a permanência de um ensino tradicional, no qual o aluno nem sempre consegue relacionar o conhecimento científico com a realidade ao seu redor. Com isso, a utilização de novos recursos computacionais é importante para ajudar o professor no contexto da sala de aula. Tratando-se da Física, esse problema torna-se ainda

mais evidente, pois muitos conteúdos ainda são apresentados de maneira tradicional, com o uso predominante do quadro negro e de desenhos para representar fenômenos que, por sua natureza abstrata e dinâmica, exigiriam maior visualização e interação por parte dos estudantes. Nesse sentido, estudos recentes evidenciam contribuições concretas dessas tecnologias para o processo de ensino e aprendizagem, como demonstrado por Oliveira (2021), ao desenvolver uma experiência com estudantes do 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública de Alagoas, utilizando como recurso o simulador computacional PhET. Na pesquisa, o autor observou maior interação, motivação e melhora no desempenho dos estudantes. Nesse sentido, Duarte (2019) destaca que o uso de simuladores, como o PhET, atua como fator de inclusão digital e inovação pedagógica, pois, ao colocar o estudante em contato com tecnologias que vão além do livro didático e do quadro, amplia-se o repertório educacional e aproxima-se a aula de um contexto tecnológico já presente no cotidiano dos jovens. O uso de simuladores contribui para superar uma das dificuldades presentes no Ensino de Física: mostrar aos estudantes, de forma mais clara e visual, o que ocorre em determinados fenômenos físicos. Embora a simulação apresente algumas limitações, por se tratar de uma representação simplificada da realidade, ela pode auxiliar o processo de ensino e aprendizagem ao possibilitar a visualização dos fenômenos, a aplicação de modelos matemáticos, tal como menciona Medeiros e Medeiros (2002):

A interatividade da simulação consiste no fato de que o programa é capaz de fornecer não apenas uma animação isolada de um fenômeno em causa; mas, uma vasta gama de animações alternativas selecionadas através do input de parâmetros pelo estudante (p. 79).

O principal papel das simulações é atender a alguns casos em que não se conseguem realizar experiências reais, ou que elas são impossíveis de serem feitas pelos estudantes ou pelos professores, seja por limitações de infraestrutura, custo, segurança ou tempo. Segundo Pyatt e Sims (2012), ambientes virtuais podem funcionar como alternativas eficazes às práticas laboratoriais tradicionais, sobretudo quando o experimento real exige condições difíceis de serem reproduzidas no espaço escolar. Como por exemplo, os estudos da Termodinâmica, em que se desenvolvem casos específicos de gases em compressão, analisando sua pressão, sua temperatura e seu volume. Esses experimentos podem ser arriscados ou até mesmo caros, por se tratar de condições mais complexas e por necessitarem de uma boa medição e aparelhagem.

A simulação tem sido cada vez mais utilizada como recurso metodológico no Ensino de Física e, com isso, diferentes autores como Ferreira, Pereira e Sousa (2019) e Jaime

e Leonel (2024), vêm discutindo suas possibilidades e limitações. Dessa forma, nem sempre contempla todas as condições presentes em uma experiência real, podendo utilizar aproximações e dados idealizados para representar determinado fenômeno físico. Para Medeiros e Medeiros (2002):

As modernas técnicas computacionais têm tornado as representações visuais e simulações computacionais fáceis e verdadeiramente espetaculares. Ao mesmo tempo, contudo, elas têm criado uma tendência perigosa de um uso exagerado de animações e simulações considerando-as como alternativas aos experimentos reais, como se tivessem o mesmo status epistemológico e educacional (p. 80).

Diante disso, a principal função do professor é saber selecionar uma experiência virtual adequada e explorar, dentro da simulação, aspectos que contribuam com o aprendizado do estudante. Essa postura do professor como orientador da atividade, e não apenas como transmissor de conteúdos, aproxima-se da perspectiva defendida por Carvalho (2013) sobre o ensino por investigação, na qual o estudante é incentivado a observar, levantar hipóteses, testar possibilidades e construir explicações para os fenômenos estudados. Conforme Valente (1995, p. 11), "a simulação oferece a possibilidade de o aluno desenvolver hipóteses, testá-las, analisar resultados e refinar os conceitos". A simulação deve ser sempre desenvolvida e acompanhada pelo professor, pois, se utilizada sem mediação adequada, pode levar o discente a uma interpretação equivocada, fazendo-o compreender a realidade apenas como uma simplificação computacional.

A simulação, quando utilizada com foco na aprendizagem, torna-se relevante para o aluno, pois permite que ele manuseie o simulador, realize ajustes e observe diferentes formas de visualização do fenômeno. Desse modo, pode ser utilizada como recurso didático por se tratar de uma ferramenta de fácil acesso e manuseio, que contribui para tornar o conhecimento físico mais concreto e interativo. Segundo Valente (1995):

A simulação envolve a criação de modelos dinâmicos e simplificados do mundo real. Estes modelos permitem a exploração de situações fictícias, de situações com risco, como manipulação de substância química ou objetos perigosos; de experimentos que são muito complicados, caros ou que levam muito tempo para se processarem (...) (p. 11).

Um fator importante da simulação é que ela pode servir para complementar um conhecimento já explorado pelo professor, mostrando sua aplicação, quanto para ser introduzida junto ao conteúdo, contribuindo para a visualização do fenômeno pelo aluno e colaborando para que ele imagine, questione e dê sentido ao conhecimento científico. Esse aspecto pode ser compreendido a partir da prática defendida por Piaget (1925 apud

VALENTE, 1995), de "provocar a atividade", ou seja, estimular a busca pelo conhecimento por parte dos discentes.

A simulação deve ser sempre desenvolvida e acompanhada pelo professor, pois, se utilizada sem mediação adequada, pode levar o discente a uma interpretação equivocada, fazendo-o compreender a realidade apenas como uma simplificação computacional. Logo, conforme Valente (1995) a simulação:

não cria a melhor situação de aprendizado. A simulação deve ser vista como um complemento de apresentações formais, leituras e discussões em sala de aula. Se estas complementações não forem realizadas não existe garantia de que o aprendizado ocorra e de que o conhecimento possa ser aplicado à vida real (p. 12).

Logo, aprender a utilizar os recursos que a simulação oferece, como animações, figuras, modelos matemáticos, sons e outras ferramentas, é uma tarefa que pode desenvolver diferentes habilidades no estudante, além disso, possibilita trabalhar sua desenvoltura no uso do simulador e a sua participação em atividades em grupo. O professor, por sua vez, pode explorar esses conhecimentos por meio de perguntas problematizadoras direcionadas aos estudantes, relacionando a Física real com a Física representada na simulação, de modo que a aprendizagem se torne mais significativa.

2.4 Fundamentos dos circuitos elétricos e eletrodinâmica

Esta seção foi elaborada e adaptada a partir dos fundamentos teóricos da eletrodinâmica clássica apresentados por Halliday, Resnick e Walker (2012) e Sears e Zemansky (2008). O objetivo aqui é apresentar de forma clara e direta os conceitos essenciais sobre circuitos elétricos que servem de base para entender as práticas e os experimentos virtuais que foram desenvolvidos ao longo desta pesquisa.

2.4.1 Conceito de circuitos elétricos

Um circuito elétrico pode ser entendido como um caminho fechado por onde as cargas elétricas conseguem circular. Na Física, estudamos que esse circuito é composto por um conjunto de elementos conectados entre si que permitem a passagem de uma corrente elétrica, servindo para transportar energia e fazer funcionar os aparelhos que usamos no nosso dia a dia (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

2.4.2 Como funciona um circuito elétrico

Para um circuito elétrico funcionar, é obrigatório que exista uma diferença de potencial (tensão elétrica) e que o caminho esteja completamente fechado, sem nenhuma interrupção nos fios condutores. Quando ligamos o circuito a uma fonte de energia, cria-se um campo elétrico que força os elétrons livres a se movimentarem de maneira ordenada. É esse movimento organizado dos elétrons através dos componentes que gera a corrente elétrica responsável por ligar uma lâmpada ou um motor, por exemplo.

2.4.3 Elementos de um circuito elétrico

Um circuito elétrico básico conta com componentes específicos, onde cada um possui uma função importante:

- **Geradores (ou fontes de tensão):** São os aparelhos que fornecem a energia necessária para o circuito funcionar, mantendo a diferença de potencial (como as pilhas e baterias).
- **Condutores:** São os caminhos por onde a corrente circula de forma fácil, geralmente fios de cobre.
- **Resistores (ou receptores):** São os componentes que consomem a energia elétrica do circuito e a transformam em outra forma de energia (como a lâmpada que transforma em luz e calor, ou um chuveiro). Eles também servem para controlar a passagem da corrente.
- **Dispositivos de manobra:** Componentes que servem para ligar ou desligar o circuito com segurança, como os interruptores domésticos.

2.4.4 Circuito em série: características e equações

No circuito em série, os componentes estão ligados um após o outro, formando um único caminho para a passagem da corrente elétrica. As principais características e equações que definem essa associação são:

- **Corrente elétrica (i):** A corrente é constante em todo o circuito, o que significa que o valor da corrente que passa por um componente é exatamente o mesmo que passa pelos outros:

$$i_{\text{total}} = i_1 = i_2 = i_3 \quad [1]$$

- **Tensão elétrica (U):** A tensão total fornecida pela fonte é dividida entre os componentes do circuito:

$$U_{\text{total}} = U_1 + U_2 + U_3 \quad [2]$$

- **Resistência equivalente (R_{eq}):** Para descobrir a resistência total, basta somar o valor de todos os resistores associados:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \quad [3]$$

Se uma lâmpada queimar em um circuito em série, o caminho é aberto e todas as outras lâmpadas também se apagam.

2.4.5 Circuito em paralelo: características e equações

No circuito em paralelo, os componentes são conectados em ramos separados, criando mais de um caminho para a corrente elétrica circular. É o modelo utilizado nas instalações elétricas das nossas casas. Suas características são:

- **Tensão elétrica (U):** A tensão é igual em todos os ramos do circuito, ou seja, todos os componentes recebem a mesma diferença de potencial da fonte:

$$U_{\text{total}} = U_1 = U_2 = U_3 \quad [4]$$

- **Corrente elétrica (i):** A corrente total do circuito se divide entre os ramos, de modo que os ramos com menor resistência recebem uma corrente maior:

$$i_{\text{total}} = i_1 + i_2 + i_3 \quad [5]$$

- **Resistência equivalente (R_{eq}):** O cálculo da resistência total é feito de maneira inversa, onde o inverso da resistência equivalente é igual à soma dos inversos das resistências presentes:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad [6]$$

Nesse modelo, se um componente parar de funcionar, os outros continuam funcionando normalmente.

2.4.6 Instrumentos de medida

Para fazer a coleta de dados e analisar o comportamento físico de um circuito, utilizamos instrumentos específicos de medição:

- **Voltímetro:** É o aparelho usado para medir a diferença de potencial (tensão) entre dois pontos do circuito. Para realizar a medição correta, o voltímetro deve ser inserido

sempre em paralelo com o componente que se quer medir, pois ele precisa de uma resistência interna muito alta para não desviar a corrente do circuito.

- **Amperímetro:** É o aparelho utilizado para medir a intensidade da corrente elétrica. Ele deve ser inserido sempre em série no circuito, virando parte do próprio caminho, e possui uma resistência interna muito baixa para não atrapalhar o fluxo real da corrente que está sendo medida.

3 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa está organizada em quatro seções, que apresentam desde o contexto de realização do estudo até os procedimentos adotados para a coleta de dados. A seção 3.1 caracteriza o local onde a pesquisa foi desenvolvida e as turmas participantes da investigação. Já a seção 3.2 apresenta os critérios para a seleção do simulador, descrevendo também sua interface, a seção 3.3 descreve a construção de dois roteiros voltados, respectivamente, ao estudo dos circuitos elétricos em série e em paralelo e o desenvolvimento da proposta didática apresentando as etapas de aplicação. Por fim, a seção 3.4 apresenta o questionário elaborado em escala Likert para analisar a percepção dos estudantes, organizado em seis constructos.

3.1 Contexto e público-alvo da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida em uma Escola Estadual da Região dos Inconfidentes. A escola é pública e atende estudantes do Ensino Médio Regular e da EJA. A escolha da instituição ocorreu por dois motivos principais: por ser o campo de estágio do pesquisador e por ofertar as duas modalidades de ensino investigadas, o 3º ano do Ensino Médio Regular e o 3º ano da EJA. Essa condição possibilitou a aplicação da mesma proposta didática para dois públicos distintos, permitindo observar as percepções dos estudantes quanto ao uso de simulações computacionais no Ensino de Física.

Atualmente, a infraestrutura da escola conta com 12 salas de aula, mais um laboratório de informática que funciona junto com o laboratório de Ciências. Tem também uma sala própria para os professores e uma biblioteca ampla, com bastante livros didáticos e um espaço para leitura com alguns computadores. As salas de aula são compostas pelas carteiras junto com um quadro que atrapalha alguns estudantes na visualização. Como é um modelo que transmite muito reflexo, sempre há a necessidade de fechar as cortinas, o que atrapalha um pouco a circulação de ar da sala. Algumas salas têm projetor, só que eles não estão funcionando devido à falta de manutenção.

O público-alvo dessa pesquisa foi composto por duas turmas de estudantes, sendo uma turma do 3º ano do Ensino Médio Regular e uma turma do 3º ano EJA. A turma do 3º ano do Ensino Médio Regular é composta, na maioria, por adolescentes entre 16 e 18 anos que têm uma trajetória escolar contínua. Atualmente, essa turma tem 27 estudantes. Entre eles, há duas alunas especiais que são cadeirantes e possuem dificuldades de raciocínio, sendo necessário adaptar as atividades para um melhor aprendizado delas. Essa turma estuda no

período vespertino e as aulas acontecem no 6º horário do turno. Esse horário é um problema, pois, na maioria das vezes, alguns estudantes não frequentam a aula devido à necessidade de irem embora mais cedo por causa do transporte escolar. O diferencial dessa turma é que ela contém 6 estudantes que atualmente estão fazendo um curso de elétrica no SENAI, o que é de grande importância para uma análise do projeto como aprendizado.

O terceiro ano da EJA é composto por estudantes de faixa etária mais variada, em geral pessoas que trabalham durante o dia e voltaram a estudar à noite. Esse público tende a trazer uma vivência prática maior com eletricidade no dia a dia, seja pela instalação elétrica da própria casa, seja pelo trabalho. Na EJA, considerar a vivência dos estudantes significa reconhecer que o processo de aprendizagem ocorre a partir de sujeitos que já possuem conhecimentos, experiências e formas de interpretar a realidade construída ao longo de suas trajetórias sociais e culturais. Nesse sentido, aproximar o conhecimento escolar da realidade vivenciada pelos estudantes pode favorecer a atribuição de significado aos novos conhecimentos e ampliar as possibilidades de aprendizagem. A participação da turma do 3º ano do Ensino Médio Regular e do 3º ano EJA, possibilitou analisar a percepção dos estudantes em diferentes modalidades de ensino, considerando suas experiências escolares e formas de interação com o recurso didático utilizado.

3.2 Escolha do simulador

Para o desenvolvimento da proposta, foi realizada uma busca na plataforma *PhET Interactive Simulations*, da Universidade do Colorado em Boulder, com o objetivo de identificar uma simulação adequada ao estudo de circuitos elétricos. Foi escolhido o simulador PhET: “Kit para montar um circuito DC - Laboratório Virtual” que pode ser acessado a partir do link: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab. No Apêndice A é possível verificar a ficha técnica do simulador escolhido.

O simulador selecionado é disponibilizado de forma gratuita na plataforma PhET e pode ser acessado de qualquer computador, tablet ou celular com acesso à internet, a plataforma também possibilita baixar muitas simulações e trabalha-las de modo offline, caso a internet for instável. Essa característica facilita sua utilização em escolas públicas, especialmente por não exigir instalação de programas específicos e como alternativa para as escolas que não possuem laboratório de Ciências equipado. Além disso, o simulador permite a montagem de circuitos elétricos de corrente contínua, possibilitando a análise de circuitos em série e em paralelo, bem como das relações entre tensão elétrica, corrente elétrica e resistência elétrica utilizando a 1ª Lei de Ohm.

Na FIG. 1, observamos a tela inicial do simulador, que é dividida em três partes principais: 1. Lateral esquerda com os componentes do circuito elétrico; 2. Área central de cor azul, denominada como bancada virtual onde o circuito é montado; 3. Lateral direita com as opções de visualização e os equipamentos de medição.

FIGURA 1: Tela inicial do simulador.



Fonte: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab. Acesso em: 10 de agosto de 2026.

3.2.1 Lateral esquerda: componentes do circuito elétrico

Na barra lateral esquerda encontram-se os principais componentes para a montagem dos circuitos. Cada um deles tem uma função específica dentro do circuito elétrico.

- **Fio:** é o componente utilizado para interligar os outros elementos do circuito, ou seja, é o caminho por onde a corrente elétrica vai circular. No simulador, ele aparece como um cilindro avermelhado, lembrando o cobre que existe nos fios reais.
- **Bateria:** é a fonte de tensão contínua (DC) do circuito ela fornece a energia para os elétrons se movimentarem. No simulador, a bateria é representada por uma pilha cilíndrica preta e amarela, e o aluno pode clicar para alterar o valor da tensão.
- **Lâmpada:** é utilizada como um dos componentes resistivos do circuito, sendo possível alterar o valor de sua resistência elétrica e observar como essa mudança interfere no brilho da lâmpada, na corrente elétrica e na tensão do circuito.
- **Resistor:** é o componente usado para estudar a oposição à passagem da corrente elétrica. Com ele é possível observar a queda de tensão, o efeito da resistência no circuito e a relação entre a fonte e a corrente elétrica. No simulador, ele aparece como um cilindro bege com listras coloridas, igual aos resistores reais.

- **Interruptor:** é o componente que permite abrir ou fechar o circuito. Com o circuito aberto a corrente não circula, e com o circuito fechado a corrente pode circular normalmente, ele funciona como um botão liga/desliga.

No canto inferior esquerdo da tela existem duas lupas amarelas (+ e -) que servem para dar zoom na bancada virtual, ou seja, aproximar ou afastar a imagem do circuito.

3.2.2 Área central: bancada virtual

A área central do simulador, denominada aqui de bancada virtual, corresponde ao espaço destinado à construção, organização e manipulação dos circuitos elétricos. É nessa região que o estudante posiciona e conecta os diferentes componentes disponíveis no simulador, como fios, pilhas, resistores, lâmpadas e interruptores, formando os circuitos que serão investigados. Esse espaço permite montar diferentes configurações, modificar as conexões e observar, de forma dinâmica, o comportamento do circuito à medida que alterações são realizadas.

3.2.3 Lateral direita: ferramentas de medição e opções de visualização

Na parte lateral direita do simulador, encontram-se algumas ferramentas e opções que auxiliam na análise do circuito elétrico construído na bancada virtual, a saber:

Visualização da corrente: No canto superior direito da tela existe uma área chamada “Ver Corrente”, que mostra de forma animada como a corrente elétrica está se movimentando dentro do circuito. O aluno pode escolher entre duas opções: 1. A opção “Elétrons” mostra a movimentação associada aos elétrons, ou seja, o sentido real da corrente; 2. A opção “Convencional” mostra o sentido convencional da corrente elétrica, sentido adotado pela maioria dos livros para calcular os circuitos elétricos.

Logo abaixo da opção “Ver Corrente” existem outras opções que ajudam o aluno a visualizar melhor as informações do circuito:

- Rótulos é uma opção que mostra o nome dos componentes, o que permite com que o aluno identifique cada item dos componentes do circuito;
- Valores é uma opção que mostra os valores numéricos, como a tensão da bateria e a resistência das lâmpadas;

No canto inferior direito da tela está o painel dos equipamentos de medição, que são as ferramentas que o aluno vai usar para coletar os dados do experimento.

- Voltímetro é usado para medir a diferença de potencial entre dois pontos de um circuito, ou seja, a tensão. No simulador, ele aparece como um multímetro digital

laranja com duas pontas de prova, uma vermelha e outra preta. É inserido no circuito de forma paralela para se medir a tensão elétrica;

- Amperímetro é um instrumento usado para medir corrente elétrica do circuito. No simulador, ele aparece como um medidor laranja e é inserido em série para obter o valor da corrente que atravessa cada um dos componentes do circuito.

Esses dois instrumentos são fundamentais para o trabalho, pois com eles os estudantes vão fazer as medições de tensão elétrica e corrente elétrica durante a montagem dos circuitos em série e em paralelo.

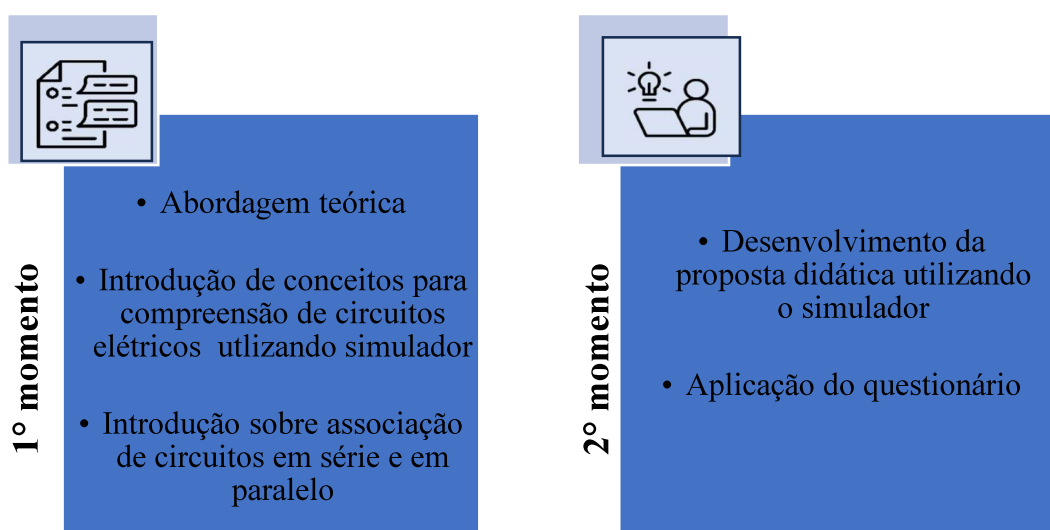
E por fim, no canto inferior direito existe um botão laranja de reset (com setas em círculo), que pode ser utilizada para apagar tudo e começar o circuito novamente.

3.3 Elaboração dos roteiros de atividade e desenvolvimento da proposta didática

A partir do simulador selecionado, foram elaborados dois roteiros de atividade: um voltado ao estudo de circuitos elétricos em série (Apêndice B) e outro ao estudo de circuitos elétricos em paralelo (Apêndice C). Os roteiros foram organizados com problematização inicial, breve introdução conceitual, objetivos, orientações para acesso e uso do simulador, etapas de montagem dos circuitos, realização de medições com voltímetro e amperímetro, registro de dados e questões para análise dos resultados observados.

O desenvolvimento da proposta didática foi realizado em dois momentos, distribuídos em quatro aulas de 50 minutos em cada turma, sendo duas aulas dedicadas ao 1º momento e duas aulas ao 2º momento, conforme apresentado na FIG. 2.

FIGURA 2: Descrição do desenvolvimento da proposta didática.



Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

O 1º momento foi uma abordagem teórica com os estudantes sobre circuitos elétricos e de que eles são compostos, usando como referência as residências familiares. Foram introduzidos os conceitos de corrente elétrica e uma demonstração usando o simulador PhET para mostrar o movimento ordenado dos elétrons junto com uma fonte de tensão elétrica contínua. Depois foram trabalhados os conceitos de resistência elétrica e diferença de potencial, para que pudessemos utilizá-los no aprendizado da 1ª Lei de Ohm e suas relações entre corrente e resistência elétrica. Dentro deste momento, ainda foram introduzidas as associações de circuitos elétricos em série e em paralelo, com o foco de deixar uma boa base para os estudantes, melhorando toda a sua compreensão para a aula de experimentação virtual.

O 2º momento envolveu a utilização dos simuladores e a aplicação dos questionários, realizados no laboratório de informática da escola. A etapa foi dividida em duas aulas: na primeira, trabalhou-se o circuito em série, na qual foi realizada a instrução inicial no roteiro para auxiliar os alunos que apresentavam maior dificuldade no uso do computador; na segunda aula, trabalhou-se o circuito em paralelo. As atividades foram desenvolvidas por alguns alunos em duplas e por outros individualmente. Vale ressaltar que as montagens virtuais, o manuseio do simulador, as observações e o registro das medições foram feitos de forma autônoma pelos próprios estudantes (Apêndices B e C). Por fim, aplicou-se o questionário em escala Likert (Apêndice D p.70) para avaliar a percepção dos alunos sobre o uso da ferramenta.

3.4 Instrumento de coleta de dados

Após a realização das atividades com o simulador, foi aplicado um questionário aos estudantes com o objetivo de avaliar sua percepção sobre o uso da simulação no processo de aprendizagem. Esse questionário foi feito usando a escala Likert, que, de acordo com a literatura da área (Likert, 1932; Da Silva Júnior; Costa, 2014), é uma ferramenta muito utilizada para pesquisas de opinião e mensuração de atitudes. As classificações foram estruturadas em uma escala de 1 a 5, indicando o grau de concordância com cada assertiva que, segundo a escala de Likert de cinco pontos, são: 1) discordo totalmente; 2) discordo parcialmente; 3) meus argumentos para discordar e concordar são equivalentes; 4) concordo parcialmente e 5) concordo totalmente.

A ideia de usar essa escala foi para analisar de forma detalhada, a partir da literatura sobre o Ensino de Física, diferentes constructos que influenciam o aprendizado. Na pesquisa acadêmica, os constructos são as categorias teóricas que queremos medir para entender um fenômeno. No caso deste trabalho, os principais constructos adotados foram: a

compreensão conceitual dos circuitos elétricos, a capacidade de visualização e representação dos fenômenos como a corrente e a tensão, o nível de interação e autonomia com o simulador, além da motivação e interesse despertados pela atividade prática computacional. O questionário foi dividido em 6 blocos temáticos (constructos), conforme apresentado no Quadro 1. O questionário completo está disponível no Apêndice D.

Quadro 1: Divisão dos blocos temáticos do questionário Likert.

Constructo	Dimensão avaliada	Objetivo
1	Compreensão conceitual do conteúdo	Avaliar se o aluno compreendeu os conceitos teóricos da 1ª lei de Ohm e associações.
2	Visualização e representação dos fenômenos	Verificar se o simulador ajudou a enxergar o comportamento invisível da corrente e tensão.
3	Interação e experimentação com o simulador	Analisar a autonomia do aluno ao mexer nos componentes e instrumentos de medição.
4	Motivação e interesse pelo experimento	Medir o engajamento e a curiosidade despertada pela atividade computacional.
5	Facilidade de uso da simulação	Identificar se a plataforma foi intuitiva ou se gerou dificuldades técnicas de manuseio.
6	Avaliação geral da atividade proposta	Coletar o resultado do aluno sobre a relevância de toda a dinâmica realizada.

Fonte: Elaborado pelo autor.

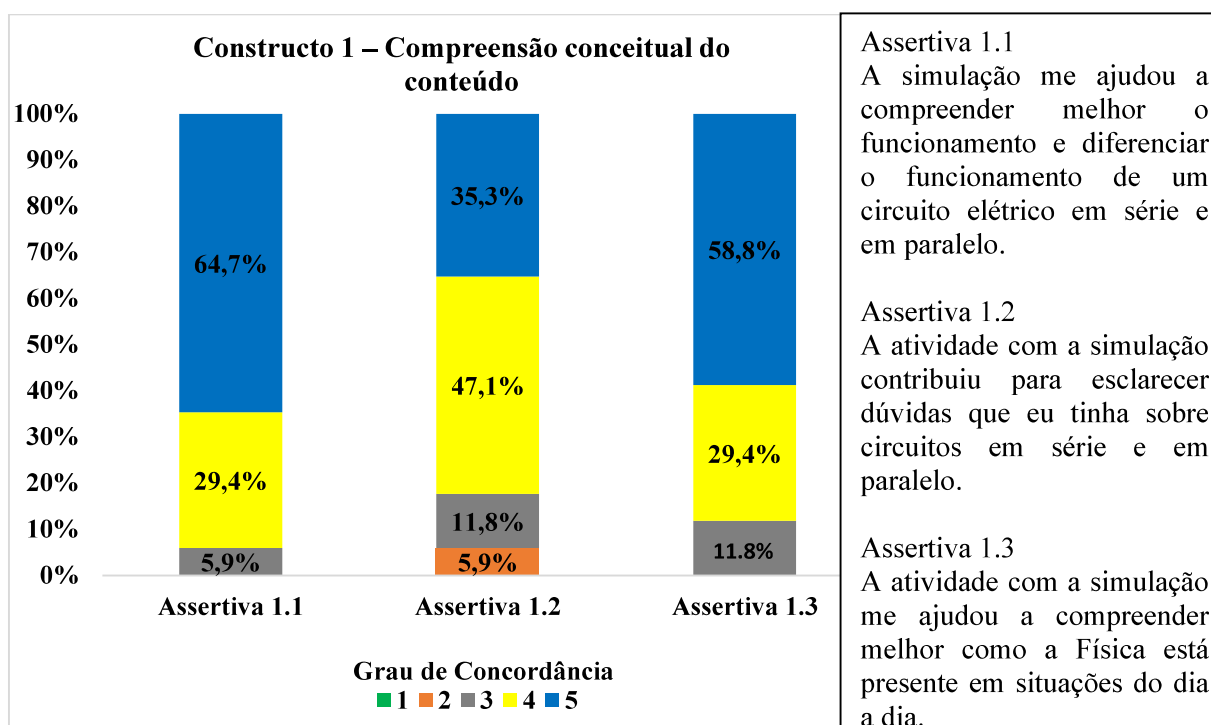
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos por meio da aplicação do questionário de percepção dos estudantes e as observações registradas durante o uso do simulador PhET nas turmas do 3º ano do Ensino Médio Regular e da EJA foram organizados em três subseções: a subseção 4.1 apresenta os resultados obtidos na turma do 3º ano do Ensino Médio Regular; a subseção 4.2 apresenta os resultados obtidos na turma do 3º ano da EJA. Por fim, a subseção 4.3 apresenta um panorama geral entre as duas turmas investigadas.

4.1 Percepção dos estudantes do 3º ano do Ensino Médio Regular

A aplicação com a turma do 3º ano do Ensino Médio Regular ocorreu no dia 1º de julho de 2026, no laboratório de informática da escola, participaram da atividade 17 estudantes. Com relação ao perfil da turma, 6 estudantes, correspondentes a 35,2% dos participantes, frequentam o Curso Técnico de Elétrica no Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). Essa informação é relevante porque esses estudantes já possuíam contato com os conceitos relacionados aos circuitos elétricos. Quando questionados se eles já tiveram aulas utilizando simulações computacionais, 12 dos 17 estudantes (70,5%) já haviam participado, 5 estudantes (29,5%) não haviam vivenciado essa experiência. Quanto ao nível de interesse pela Física, 16 estudantes (94,1%) indicaram interesse de nível médio, 1 aluno (5,9%) indicou interesse de nível baixo e nenhum participante assinalou a opção correspondente ao nível alto de interesse pela disciplina de Física.

Os resultados obtidos foram organizados a partir de cada um dos constructos especificados no questionário. No constructo 1, foi analisada a compreensão conceitual do conteúdo, composto por três assertivas relacionadas ao entendimento do conteúdo. As respostas obtidas por cada afirmativa será apresentada no GRAF. 1.

GRÁFICO 1: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 1.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A assertiva 1.1 obteve o maior percentual de concordância do constructo: 94,1% dos participantes assinalaram os níveis 4 ou 5. Esse resultado pode estar relacionado ao fato de que a montagem e a comparação entre circuitos em série e em paralelo constituíram o foco central dos dois roteiros desenvolvidos. A possibilidade de construir as duas associações, modificar seus componentes e observar o comportamento do circuito pode ter favorecido a identificação de diferenças entre as montagens. Por outro lado, a assertiva 1.2 apresentou o menor percentual de concordância com 35,3% dos participantes assinalando o nível 5 e 47,1% assinalando o nível 4 (somando 82,4% de concordância). Ainda nesta assertiva, 11,82% permaneceram neutros e 5,9% manifestaram discordância. Embora a soma das respostas favoráveis tenha sido elevada, a distribuição entre os níveis da escala indica que a contribuição da simulação para o esclarecimento de dúvidas anteriores não foi percebida com a mesma intensidade por todos os estudantes. Isso sugere que a diferenciação prática entre as montagens foi mais facilmente reconhecida do que a superação de dúvidas ou concepções construídas anteriormente.

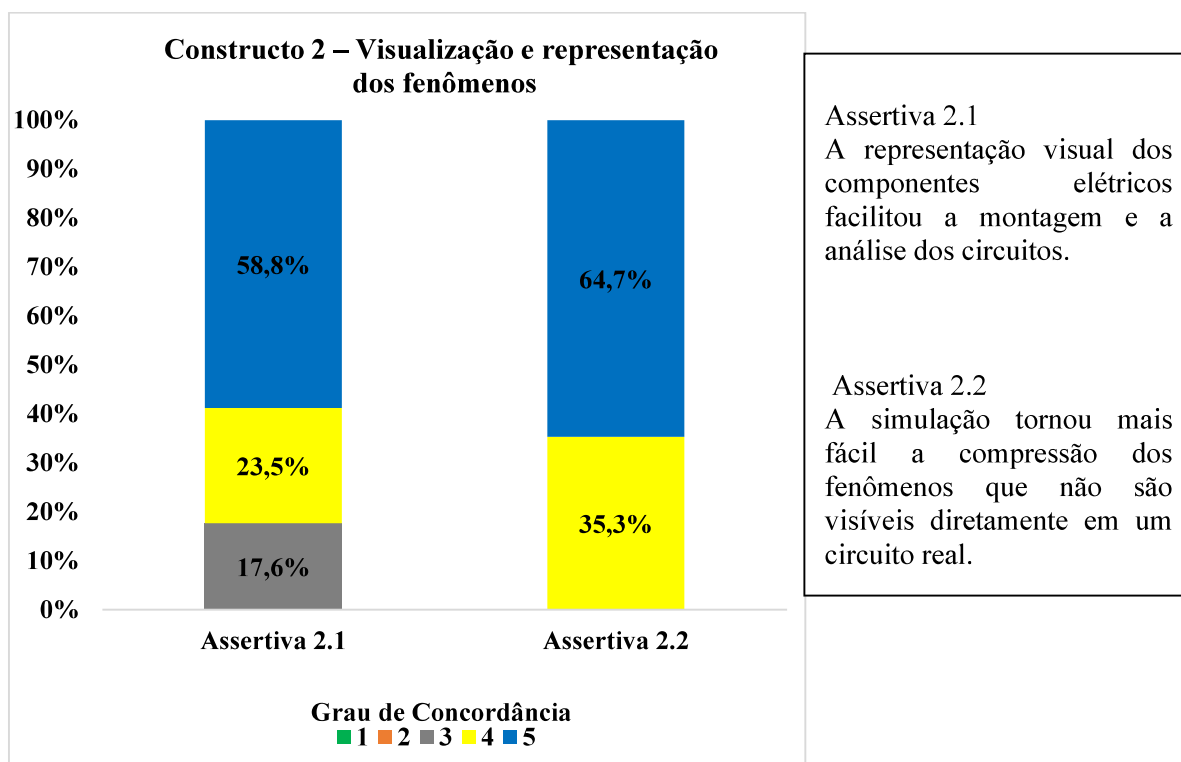
Esse resultado dialoga com Medeiros e Medeiros (2002), ao destacarem que as simulações constituem representações simplificadas da realidade e não substituem a explicação, a problematização e a mediação realizadas pelo professor. Assim, a visualização

proporcionada pelo recurso pode contribuir para a compreensão, mas precisa ser acompanhada por questionamentos, discussões e momentos de sistematização conceitual.

A assertiva 1.3 também apresentou avaliação predominantemente positiva, com 88,2 % de concordância total ou parcial. Contudo, como o instrumento investigou a percepção dos estudantes, o resultado permite afirmar que eles reconheceram uma aproximação entre o conteúdo e o cotidiano, mas não demonstra, por si só, que passaram a aplicar adequadamente os conceitos físicos.

O segundo constructo investigou a percepção dos estudantes sobre a contribuição das representações visuais para a montagem dos circuitos e para a compreensão de fenômenos que não são diretamente observáveis em um circuito real. Os resultados desse constructo estão apresentados no GRAF. 2.

GRÁFICO 2: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 2.



Fonte: Elaborado pelo autor.

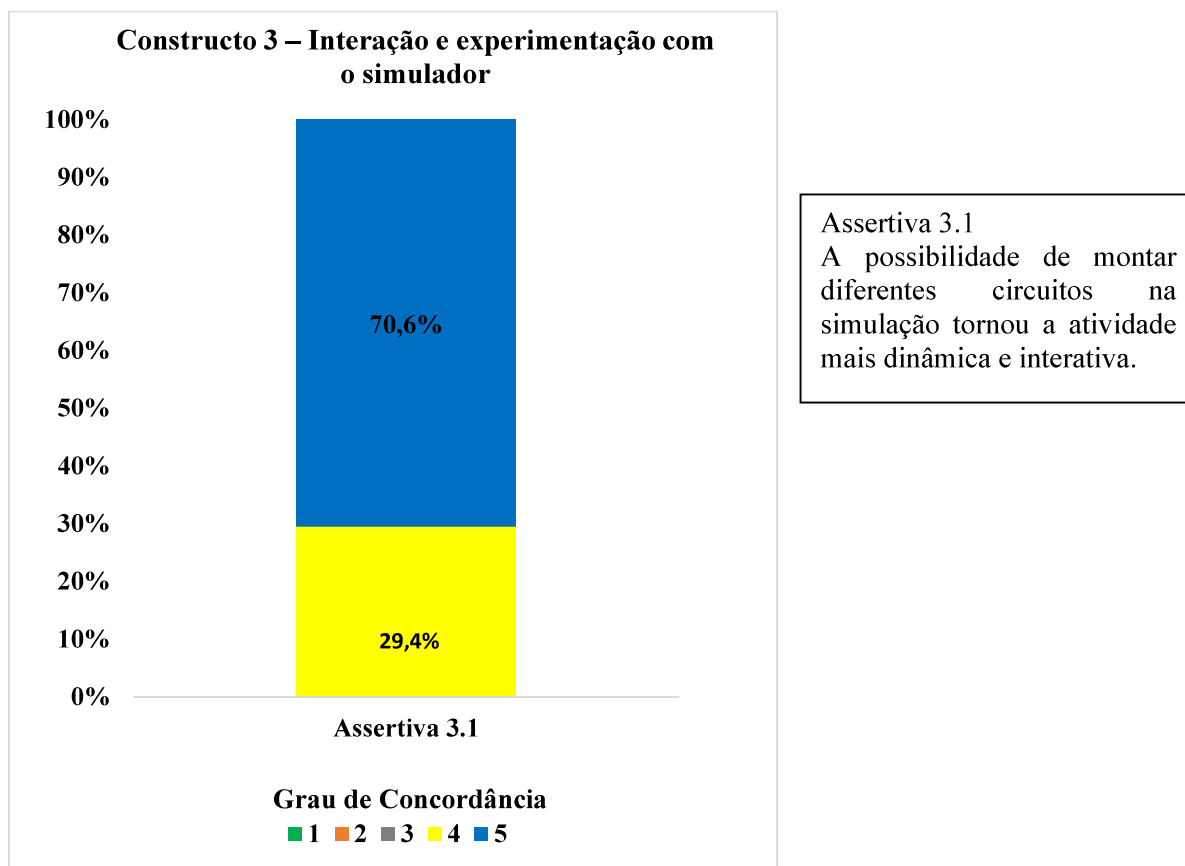
Na assertiva 2.1, 58,8% dos estudantes concordaram totalmente, 23,5% concordaram parcialmente e 17,6% permaneceram neutros. Durante a realização da atividade, observou-se que alguns estudantes necessitaram de mais tempo para se familiarizar com a interface do simulador, especialmente para diferenciar a representação realista dos componentes de sua representação simbólica. Essa observação pode ajudar a compreender a presença de respostas neutras, embora o questionário, isoladamente, não permita afirmar que

essa tenha sido a única razão. Os dados evidenciam, portanto, que a representação visual pode facilitar a atividade, mas sua compreensão também depende da familiaridade dos estudantes com a linguagem gráfica e com os recursos digitais utilizados.

Na assertiva 2.2, verificou-se 100% de concordância, onde 64,7% dos estudantes concordaram totalmente e 35,3% concordaram parcialmente que a simulação tornou mais fácil a compreensão de fenômenos não visíveis diretamente em um circuito real. Esse resultado constitui um dos principais achados da turma, pois indica que os estudantes perceberam positivamente as representações utilizadas pelo simulador. No caso dos circuitos elétricos, conceitos como corrente elétrica, diferença de potencial e movimento ordenado de cargas não podem ser observados diretamente da mesma maneira que os fios, as lâmpadas e as baterias. O simulador utiliza modelos, símbolos e animações que auxiliam a construção de uma representação desses fenômenos.

É importante, entretanto, esclarecer que o simulador não apresenta o fenômeno físico de maneira direta ou integral, ele oferece uma representação didática, construída com determinadas simplificações, que deve ser interpretada e discutida durante a atividade. O resultado encontra aproximação com as contribuições de Valente (1995), quando menciona que as simulações podem criar condições para que o estudante formule hipóteses, realize testes, observe resultados e reorganize seus conhecimentos. No contexto desta atividade, a visualização não apareceu isoladamente, mas esteve associada à manipulação dos componentes e à comparação entre diferentes montagens.

No constructo 3, foi analisada a percepção dos estudantes sobre a possibilidade de montar diferentes circuitos e interagir com os componentes da simulação. Os resultados estão apresentados no GRAF. 3.

GRÁFICO 3: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 3.

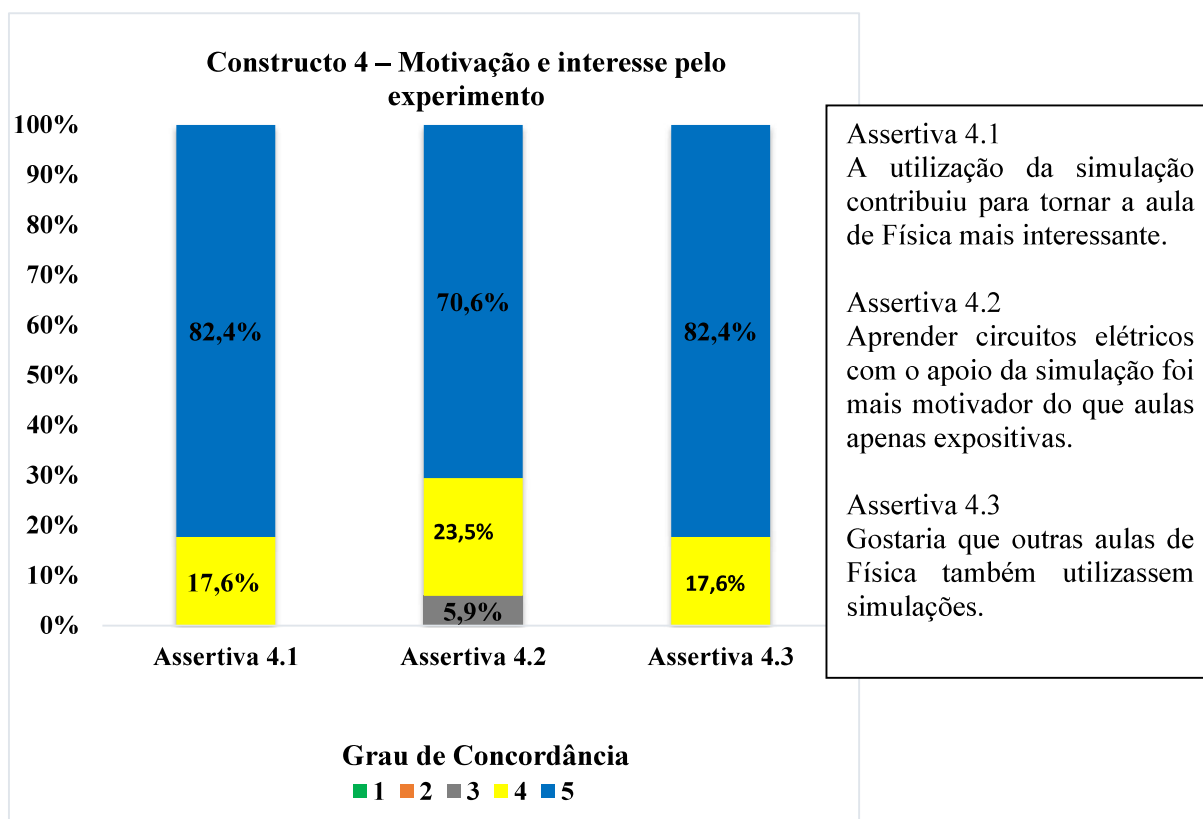
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na assertiva 3.1, verificou-se 100% de concordância, sendo 70,6% de concordância total e 29,4% de concordância parcial. Não foram registradas respostas neutras ou de discordância. Os resultados indicam que a possibilidade de manipular componentes, desfazer montagens, reorganizar o circuito e testar diferentes alternativas foi um dos aspectos mais bem avaliados da proposta. Diferentemente de uma atividade exclusivamente expositiva, a simulação possibilitou que os estudantes tomassem decisões e observassem as consequências de suas escolhas na montagem virtual.

Essa prática aproxima-se dos pressupostos do ensino por investigação discutidos por Carvalho (2013), especialmente quando o estudante é incentivado a observar, levantar hipóteses, testar possibilidades e analisar resultados. Entretanto, é importante destacar que a simples manipulação de componentes não caracteriza, por si só, uma atividade investigativa. Para isso, a interação precisa estar vinculada a uma situação-problema e acompanhada de questões que estimulem a elaboração de explicações. Desse modo, o caráter investigativo da proposta não decorreu apenas do uso do PhET, mas da articulação entre o simulador, os roteiros de atividade e a mediação realizada pelo professor.

No constructo 4, avaliou-se a utilização da simulação tornou a aula mais interessante, se foi mais motivadora do que uma aula apenas expositiva e se os estudantes gostariam que outras aulas de Física utilizassem simulações, os dados obtidos a partir através das respostas dos estudantes estão no GRAF. 4.

GRÁFICO 4: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 4.



Fonte: Elaborado pelo autor.

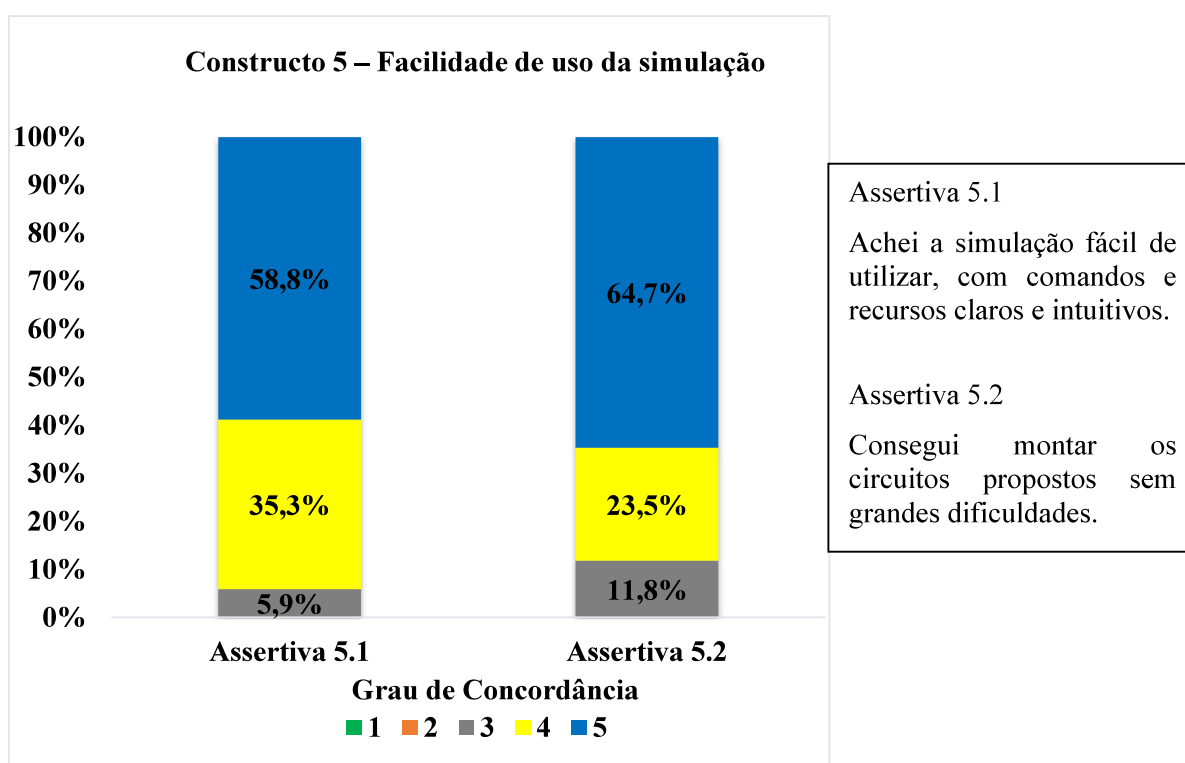
Nas assertivas 4.1 e 4.3, verificou-se a contribuição da simulação quanto a motivação e o interesse em ambas as assertivas, pois, 82,4% dos participantes assinalaram o nível máximo da escala. O resultado da assertiva 4.3 torna-se relevante quando relacionado ao perfil inicial da turma, embora nenhum estudante tenha declarado alto interesse pela Física, todos afirmaram que gostariam de utilizar simulações em outras aulas da disciplina. Esse contraste sugere que a atividade foi capaz de despertar interesse pelo modo como o conteúdo foi abordado, mesmo entre estudantes que não apresentavam elevado interesse prévio pela disciplina.

Contudo, os resultados não permitem afirmar que houve uma mudança permanente no interesse pela Física, eles indicam uma avaliação favorável da experiência e uma disposição dos estudantes para participar novamente de aulas com recursos semelhantes. Esse resultado encontra respaldo no estudo de Oliveira (2021), que identificou aumento da

participação e da motivação dos estudantes durante a utilização do PhET em uma escola pública. A aproximação entre os achados sugere que o caráter visual, interativo e manipulável das simulações pode favorecer o envolvimento dos estudantes. Entretanto, a motivação não deve ser atribuída exclusivamente ao recurso tecnológico, pois também pode estar relacionada à organização da atividade, à novidade da metodologia e à mediação docente.

No constructo 5, foi analisado a facilidade do uso da simulação e se a simulação tinha comandos claros e intuitivos e se conseguiram montar os circuitos sem grandes dificuldades. Os resultados estão reunidos no GRAF.5.

GRÁFICO 5: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 5.



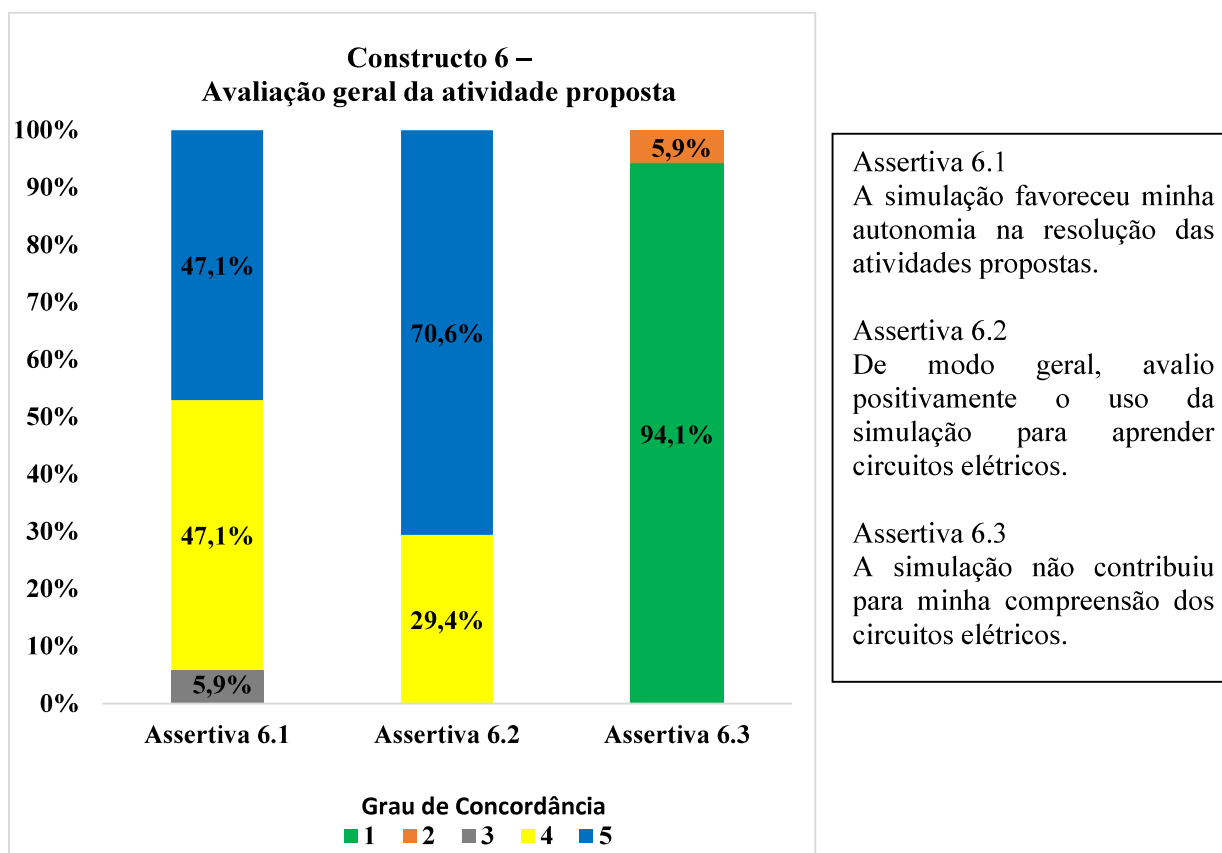
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na assertiva 5.1, 94,1% dos estudantes concordaram parcialmente ou totalmente que os comandos e recursos do simulador eram claros e intuitivos. Na assertiva 5.2, 88,2% avaliaram que conseguiram montar os circuitos sem grandes dificuldades, enquanto 11,8% permaneceram neutros. Durante a aula, foram observadas algumas dúvidas relacionadas ao uso da interface, principalmente quanto à forma adequada de conectar o voltímetro em paralelo e o amperímetro em série. Essas dificuldades envolveram simultaneamente aspectos operacionais do simulador e conhecimentos relacionados à utilização dos instrumentos de medida. A forma de conexão do voltímetro e do amperímetro também envolve a compreensão conceitual do funcionamento desses instrumentos. A orientação do professor foi necessária

tanto para explicar o recurso digital quanto para retomar os conceitos físicos relacionados às medições. Os resultados demonstram que uma interface considerada intuitiva não elimina a necessidade de mediação. Mesmo em uma turma na qual a maioria já havia utilizado simulações, alguns estudantes precisaram de apoio para realizar procedimentos específicos.

Por fim, o Constructo 6 reuniu assertivas relacionadas à autonomia dos estudantes, à avaliação geral da atividade e à contribuição da simulação para a compreensão dos circuitos elétricos. Os dados estão apresentados no GRAF. 6.

GRÁFICO 6: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 6.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na assertiva 6.1, as respostas distribuíram-se igualmente entre os níveis 4 e 5, com 47,1% em cada nível. Embora a avaliação tenha sido positiva, a concentração de metade das respostas na concordância parcial indica que a autonomia foi percebida como um processo ainda acompanhado pelo roteiro e pela orientação do professor. A assertiva 6.2 apresentou 100% de concordância, com 70,6% dos estudantes no nível 5. Esse resultado demonstra que a avaliação geral do uso do PhET para a aprendizagem de circuitos elétricos foi amplamente favorável entre os participantes. Na assertiva negativa 6.3, aproximadamente 94,1%

discordaram totalmente e 5,9% discordaram parcialmente da afirmação de que a simulação não contribuiu para a compreensão dos circuitos elétricos.

A concentração das respostas nos níveis de discordância indica coerência em relação às demais avaliações positivas. Entretanto, em vez de afirmar que esse resultado “prova” a coerência das respostas, é mais adequado dizer que ele reforça a consistência interna do padrão observado no questionário.

A utilização de uma assertiva negativa, conforme discutido por Da Silva Júnior e Costa (2014), pode contribuir para verificar se os participantes estão atentos ao sentido das afirmações. Contudo, sua interpretação exige cuidado, pois itens invertidos também podem gerar dúvidas ou respostas inconsistentes.

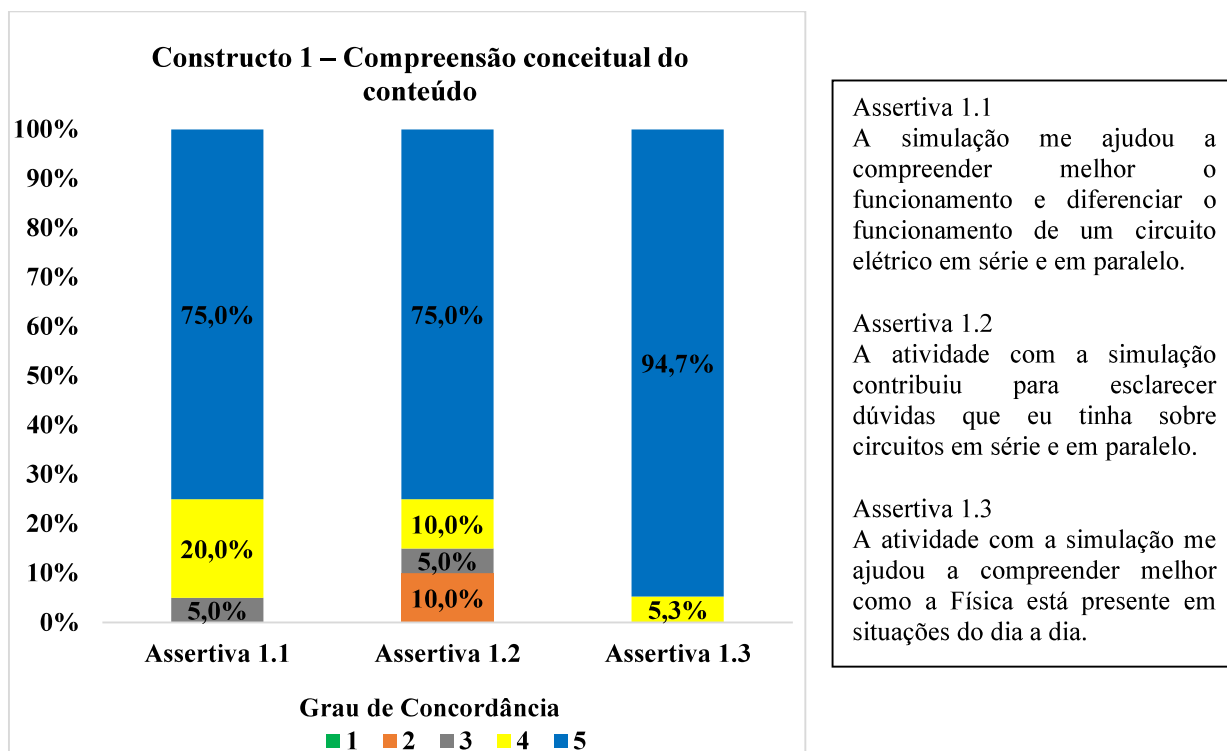
De modo geral, a percepção da turma do Ensino Médio Regular foi positiva nos seis constructos, sendo os aspectos mais bem avaliados a motivação, a interação e a possibilidade de representar fenômenos que não são diretamente observáveis.

A menor intensidade de concordância apareceu na assertiva relacionada ao esclarecimento de dúvidas anteriores (assertiva 1.2), indicando que o uso da simulação pode favorecer a compreensão, mas não é suficiente, isoladamente, para superar dificuldades conceituais construídas ao longo da trajetória escolar.

4.2 Percepção dos estudantes do 3º ano da EJA

Na turma do 3º ano da EJA, participaram 20 estudantes. Dos participantes, 70%, correspondentes a 14 estudantes, já haviam utilizado simulações em aula, enquanto 30%, equivalentes a 6 estudantes, não possuíam essa experiência. Em relação ao interesse pela Física, 40% declararam nível alto, 55% nível médio e 5% nível baixo.

O perfil da turma da EJA diferiu do perfil da turma regular, principalmente porque 8 estudantes declararam alto interesse pela Física, enquanto nenhum participante do Ensino Médio Regular assinalou essa alternativa. Os resultados do Constructo 1, sobre a compreensão conceitual do conteúdo, estão no GRAF 7.

GRÁFICO 7: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 1.

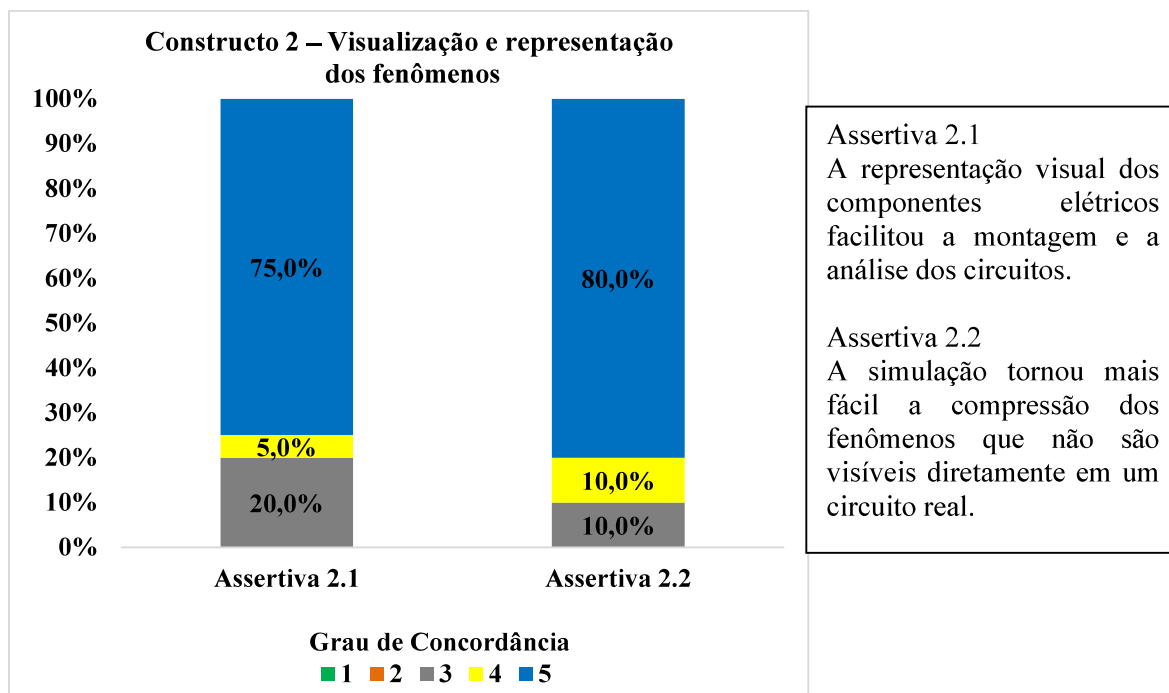
Fonte: Elaborado pelo autor.

A assertiva 1.1 buscou verificar a compreensão sobre o funcionamento e a diferenciação de um circuito em série e paralelo, em que 75% dos respondentes concordaram totalmente. Já a assertiva 1.2 apresentou maior distribuição entre os níveis da escala: 75% concordaram totalmente, 10% concordaram parcialmente, 5% permaneceram neutros e 10% discordaram parcialmente. Apesar do elevado percentual de concordância, as respostas demonstram que a contribuição da simulação para esclarecer dúvidas anteriores não ocorreu de maneira uniforme. Assim como observado na turma de estudantes do 3º ano Regular, os dados sugerem que a manipulação do simulador pode auxiliar a compreensão, mas não elimina automaticamente concepções ou dificuldades construídas anteriormente. Esse resultado reforça a necessidade de associar o recurso à problematização e à mediação docente, evitando compreender a tecnologia como substituta dos processos de explicação e discussão conceitual.

A assertiva 1.3 apresentou o maior percentual de concordância: 94,7% dos estudantes assinalaram o nível 5 e 5,3% assinalaram o nível 4. Portanto, todos avaliaram positivamente a contribuição da simulação para compreender a presença da Física em situações do cotidiano. Os estudantes da EJA apresentam trajetórias diversificadas e experiências construídas em diferentes espaços sociais e profissionais. Nesse contexto,

relacionar os conteúdos científicos às situações vivenciadas pelos participantes pode favorecer a atribuição de significado ao conhecimento escolar. Os resultados do Constructo 2, sobre a visualização dos fenômenos, estão apresentados no GRAF. 8.

GRÁFICO 8: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 2.



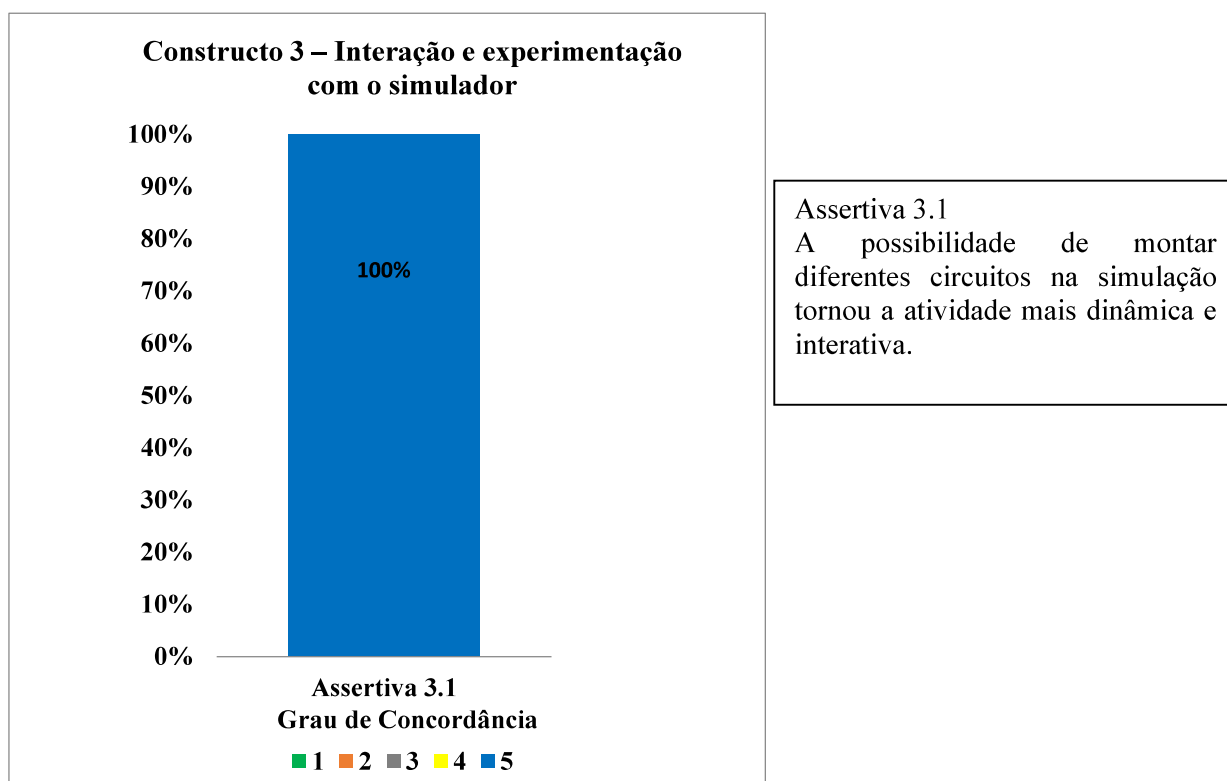
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na assertiva 2.1, 75% concordaram totalmente, 5% concordaram parcialmente e 20% permaneceram neutros. Durante a aplicação, foi observado que alguns estudantes apresentaram menor familiaridade com o computador e necessitaram de mais tempo para compreender a disposição dos componentes e os comandos da interface. A presença de 20% de respostas neutras pode estar relacionada a essas dificuldades, embora não seja possível estabelecer uma relação causal apenas com base no questionário. O dado evidencia que o acesso ao equipamento não garante, por si só, a apropriação dos recursos digitais.

Essa discussão dialoga com Duarte (2019), ao destacar a importância da inclusão digital, no contexto educacional, a inclusão não se limita à disponibilidade de computadores ou ao acesso à internet, mas envolve a criação de condições para que os estudantes compreendam e utilizem as tecnologias de maneira autônoma e significativa. Assim, ao inserir simulações em turmas com diferentes níveis de familiaridade digital, é necessário reservar tempo para a exploração inicial da ferramenta e oferecer apoio específico aos estudantes que apresentarem dificuldades.

Já a assertiva 2.2 alcançou 90% de concordância, sendo 80% no nível máximo e 10% no nível 4. Esse resultado indica que a representação de fenômenos não diretamente observáveis também foi considerada relevante pelos estudantes da EJA. Os resultados do Constructo 3, sobre a interação e a experimentação, estão apresentados GRAF. 9.

GRÁFICO 9: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 3.



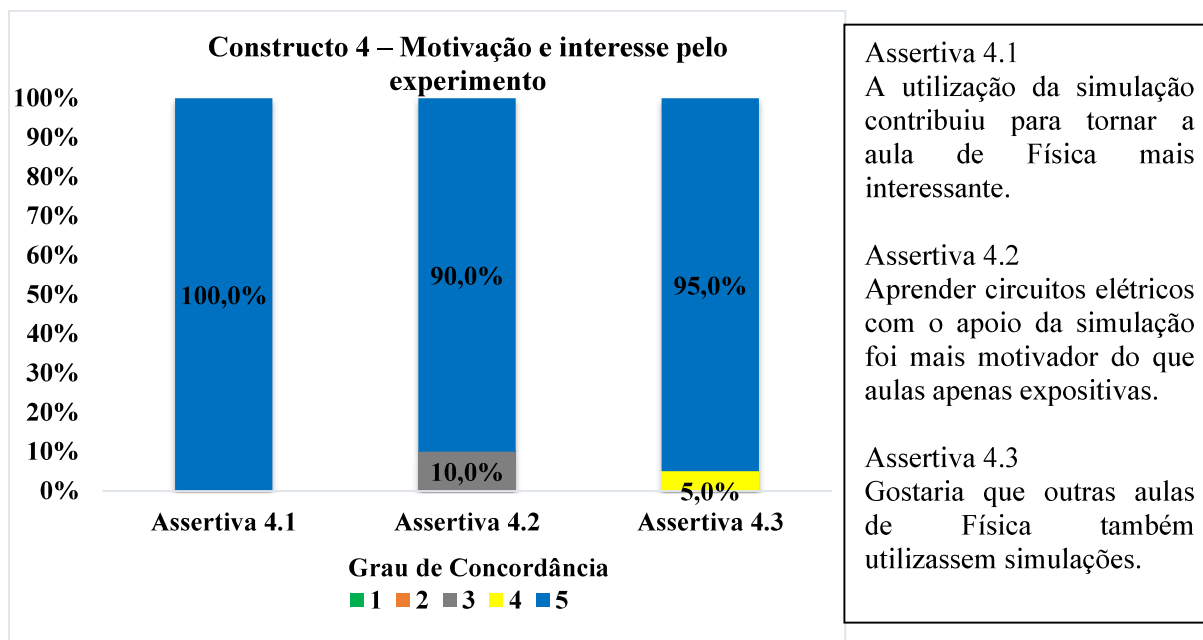
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na assertiva 3.1, 100% dos estudantes da EJA assinalaram o nível 5, correspondente à concordância total. Essa foi a única assertiva do questionário que apresentou unanimidade no nível máximo entre os participantes dessa turma. O resultado indica que a possibilidade de montar, modificar e testar circuitos foi o aspecto mais bem avaliado da experiência. A unanimidade pode estar relacionada ao caráter ativo da proposta, que permitiu aos estudantes participar diretamente da montagem em vez de apenas observar procedimentos apresentados pelo professor. Nesse tipo de atividade, o erro também pode assumir uma função pedagógica, pois o estudante consegue reorganizar os componentes, repetir a montagem e observar novas respostas do circuito.

Essa possibilidade aproxima a atividade dos princípios investigativos discutidos por Carvalho (2013), desde que os testes sejam acompanhados por perguntas e reflexões que levem os estudantes a justificar os resultados observados. A liberdade de manipulação é

importante, mas precisa estar associada à construção de explicações sobre o funcionamento dos circuitos. Os resultados do Constructo 4, sobre a motivação e o interesse, estão apresentados no GRAF. 10.

GRÁFICO 10: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 4.



Fonte: Elaborado pelo autor.

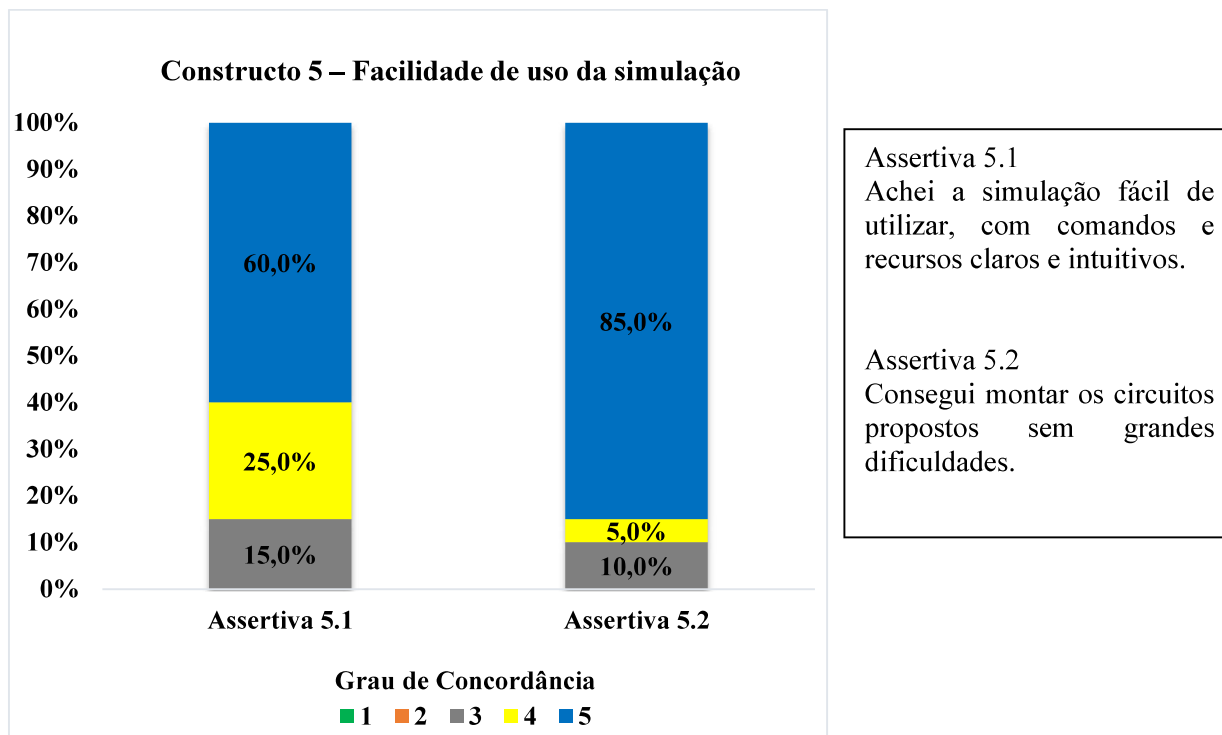
Na assertiva 4.1, todos os participantes concordaram totalmente que a utilização da simulação contribuiu para tornar a aula de Física mais interessante. Na assertiva 4.2, 90% concordaram totalmente e 10% permaneceram neutros. Na assertiva 4.3, 95% concordaram totalmente e 5% concordaram parcialmente.

Os resultados revelam que a atividade foi avaliada como interessante e motivadora pela maioria dos estudantes, no entanto, como 40% dos participantes já haviam declarado alto interesse pela Física, a avaliação positiva não pode ser atribuída exclusivamente à simulação. O interesse prévio da turma também pode ter contribuído para o envolvimento observado.

A atividade introduziu uma dinâmica diferente daquela predominante em aulas exclusivamente expositivas, ao possibilitar maior participação e manipulação dos componentes. Seré, Coelho e Nunes (2003), discutem a importância da experimentação para aproximar o estudante dos fenômenos e favorecer a articulação entre teoria e prática. No caso da simulação, essa aproximação ocorreu em um ambiente virtual, no qual os estudantes puderam realizar montagens e observar o comportamento dos circuitos. Apesar de não substituir a experimentação com componentes reais, a simulação amplia as possibilidades de teste, repetição e modificação das montagens, podendo complementar outras estratégias de

ensino. Os resultados do Constructo 5, sobre a facilidade de uso, estão apresentados no GRAF. 11.

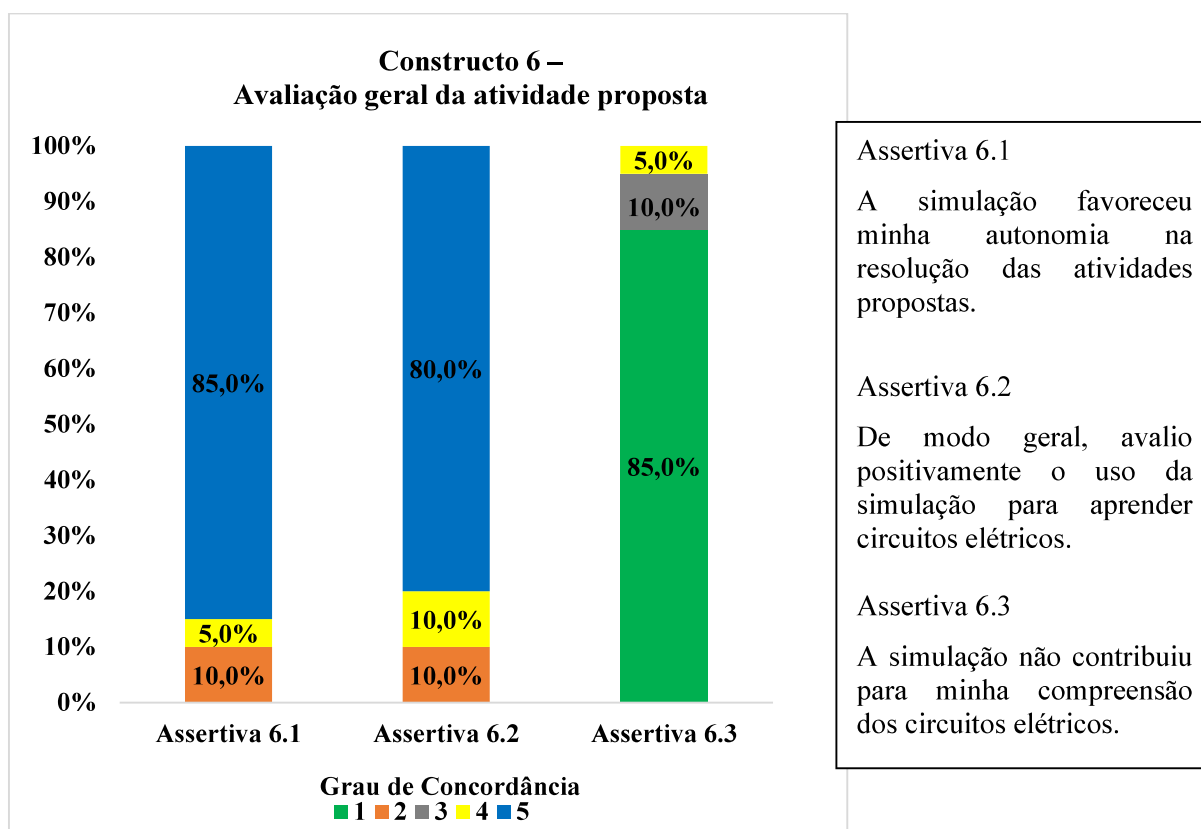
GRÁFICO 11: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 5.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A assertiva 5.1 apresentou o menor índice de concordância total da turma: 60% assinalaram o nível 5, 25% o nível 4 e 15% permaneceram neutros. Já a assertiva 5.2 apresentou 85% de concordância total, 5% de concordância parcial e 10% de neutralidade, indicando que a maioria dos participantes conseguiu montar os circuitos propostos sem grandes dificuldades. A diferença entre as duas assertivas é relevante, embora a maior parte dos estudantes tenha conseguido concluir as montagens, nem todos consideraram os comandos igualmente claros e intuitivos. Isso sugere que alguns participantes conseguiram realizar a atividade mesmo necessitando de apoio durante o uso da interface. A conexão de componentes, instrumentos de medida e fontes de tensão envolve tanto o domínio da interface quanto a compreensão do circuito.

Os resultados reforçam, portanto, a necessidade de considerar os diferentes níveis de familiaridade digital e de oferecer uma etapa inicial de exploração do simulador antes da realização das atividades conceituais. Essa preparação pode evitar que as dificuldades de uso da ferramenta interfiram na aprendizagem do conteúdo. Os resultados do Constructo 6, sobre a avaliação geral, estão apresentadas no GRAF. 12.

GRÁFICO 12: Respostas apresentadas pelos estudantes às assertivas do constructo 6.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na assertiva 6.1, 85% concordaram totalmente, 5% concordaram parcialmente e 10% discordaram parcialmente. Na assertiva 6.2, 80% concordaram totalmente, 10% concordaram parcialmente e 10% discordaram parcialmente. A presença de discordância parcial demonstra que a avaliação não foi homogênea, embora tenha sido predominantemente positiva. No caso da autonomia, alguns estudantes podem ter sentido necessidade de maior apoio para utilizar o simulador ou interpretar as atividades propostas.

Na assertiva negativa 6.3, 85% discordaram totalmente da afirmação de que a simulação não contribuiu para a compreensão dos circuitos elétricos, 10% permaneceram neutros e 5%, correspondentes a um estudante, concordaram parcialmente. Embora represente apenas um participante, essa resposta não deve ser desconsiderada. Ela indica que a atividade não foi percebida da mesma maneira por todos e que os recursos didáticos podem produzir efeitos distintos entre estudantes de uma mesma turma.

Esse resultado pode ser relacionado à discussão de Jaime e Leonel (2024) sobre a importância do acompanhamento individualizado durante a utilização de simulações. A diversidade de experiências escolares, níveis de familiaridade digital, ritmos de aprendizagem

e conhecimentos prévios pode fazer com que alguns estudantes necessitem de orientações adicionais.

A resposta divergente também ajuda a evitar uma interpretação excessivamente generalizante dos resultados. Embora os percentuais revelem ampla aceitação, a análise precisa reconhecer que nenhuma estratégia pedagógica atende necessariamente a todos os estudantes da mesma forma.

A assertiva 6.3 também foi colocada com o objetivo de analisar a atenção da turma ao responder o questionário. A maior parte das respostas que se encontravam a princípio nos graus de concordância 4 e 5, passou para os graus de concordância 1 e 2, mostrando que a maioria dos entrevistados estavam atentos e compreenderam as questões do questionário.

De modo geral, a avaliação da turma da EJA foi positiva nos seis constructos, a turma apresentou percentuais de concordância total superiores aos do Ensino Médio Regular em cinco dos seis blocos, mas também apresentou maior variação em algumas assertivas. Essa diferença não deve ser atribuída exclusivamente à modalidade de ensino, outros fatores, como interesse inicial pela Física, experiências escolares e profissionais, familiaridade com tecnologias digitais e características específicas das turmas, também podem ter influenciado as respostas.

4.3 Panorama geral das impressões das turmas do Ensino Médio Regular e da EJA

De modo geral, o simulador PhET foi bem aceito tanto pelos estudantes do Ensino Médio Regular quanto pelos estudantes da EJA. Os resultados indicam que, pela percepção dos estudantes, a atividade contribuiu para tornar as aulas de Física mais dinâmicas, participativas e relacionadas a situações concretas. Nas duas turmas, os estudantes não se limitaram a seguir mecanicamente o roteiro: testaram diferentes possibilidades de montagem, observaram o comportamento dos componentes e buscaram estabelecer relações entre os conceitos teóricos e o funcionamento dos circuitos. Observa-se que a turma da EJA apresentou percentuais mais elevados de concordância total em grande parte das assertivas, enquanto a maioria dos estudantes da EJA assinalou o nível máximo da escala em diferentes constructos, na turma do Ensino Médio Regular as respostas ficaram mais distribuídas entre a concordância total e a concordância parcial. Essa diferença, entretanto, não permite concluir que uma modalidade tenha respondido melhor à proposta do que a outra, pois as turmas apresentavam perfis, trajetórias e níveis de interesse inicial distintos. Uma possível explicação para essa diferença está relacionada ao interesse inicial pela Física. A turma da EJA iniciou a

atividade com maior percentual de estudantes que declararam alto interesse pela disciplina, enquanto, no Ensino Médio Regular, predominou o interesse médio e não houve registros de alto interesse. Esse aspecto pode ter influenciado a disposição dos participantes e a forma como avaliaram a experiência.

Durante a atividade com a EJA, também foi possível observar que alguns estudantes recorreram a conhecimentos construídos em suas experiências cotidianas e profissionais para interpretar o funcionamento dos circuitos. Nas discussões sobre a rede elétrica residencial, por exemplo, os participantes relacionaram a interrupção de um circuito em série ao funcionamento de eletrodomésticos e outros equipamentos. Embora o questionário não tenha investigado individualmente essas experiências, as observações realizadas durante a aplicação sugerem que a trajetória de vida dos estudantes contribuiu para a atribuição de significado aos conceitos estudados. Na turma do Ensino Médio Regular, seis estudantes frequentavam um curso de Elétrica no SENAI, essa experiência prévia também pode ter influenciado a realização das montagens e as discussões entre os participantes. No entanto, como as respostas desse grupo não foram analisadas separadamente, não é possível afirmar que o contato anterior com eletricidade tenha produzido avaliações mais moderadas ou reduzido o efeito de novidade do conteúdo.

Por outro lado, as observações realizadas indicaram que o uso do PhET possibilitou a participação de estudantes do Ensino Médio Regular que, em aulas predominantemente expositivas, demonstravam maior resistência ou insegurança para participar. A possibilidade de testar as montagens, modificar os componentes e verificar os resultados sem o receio imediato de errar pode ter criado um ambiente mais favorável à exploração e à troca de ideias.

Nas duas turmas, um dos aspectos mais valorizados foi a possibilidade de compreender a Física para além da realização de cálculos. Na turma do Ensino Médio Regular, essa percepção apareceu na fala espontânea de um dos estudantes durante a atividade:

“Nossa, professor, a gente achou que ia chegar aqui, trouxe até calculadora pensando que teria que fazer um monte de conta. Mas, quando vimos, montamos o circuito em série, usamos os equipamentos de medição, como o voltímetro e o amperímetro, e praticamente só precisamos calcular a resistência.”

A fala evidencia uma expectativa inicial de que a aula de Física seria baseada principalmente na resolução de cálculos. Ao utilizar o simulador para montar os circuitos e obter medidas de corrente e diferença de potencial, os estudantes puderam direcionar parte de

sua atenção para a interpretação do fenômeno e para o funcionamento dos componentes. Entretanto, não se deve compreender a simulação como um recurso destinado a eliminar os cálculos ou as relações matemáticas da Física. As medições fornecidas pelo simulador podem contribuir para que os estudantes reconheçam a origem e o significado das grandezas antes de utilizar fórmulas.

Nesse sentido, foi explicado à turma que a proposta da atividade virtual era oferecer liberdade para manipular os componentes, conectar adequadamente os instrumentos de medida e analisar os dados produzidos pelo circuito. Essa organização contribuiu para deslocar a ênfase da aplicação mecânica de fórmulas para a compreensão das relações entre corrente, tensão, resistência e configuração do circuito. Os cálculos permaneceram presentes, mas passaram a ser utilizados como parte do processo de análise, e não como finalidade exclusiva da aula.

A presença dos estudantes que frequentavam o curso de Elétrica no SENAI também favoreceu momentos de colaboração, em algumas situações, eles auxiliaram os colegas na identificação dos componentes e na compreensão das montagens. Essa dinâmica aproximou-se de uma aprendizagem colaborativa entre pares, na qual estudantes com maior familiaridade com o conteúdo compartilharam seus conhecimentos com os demais. Na turma da EJA, o envolvimento também foi observado para além das respostas ao questionário, alguns estudantes fotografaram e filmaram as montagens realizadas e permaneceram no laboratório durante o intervalo do recreio para continuar testando novas configurações no PhET. Esses comportamentos constituem indícios de interesse e envolvimento com a atividade, embora não sejam suficientes, para demonstrar aprendizagem conceitual.

Por outro lado, as duas turmas enfrentaram dificuldades relacionadas ao uso do computador. Na EJA, alguns participantes precisaram inicialmente de auxílio para utilizar o mouse, abrir o navegador e acessar o simulador. Após esse período de familiarização, passaram a explorar os recursos com maior autonomia. Essa observação sugere que as dificuldades iniciais estavam fortemente associadas à familiaridade com o ambiente digital. Na turma do Ensino Médio Regular, também foram identificadas dificuldades no uso do computador, mesmo entre estudantes que demonstravam agilidade no uso de celulares. Esse resultado mostra que a familiaridade com dispositivos móveis não significa, necessariamente, domínio de diferentes ferramentas digitais ou de ambientes computacionais utilizados para fins educacionais. Essa discussão aproxima-se das contribuições de Duarte (2019), ao evidenciar que a inclusão digital não se resume ao acesso aos equipamentos. Ela envolve a capacidade de utilizar diferentes tecnologias de forma autônoma, crítica e significativa.

Assim, atividades com simuladores devem prever um momento inicial de familiarização com a plataforma, especialmente quando são desenvolvidas com grupos que apresentam níveis distintos de experiência com computadores.

Em relação à interação e à experimentação, as duas turmas apresentaram avaliações amplamente favoráveis. A possibilidade de montar, desmontar e modificar os circuitos foi um dos aspectos mais bem avaliados, especialmente na turma da EJA, em que todos os participantes assinalaram concordância total nessa assertiva. Esse resultado reforça a aproximação da proposta com elementos do ensino por investigação discutidos por Carvalho (2013), pois os estudantes puderam levantar possibilidades, realizar testes e observar as consequências de suas escolhas. Contudo, o caráter investigativo não decorreu apenas do uso do simulador, mas da articulação entre a ferramenta, o roteiro, as situações propostas e a mediação do professor.

No constructo relacionado à visualização dos fenômenos, ambas as turmas reconheceram a contribuição do simulador para representar aspectos que não são diretamente observáveis em um circuito real. Essa característica dialoga com Valente (1995), ao destacar que as simulações possibilitam testar hipóteses e acompanhar os efeitos produzidos pela alteração de determinadas variáveis. Ao mesmo tempo, é necessário considerar, conforme alertam Medeiros e Medeiros (2002), que as simulações são modelos da realidade e apresentam simplificações. Portanto, as imagens, animações e indicadores do simulador precisam ser interpretados com a orientação do professor, evitando que sejam compreendidos como reproduções exatas dos fenômenos físicos.

Nos constructos relacionados à motivação e ao interesse, as duas turmas manifestaram o desejo de utilizar simulações em outras aulas de Física. Esse resultado encontra aproximação com Oliveira (2021), que identificou maior participação e motivação dos estudantes em atividades desenvolvidas com o PhET, entretanto, a motivação não pode ser atribuída exclusivamente à presença da tecnologia, pois também está relacionada à novidade da atividade, à organização dos roteiros, à possibilidade de participação e à mediação docente. Na turma da EJA, as discussões também podem ser relacionadas às contribuições de Seré, Coelho e Nunes (2003), que ressaltam o papel da experimentação na aproximação entre teoria e prática. Embora a atividade tenha ocorrido em um ambiente virtual, os estudantes puderam manipular representações de componentes, realizar medições e analisar o funcionamento dos circuitos, construindo relações entre os conceitos e situações próximas de seu cotidiano.

Os resultados referentes à avaliação geral foram majoritariamente positivos nas duas modalidades. Entretanto, a presença de respostas neutras e de discordância em algumas assertivas, especialmente na turma da EJA, demonstra que a atividade não produziu a mesma percepção em todos os participantes. Esse aspecto reforça a discussão apresentada por Jaime e Leonel (2024) sobre a importância do acompanhamento individualizado durante o uso de simulações. Os estudantes apresentam diferentes trajetórias escolares, conhecimentos prévios, níveis de familiaridade digital e ritmos de aprendizagem, o que exige intervenções diferenciadas ao longo da atividade.

De modo geral, os resultados sugerem que o uso de simulações pode constituir um recurso relevante para o ensino de circuitos elétricos tanto no Ensino Médio Regular quanto na EJA. Sua principal contribuição foi percebida na possibilidade de interagir com os componentes, testar diferentes montagens, visualizar representações dos fenômenos e estabelecer relações entre os conceitos físicos e situações cotidianas. Entretanto, o simulador não deve ser compreendido como um recurso autossuficiente, sua utilização precisa estar associada a objetivos pedagógicos claros, roteiros orientadores, situações-problema, discussões coletivas e intervenções docentes que auxiliem os estudantes a interpretar as representações e sistematizar os conceitos. Assim, mais do que substituir aulas expositivas ou atividades experimentais reais, o uso de simuladores pode integrar uma proposta didática diversificada, complementando outras estratégias e ampliando as possibilidades de participação dos estudantes no processo de aprendizagem.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa buscou investigar as contribuições e os desafios da utilização do simulador virtual PhET no ensino de circuitos elétricos, analisando as percepções dos estudantes do 3º ano do Ensino Médio Regular e da EJA. A partir da aplicação dos roteiros práticos e de uma análise dos questionários e relatos de campo, foi possível responder aos objetivos propostos e compreender como a tecnologia pode transformar a dinâmica da sala de aula de Física em diferentes realidades escolares.

De modo geral, os resultados indicaram que a experimentação virtual foi amplamente aprovada nas duas modalidades de ensino, mostrando-se um recurso didático capaz de tornar o aprendizado mais dinâmico, participativo e investigativo. A prática permitiu que os estudantes superassem a postura passiva da aula expositiva tradicional, proporcionando-lhes maior liberdade para testar hipóteses, manipular os componentes, utilizar os instrumentos de medição virtuais e observar os fenômenos que não podem ser visualizados a olho nu em um circuito elétrico real.

O panorama geral das impressões revelou pontos importantes sobre o perfil e o engajamento de cada turma. Na EJA, foi observada uma aceitação e um entusiasmo mais intenso em relação à proposta da pesquisa. Os estudantes dessa modalidade utilizaram sua experiência de vida e de trabalho para conectar a teoria ao seu dia a dia, associando a simulação diretamente às instalações elétricas de suas casas. Por outro lado, a principal dificuldade enfrentada na EJA esteve relacionada à inclusão digital, as dificuldades iniciais com comandos básicos do computador e do navegador fizeram com que houvesse uma intervenção pedagógica constante, embora não tenham impedido que os estudantes desenvolvessem maior autonomia para explorar o simulador com sucesso e superar os problemas iniciais.

No Ensino Médio Regular, a aceitação também foi positiva, mas marcada por uma postura mais equilibrada. A presença de estudantes que já cursavam elétrica no SENAI ajudou na dinâmica de colaboração entre os estudantes, enriquecendo o debate com os colegas, ainda que o tema da aula não fosse novidade para alguns estudantes da turma. Além disso, o desenvolvimento da atividade com simulação no Ensino Regular cumpriu um papel importante de contribuir para desconstruir a ideia de que a Física se resume à memorização de fórmulas e à realização de cálculos exaustivos, mostrando aos estudantes que a compreensão dos fenômenos e a realização de medições também constituem aspectos importantes da experimentação.

Diante desse panorama, o trabalho reforça que a simulação computacional não substitui o papel do professor, mas pode atuar como uma ferramenta importante de mediação pedagógica. O uso do simulador PhET mostrou-se promissor para aproximar o conhecimento científico da realidade dos estudantes e favorecer o envolvimento das turmas que costumam ser menos participativas em aulas predominantemente expositivas associadas ao modelo tradicional. Além disso, o uso de simuladores pode constituir uma alternativa para escolas que não dispõem de laboratórios de Ciências ou mesmo de informática, uma vez que o professor pode utilizar um projetor multimídia para realizar demonstrações coletivas em sala de aula. Esses recursos também possibilitam a realização de experimentos, testes e a exploração de situações que, no ambiente real, poderiam ser de difícil execução, demandar materiais específicos ou envolver riscos aos estudantes. Com isso, os simuladores proporcionam uma melhora na visualização do conhecimento científico estudado pelo estudante, possibilitando a manipulação de experimentos de forma rápida, de fácil acesso e com diferentes formas de manusear e observar o fenômeno físico. É importante destacar que as simulações possuem limitações, e não substitui completamente as práticas experimentais reais, que podem ser realizadas em um laboratório didático e podem apresentar aproximações em relação ao fenômeno estudando. No entanto, quando utilizada de forma planejada e mediada pelo professor, pode contribuir para tornar o Ensino de Física mais dinâmico, investigativo e significativo.

Como desdobramento desta pesquisa, considera-se relevante ampliar a investigação para diferentes contextos, modalidades e níveis de ensino, de modo a compreender como as distintas trajetórias, experiências e condições escolares podem influenciar o uso de simulações computacionais nos processos de ensino e aprendizagem. Nesse sentido, estudos futuros podem aprofundar as discussões sobre as potencialidades e limitações desses recursos, considerando especialmente as diferentes condições estruturais, tecnológicas e pedagógicas das escolas brasileiras. Também se destaca a possibilidade de ampliar essas investigações para outros conteúdos das Ciências da Natureza, em especial a Física, bem como desenvolver e disponibilizar materiais didáticos e propostas pedagógicas que auxiliem os professores na utilização planejada e contextualizada das simulações em sala de aula.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, M. S. T. O papel da experimentação no ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-183, 2003.
- ARRUDA, S. M.; LABURÚ, C. E. Considerações sobre a função do experimento no ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 20, n. 3, p. 259-266, 1998.
- BELLO, José Luiz de Paiva. **Educação no Brasil: a história das rupturas**. Pedagogia em Foco, Rio de Janeiro, 2001.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988.
- BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 dez. 1996.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2024.
- BZUNECK, J. A. **A motivação do aluno: aspectos psicológicos**. Petrópolis: Vozes, 2001.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org.). **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino de ciências por investigação. In: CARVALHO, A. M. P. de (Org.). **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2018.
- CARVALHO, A. M. P. de; SASSERON, L. H. Ensino de Física por investigação: sequências de ensino investigativas para o ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 4, p. 4301, 2015.
- DA SILVA JÚNIOR, J. B.; COSTA, F. J. Medição e escalas de mensuração: uma análise comparativa das escalas de Likert. **Revista de Administração, Contabilidade e Economia**. Joaçaba, v. 13, n. 1, p. 1–21, 2014.
- DUARTE, José. Tecnologias digitais e inclusão na educação básica. **Revista Brasileira de Educação e Tecnologia**, v. 8, n. 2, p. 45-60, 2019.
- FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- FERREIRA, F.L.L.; PEREIRA, F.M.de O.; SOUSA, M.R.de. **A utilização de simuladores como recursos pedagógicos no ensino de ciências**. In: MELERO, A.M.G.de S. (Org.). **Premissas da iniciação científica**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019.
- GIL-PÉREZ, Daniel. **A necessária renovação do ensino das Ciências**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2009.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 43-49, nov. 1999.

GUIMARAES, Cleidson Carneiro. Experimentação no ensino de Química: caminhos e descaminhos rumo a aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**. São Paulo, v. 31, n.3, p. 198-202, ag. 2009.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física: eletromagnetismo**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 3.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Pisa 2022: resultados**. Brasília, DF: Inep, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/pisa/resultados/2022>. Acesso em: 15 ago. 2026.

JAIME, D.M.; LEONEL, A.A. Uso de simulações: um estudo sobre potencialidades e desafios apresentados pelas pesquisas da área de ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 46, 2024.

LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology, New York**, v. 22, n. 140, p. 1-55, 1932.

MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, Cleide Farias de. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 77-86, jun. 2002.

MORAES, R.; RAMOS, M. G. **Construindo o conhecimento**: uma abordagem para o ensino de ciências. Porto Alegre: SAGE, 1988.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: EPU, 2017.

MOREIRA, Marco Antonio. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, p. 94-99, mar. 2000.

OLIVEIRA, Cícero Neilton dos Santos. **Experimentação no Ensino de Física com o uso do simulador computacional PhET na aprendizagem de força e movimento no ensino médio**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) — Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021.

PYATT, K.; SIMS, R. Virtual and physical experimentation in inquiry-based science labs: Attitudes, performance and access. **Journal of Science Education and Technology**, v. 21, n. 1, p. 133-147, 2012.

RODRÍGUEZ AROCHO, W. C. El concepto de *Perezhivanie* en la obra de L. S. Vygotski: antecedentes y actualidad. **Revista de Psicología**, v. 32, n. 1, p. 1-14, 2023.

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

SASSERON, L. H. Ensino de Ciências por Investigação: importância do papel do professor e da mediação pedagógica. *In*: CARVALHO, A. M. P. de (Org.). **Ensino de Ciências por Investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2018. p. 41-60.

SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W. **Física II**: Eletromagnetismo. Tradução de Daniel Vieira. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

SÉRÉ, Marie-Geneviève; COELHO, Suzana Maria; NUNES, Antônio Dias. O papel da experimentação no ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 20, n. 1, p. 30-42, 2003.

SILVA, José Carlos da *et al.* O Ensino de Física e a desmotivação dos estudantes no ensino médio. **Revista Areté – Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 9, n. 19, p. 200-210, 2016.

VALENTE, José Armando. **Diferentes usos do computador na educação**. Em Aberto, Brasília, ano 12, n. 57, p. 3-16, jan./mar. 1995.

VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Tradução de Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

WERNER, Daniela C. M.; BECKER, Maria Luiza R. V. A história do Ensino de Física no Brasil: dos primórdios à atualidade. **Revista Vivências**, v. 8, n. 15, p. 1-12, 2012.

APÊNDICE A – Ficha técnica do simulador: Kit para montar um circuito DC

Nome do simulador: Kit para montar um circuito DC – Laboratório Virtual

Descrição: Por meio desse simulador é possível:

1. compreender como funciona um circuito elétrico alimentado por uma fonte de corrente contínua;
2. interpretar e entender o funcionamento de circuitos em série e em paralelo;
3. verificar as relações entre tensão elétrica, corrente elétrica e resistência elétrica por meio da 1ª Lei de Ohm.

Objetivo: Mostrar e esclarecer o funcionamento de um circuito elétrico, mostrar e explicar as relações de cada circuito calculando as resistências elétricas e utilizar os equipamentos de leitura como voltímetro e amperímetro.

Público – alvo: 3º ano do Ensino Médio e 3º ano Educação de Jovens e Adultos (EJA).

Componente curricular: Física

Tema: Circuitos Elétricos

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

Disponibilizado por: PhET – Interactive Simulations

Requisitos para usar o simulador: Acesso à internet. O simulador pode ser utilizado em celular, tablet, computador ou iPad, por meio de navegador compatível com HTML5.

Palavras chaves: Circuitos elétricos; circuito série; circuito em paralelo

Autores: Sam Reid, Michael Dubson, Kathy Perkins, Carl Wieman e Amy Rouinfar.

Licença: Domínio público

APÊNDICE B – Roteiro de simulação: circuito elétrico em série

Problematização: Você já parou para pensar em como funciona um pisca-pisca de Natal e por que, quando uma lâmpada estraga, todo um trecho deixa de acender? Ou ainda em dispositivos de segurança e sensores, nos quais, se um fio for rompido em qualquer ponto, o alarme dispara?

Introdução: Os circuitos em série apresentam uma característica importante: todos os componentes estão interligados em um único caminho para a passagem da corrente elétrica. Por isso, se uma componente falha ou é retirado, o circuito inteiro deixa de funcionar. Essa característica pode ser observada em situações do dia a dia, como em alguns sistemas de iluminação e dispositivos de segurança.

Objetivos:

- (1) Mostrar como funciona um circuito elétrico em série e compreender sua aplicação em situações do cotidiano;
- (2) Relacionar conceitos teóricos com a prática por meio da simulação;
- (3) Analisar as relações entre tensão, corrente elétrica e resistência com base na 1ª Lei de Ohm.

Atividade 1 – Montagem do circuito em série

Simulando

- 1- Entre no link a seguir para acessar o simulador Phet https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab

- 2- Após acessar o link, você será direcionado ao simulador de circuitos elétricos (DC).



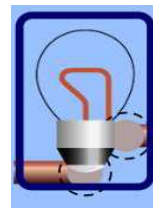
Clique em Play para iniciar a atividade.

- 3- Na tela inicial, selecione a opção Bateria , que será utilizada como fonte de tensão contínua. Arraste-a para a área azul, que representa a bancada virtual.

- 4- Em seguida, adicione um interruptor , que permitirá controlar a abertura e o fechamento do circuito.

5- Adicione fios condutores , que serão usados para conectar os componentes do circuito. Observação: em um circuito em série, os componentes são ligados em um único caminho para a passagem da corrente elétrica.

6- Após adicionarmos o fio, serão introduzidas as resistências elétricas. Nesse caso, vamos utilizar as lâmpadas  como resistência do circuito.



7- Após adicionarmos as lâmpadas, teremos que clicar nelas e alterar os valores de acordo com as hipóteses do roteiro. Ao clicar em cima da lâmpada, será

aberta uma opção abaixo da tela  para configurarmos o valor que queremos deixar para cada lâmpada como resistência elétrica.

Passo a passo de montagem

- 1- Monte um circuito em série com uma bateria de 9 V, ligada junto a um interruptor (dispositivo liga ou desliga).
 - 2- Em seguida, adicione um fio para melhorar a visualização do circuito elétrico.
 - 3- Agora adicione 3 lâmpadas em série, alterando os valores das resistências das lâmpadas para: 1ª lâmpada: 10 Ω ; 2ª lâmpada 20 Ω ; 3ª lâmpada 30 Ω . Intercale um fio entre cada lâmpada.
 - 4- Feche o circuito com um fio até a bateria.
 - 5- Feche o interruptor e observe o que acontece.
 - 6- Retire uma das lâmpadas e observe o que acontece.
-
- 1- Posicione o voltímetro em paralelo a cada uma das lâmpadas. Meça todas as tensões e analise-as em relação à tensão emitida pela fonte. Registre os dados da Tabela 1.
 - 2- Posicione o amperímetro em série no circuito. Anote na Tabela 1, a corrente elétrica em cada lâmpada e analise a corrente elétrica.

- 3- Use a 1ª lei de Ohm $V = R \times I$ para calcular a resistência equivalente, ou seja, a resistência total e registre os dados da Tabela 1.

Tabela 1 – Dados do circuito em série

Componente / Grandeza	Resistência (Ω)	Tensão (V)	Corrente (A)
Resistor 1 (R_1)			
Resistor 2 (R_2)			
Resistor 3 (R_3)			
Total / Equivalente	$R_{eq} =$	$V_{total} =$	$I_{total} =$

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

- 4- Anote as relações que você observou no circuito.
- 5- Se você dobrar a tensão (aumentando o valor na bateria) como fica o brilho das lâmpadas?

Perguntas

- 6- O que você observou sobre o experimento?
- 7- O que acontece se retirar uma lâmpada?
- 8- Qual a sua análise sobre o brilho das lâmpadas?

APÊNDICE C – Roteiro de simulação: circuitos elétricos em paralelo

Problematização: Você já parou para pensar em como funciona a rede elétrica em nossas casas? Ou como é possível carregar vários celulares em uma extensão? Ou até mesmo como funcionam os faróis de um carro?

Introdução: Os circuitos em paralelo são totalmente independentes em relação ao circuito em série. Enquanto na ligação em série, se uma resistência queimar ou for desligada, todas param de funcionar, no paralelo isso não acontece: os componentes funcionam de forma autônoma, ou seja, se um parar, os outros continuarão funcionando. Esse fato é de extrema importância para a ligação elétrica residencial, pois, caso a luz de um cômodo queime, o restante continua funcionando normalmente.

Objetivos:

- (1) Mostrar como funciona um circuito elétrico em paralelo e entender conceitos do dia a dia;
- (2) Relacionar conceitos teóricos com a prática por meio da simulação;
- (3) Analisar as relações entre tensão, corrente elétrica e resistência com base na 1ª Lei de Ohm.

Atividade 1 – Montagem do circuito em paralelo

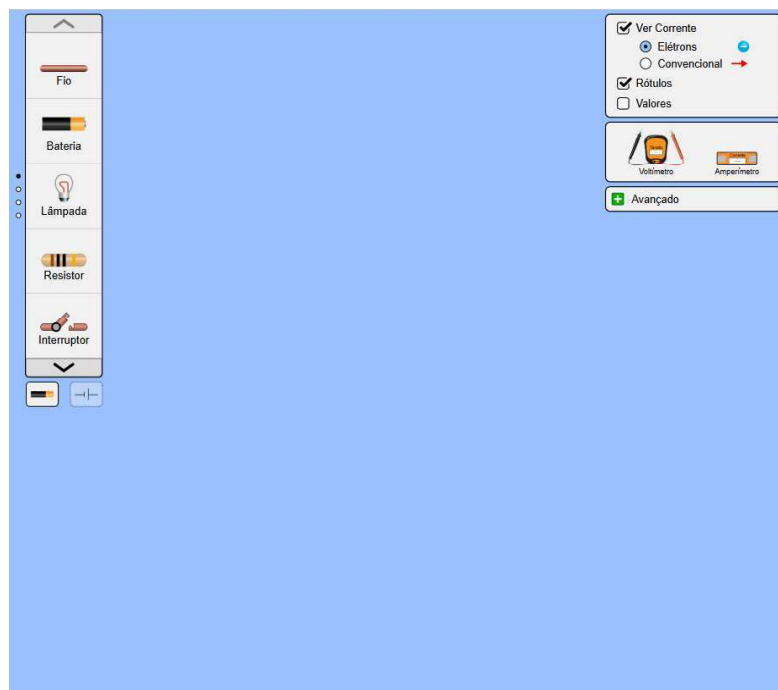
Simulando

- 1- Vamos utilizar o simulador Phet Kit para Montar um Circuito DC. Acesse por meio do link https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab
- 2- Após acessar o link, você será direcionado ao simulador de circuitos elétricos (DC).



Clique em Play para iniciar a atividade.

- 3- A área azul, que representa a bancada virtual.



- 4- Todo circuito elétrico precisa de uma fonte de tensão para funcionar, e por isso,

escolha a Bateria  como fonte de tensão contínua. Clique na bateria e arraste até a bancada virtual. Ao clicar em cima do ícone da bateria, pode-se alterar o valor da

tensão elétrica (fonte).



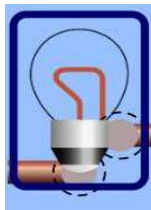
- 5- Após adicionarmos a bateria, adicione um interruptor , que permitirá controlar a abertura e o fechamento do circuito.

- 6- Adicione fios condutores , que serão usados para conectar os componentes do circuito. Observação: em um circuito em paralelo, existe mais de um caminho para a passagem da corrente elétrica.

- 7- Após adicionarmos o fio, serão introduzidas as resistências elétricas. Nesse caso,

vamos utilizar as lâmpadas  como resistência do circuito.



- 8- Após adicionarmos as lâmpadas, teremos que clicar nelas  e alterar os valores de acordo com as hipóteses do roteiro. Ao clicar em cima da lâmpada, será

aberta uma opção abaixo da tela  para configurarmos o valor que queremos deixar para cada lâmpada como resistência elétrica.

Passo a passo de montagem

1. Adicione uma bateria de 50 V como tensão e depois adicione um interruptor (instrumento liga/desliga).
2. Após o interruptor adicione um fio, de modo que seja organizado caminhos diferentes para a passagem de corrente elétrica, ou seja, serão colocados três fios em paralelo.
3. Após construir caminhos diferentes serão inseridas 3 lâmpadas como resistência elétrica, sendo: 1ª lâmpada: 15 Ω ; 2ª lâmpada: 20 Ω ; 3ª lâmpada: 30 Ω .
4. Feche o circuito com o fio até a bateria.
5. Retire uma lâmpada do circuito e veja o que acontece.
6. Com a utilização de um voltímetro anote todas as tensões, tanto na fonte quanto em cada uma resistência (lâmpadas) e registre os dados da Tabela 1.
7. Utilizando um amperímetro, anote as correntes elétricas do circuito, ou seja, a corrente da fonte (bateria) e a corrente em cada lâmpada (resistência) e registre os dados da Tabela 1.
8. Use a 1ª Lei de Ohm $V = R \times I$ para calcular a resistência equivalente, ou seja, a resistência total, e registre os dados da Tabela 1.

Tabela 2 – Dados do circuito em paralelo

Componente / Grandeza	Resistência (Ω)	Tensão (V)	Corrente (A)
Resistor 1 (R_1)			

Componente / Grandeza	Resistência (Ω)	Tensão (V)	Corrente (A)
Resistor 2 (R_2)			
Resistor 3 (R_3)			
Total / Equivalente	$R_{eq} =$	$V_{total} =$	$I_{total} =$

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

- 9- Anote as relações que você observou no circuito e compare com as relações do circuito em série.

Perguntas

- 1- O que aconteceu quando você tirou uma lâmpada do circuito?
- 2- Se você dobrar a tensão como fica o brilho das lâmpadas?
- 3- Qual a relação da resistência total com as resistências de cada caminho?

Reflexão

Agora que você aprendeu o que é um circuito em série e o que é um circuito em paralelo, bem como suas características, pense no seguinte: se a sua casa fosse ligada em série, ou seja, para você assistir à televisão, seria necessário que os outros eletrodomésticos da casa estivessem ligados e, caso algum fosse desligado, tudo ficaria escuro. Para evitarmos esse problema, o que poderíamos utilizar?

APÊNDICE D – Questionário aplicado aos estudantes

a) Série: 3º ano ☐ Ensino Médio Regular ☐ Ensino Médio EJA

b) Você já teve aulas utilizando simulações computacionais?

☐ Sim ☐ Não

c) Qual é o seu nível de interesse pela Física?

☐ Baixo ☐ Médio ☐ Alto

Por favor, leia atentamente as afirmações abaixo e indique seu grau de concordância, sabendo que:

- 1- Discordo totalmente
- 2- Discordo parcialmente
- 3- Meus argumentos para discordar e concordar são equivalentes
- 4- Concordo parcialmente
- 5- Concordo totalmente

Indique apenas uma resposta para cada afirmação.

1 – Compreensão conceitual						
1.1	A simulação me ajudou a compreender melhor o funcionamento e diferenciar o funcionamento de um circuito elétrico em série e em paralelo.	1	2	3	4	5
1.2	A atividade com a simulação contribuiu para esclarecer dúvidas que eu tinha sobre circuitos em série e em paralelo.	1	2	3	4	5
1.3	A atividade com a simulação me ajudou a compreender melhor como a Física está presente em situações do dia a dia.					
2 – Visualização e representação dos fenômenos						
2.1	A representação visual dos componentes elétricos facilitou a montagem e a análise dos circuitos.	1	2	3	4	5
2.2	A simulação tornou mais fácil a compressão dos fenômenos que não são visíveis diretamente em um circuito real.	1	2	3	4	5
3 – Interação e experimentação						
3.1	A possibilidade de montar diferentes circuitos na simulação tornou a atividade mais interessante.	1	2	3	4	5
4- Motivação e interesse						
4.1	A utilização da simulação contribuiu para tornar a aula de Física mais interessante.	1	2	3	4	5
4.2	Aprender circuitos elétricos com o apoio da simulação foi mais	1	2	3	4	5

	motivador do que apenas estudar o conteúdo de forma teórica.					
4.3	Gostaria que outras aulas de Física também utilizassem simulações.	1	2	3	4	5
5 - Facilidade de uso da simulação						
5.1	Achei a simulação fácil de utilizar, com comandos e recursos claros e intuitivos.	1	2	3	4	5
5.2	Consegui montar os circuitos propostos sem grandes dificuldades.	1	2	3	4	5
6 - Avaliação geral da atividade						
6.1	A simulação favoreceu minha autonomia na resolução das atividades propostas.	1	2	3	4	5
6.2	De modo geral, avalio positivamente o uso da simulação para aprender circuitos elétricos.	1	2	3	4	5
6.3	A simulação não contribuiu para minha compreensão dos circuitos elétricos.	1	2	3	4	5