



**INSTITUTO
FEDERAL**
Piauí

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO LICENCIATURA EM FÍSICA**

PAULO CÉSAR DA SILVA SANTOS BISPO

**O USO DO SIMULADOR COMPUTACIONAL PHET NO ENSINO DE CIRCUITOS
ELÉTRICOS DC**

TERESINA

2026

PAULO CÉSAR DA SILVA SANTOS BISPO

O USO DO SIMULADOR COMPUTACIONAL PHET NO ENSINO DE CIRCUITOS
ELÉTRICOS DC

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura em Física do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Piauí, Campus Teresina Central.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Ferreira de
Abreu.

TERESINA

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Bispo, Paulo César da Silva Santos

B622u O uso do simulador computacional PhET no ensino de circuitos elétricos DC / Paulo César da Silva Santos Bispo. - 2026.
44 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Física) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central, 2026.
Orientador : Prof Dr. Antônio Carlos Ferreira de Abreu.

1. Simulador PhET. 2. Circuitos elétricos DC. 3. Tecnologias da informação e comunicação (TIC). 4. Ensino médio. I. Título.

CDD - 621.3

Elaborado por Tanize Maria Sales CRB 3/1024

PAULO CÉSAR DA SILVA SANTOS BSISPO

CONTRIBUIÇÕES DO SIMULADOR PHET PARA APRENDIZAGEM DE CIRCUITOS
ELÉTRICOS DC

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura em Física do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Piauí, Campus Teresina Central.

Aprovada em: 09 / 06 / 2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antônio Carlos Ferreira de Abreu (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Fabio Nascimento de Sousa
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Herbert da Silva Sousa
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Dedico este trabalho aos meus
professores, colegas e à minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, inicialmente, a Deus, por me conceder saúde, força e perseverança durante toda a trajetória acadêmica. À minha família, pelo apoio incondicional, incentivo e compreensão nos momentos de dificuldade. Em especial a minha mãe, esposa e meu filho.

Ao meu professor orientador Dr. Antônio Carlos Ferreira de Abreu, pela orientação, paciência, confiança e valiosas contribuições para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos docentes da instituição, pelos conhecimentos compartilhados ao longo do curso. Aos amigos e colegas, pelo companheirismo e apoio durante essa jornada.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a conclusão deste Trabalho de Conclusão de Curso, meu sincero agradecimento.

A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original.

Albert Einstein

RESUMO

O presente trabalho aborda o uso do simulador computacional PhET no ensino de circuitos elétricos em corrente contínua (DC) no Ensino Médio, destacando sua contribuição como ferramenta didática no processo de ensino e aprendizagem de Física por meio das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). O estudo teve como objetivo analisar as contribuições do simulador para a compreensão dos conteúdos de eletricidade, evidenciando como as simulações computacionais podem tornar as aulas mais dinâmicas, visuais e interativas. A metodologia adotada caracterizou-se por uma abordagem qualitativa através de um questionário e quantitativa com resultados de dados, desenvolvida por meio de uma intervenção pedagógica com estudantes do 1º ano do Ensino Médio do Centro Estadual de Tempo Integral José Pereira da Silva, localizado na cidade de Teresina. A pesquisa contou com a participação de 14 estudantes, utilizando-se o simulador e a aplicação do questionário MAREEA-PhET, instrumento destinado à avaliação da percepção dos alunos quanto à qualidade, usabilidade, interatividade e contribuição educacional do recurso digital. Os resultados evidenciaram que o uso do simulador favoreceu maior participação dos estudantes, facilitou a visualização dos fenômenos elétricos e contribuiu para a aprendizagem significativa dos conteúdos trabalhados. Conclui-se que o simulador PhET constitui uma ferramenta pedagógica eficiente para o ensino de circuitos elétricos DC no Ensino Médio, contribuindo significativamente para a inovação das práticas pedagógicas mediadas pelas tecnologias digitais.

Palavras-chave: simulador PhET; circuitos elétricos DC; tecnologias da informação e comunicação; ensino médio.

ABSTRACT

This study discusses the use of the computational simulator PhET Interactive Simulations in the teaching of direct current (DC) electrical circuits in High School, highlighting its contribution as a didactic tool in the teaching and learning process of Physics through Information and Communication Technologies (ICT). The study aimed to analyze the contributions of the simulator to the understanding of electricity contents, showing how computational simulations can make classes more dynamic, visual, and interactive. The methodology adopted was characterized by a qualitative and quantitative approach, developed through a pedagogical intervention with first-year high school students from the Centro Estadual de Tempo Integral José Pereira da Silva, located in Teresina. The research involved 14 students, using the simulator and the MAREEA-PhET questionnaire, an instrument designed to evaluate students' perceptions regarding the quality, usability, interactivity, and educational contribution of the digital resource. The results showed that the use of the simulator promoted greater student participation, facilitated the visualization of electrical phenomena, and contributed to meaningful learning of the studied contents. It is concluded that the PhET simulator constitutes an efficient pedagogical tool for teaching DC electrical circuits in High School, significantly contributing to the innovation of pedagogical practices mediated by digital technologies.

Keywords: PhET simulator; DC electrical circuits; information and communication technologies; high school education; physics teaching.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Tela Inicial do Simulador computacional PHET.....	21
Figura 2	- Barra de acessórios de montagem do circuito.....	22
Figura 3	- Barra de acessórios de montagem do circuito.....	22
Figura 4	- Circuito em série	22
Figura 5	- Associação em série de resistências.....	23
Figura 6	- Circuitos em série de resistências.....	24
Figura 7	- Intensidade da corrente na associação em série de resistências.....	24
Figura 8	- Resistência equivalente na associação em série de resistências....	24
Figura 9	- Circulação da corrente na associação em paralelo de resistências.	25
Figura 10	- Associação em paralelo de resistências.....	25
Figura 11	- Tensão na associação em paralelo de resistências.....	26
Figura 12	- Circuitos elétricos.....	28
Figura 13	- Atividade prática com kit de circuitos elétricos.....	28
Figura 14	- Demonstração do funcionamento de circuitos elétricos	29
Figura 15	- Atividade prática com kit de circuitos elétricos.....	29
Figura 16	- Kit de circuitos elétricos.....	29
Gráfico 1	- Resultados da Pesquisa (MAREEA - PhET).....	39
Gráfico 2	- Avaliação do Simulado PhET - 4 Fatores	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Avaliação da Dimensão de Usabilidade.....	32
Tabela 2 – Avaliação da Dimensão de Engajamento.....	33
Tabela 3 – Avaliação da Dimensão de Motivação	35
Tabela 4 – Avaliação da Dimensão de Aprendizagem.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DC Direct Current

PHET Physics Education Techonogy

TDIC Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	JUSTIFICATIVA	17
3	OBJETIVOS	18
3.1	OBJETIVO GERAL	18
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4	REFERENCIAL TEÓRICO	19
4.1	TECNOLOGIA DIGITAL DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TDIC) NA EDUCAÇÃO	19
4.2	SIMULADORES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS	19
4.3	O SIMULADOR PHET	20
4.3.1	A plataforma Phet	21
4.3.2	O “kit de Construção de Circuito Elétrico DC”	23
4.3.3	Conceitos Fundamentais de Circuitos Elétricos DC	23
4.4	ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS NO ENSINO MÉDIO	26
5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	27
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
	REFERÊNCIAS.....	42
	ANEXO A – MAREEA	44

1 INTRODUÇÃO

A palavra física (do grego: Physis) significa Natureza. Em Física, como em toda ciência, qualquer acontecimento ou ocorrência é chamado fenômeno. Assim, a Física pode ser definida como uma ciência que busca descrever os fenômenos que ocorrem na Natureza e prever a sua ocorrência. (RAMALHO, et al.2009). Os fenômenos naturais são tão variados e numerosos que o campo de estudo da Física torna-se cada vez mais amplo, existindo hoje diversos ramos da Física.

A introdução da física na educação é essencial, pois é através dela que os alunos adquirem conhecimentos básicos de conceitos físicos, entretanto o ensino de física vai além disso, ele pode estimular os alunos a experimentarem situações de aprendizagem prazerosas, tais como a investigação, discussão, sistematização, observação, manipulação, e a construção de conhecimentos que explicam fenômenos que observamos no nosso dia a dia. Todavia, o ensino de ciências nas escolas vem apresentando diversas dificuldades. A forma como os conteúdos são trabalhados em salas de aula, muitas vezes pode acabar sendo entediante, desestimulante, sem conseguir alcançar os estudantes. O ensino de ciências nas escolas geralmente é realizado de forma tradicional, no qual tem por base a transmissão e a recepção de conhecimento. Os conteúdos são desenvolvidos com ênfase na resolução de problemas e exercícios que privilegiam a abstração.

Diante dos avanços tecnológicos torna-se necessário a utilização de tecnologias a favor da educação. No ensino de física, trazer metodologias inovadoras, que permitam que os alunos consigam assimilar bem o que foi aprendido através das aulas teóricas com sua aplicação prática.

Desse modo, usar atividades práticas como instrumento de ensino, de fácil acesso e atividades práticas integradas às tecnologias digitais para conseguir estimular o interesse e o protagonismo dos estudantes, é uma ótima alternativa que se mostra viável e eficaz. Visto que com essas atividades eles terão que analisar, compreender e construir, ou seja, poderá acima de tudo promover uma melhor compreensão dos fenômenos naturais (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011, p.70). Assim, usar metodologias que consigam motivar os estudantes para o estudo das ciências, em particular o estudo da física é de grande importância.

O uso de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação na Sociedade (TDIC) tem se consolidado como elemento fundamental para a inovação pedagógica

e para o aprimoramento dos processos de ensino e aprendizagem. No ensino de Ciências, por exemplo, as TDIC assumem um papel estratégico ao favorecer práticas pedagógicas mais interativas e contextualizadas.

Uma das possibilidades de emprego didático das TDIC no ensino de Ciências consiste no uso de simuladores. Os simuladores são softwares específicos que geram simulações específicas para estudos de propriedades ou conceitos científicos, e estão diretamente relacionados com a pesquisa científica (Giordan; Góis, 2004).

Segundo Costa (2013),

No caso da Física, uma das tecnologias mais promissoras têm sido as simulações computacionais, pois, com o uso das mesmas, é possível promover o desenvolvimento de atividades pedagógicas, de competências e habilidades de aprendizagem dos estudantes, tais como: envolvê-los em atividades colaborativas que explicitem a natureza da pesquisa científica; reduzir a ambiguidade e ajudar identificar relacionamentos de causa e efeitos em sistemas complexos; desenvolver habilidades de resolução de problemas; permitir a formação de imagens mentais de fenômenos abstratos ou de alta complexidade e interatividade; promover a aprendizagem por descoberta. (Costa, 2013, p.111)

O uso de simulações permite uma maior compreensão dos conceitos físicos abordados, além de desenvolver habilidades cognitivas para compreensão conceitual. Diferentemente da forma tradicional de se ensinar física, onde o professor é o protagonista e detentor do conhecimento, ao utilizarmos recursos lúdicos como simulações, possibilitamos que o estudante participe ativamente do processo educacional. Pois ele próprio está manuseando a simulação, tendo a possibilidade de testar, experimentar, diferentes recursos, que talvez nem fossem possíveis em uma aula padrão, tornando assim todo o processo mais interativo e mais interessante para o aluno.

Existem diversos simuladores que representam conceitos ou fenômenos científicos. O simulador computacional PhET (Physics Education Technology) se destaca dentre diversos outros tipos de simuladores.

Dentre suas simulações, destaca-se o **Kit de Construção de Circuito (DC)**, disponível no PhET e selecionado neste trabalho por permitir a construção, manipulação e análise de circuitos de corrente contínua em um ambiente seguro, visual e intuitivo. A utilização deste simulador na pesquisa justifica-se por sua capacidade de aproximar teoria e prática, favorecendo a exploração ativa dos conceitos e promovendo um aprendizado mais investigativo e autônomo. Ao estudar

os conceitos de circuitos elétricos, o aluno compreende como funcionam os dispositivos que utiliza diariamente, tornando a aprendizagem significativa e contextualizada.

O PhET é uma plataforma gratuita de simulações interativas que permite ao aluno “mexer” nas variáveis físicas e observar os efeitos em tempo real. Funciona online e muitos simuladores também rodam offline. O aluno deixa de ser só espectador e passa a experimentar, testar hipóteses e tirar conclusões. É possível a visualização de conceitos abstratos de fenômenos como: campo elétrico, ondas, movimento uniformemente variado, leis de Newton, e etc. Assim reduzindo muito a abstração.

Neste sentido o ensino de circuitos elétricos com o uso do simulador PhET torna-se ainda mais enriquecedor, pois a ferramenta facilita a exploração dos conceitos e transforma o estudo do tema em uma experiência bastante dinâmica. O uso do PhET ajuda os alunos a compreender os circuitos de forma intuitiva, despertando curiosidade e tornando a aprendizagem mais acessível.

O simulador permite que os alunos montem circuitos, testem diferentes componentes e observem imediatamente os resultados, o que transforma o estudo do tema em uma experiência prática e envolvente. Considerando a importância de estratégias pedagógicas que tornem o ensino mais dinâmico e significativo, apresenta-se a seguinte questão norteadora: Como o uso do simulador Physics Education Technology (PhET), enquanto ferramenta pedagógica, pode contribuir para auxiliar os alunos na compreensão dos conteúdos de circuitos elétricos de corrente contínua?

2 JUSTIFICATIVA

O ensino de Física nas escolas enfrenta muitos desafios tendo em vista a falta de contextualização dos conteúdos e a dificuldade dos alunos em compreender conceitos abstratos. Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo investigar e promover o uso da simulação computacional PhET como recurso didático no ensino de Física, visando tornar o aprendizado mais significativo, visual e acessível aos alunos. Contribuindo para aulas mais interativas e despertando o interesse pela Física, onde o aluno assume papel ativo na construção do conhecimento científico.

Ao integrar prática e teoria, o PhET, desenvolvido pela Universidade do Colorado, destaca-se como uma ferramenta pedagógica fundamental para a consolidação do aprendizado em circuitos elétricos e em diversos outros conteúdos complexos da Física. Por meio de simulações interativas, os estudantes conseguem visualizar fenômenos abstratos, como corrente elétrica, diferença de potencial e resistência, de maneira dinâmica e intuitiva. Essa interação favorece a construção ativa do conhecimento, permitindo que o aluno formule hipóteses, teste possibilidades e observe resultados em tempo real.

O PhET é importante para a realidade das escolas porque torna o aprendizado mais dinâmico, acessível e significativo, principalmente em contextos onde faltam laboratórios equipados e recursos físicos. De acordo com o *Anuário Brasileiro da Educação Básica 2025*, apenas 26,9% das escolas públicas dos anos finais do ensino fundamental e 46,9% das escolas de ensino médio contam com laboratório de ciências. Isso evidencia que grande parte das escolas ainda não possui condições adequadas para atividades práticas em Física, Química e Biologia.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a aprendizagem dos estudantes com o uso do PHET no ensino de circuitos elétricos DC (corrente contínua) em turmas do Ensino Médio, relacionando fórmulas e conceitos abstratos com representações visuais e interativas.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as potencialidades do simulador PhET como recurso didático no ensino de Física;
- Analisar a influência das simulações interativas no processo de ensino e aprendizagem de circuitos elétricos em corrente contínua;
- Verificar o nível de engajamento e participação dos estudantes durante as atividades realizadas com o simulador;
- Avaliar a percepção dos alunos sobre a utilização das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) no aprendizado de conteúdos de eletricidade.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 TECNOLOGIAS DIGITAIS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TDIC) NA EDUCAÇÃO

Vivemos em uma sociedade marcada pela presença constante das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), cuja integração nas atividades cotidianas tem transformado profundamente as formas de interação, de acesso ao conhecimento e de construção das relações humanas. A expansão dessas tecnologias e o aumento de seus níveis de conectividade tornam-se cada vez mais evidentes, refletindo-se diretamente no campo educacional e possibilitando novas formas de comunicação, aprendizagem e socialização dos saberes.

As TDIC, no contexto globalizado têm permitido o indivíduo participar das inovações do mundo, pois elas têm ampliado o acesso à informação, dinamizado as formas de comunicação e facilitado a construção e socialização do conhecimento.

Conforme ressalta Santos (2007), seu uso contribui para tornar o ensino de Ciências mais interessante, autêntico e relevante; além de permitir maior tempo destinado à observação, discussão e análise, e ampliar as possibilidades de colaboração e comunicação entre os estudantes. Nesse sentido, a incorporação de tecnologias digitais no ambiente escolar não apenas redefine o papel do professor, como também favorece práticas pedagógicas inovadoras e centradas no estudante.

A utilização das tecnologias no processo educacional é uma condição irreversível, isso pela ligação entre os objetivos e necessidades sociais dos alunos. É função da educação possibilitar a formação de indivíduos para conviver e solucionar problemas do cotidiano, por isso esses recursos devem fazer parte do cotidiano da sala de aula, permitindo o acesso ao conhecimento acadêmico e a inclusão digital e social (BERNINI et al., 2010).

4.2 SIMULADORES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Uma simulação computacional é um programa que contém um modelo de um sistema (natural ou artificial) ou de um processo (de Jong & van Joolingen, 1998).

Esses modelos permitem que o usuário manipule variáveis, teste hipóteses e observe resultados de maneira dinâmica e interativa.

As vantagens das simulações no ensino estão precisamente ligadas às possibilidades de visualização, que permitem apoiar uma aprendizagem baseada na interação dos alunos com os respectivos modelos, permitindo que produzam questões e testem previsões, de modo a desenvolverem uma compreensão mais aprofundada dos conceitos em estudo (Lee et al., 2021).

Os modelos presentes nas simulações variam em nível de sofisticação. Eles podem ser simples, representando apenas aspectos essenciais de determinado fenômeno, ou extremamente complexos, capazes de reproduzir comportamentos detalhados e realistas. No Ensino de Ciências, as simulações tornam-se ferramentas valiosas por possibilitarem a visualização de fenômenos que, muitas vezes, seriam inviáveis em laboratório devido a limitações materiais, riscos ou custos.

As simulações computacionais permitem que o estudante explore conceitos de maneira investigativa, manipulando variáveis, observando efeitos e desenvolvendo habilidades científicas, como análise, previsão e tomada de decisão. No caso específico das simulações do projeto PhET, são eficazes para melhorar a compreensão conceitual dos alunos em vários tópicos de Física.

4.3 O SIMULADOR PHET

O PhET Interactive Simulations é um projeto educacional desenvolvido pela Universidade do Colorado com o objetivo de criar simulações interativas baseadas em pesquisas da área de Ensino de Ciências. O PhET surgiu em 2002, idealizado pelo físico e prêmio Nobel Carl Wieman, então professor da Universidade do Colorado. A iniciativa nasceu da preocupação do pesquisador com as dificuldades dos estudantes em compreender conceitos abstratos da Física apenas por meio de aulas expositivas e exercícios tradicionais. Wieman defendia que a aprendizagem seria mais eficaz se os alunos pudessem interagir com representações visuais e manipuláveis dos fenômenos científicos.

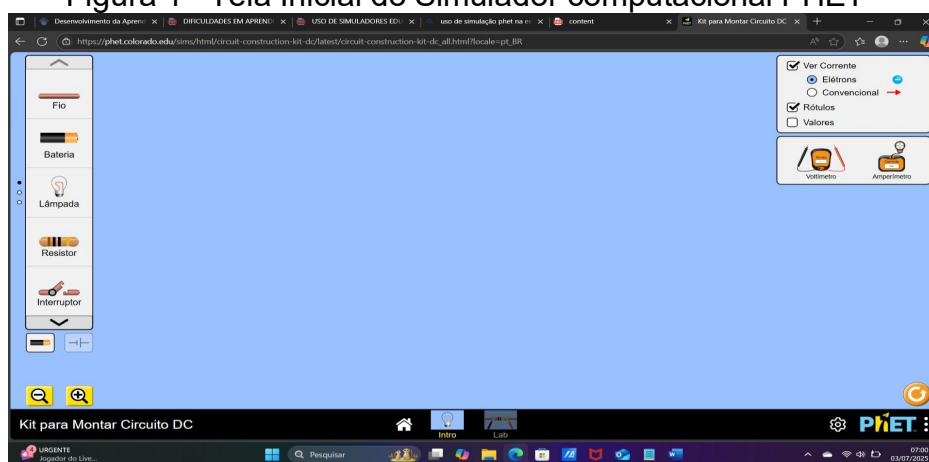
Com essa visão, Wieman reuniu uma equipe multidisciplinar de especialistas em Física, Educação e desenvolvimento de software para criar simulações que fossem cientificamente precisas, intuitivas e acessíveis. As primeiras simulações foram desenvolvidas em Java e passaram a ser amplamente utilizadas em cursos de

Física na própria universidade, recebendo respostas positivas tanto de professores quanto de estudantes.

A partir de 2005, o PhET expandiu sua atuação, aumentando o número de simulações e inserindo novas áreas de conhecimento, como Química, Matemática, Biologia e Ciências da Terra. Ao longo dos anos, o PhET consolidou-se como uma das principais plataformas de simulações educacionais do mundo, apoiada em extensas pesquisas sobre ensino e aprendizagem. Suas simulações são traduzidas para mais de 90 idiomas e utilizadas por milhões de alunos e professores globalmente. Essa trajetória destaca o compromisso do projeto em democratizar o acesso a ferramentas pedagógicas de qualidade, promovendo uma aprendizagem ativa, visual, investigativa e alinhada às demandas das TDIC no ensino contemporâneo.

4.3.1 A plataforma PheT

Figura 1– Tela Inicial do Simulador computacional PHET



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuitconstruction-kit-dc-virtual-lab_all.html?locale=pt_BR (PHET, 2025).

A tela azul é o ambiente onde será montado o circuito DC. No canto direito da tela podemos observar os componentes disponíveis para a montagem dos circuitos.

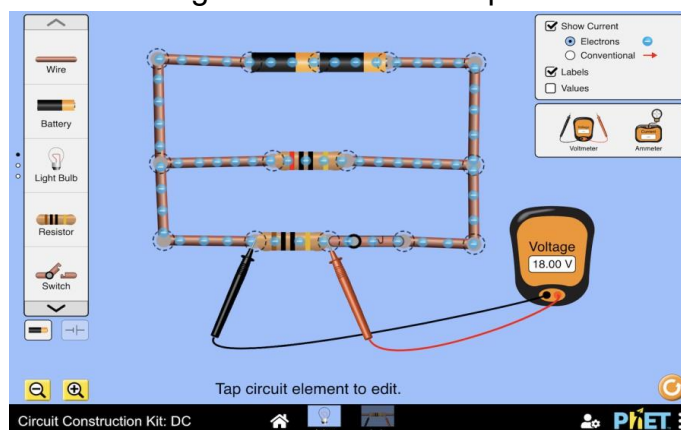
Figura 2- Representa a barra de acessórios de montagem do circuito.



Fonte: PHET(2025)

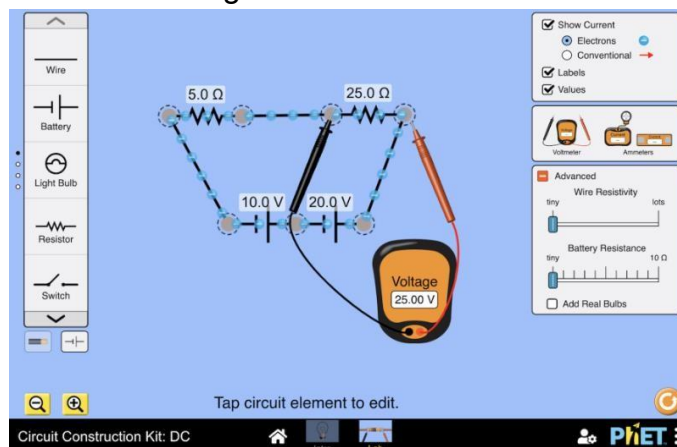
No KIT de montagem DC podemos determinar se os objetos do cotidiano são condutores ou isoladores, fazer medições com um amperímetro e um voltímetro realistas.

Figura 3 – Circuito em paralelo



Fonte: PHET(2025)

Figura 4– Circuito em série



Fonte: PHET(2025)

4.3.2 O kit de construção DC (Direct Current)

O Kit de Construção de Circuito (DC) é uma das simulações mais utilizadas do PhET para o ensino de eletricidade no nível básico e médio. Ele foi desenvolvido com o objetivo de permitir que estudantes explorem, de maneira interativa, os princípios fundamentais dos circuitos elétricos por meio da montagem virtual de diferentes componentes. Entre os elementos disponíveis na simulação estão fios, baterias, lâmpadas, resistores, interruptores, voltímetros e amperímetros, que podem ser conectados e reorganizados livremente.

Esse simulador oferece um ambiente seguro, intuitivo e visualmente claro, no qual os alunos podem observar, em tempo real, como alterações em um circuito afetam grandezas como corrente elétrica e diferença de potencial. Ao permitir a manipulação de variáveis de forma imediata, o Kit de Construção de Circuito (DC) possibilita que os estudantes testem hipóteses, identifiquem erros, comparem configurações e compreendam conceitos que, muitas vezes, são difíceis de visualizar apenas com explicações expositivas ou com materiais físicos limitados.

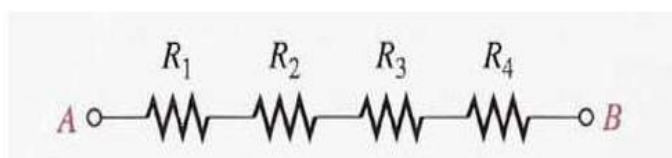
Dessa forma, o Kit de Construção de Circuito (DC) torna-se uma ferramenta pedagógica relevante para o ensino de Física, especialmente ao trabalhar conteúdos como corrente, tensão, resistência, circuitos em série e paralelo.

4.3.4 Conceitos Fundamentais de Circuitos Elétricos DC Circuitos em série

Circuito em série é um circuito com duas ou mais cargas que estão sendo alimentadas em série uma com a outra, ligadas em sequência, havendo apenas um único caminho para a passagem de corrente elétrica.

A associação em série de resistências caracteriza-se por: As resistências são associadas umas a seguir às outras, sendo percorridas pela mesma intensidade de corrente.

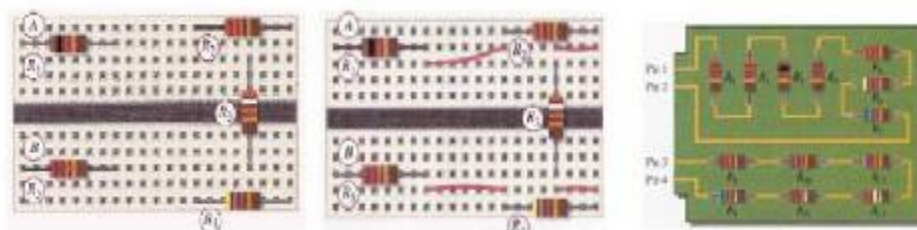
Figura 5 – Associação em série de resistências



Fonte: <https://itligado.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/04/circuito-sc3a9rie-e-paralelos.pdf>

A intensidade de corrente que circula na associação em série é constante para todas as resistências.

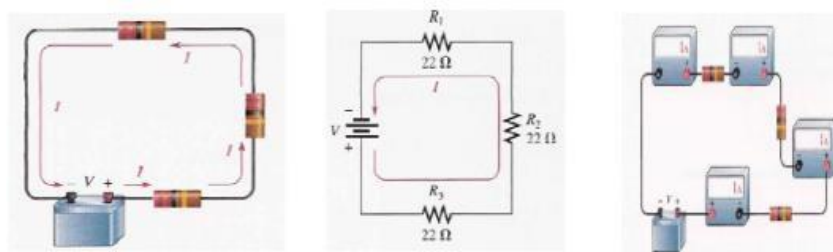
Figura 6 – Circuitos com resistências em série



Fonte: <https://itligado.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/04/circuito-sc3a9rie-e-paralelos.pdf>

A intensidade de corrente é igual em todos os pontos do circuito.

Figura 7 – Intensidade de corrente na associação em série de resistências

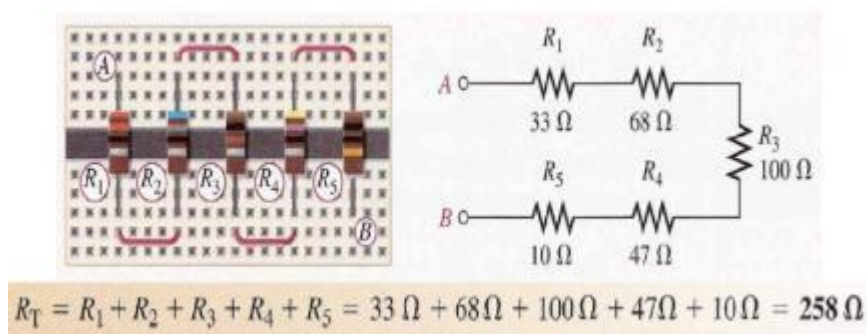


Fonte: <https://itligado.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/04/circuito-sc3a9rie-e-paralelos.pdf>

- **Resistência equivalente**

A resistência equivalente (R_{eq} ou R_t) de uma associação de resistências em série é igual ao somatório das resistências associadas.

Figura 8– Resistência equivalente na associação em série de resistências



Fonte: <https://itligado.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/04/circuito-sc3a9rie-e-paralelos.pdf>

• Circuitos em paralelo

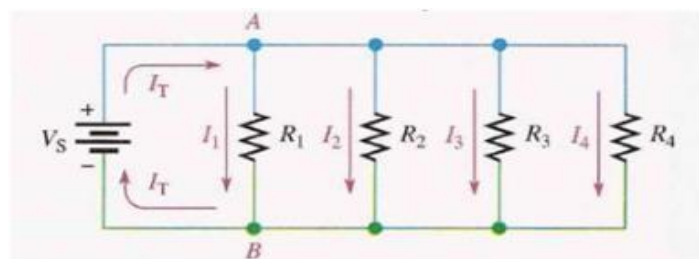
Um circuito paralelo é um arranjo em que vários componentes são conectados por meio de múltiplas ramificações, proporcionando caminhos independentes para o fluxo de corrente. Essas ramificações recebem tensões iguais; portanto, se uma ramificação ou um componente falhar, o restante do circuito continua funcionando.

• Resistências em paralelo

A associação em paralelo de resistências caracteriza-se por:

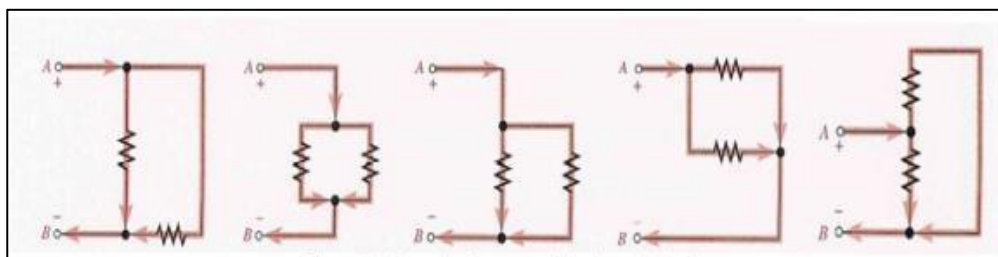
- A existência de mais de um caminho para a corrente elétrica.
- A corrente elétrica divide-se entre os componentes do circuito.
- A corrente total que circula na associação é o somatório da corrente de cada resistência.
- O funcionamento de cada resistência é independente das demais.

Figura 9 – Circulação da corrente na associação em paralelo de resistências



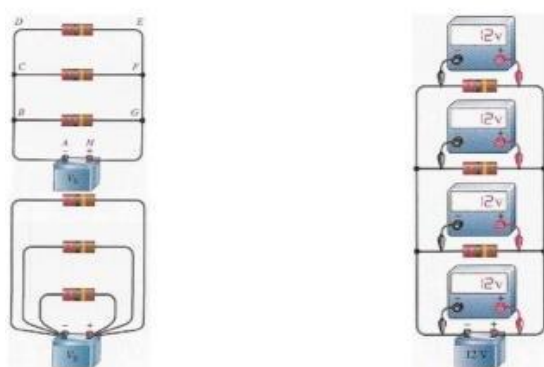
Fonte: <https://itligado.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/04/circuito-sc3a9rie-e-paralelos.pdf>

Figura 10 – Associação em paralelo de resistências



Fonte: <https://itligado.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/04/circuito-sc3a9rie-e-paralelos.pdf>

Figura 11– Tensão na associação em paralelo de resistências



Fonte: <https://itligado.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/04/circuito-sc3a9rie-e-paralelos.pdf>

4.4 ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS NO ENSINO MÉDIO

O ensino de circuitos elétricos no Ensino Médio é um componente fundamental da Física, pois permite ao estudante compreender princípios que estruturam grande parte das tecnologias presentes no cotidiano, como aparelhos eletrônicos, sistemas de iluminação, equipamentos digitais entre outros.

De acordo com a BNCC, o ensino de Ciências da Natureza deve estimular a investigação, a observação, a análise de fenômenos e a resolução de problemas, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento científico, crítico e reflexivo dos estudantes (BRASIL, 2018).

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método adotado neste trabalho priorizou o envolvimento do aluno na construção de sua aprendizagem, por meio de uma sequência didática que incluiu a investigação, experimentação e desenvolvimento ativo no processo de ensino-aprendizagem, despertando a curiosidade e a vontade em aprender.

Em relação à abordagem, trata-se de uma pesquisa quali-quantitativa, combinando a análise de dados numéricos obtidos por meio de questionários com a interpretação das percepções e experiências dos participantes durante as atividades propostas.

A investigação foi por meio da aplicação do simulador **Kit de Construção de Circuito (DC)** disponível na plataforma **PhET**. Esta etapa teve como foco analisar como os estudantes do Ensino Médio interagem com o simulador, quais dificuldades apresentam e de que forma a ferramenta contribui para a compreensão dos conceitos de corrente elétrica, tensão, resistência e montagem de circuitos.

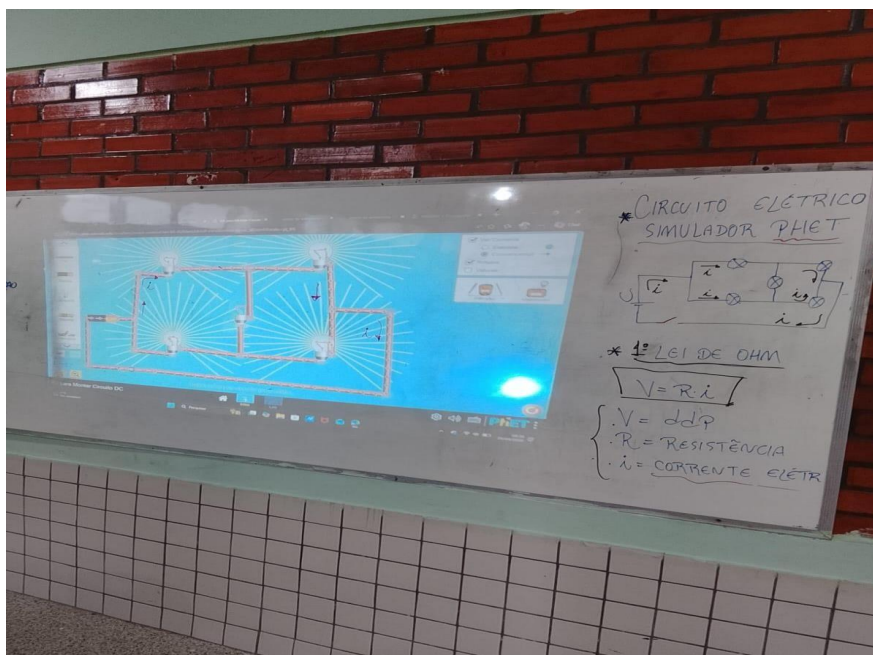
O estudo foi desenvolvido com estudantes do Ensino Médio de uma escola pública, selecionados por conveniência, considerando a disponibilidade da turma e a acessibilidade dos participantes. Os critérios de seleção incluíram estar regularmente matriculado no Ensino Médio e participar das atividades propostas durante o período da pesquisa.

Foi aplicado previamente um questionário para os estudantes responderem após a aula experimental. Assim sendo possível a coleta de dados, de como o PhET ajudou no entendimento de circuitos (DC)

O trabalho foi desenvolvido, tendo como público-alvo os alunos do Ensino Médio da escola regular de ensino médio Centro Estadual de Tempo Integral (CETI) José Pereira da Silva, localizado na cidade de Teresina, Piauí.

A coleta de dados ocorreu durante uma aula, onde os alunos foram orientados a explorar o simulador, montar circuitos simples e observar o comportamento das grandezas elétricas.

Figura 12 – Circuitos Elétricos



Fonte: próprio autor

Figura 13 – Atividade prática com kit de circuitos elétricos



Fonte: próprio autor

Figura 14 – Demonstração do funcionamento de circuitos elétricos



Fonte: próprio autor

Figura 15 – Atividade prática com kit de circuitos elétricos



Fonte: próprio autor

Figura 16 – kit de circuitos elétricos



Fonte: próprio autor

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do presente trabalho foi realizada através da pesquisa quantitativa realizada com estudantes do Ensino Médio do Centro Estadual de Tempo Integral (CETI) José Pereira da Silva, na cidade de Teresina, Piauí. Os estudantes avaliaram a importância do uso do simulador PHET no ensino de circuitos elétricos DC. A pesquisa foi avaliada por 14 estudantes do 1º ano do Ensino Médio. O instrumento utilizado foi o modelo MAREEA (Evaluation Model of Mobile Augmented Reality Educational Approaches), aplicado para avaliar a utilização do simulador virtual PhET como ferramenta educacional.

A avaliação do simulador PhET foi realizada com base nos critérios do modelo MAREEA, considerando os fatores de usabilidade, engajamento, motivação e aprendizagem ativa, os quais permitem analisar a qualidade da experiência de aprendizagem proporcionada pela ferramenta digital (HERPICH et al., 2019).

Seu objetivo é verificar a percepção dos usuários quanto à qualidade da experiência de uso e à contribuição pedagógica dessas tecnologias educacionais.

O modelo avalia aspectos como facilidade de uso, motivação, interação, aprendizagem, engajamento e usabilidade, permitindo identificar como os recursos de Realidade Aumentada influenciam o processo educativo. Dessa forma, o MAREEA auxilia pesquisadores e professores na análise da eficácia de aplicativos de Realidade Aumentada utilizados em ambientes educacionais.

Para sistematicamente coletar os dados dos fatores/dimensões, o modelo MAREEA contém um instrumento de medição (questionário) desenvolvido seguindo o método proposto por DeVellis (2016).

Diante disso foi realizado a aplicação do simulador *Kit de Construção de Circuito (DC)*, disponibilizado pela plataforma PhET Interactive Simulations, através de uma aula experimental, possibilitou observar como os estudantes do Ensino Médio compreendem os conceitos de corrente elétrica, tensão e resistência quando interagem com uma ferramenta digital interativa. Durante a atividade, os alunos foram incentivados a montar circuitos simples e paralelos, alterar componentes e analisar o comportamento das grandezas elétricas em tempo real.

Os resultados obtidos demonstraram que os estudantes apresentaram maior facilidade em visualizar o fluxo de corrente elétrica, especialmente por meio do

recursos dinâmicos oferecidos pelo simulador, como a animação do movimento de elétrons e as indicações visuais de intensidade da corrente. Muitos afirmaram que essa representação facilitou a compreensão de conceitos abstratos que, tradicionalmente, são apresentados apenas de forma matemática ou descritiva.

Outro ponto observado foi o aumento do engajamento dos alunos durante a exploração do simulador. A possibilidade de testar hipóteses, modificar parâmetros e observar imediatamente os efeitos de cada mudança contribuiu para um ambiente de aprendizagem mais ativo e investigativo. Estudantes que apresentavam dificuldades na montagem de circuitos físicos demonstraram maior autonomia ao utilizar o ambiente virtual, uma vez que o simulador elimina limitações como riscos de curto-circuito, falta de materiais ou erros irreversíveis.

Além disso, muitos alunos relataram que o simulador ajudou a compreender a diferença entre circuitos em série e paralelo, especialmente por meio das alterações nos valores de corrente e brilho das lâmpadas virtuais. A visualização imediata de como cada elemento influencia o comportamento do circuito mostrou-se fundamental para superar concepções alternativas frequentemente presentes nessa etapa de ensino.

Os dados analisados indicam que o uso do simulador PhET favorece uma aprendizagem mais significativa, ao integrar teoria e prática de forma acessível e interativa.

Usabilidade. Neste fator de qualidade, foram avaliadas as dimensões de Aprendizizibilidade, Operabilidade, Acessibilidade e Prevenção de erros ao usuário (Tabela 1). Em relação a dimensão que avalia o grau de aprendizagem requisitada ao utilizar a simulação computacional PhET, 78,6% dos avaliadores expressaram suas percepções de modo favorável a simulação, indicando que precisaram aprender poucas coisas antes de utilizar o PhET (**Q1**). Assim como, 78,6% assinalaram que aprender a utilizar o aplicativo foi fácil (**Q2**). Acerca da dimensão de operabilidade, 50 % dos avaliadores foram favoráveis sobre a facilidade em utilizar a simulação computacional (**Q3**), e 42,9% mostraram-se positivos indicando que a maneira de utilizá-lo foi fácil de entender a simulação (**Q4**). Também foi constatado 78,6% dos avaliadores acreditaram que o design do aplicativo estava claro e legível (**Q5**), indicando que o aplicativo fez uso de textos legíveis, fontes e cores compreensíveis e coerentes. 35,7% dos avaliadores foram positivos afirmando que o aplicativo torna

difícil que o usuário cometa erros (**Q6**). 57,1% quando questionados se em caso de erro no aplicativo, conseguiram se recuperar rapidamente dele (**Q7**).

Tabela 1 – Avaliação da Dimensão de Usabilidade

Questão	Discordo Totalmente (1)	Discordo Parcialmente (2)	Nem Concordo nem Discordo (3)	Concordo Parcialmente (4)	Concordo Totalmente (5)
Q.1 Eu precisei aprender pouca coisa antes de usar este aplicativo de simulador virtual Phet.	7,1%	0%	7,1%	78,6%	7,1%
Q.2 Aprender a usar este aplicativo de simulador virtual Phet. foi fácil.	7,1%	0%	14,3%	42,9%	35,7%
Q.3 Este aplicativo de simulador virtual Phet é fácil de usar.	0%	0%	14,3%	50%	35,7%
Q4. A forma de usar este aplicativo de simulador virtual Phet é fácil de entender.	7,1%	7,1%	0%	42,9%	42,9%
Q5. O design (cor, estilo de fonte e tamanho) usado neste aplicativo de simulador virtual Phet é claro e legível.	0%	0%	0%	78,6%	21,4%
Q6. Este aplicativo de simulador virtual Phet torna difícil que eu cometa erros.	14,3%	28,6%	21,4%	35,7%	0%
Q7. Em caso de erro no aplicativo de simulador virtual Phet, eu consigo me recuperar rápido dele.	0%	0%	28,6%	57,1%	14,3%

Fonte: Escala Likert utilizada no questionário MAREEA para avaliação da usabilidade

Engajamento. Para avaliar o fator de qualidade de engajamento, foram consideradas as dimensões de Estética, Aceitabilidade, Envolvimento e Novidade. (Tabela 2)

Tabela 2 – Avaliação da Dimensão de Engajamento

Questão	Discordo Totalmente (1)	Discordo Parcialmente (2)	Nem Concordo nem Discordo (3)	Concordo Parcialmente (4)	Concordo Totalmente (5)
Q.8 A interface deste aplicativo de simulador virtual Phet é atraente.	7,1%	0%	14,3%	57,1%	21,4%
Q.9 Eu gosto da informação gráfica apresentada neste aplicativo de simulador virtual Phet.	7,1%	7,1%	0%	57,1%	28,6%
Q.10 O conteúdo educacional deste aplicativo de simulador virtual Phet vale a pena.	7,1%	7,1%	7,1%	21,4%	57,1%
Q.11 . Minha experiência com este aplicativo de simulador virtual Phet foi gratificante	0%	7,1%	14,3%	57,1%	21,4%
Q12. Eu me senti envolvido nas tarefas deste aplicativo de simulador virtual Phet.	0%	0%	14,3%	50%	35,7%
Q13. A experiência de aprendizagem com este aplicativo de simulador virtual Phet foi divertida.	0%	14,3%	14,3%	42,9%	42,9%
Q14. O conteúdo educacional deste aplicativo de simulador virtual Phet despertou minha curiosidade.	14,3%	0%	14,3%	42,9%	28,6%

Q15. Eu me interessei por este aplicativo de simulador virtual Phet.	7,1%	0%	28,6%	42,9%	21,4%
--	------	----	-------	-------	-------

Fonte: Escala Likert utilizada no questionário MAREEA para avaliação da Dimensão de Engajamento

Na dimensão que avaliou a percepção dos participantes quanto a estética do aplicativo de realidade aumentada, a opinião dos participantes evidenciou uma predominante concordância, 57,1% dos avaliadores assinalaram que a concordância, 55,5% dos avaliadores assinalaram que a interface do aplicativo era atraente (Q8), 57,1% afirmaram gostar da informação apresentada pela simulação virtual PhET(Q9). Acerca da dimensão de aceitabilidade, mais de 21,4% dos avaliadores afirmaram que o conteúdo educacional é útil (Q10), e 57,1% indicaram que a experiência com o aplicativo foi gratificante (Q11). Em relação a dimensão envolvimento 50% dos avaliadores afirmaram que sentiram-se envolvidos com as tarefas realizadas na simulação(Q12), 42,9% também indicaram que a experiência de aprendizagem com o aplicativo foi divertida (Q13). Em se tratando da dimensão de avaliação da novidade apresentada na simulação, 42,9% dos participantes concordaram que os conteúdos educacionais despertaram concordaram que os conteúdos educacionais despertaram a sua atenção (Q14) ,e 42,9% indicaram que se interessaram pelo aplicativo de realidade aumentada (Q15).

Motivação. Em relação ao fator de qualidade referente à motivação, foram avaliadas as dimensões de Atenção focada, Relevância, Confiança e Satisfação (Tabela 3)

Tabela 3 – Avaliação da Avaliação da Dimensão de Motivação

Questão	Discordo Totalment e (1)	Discordo Parcialmente (2)	Nem Concordo nem Discordo (3)	Concordo Parcialmente (4)	Concordo Totalmente (5)
Q.16 Eu estava tão envolvido na tarefa com este aplicativo de simulador virtual Phet que perdi a noção do tempo.	7,1%	21,4%	35,7%	7,1%	28,6%

Q.17 Eu ignorei as coisas ao meu redor quando eu estava usando este aplicativo de simulador virtual Phet	0%	35,7%	35,7%	21,4%	7,1%
Q.18 A forma como a informação é organizada neste aplicativo de simulador virtual Phet ajudou a manter a minha atenção.	0%	0%	21,4%	50%	28,6%
Q.19 Está claro para mim como o conteúdo educacional deste aplicativo de simulador virtual Phet está relacionado às coisas que conheço.	0%	7,1%	21,4%	64,3%	7,1%
Q.20. Completar com sucesso as atividades com este aplicativo de simulador virtual Phet foi importante para mim.	0%	7,1%	28,6%	35,7%	28,6%
Q21. Estou confiante de que aprendi o que deveria depois de usar este aplicativo de simulador virtual Phet	0%	7,1%	21,4%	50%	21,4%
Q22. Estou confiante de que entendi o conteúdo educacional mais complexo usando este aplicativo de simulador virtual Phet	0%	14,3%	35,7%	35,7%	14,3%

Q23. Completar as atividades neste aplicativo de simulador virtual Phet gerou um sentimento satisfatório de realização.	0%	0%	28,6%	42,9%	28,6%
Q.24 Gostei tanto do conteúdo educacional deste aplicativo de simulador virtual Phet que gostaria de saber mais sobre esse assunto.	7,1%	7,1 %	14,3%	35,7%	35,7%
Q.25 Eu realmente gostei de estudar com este aplicativo de simulador virtual Phet.	7,1%	7,1%	14,3%	35,7%	35,7%

Fonte: Escala Likert utilizada no questionário MAREEA para avaliação Dimensão de Motivação

A respeito da dimensão que avaliou a percepção dos participantes quanto à atenção focada durante o uso do simulador computacional, foi possível verificar a não concordância em suas opiniões, pois mais de 21,4% dos avaliadores discordaram de que o aplicativo envolve seus usuários a ponto de perderem a noção do tempo ,e 35,7% não opinaram (**Q16**), assim como mais de 35,7% indicaram que o aplicativo não atraiu a ponto de permitir ignorar as coisas no entorno dos usuários (**Q17**). Foi observado uma breve melhora nos resultados, dado que mais de 50% dos avaliadores afirmaram que a forma como as informações estavam organizadas no aplicativo ajudaram a manter a sua atenção no aplicativo (**Q18**). 64,3% dos participantes concordaram que estava claro que o conteúdo educacional do aplicativo tinha relação com às coisas que conheciam (**Q19**), e 35,7% indicaram que completar com sucesso as atividades propostas com o aplicativo era importante (**Q20**).

Em se tratando da dimensão de confiança, de 50% indicou estar confiante de que aprendeu o que deveria após utilizar o aplicativo (**Q21**), 35,7% estava confiante de que entendia o conteúdo mais complexo (**Q22**), A respeito da dimensão de satisfação, 42,9% dos participantes indicou que completar as atividades com o aplicativo gerou um sentimento satisfatório de realização (**Q23**), educacional a ponto de querer saber mais sobre o assunto (**Q24**). 35,7% gostaram de estudar com o aplicativo de realidade aumentada (**Q25**).

Aprendizagem. O fator de qualidade que avaliou a aprendizagem, englobou as dimensões de Efetividade, Desafio, Feedback, Segurança e Complexidade (Tabela 4).

Tabela 4 – Avaliação da Dimensão de Aprendizagem

Questão	Discordo Totalment e (1)	Discordo Parcialmente (2)	Nem Concordo nem Discordo (3)	Concordo Parcialmente (4)	Concordo Totalmente (5)
Q26. Este aplicativo de simulador virtual Phet me permitiu compreender melhor o conteúdo educacional.	0%	14,3%	14,3%	42,9%	28,6%
Q27. Eu poderei aplicar o que aprendi com este aplicativo de simulador virtual em outras atividades.	0%	0%	14,3%	57,1%	28,6%
Q28. As simulações deste aplicativo de simulador virtual Phet são úteis para o meu aprendizado.	7,1%	0%	0%	64,3%	28,6%
Q29. Este aplicativo de simulador virtual Phet me desafiou a aprender coisas novas.	0%	0%	21,4%	50%	28,6%
Q30. Neste aplicativo de simulador virtual Phet, escolho tarefas que posso aprender.	0%	7,1%	7,1%	71,4%	14,3%
Q31. Este aplicativo de simulador virtual Phet forneceu Oportunidades para experimentar informações por meio de feedback visual.	7,1%	7,1%	14,3%	42,9%	28,6%
Q32. Este aplicativo de simulador virtual Phet forneceu oportunidades para experimentar informações por meio de feedback de áudio.	0%	0%	14,3%	71,4%	14,3%
Q33. Este aplicativo de simulador virtual Phet me permite interagir					

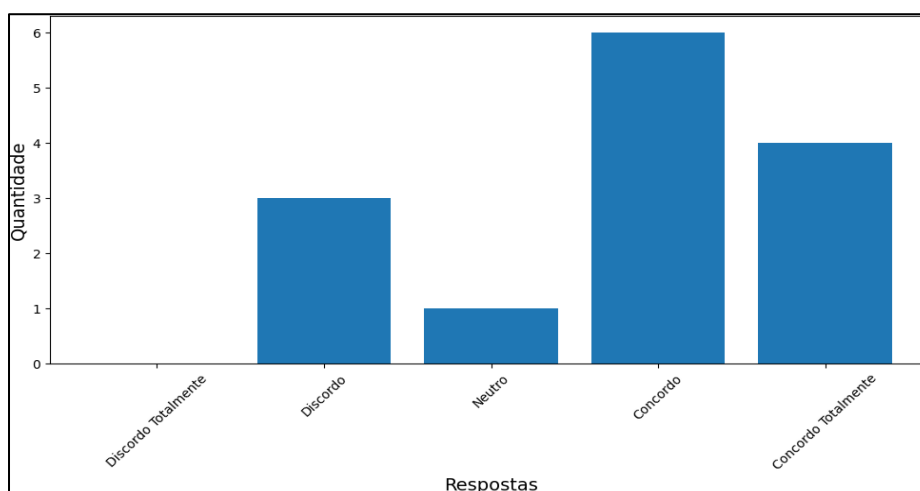
com simulações que dificilmente realizaria no mundo real.	0%	0%	14,3%	71,4%	14,3%
Q34. As simulações neste aplicativo de simulador virtual Phet foram apropriadas para uma experiência de aprendizado.	7,1%	14,3%	21,4%	35,7%	21,4%
Q35. As simulações neste aplicativo de simulador virtual Phet são úteis para praticar os casos da vida real antes de realizá-las no laboratório real.	7,1%	7,1%	7,1%	50%	28,6%
Q36. Este aplicativo de simulador virtual Phet retratou problemas do mundo real por meio de simulações.	0%	7,1%	14,3%	35,7%	42,9%
Q37. Eu gosto de usar este aplicativo de simulador virtual] no meu treinamento prático.	0%	0%	7,7%	76,9%	15,4%

Fonte: Escala Likert utilizada no questionário MAREEA para avaliação Dimensão de Aprendizagem

No que diz respeito à dimensão que avaliou a efetividade do aplicativo, mais de 42,9% dos participantes consideraram que a utilização o aplicativo permitiu compreender melhor o conteúdo educacional (**Q26**), 57,1% dos avaliadores indicaram que o conhecimento adquirido poderá ser aplicado em outras atividades (**Q27**), 64,3% entenderam que as simulações do aplicativo foram úteis para o aprendizado (**Q28**). Em se tratando do desafio proporcionado pelo aplicativo, 50% informaram que as atividades envolvendo o aplicativo desafiaram a aprender coisas novas (**Q29**), 71,4% dos avaliadores assinalaram que escolheram tarefas que proporcionam aprendizado (**Q30**), Em se tratando do feedback proporcionado no aplicativo, 42,9% indicaram que o aplicativo forneceu oportunidades para experimentar informações por meio de feedback visual (**Q31**). 71,4% continuaram favoráveis sobre os recursos de feedback do aplicativo quando questionados sobre o feedback de áudio (**Q32**), Acerca da segurança oferecida pelo aplicativo para os

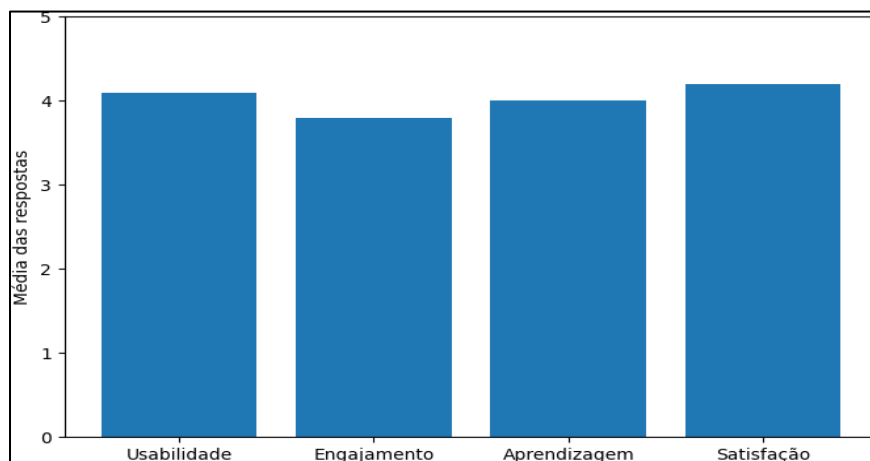
usuários realizarem suas experiências, foi possível observar algumas divergências entre os avaliadores, dado que apenas 71,4% indicaram que o aplicativo permite fazer interações com simulações que dificilmente realizaram no mundo real (**Q33**), 35,7% dos avaliadores mostraram-se favoráveis as simulações existentes no aplicativo e a sua capacidade para uma experiência de aprendizagem (**Q34**), 50% assinalaram positivamente de que as simulações do aplicativo são úteis para praticar os casos da vida real antes de realizá-los no laboratório real (**Q35**), 35,7% foram favoráveis sobre a capacidade do aplicativo em retratar problemas do mundo real por meio de simulações (**Q36**), 76,9% dos avaliadores gostaram de utilizar o aplicativo em seu treinamento prático (**Q37**).

Gráfico 1 – Resultados da Pesquisa (MAREEA - PhET)



Fonte: Própria

Gráfico 2 – Avaliação do Simulado PhET - 4 Fatores



Fonte: Própria

De acordo com a análise do gráfico percebe-se que a avaliação foi predominantemente positiva do uso do simulador virtual PhET pelos estudantes em relação aos quatro fatores investigados: usabilidade, engajamento, aprendizagem e satisfação.

A maior parte dos participantes avaliou positivamente a experiência com a simulação PhET. Dessa forma verifica-se que a utilização de uma metodologia diferenciada e aulas experimental os estudantes adquiriram conhecimento científico, uma vez que atuaram como sujeitos ativos na construção do conhecimento.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo analisar as contribuições do uso do simulador *Kit de Construção de Circuito (DC)*, disponibilizado pela plataforma PhET Interactive Simulations, para o ensino de circuitos elétricos no Ensino Médio. A partir da intervenção realizada em sala de aula, foi possível identificar que o emprego de simulações computacionais favorece significativamente a compreensão dos conceitos fundamentais da eletricidade, tornando a aprendizagem mais dinâmica, visual e interativa.

O recurso digital contribuiu para superar dificuldades comuns no ensino tradicional, principalmente aquelas relacionadas à abstração dos fenômenos elétricos e à ausência de materiais adequados em muitos laboratórios escolares.

De modo geral, conclui-se que a utilização de simulações computacionais, como as oferecidas pelo PhET, representa uma alternativa viável e eficaz para apoiar o ensino de Ciências, especialmente quando integrada a práticas pedagógicas bem planejadas. Embora a simulação não substitua completamente os experimentos reais, ela se apresenta como um complemento relevante, capaz de promover aprendizagens significativas, desenvolver habilidades investigativas e aproximar os estudantes de uma compreensão mais concreta dos fenômenos físicos.

REFERÊNCIAS

BATISTA, Renan Santos et al. O uso do software Phet colorado como ferramenta metodológica para o ensino de física. 2019.

DA SILVA, Silvio Luiz Rutz; PATEL, Ivo. O uso do phet colorado como recurso pedagógico para o ensino de circuitos elétricos no ensino médio. **ARACÊ**, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 9932–9954, 2024.

DE MEDEIROS JR, R. Nonato; NAIA, M. Duarte; LOPES, J. Bernardino. **Simulações interativas do PhET nas práticas de ensino da física: uma meta-análise**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 46, p. e20240186, 2024.

DA SILVA, Silvio Luiz Rutz; PATEL, Ivo. **O uso do Phet colorado como recurso pedagógico para o ensino de circuitos elétricos no ensino médio**. ARACÊ, v. 6, n. 3, p. 9932-9954, 2024.

HERPICH, Fabrício et al. Modelo de avaliação de abordagens educacionais em realidade aumentada móvel. **RENOTE: revista novas tecnologias na educação**. Vol. 17, n. 1 (2019), p. 355-364, 2019.

KAMILAH, Dara Phon; SULISWORO, Dwi; FIRMANSYAH, Juli. The Impact of PhET Simulations on Conceptual Understanding in High School Physics: Evidence from Indonesian Studies. **Journal of Educational Sciences**, v. 9, n. 6, p. 6229-6244, 2025.

Tecnologias digitais da informação e da comunicação (TDIC) na educação / Alexandre Martins dos Anjos, Glaucia Eunice Gonçalves da Silva. – Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso, Secretaria de Tecnologia Educacional, 2018.

MEDEIROS, A; MEDEIROS, C. F. **Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77-86, jun. 2002.

RAMALHO, Nicolau e Toledo. **Os Fundamentos da Física**, Vol. 1, 10ª Ed. Editora Moderna, 2009.

SILVA, Everaldo Silveira da. A utilização das TIC no ensino médio e suas dificuldades. 2015.

SCHUARTZ, Antonio Sandro; SARMENTO, Helder Boska de Moraes. Tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) e processo de ensino. **Revista katálysis**, v. 23, p. 429-438, 2020.

SANTOS, Nycolle Oliveira Souza et al. A realidade aumentada em instituições de ensino superior: um estudo sobre a aplicabilidade do modelo de avaliação de abordagens educacionais em realidade aumentada móvel (MAREEA). **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 9, n. 2, p. 45-59, 2023.

TODOS PELA EDUCAÇÃO. Anuário Brasileiro da Educação Básica 2025. São Paulo: Todos Pela Educação, 2025. Disponível em: <https://anuario.todospelaeducacao.org.br> Acesso em: 12 fev. 2026.

ZÔMPERO, Andreia Freitas; LABURÚ, Carlos Eduardo. **Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

ZARA, Reginaldo A. **Reflexão sobre a eficácia do uso de um ambiente virtual no ensino de Física**. II Encontro Nacional de Informática e Educação, Cascavel-PR, 2011.

ANEXO A

MAREEA - Evaluation model of Mobile Augmented Reality Educational Approaches

Nome do aplicativo:	
Nome da instituição:	
Disciplina / Série / Turma:	
Faixa etária:	☐ Menos de 10 anos ☐ 10 a 14 anos ☐ 15 a 19 anos ☐ 20 a 24 anos ☐ 25 a 29 anos ☐ 30 a 34 anos ☐ 35 a 39 anos ☐ 40 a 44 anos ☐ 45 a 49 anos ☐ Mais de 50 anos
Sexo:	☐ Masculino ☐ Feminino

AFIRMATIVAS	Assinale a opção que melhor representa a sua avaliação				
	Discordo totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Totalmente
Eu precisei aprender pouca coisa antes de usar este aplicativo de simulador virtual Phet.	☐	☐	☐	☐	☐
Aprender a usar este aplicativo de simulador virtual Phet foi fácil.	☐	☐	☐	☐	☐
Este aplicativo de simulador virtual Phet é fácil de usar.	☐	☐	☐	☐	☐
A forma de usar este aplicativo de simulador virtual Phet é fácil de entender.	☐	☐	☐	☐	☐
O design (cor, estilo de fonte e tamanho) usado neste aplicativo de simulador virtual Phet é claro e legível.	☐	☐	☐	☐	☐
Este aplicativo de simulador virtual Phet torna difícil que eu cometa erros.	☐	☐	☐	☐	☐
Em caso de erro no aplicativo, eu consigo me recuperar rápido dele.	☐	☐	☐	☐	☐
A interface deste aplicativo de simulador virtual Phet é atraente.	☐	☐	☐	☐	☐
Eu gosto da informação gráfica apresentada neste aplicativo de simulador virtual Phet.	☐	☐	☐	☐	☐
O conteúdo educacional deste aplicativo de simulador virtual Phet vale a pena.	☐	☐	☐	☐	☐
Minha experiência com este aplicativo de simulador virtual Phet foi gratificante.	☐	☐	☐	☐	☐
Eu me senti envolvido nas tarefas deste aplicativo de simulador virtual Phet.	☐	☐	☐	☐	☐
A experiência de aprendizagem com este aplicativo de simulador virtual Phet foi divertida.	☐	☐	☐	☐	☐
O conteúdo educacional deste aplicativo de simulador virtual Phet despertou minha curiosidade.	☐	☐	☐	☐	☐
Eu me interessei por este aplicativo de simulador virtual Phet.	☐	☐	☐	☐	☐
Eu estava tão envolvido na tarefa com este aplicativo de simulador virtual Phet que perdi a noção do tempo.	☐	☐	☐	☐	☐
Eu ignorei as coisas ao meu redor quando eu estava usando este aplicativo de simulador virtual Phet.	☐	☐	☐	☐	☐
A forma como a informação é organizada neste aplicativo de simulador virtual Phet ajudou a manter a minha atenção.	☐	☐	☐	☐	☐
Está claro para mim como o conteúdo educacional deste aplicativo de simulador virtual Phet está relacionado às coisas que conheço.	☐	☐	☐	☐	☐
Completar com sucesso as atividades com este aplicativo de simulador virtual Phet foi importante para mim.	☐	☐	☐	☐	☐
Estou confiante de que aprendi o que deveria depois de usar este aplicativo de simulador virtual Phet.	☐	☐	☐	☐	☐
Estou confiante de que entendi o conteúdo educacional mais complexo usando este aplicativo de simulador virtual Phet.	☐	☐	☐	☐	☐
Completar as atividades neste aplicativo de simulador virtual Phet gerou um sentimento satisfatório de realização.	☐	☐	☐	☐	☐
Gostei tanto do conteúdo educacional deste aplicativo de simulador virtual Phet que gostaria de saber mais sobre esse assunto.	☐	☐	☐	☐	☐

Eu realmente gostei de estudar com este aplicativo de simulador virtual Phet.	☐	☐	☐	☐	☐
Este aplicativo de simulador virtual Phet me permitiu compreender melhor o conteúdo educacional.	☐	☐	☐	☐	☐
Eu poderei aplicar o que aprendi com este aplicativo de simulador virtual Phet em outras atividades.	☐	☐	☐	☐	☐
As simulações deste aplicativo de simulador virtual Phet são úteis para o meu aprendizado.	☐	☐	☐	☐	☐
Este aplicativo de simulador virtual Phet me desafiou a aprender coisas novas.	☐	☐	☐	☐	☐
Neste aplicativo de simulador virtual Phet, escolho tarefas que posso aprender.	☐	☐	☐	☐	☐
Este aplicativo de simulador virtual Phet forneceu oportunidades para experimentar informações por meio de feedback visual.	☐	☐	☐	☐	☐
Este aplicativo de simulador virtual Phet forneceu oportunidades para experimentar informações por meio de feedback de áudio.	☐	☐	☐	☐	☐
Este aplicativo de simulador virtual Phet me permite interagir com simulações que dificilmente realizaria no mundo real.	☐	☐	☐	☐	☐
As simulações neste aplicativo de simulador virtual Phet foram apropriadas para uma experiência de aprendizado.	☐	☐	☐	☐	☐
As simulações neste aplicativo de simulador virtual Phet são úteis para praticar os casos da vida real antes de realizá-las no laboratório real	☐	☐	☐	☐	☐
Este aplicativo de simulador virtual Phet retratou problemas do mundo real por meio de simulações.	☐	☐	☐	☐	☐
Eu gosto de usar este aplicativo de simulador virtual Phet no meu treinamento prático.	☐	☐	☐	☐	☐