

Vitruvian Cogitationes - RVC

**SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS:
INTERLOCUÇÕES COM TESES E DISSERTAÇÕES**

*SIMULACIONES INFORMÁTICAS EN LA ENSEÑANZA DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS:
INTERLOCUCIONES CON TESIS Y DISERTACIONES*

*COMPUTER SIMULATIONS IN TEACHING ELECTRICAL CIRCUITS: INTERLOCUTIONS
WITH THESES AND DISSERTATIONS*

Deiviti Gustavo Moreira de Candia

Universidade Federal do Rio Grande – FURG; deiviti.gmc@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-3381-0037>

Valmir Heckler

Universidade Federal do Rio Grande – FURG; valmirheckler@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3838-3903>

Resumo: Este trabalho tem por objetivo apresentar um recorte do que a pós-graduação na área de Ensino de Ciências no Brasil comunica sobre a utilização dos recursos computacionais no ensino de eletricidade, em particular, circuitos elétricos. A investigação das perspectivas divulgadas pela comunidade de pesquisadores sobre o uso de recursos computacionais foi realizada por meio de uma revisão da literatura. Essa revisão analisou dissertações e teses publicadas no período de 2005 a 2022, disponíveis no Portal Brasileiro de Acesso à Informação Científica (oasisbr). A análise qualitativa das 19 dissertações e 1 tese neste estudo revelou o potencial das simulações computacionais em circuitos elétricos para aprimorar a compreensão de fenômenos abstratos e possibilitar atividades experimentais complexas. É essencial utilizar essas simulações de forma complementar às práticas de laboratório, promovendo a interação entre os alunos e instigando a discussão dos conteúdos, por meio da implementação de roteiros nessas atividades.

Palavras-chave: Simulações Computacionais; Recursos Computacionais; Circuitos Elétricos.

Resumen: Este trabajo tiene como objetivo presentar un panorama de lo que los estudios de posgrado en el área de Enseñanza de las Ciencias en Brasil comunican sobre el uso de recursos computacionales en la enseñanza de la electricidad, en particular, de los circuitos eléctricos. La investigación de las perspectivas difundidas por la comunidad investigadora sobre el uso de recursos computacionales se realizó a través de una revisión de la literatura. Esta revisión analizó disertaciones y tesis publicadas entre 2005 y 2022, disponibles en el Portal Brasileño de Acceso a la Información Científica (oasisbr). El análisis cualitativo de las 19 disertaciones y 1 tesis de este estudio reveló el potencial de las simulaciones computacionales en circuitos eléctricos para mejorar la comprensión de fenómenos abstractos y permitir actividades

experimentales complejas. Es fundamental utilizar estas simulaciones de forma complementaria a las prácticas de laboratorio, promoviendo la interacción entre los estudiantes e instigando la discusión de contenidos, a través de la implementación de guiones en estas actividades.

Palabras-clave: *Simulaciones por computadora; Recursos Computacionales; Circuitos electricos.*

Abstract: *This work aims to present an overview of what postgraduate studies in the area of Science Teaching in Brazil communicate about the use of computational resources in teaching electricity, in particular, electrical circuits. The investigation of the perspectives disseminated by the research community on the use of computational resources was carried out through a literature review. This review analyzed dissertations and theses published between 2005 and 2022, available on the Brazilian Portal for Access to Scientific Information (oasisbr). The qualitative analysis of the 19 dissertations and 1 thesis in this study revealed the potential of computational simulations in electrical circuits to improve the understanding of abstract phenomena and enable complex experimental activities. It is essential to use these simulations in a complementary way to laboratory practices, promoting interaction between students and instigating discussion of content, through the implementation of scripts in these activities.*

Keywords: *Computer Simulations; Computational Resources; Electric circuits.*

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem havido um destaque cada vez maior para atividades que buscam incorporar tecnologias digitais no ensino de Física. Os recursos digitais, como computadores e outros dispositivos similares, são os mais expressivos nesse movimento. Não é exagero afirmar que isso decorre do desenvolvimento e da incorporação tecnológica que ocorrem em outras áreas do trabalho humano, tanto no setor público quanto no privado. É compreendido que “[...] a linguagem tecnológica estruturada está presente em variados ramos da vida e tem criado a necessidade de uma escolarização científica, sem a qual não se pode compreender e interagir com os recursos” (Conceição, 2018, p. 13).

Registra-se na última década (2010) uma busca pela digitalização dos processos de comunicação, com pretensões a estabelecer maior dinamismo e agilidade para o acesso à informação, conhecimento e serviços dos mais variados. Assim como outros setores, a educação também está inserida num contexto produtivo e singular. A evolução tecnológica em outras áreas demanda que a educação acompanhe essa evolução e, ao mesmo tempo, forneça aos seus agentes ferramentas que possam aprimorar suas metodologias de ensino e aprendizagem (Silva, 2017). No estudo de Barbosa (2019, p. 101), fica evidente que “[...] as tecnologias de informação devem ser consideradas como uma ferramenta didática, cujo potencial é enorme se for utilizada da melhor maneira”.

O uso da informática no ensino de Física é uma possibilidade para diminuir as dificuldades dos alunos em conteúdos abstratos. A Física pode se beneficiar ao criar situações e atividades viáveis através da informática (Scarpatti, 2018). Foram desenvolvidos softwares (simuladores) que representam experimentos físicos (Moreira, 2014). O uso desses softwares em sala de aula é relevante, uma vez que permite a integração dos conteúdos de Física com ambientes virtuais familiares aos estudantes (Santos, 2015). Além disso, segundo o autor os alunos demonstram interesse em obter cópias dos programas para seus computadores, evidenciando o seu interesse. Essa interação pode contribuir significativamente para o ensino e a aprendizagem (Silva, 2017).

Trabalhar metodologias que envolvam o uso de ferramentas computacionais pode preparar os alunos para acompanhar as mudanças tecnológicas na sociedade, promovendo uma formação tecnológica (Barbosa, 2019). Atualmente, ao falar de informática ou informática educativa, pensamos automaticamente em computadores e dispositivos móveis utilizados para tarefas cotidianas e comunicação. Segundo Barbosa (2019), o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) com propósitos educacionais deveria ser uma preocupação tanto no ensino formal quanto no ensino não formal, considerando o estilo de vida dos estudantes, caracterizado pelo acesso e compartilhamento crescente de informações.

O modelo social que se estruturou no século XXI cria quase que uma necessidade de saber manusear minimamente as tecnologias da informação, de ter certo domínio sobre os recursos que elas oferecem. Sendo assim, uma formação educacional que busca incorporar recursos tecnológicos nas suas práticas metodológicas, implicitamente, também busca criar um contexto que prepare o estudante para as situações que irá enfrentar na sua vida diária, fornecendo elementos que o torne mais autônomo e capaz de estabelecer uma leitura do mundo a partir do seu próprio ponto de vista.

O modelo social do século XXI exige habilidades mínimas no uso das tecnologias da informação. Uma formação educacional que incorpora recursos tecnológicos busca preparar os estudantes para enfrentar desafios diários, promovendo autonomia e uma visão própria do mundo. Abrange debater “[...] por que não proporcionarmos uma formação mais prazerosa e relacionada com o cotidiano dos nossos jovens. Pensar no cotidiano desses alunos, é pensar em utilizar as tecnologias da informação, tão familiares a eles, a nosso favor” (Barbosa, 2019, p. 101).

Macêdo (2009, p. 14), reflete sobre o papel da escola ante os avanços da tecnologia da informação e ressalta que

A informação e a comunicação têm alcançado um plano fundamental na vida dos indivíduos. Uma consequência disso é a familiaridade das pessoas, principalmente os jovens, com a utilização do computador em diversos ambientes. É, portanto, natural questionar a situação da escola e da educação nesse contexto.

No entanto, ao discutir a integração das tecnologias da informação na educação, surge uma reflexão inevitável: como elas se relacionam com as metodologias de ensino e aprendizagem já existentes? Além disso, como ressalta Weizenmann (2019), encontrar novas alternativas para tornar as aulas de Física agradáveis e motivadoras, visando melhorar o desempenho dos estudantes em termos de aprendizagem, é um desafio constante para os professores que lecionam essa disciplina. Todavia, premissas que restringiam a prática educativa à sala de aula, tendo o professor como uma figura central do processo, são algo que, mesmo que em tese, podem ser consideradas obsoletas. Pensando no conhecimento como uma rede, caminhamos em direção a processos de ensino e de aprendizagem mais dinâmicos e democráticos, onde ambos os atores, sejam eles professores ou alunos, tenham oportunidades equivalentes de acesso à informação e ao conhecimento, alterando assim, a própria ação do sujeito enquanto estudante (Weizenmann, 2019). Isso, por sua vez, redefine o papel do estudante, que não se limita a memorizar fatos e ser um receptor passivo do conteúdo, mas sim aprende a investigar e buscar as informações disponíveis (Macêdo, 2009). Ao utilizar recursos da informática, o estudante tem a oportunidade de produzir conhecimentos que antes eram inviáveis devido às limitações das tecnologias mais antigas, como o lápis e o papel.

Neste contexto, este artigo tem como objetivo comunicar compreensões sobre as perspectivas divulgadas pela comunidade de pesquisadores sobre o uso de recursos computacionais no ensino de eletricidade, especialmente em circuitos elétricos. A investigação dessas perspectivas foi realizada por meio de uma revisão da literatura, abrangendo dissertações e teses na área de Ensino de Ciências no Brasil. Os resultados dessa revisão fornecem um

panorama das comunicações acadêmicas sobre a utilização de recursos computacionais nesse contexto específico.

2 PASSOS METODOLÓGICOS DA SELEÇÃO DOS TRABALHOS ANALISADOS

Segundo Galvão e Ricarte (2019), a revisão sistemática é uma abordagem de pesquisa que se concentra em questões bem definidas, com o objetivo de selecionar, identificar, avaliar e sistematizar informações relevantes para a investigação. Nesta revisão, o foco principal foi analisar as compreensões divulgadas pela comunidade de pesquisadores brasileiros sobre o uso de recursos computacionais, especialmente simuladores, no ensino de circuitos elétricos.

Na revisão sistemática, é necessário estabelecer critérios específicos para compreender e atribuir lógica a um corpus de documentos, determinando o que é relevante e adequado em um determinado contexto. Além disso, é fundamental manter o foco nas ideias dos autores analisados e apresentar claramente as fontes bibliográficas consultadas. Segundo Koller, Couto e Hohendorff (2014), esse tipo de revisão segue etapas metodológicas sequenciais, que incluem a formulação da questão de pesquisa, a seleção das fontes de dados, a escolha de palavras-chave para a busca, a realização da busca e o armazenamento dos resultados, a seleção dos documentos com base em critérios de inclusão e exclusão, a delimitação dos dados dos documentos selecionados, a avaliação dos documentos e a síntese e interpretação dos dados (Akobeng, 2005 *apud* Koller, Couto, Hohendorff, 2014).

Com base nessa premissa, foi utilizado o Portal Brasileiro de Acesso à Informação Científica (Oasisbr) como repositório de busca para realizar nossa revisão. Esse levantamento foi conduzido no período de 2005 a 2022. O Oasisbr é um ambiente de busca multidisciplinar que oferece acesso gratuito a trabalhos científicos produzidos por autores afiliados a universidades e institutos de pesquisa do Brasil. O portal permite o acesso a fontes de informação em língua portuguesa disponíveis na *internet*.

Partindo de uma única interface, o Oasisbr permite a realização de buscas simultâneas em diferentes bancos de dados, tais como: revistas científicas, repositórios institucionais, repositórios temáticos, bibliotecas digitais de teses e dissertações, bem como, outras fontes de pesquisas científicas e tecnológicas com orientação acadêmica.

A seguir, serão detalhados os passos metodológicos da coleta e análise dos dados:

1º passo: Realizou-se uma busca no Oasisbr utilizando o descritor "circuitos elétricos no ensino de Física". Foram encontrados um total de 161 trabalhos, sendo 65 dissertações, 11 teses, 59 artigos e 26 trabalhos de conclusão de curso.

2º passo: Com o objetivo de aperfeiçoar a busca, foi aplicado um primeiro filtro selecionando apenas "teses" e "dissertações" publicadas entre os anos de 2005 e 2022. Dessa forma, o escopo da revisão foi reduzido para 57 dissertações e 10 teses.

3º passo: Antes de iniciar a análise, aplicou-se um segundo filtro para alinhar os trabalhos pré-selecionados aos objetivos da pesquisa. Foram selecionados os trabalhos que abordavam "recursos/simulações computacionais na experimentação" e investigavam conteúdos relacionados à eletricidade, especialmente circuitos elétricos.

A partir do segundo filtro, foi constituído o corpus de análise composto por 19 dissertações e 1 tese. Os estudos selecionados para análise estão organizados no Quadro 1.

Quadro 1 - Trabalhos analisados na revisão

| Título | Autor | Trabalho | Ano | Instituição |
|--|---|-----------------|------------|--|
| Investigação de ganhos na aprendizagem de conceitos físicos envolvidos em circuitos elétricos por usuários da ferramenta computacional <i>Modellus</i> | Pedro Fernando Teixeira Dorneles | Dissertação | 2005 | Universidade Federal do Rio Grande do Sul |
| Uma proposta para o ensino de eletrodinâmica no nível médio | Maria Beatriz dos Santos Almeida Moraes | Dissertação | 2005 | Universidade Federal do Rio Grande do Sul |
| Simulações computacionais como ferramenta auxiliar ao ensino de conceitos básicos de eletromagnetismo: elaboração de um roteiro de atividades para professores do Ensino Médio | Josué Antunes de Macêdo | Dissertação | 2009 | Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais |
| Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em Física Geral | Pedro Fernando Teixeira Dorneles | Tese | 2010 | Universidade Federal do Rio Grande do Sul |
| Circuitos elétricos - uma ponte para o ensino secundário | Maria José Lourenço Passareira | Dissertação | 2014 | Universidade de Aveiro |
| Estudo de circuitos elétricos: utilizando simulação computacional para preparar o uso de circuitos reais | Luís Paulo Basgalupe Moreira | Dissertação | 2014 | Universidade Federal do Rio Grande do Sul |
| Eletricidade: uma sequência para o Ensino Médio Integrado | Moacir Borges Fernandes | Dissertação | 2015 | Universidade Federal do Pampa |
| Experimentos reais e simulações computacionais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio | José Carlos dos Santos | Dissertação | 2015 | Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais |
| À utilização do programa Crocodile Clips como um facilitador do processo de ensino e aprendizagem em eletrodinâmica | André da Paixão Gomes | Dissertação | 2016 | Universidade Estadual de Maringá |
| O conceito de potência elétrica: uma intervenção pedagógica para o Ensino Médio | Taís Pinto Rodrigues Saldanha | Dissertação | 2016 | Universidade Federal do Pampa |
| Uso pedagógico da simulação de circuitos elétricos resistivos em atividades escolares para auxiliar o desenvolvimento da aprendizagem significativa e colaborativa de Física | Francisco das Chagas da Conceição | Dissertação | 2016 | Universidade Federal do Ceará |

| | | | | |
|--|---------------------------------|-------------|------|--|
| Um estudo dos conceitos de eletricidade a partir da teoria de multimodos e múltiplas representações e aprendizagem significativa | Patricia Beneti de Oliveira | Dissertação | 2016 | Universidade Tecnológica Federal do Paraná |
| Sequência didática com tábua de circuitos elétricos | Valter Rocha da Silva | Dissertação | 2017 | Universidade Federal de Pernambuco |
| Atividades computacionais e experimentais como ferramenta de ensino de eletricidade | Roniedison Scarpati | Dissertação | 2018 | Universidade do Vale do Taquari |
| Sequência didática: uso do ensino por investigação e cooperação no ensino de circuitos elétricos na educação básica | Ricardo da Encarnação Conceição | Dissertação | 2018 | Universidade Federal do Ceará |
| Simulando circuitos elétricos com o software PhET como ferramenta de ensino/aprendizagem na Educação de Jovens e Adultos | José Ferreira de Sena | Dissertação | 2018 | Universidade Estadual do Ceará |
| Eletrodinâmica no Ensino Médio: uma construção de conhecimentos por meio de experimentos orientados | Diego Souza Barreto | Dissertação | 2019 | Universidade Federal de Viçosa |
| Uma proposta de eletrodinâmica: associando recursos tecnológicos do PhET à discussão significativa de conceitos do GREF | Wagner Pereira Barbosa | Dissertação | 2019 | Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais |
| Uma sequência didática para análise de circuitos elétricos a partir das concepções espontâneas dos estudantes | Leandro Marcos Weizenmann | Dissertação | 2019 | Universidade Tecnológica Federal do Paraná |
| O uso de experimentos reais e virtuais para o ensino de circuitos elétricos simples e automáticos | Antônio Carlos do Amaral | Dissertação | 2021 | Universidade Federal de Juiz de Fora |

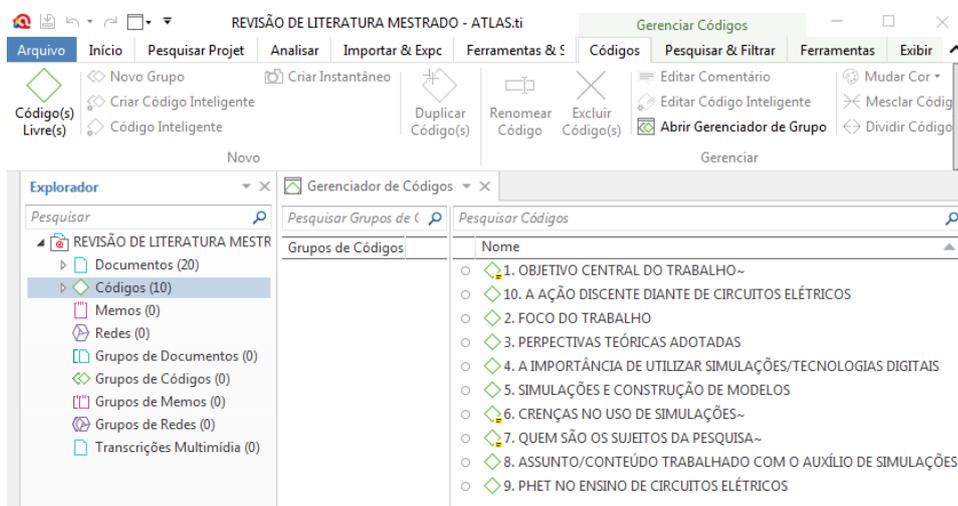
Fonte: Autores.

Para auxiliar na condução da análise, foi utilizado o *software Atlas.ti*. Esse *software* oferece diversos recursos que apoiam o pesquisador na realização de uma análise qualitativa envolvendo uma grande quantidade de materiais de texto. Uma das principais vantagens do *Atlas.ti* é a disponibilidade de um conjunto de ferramentas sofisticadas que nos ajudaram a organizar, gerenciar e estruturar o corpus de análise de maneira criativa e sistemática. Além disso, o *software* permitiu manter uma imersão nos textos, possibilitando uma transição ágil e simples entre os documentos, o que possibilitou acessar todos os documentos imediatamente. Uma vez que os documentos foram selecionados e inseridos no *software*, deu-se início à leitura dos materiais, utilizando principalmente o sistema de codificação do *Atlas.ti*. Esse sistema permitiu destacar trechos relevantes presentes nos documentos analisados nesta revisão.

2.1 O ENFOQUE EMPENHADO NA ANÁLISE

No processo de análise, foram estabelecidos tópicos (códigos) dentro do *Atlas.ti*, que orientaram a leitura e releitura dos documentos. A Figura 1 ilustra a interface do *software* de análise utilizado.

Figura 1 - Interface do *software Atlas.ti*



Fonte: Autores.

Os tópicos foram utilizados como guias para explorar os aspectos abordados pelos autores e possibilitar mapear parte do conhecimento existente na pesquisa sobre o tema em questão. Além disso, eles orientaram a reflexão sobre os aspectos a serem investigados, relacionados à pergunta central do trabalho: o que a pós-graduação na área de Ensino de Ciências no Brasil comunica sobre a utilização dos recursos computacionais no ensino de eletricidade, especialmente em circuitos elétricos? Os tópicos norteadores foram os seguintes: qual é o objetivo geral e o foco do trabalho? Qual a importância de usar simulações computacionais/tecnologias digitais no ensino de Física? Existe relação entre simulações e construção de modelos? Quais são as crenças sobre o uso de simulações computacionais? Quais conteúdos de Física foram abordados com o auxílio de simulações computacionais? Como os alunos percebem o estudo de circuitos elétricos?

Nesse sentido, a análise e a comunicação dos resultados não se limitam a uma abordagem descritiva, em que as ideias de cada autor e texto são tratadas separadamente. A perspectiva de comunicar as compreensões emergentes é dialógica, buscando estabelecer interlocuções interpretativas. A partir dos tópicos estabelecidos, são explorados os argumentos discutidos pelos autores, visando a construção de uma interpretação que considera diferentes perspectivas sobre o mesmo assunto ou tópico. É importante respeitar as vozes das fontes e reconhecer que a dialogicidade dos autores em relação a um determinado tópico pode ser diversa ou complementar, seguindo a abordagem da fenomenologia hermenêutica descrita por Bicudo (2011). Isso permite a compreensão de novos significados trazidos pela linguagem por meio da qual os sujeitos expressam suas vivências, experiências e resultados alcançados.

Com base nessa abordagem fenomenológica de análise, são comunicadas compreensões acerca do uso de recursos computacionais no ensino de circuitos elétricos, conforme evidenciado em dissertações e teses na área de Ensino de Ciências no Brasil. A análise está estruturada em seções emergentes: Recursos computacionais no ensino de Física e Simulações computacionais no ensino de Física.

Na seção "Recursos computacionais no ensino de Física", são exploradas as interlocuções sobre o papel do computador como recurso para o ensino de Física. A seção "Simulações computacionais no ensino de Física" é subdividida em quatro subseções. A primeira aborda o diálogo sobre a seleção de *softwares* de simulação adequados para o uso em sala de aula. Na segunda subseção, a discussão aprofunda-se sobre o uso de simulações computacionais no ensino de circuitos elétricos. A terceira aborda a utilização de experimentos reais e virtuais no ensino de Física, especialmente os fenômenos e conceitos relacionados à eletricidade. Por fim, a quarta e última subseção concentra-se no uso de roteiros em atividades experimentais.

3. RECURSOS COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA

3.1 O COMPUTADOR COMO UM RECURSO PARA ENSINAR FÍSICA

Ao reconhecer o computador como recurso no ensino de Física, é importante debater as potencialidades que podem ser exploradas no contexto educacional, pois “[...] as potencialidades advindas do computador no ensino de Física são amplas” (Barreto, 2019, p. 3-4). Uma das maiores vantagens é a capacidade de abordar situações que seriam inviáveis na prática. O computador possibilita ao professor apresentar representações de fenômenos, permitindo aos estudantes interagir com esses elementos. Além disso, possibilita a reprodução virtual de experiências que normalmente exigiriam um ambiente de laboratório (Moreira, 2014). Fatores como esses facilitam a aprendizagem dos estudantes, permitindo que compreendam como as situações representadas no computador ocorrem no mundo real (Santos, 2015).

Nesse sentido, o computador auxilia os jovens estudantes na compreensão de modelos científicos mais complexos, sendo um dos seus papéis mais promissores no ensino de Ciências. Quanto à receptividade dos alunos em relação ao uso desse recurso, um estudo realizado por Gomes (2016, p. 24) constatou que “o fato de se utilizar um computador para o desenvolvimento das atividades motivou a parcela dos alunos que normalmente demonstravam total desinteresse pela disciplina”.

Barreto (2019, p. 3) destaca diversas potencialidades do uso do computador no ensino de Física, incluindo “[...] o ensino a distância, a análise de dados experimentais, a confecção e exibição de vídeos e de simulações (estática e dinâmica) de fenômenos físicos”. Além disso, de maneira prática, é possível acessar livros e videoaulas gratuitas por meio de dispositivos móveis, como celulares ou *tablets* (Barbosa, 2019).

Refletindo sobre essas expectativas, é importante considerar a ampliação do uso do computador e de suas interfaces para além da busca de informações. A utilização do computador no ensino não deve se restringir apenas à capacidade de buscar e armazenar referências, mas também explorar outras dimensões desse recurso. Pensar o ensino com o uso do computador significa vê-lo como mais que um recurso estratégico que promove maior interatividade com o conhecimento, sendo também um aliado do estudante na construção autônoma e criativa do conhecimento (Conceição, 2016; Barbosa, 2019).

Ações voltadas para essa perspectiva também alteram o papel do professor, que deixa de ser o detentor absoluto do conhecimento e passa a atuar como um orientador, consultor e facilitador do aprendizado do aluno em suas construções. Macêdo (2009, p. 15) alertou em seu estudo que “[...] o computador pode realmente provocar uma mudança no paradigma pedagógico e pôr em risco a sobrevivência profissional daqueles que concebem a educação como uma simples operação de transferência de conhecimentos”.

É importante ponderar que o computador não deve ser considerado uma "máquina de ensinar", mas sim um (a) aliado/ferramenta promissor para melhorar o ensino de conteúdos

científicos na escola. No contexto das atividades experimentais em Física, o uso do computador não pretende substituir essas atividades, mas sim proporcionar ao aluno situações a serem exploradas ou retomadas posteriormente. Além disso, pode criar formas de articular a teoria e a prática, conforme mencionado por Weizenmann (2019) e Scarpati (2018). Também se faz necessário destacar as atitudes dos alunos em relação ao uso desse recurso.

De acordo com Macêdo (2009), em algumas situações, a introdução do computador permite que os alunos se organizem em pequenos grupos de estudo/trabalho, promovendo mais momentos de discussão e cooperação entre eles. Essa perspectiva é apoiada por Dorneles (2005), que afirma que o uso do computador na abordagem dos conteúdos requer interação intensa entre os alunos e o professor, o que instiga a aprendizagem. Dorneles (2005), um dos pioneiros na discussão do uso do computador no ensino e aprendizagem de eletricidade, ressalta que a introdução de computadores nas aulas de Física não tem a intenção de substituir as aulas práticas em laboratório. Segundo o autor, entre os questionamentos está “[...] se a utilização de tecnologias computacionais no ensino de Física irá substituir as aulas de laboratório didático de Física. Não é esta a nossa posição ao propor a introdução de computadores nas aulas de Física” (Dorneles, 2005, p. 84-85).

Em outro estudo, Dorneles (2010) observou que o uso dessa ferramenta ajuda os alunos a desenvolver um pensamento sistêmico ao estudar circuitos elétricos, facilitando uma melhor compreensão dos conceitos. O autor também destaca que o trabalho inicial dos alunos com o computador os ajudou a integrar a parte experimental com a teórica. Ao realizar experimentos reais posteriormente, os alunos agiram de forma sistemática, demonstrando que não estavam apenas tentando aleatoriamente, mas seguindo um processo passo a passo. Assim, a integração entre atividades computacionais e experimentais pode

[...] proporcionar aos alunos uma visão epistemológica mais adequada sobre os papéis dos modelos teóricos, do laboratório e do computador, e promover a interatividade e o engajamento dos alunos em seu próprio aprendizado, transformando a sala de aula em um ambiente propício para uma aprendizagem significativa dos conceitos físicos (Dorneles, 2010, p. 204-205).

No entanto, não basta apresentar apenas as vantagens do uso do computador no contexto educacional. É necessário também abordar a questão de um ponto de vista prático, considerando as condições reais de acesso a esse recurso, bem como os custos de implantação.

O Brasil, como um país emergente e com dimensões continentais, é pautado por diferentes realidades sociais. Então a grande questão não é somente o que é possível fazer com o computador, mas o quão viável é ter um ambiente funcional nas escolas para professores e estudantes conseguirem, de fato, explorar seus recursos ao máximo. Nesse sentido, Conceição (2016, p. 19) afirma que “[...] há muitas formas de se utilizar o computador dentro do processo de ensino e aprendizagem”. Quanto à viabilidade, Macêdo (2009) expressa uma visão otimista ao afirmar que, apesar das dificuldades financeiras enfrentadas pelas escolas públicas, o custo de implantação e manutenção de laboratórios de informática é relativamente baixo.

Contudo, é importante considerar outros fatores. Seria ingênuo focar apenas nas vantagens de utilizar a informática, sem levar em conta outras variáveis que podem ser encaradas como desvantagens, independentemente da tecnologia ou da sua viabilidade na escola. Mas quais seriam então as desvantagens? Um exemplo simples seria a qualidade das fontes consultadas pelos alunos para a elaboração de atividades, como destacado por Barbosa (2019), ou o uso excessivo de sites ou fontes de pesquisa não confiáveis. Scarpati (2018, p. 91) alerta que “[...] ambientes informatizados, também podem trazer situações inesperadas e desconfortáveis, principalmente quando mal planejadas”.

Em suma, esse delineamento está nas mãos do professor da disciplina, sendo sua responsabilidade proporcionar aos alunos conhecimentos práticos e relacionados às suas

experiências. É importante promover ações que os instiguem a continuar estudando os assuntos discutidos. Isso pode ser alcançado ao proporcionar aos alunos a oportunidade de transcender o espaço físico da sala de aula, como utilizar um laboratório de informática ou ir além dessa noção de “lugar” ao utilizar um laboratório virtual (Scarpati, 2018).

Outro ponto a ser esclarecido aqui é a ideia de planejamento. Neste estudo, a palavra "planejamento" desempenha um papel duplo. Não se trata apenas de planejar como o recurso será utilizado em sala de aula, mas também a frequência com que este será necessário para abordar os conteúdos. Dorneles (2010) faz um importante alerta ao afirmar que não é necessário utilizar o computador em todas as aulas ou em todas as atividades experimentais. Saber o momento e as condições ideais para seu uso é, sem dúvida, uma etapa que envolve um bom planejamento.

Historicamente, a adoção e inovação didática no contexto educacional são processos que gradualmente se consolidam, assimilando-se à cultura e ganhando espaço ao longo do tempo. Um exemplo desse fenômeno ocorreu décadas atrás com a introdução do livro didático como recurso em sala de aula. Segundo Passareira (2014), os livros didáticos ainda são amplamente utilizados na preparação e condução das aulas. No entanto, recursos computacionais, como simulações interativas, são pouco explorados, suscitando um questionamento interessante sobre as dificuldades enfrentadas pelos professores ao utilizar esses recursos nos processos de ensino e da aprendizagem.

Nesse sentido, é essencial abordar a formação inicial e continuada de professores para que se sintam preparados para utilizar recursos de informática no contexto educacional. Embora o papel central do professor no ensino esteja em transformação, sua importância e presença no processo permanecem indispensáveis. Na nova perspectiva, o professor assume a responsabilidade de planejar e guiar o aluno na construção do conhecimento, o que requer preparação adequada. Além disso, é fundamental que o professor busque constantemente atualizar-se e explorar novas formas de aprimorar seus conhecimentos sobre o assunto. Para Barbosa (2019, p. 17), “[...] a falta de preparo e formação dos professores para utilização da informática como meio de ensino, pode tornar essa ferramenta educacional desvantajosa”. O autor destaca ainda a importância da formação docente voltada para o perfil profissional necessário atualmente, argumentando que não é suficiente que os futuros professores possuam apenas conhecimento, mas também devem desenvolver a capacidade de produzi-lo. Isso implica adotar uma postura crítica e criativa, demonstrando disposição para pensar e aprender de forma contínua.

3.2 SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE FÍSICA

3.2.1 *Softwares* de simulação

Quando os professores possuem uma formação sólida e são apoiados por metodologias que embasam as ações de ensino, o uso de *softwares* educativos pode ter potencial para contribuir no processo de aprendizagem dos alunos.

Os recursos de simulação são promissores, pois fornecem elementos visuais que podem ajudar os alunos a desenvolverem habilidades de raciocínio. As imagens do *software* servem como um ponto de partida para que os alunos expandam sua capacidade de imaginação sobre os fenômenos físicos (Conceição, 2016). Portanto, a qualidade do *software* é uma questão crucial para aqueles que pretendem utilizá-lo. Ao considerar a qualidade, é importante avaliar o conteúdo e as habilidades a serem desenvolvidas. A potencialidade pedagógica está diretamente ligada a essa premissa. É necessário verificar se o modelo do *software* descreve adequadamente as situações físicas da realidade estudada no contexto específico. A escolha do

software para abordar um determinado assunto não deve se basear em visões simplistas, como quanto mais recursos ou mais atual, melhor.

Ao considerar as tecnologias digitais, especialmente os *softwares*, como aliados no ensino, não é suficiente simplesmente utilizá-los; é essencial selecionar aqueles que melhor se adequam aos objetivos do professor em relação ao desenvolvimento dos alunos, priorizando a coerência conceitual do conteúdo apresentado. Na *internet*, por exemplo, há uma variedade de *softwares* de simulação disponíveis gratuitamente, abordando uma ampla gama de temas em Física. Conforme aponta Macêdo (2009, p. 94), esse

[...] número elevado dessas simulações, algumas de péssima qualidade e às vezes apresentando erros conceituais, dificultam a escolha dos professores, tendo em vista que não existem critérios de análise de simulações bem definidos e totalmente aceitos pela comunidade científica.

A problemática aqui revela que trabalhar com um *software* de simulação não é tão simples quanto parece, envolvendo algumas sutilezas. A primeira advertência é que o professor deve ter critérios de escolha que o auxiliem ao buscar na *internet* ou em outros recursos simuladores que se adequem à sua aula. Em outras palavras, é necessário ter conhecimento suficiente para, diante de várias opções, selecionar um *software* de simulação que realmente aborde o que ele pretende ensinar. Diante disso, surgem duas questões pertinentes: quais critérios seriam adequados para essa seleção e em que base esses critérios poderiam se embasar?

Nesse sentido, embora possa se concordar com a afirmação de Macêdo (2009) de que não há critérios bem definidos que auxiliem o professor na escolha do simulador, é importante destacar outros dois critérios. Esses critérios visam avaliar a "potencialidade pedagógica" de um simulador. O primeiro critério é a viabilidade técnica do recurso. Esse critério diz respeito às condições de funcionamento e ao ambiente no qual ele será executado. É crucial considerar se o simulador pode ser executado *online* ou *offline*. Isso está diretamente relacionado ao local onde a aula ocorrerá. Por exemplo, se o simulador só pode ser executado em uma página da *web* e o professor trabalha em uma escola onde não há acesso à *internet* nos ambientes de estudo, claramente esse simulador não será a melhor escolha. Nesse caso, seria mais adequado escolher um simulador com viabilidade técnica para ser executado *offline*.

Refletindo sobre outra situação, em que o professor tenha um laboratório de informática na escola, outras exigências devem ser consideradas, como a compatibilidade do simulador com o sistema operacional dos computadores. Será necessário instalar algum programa adicional para executar o simulador? A linguagem de programação na qual o simulador foi construído é compatível com o sistema operacional dos computadores do laboratório? Por outro lado, se a intenção é que os alunos utilizem seus próprios celulares ou *tablets* para realizar a simulação, é importante verificar se o *software* é compatível e pode ser executado nesses dispositivos. Essas são questões indispensáveis a serem consideradas na avaliação do recurso em termos de viabilidade técnica.

Uma vez verificado que o simulador é totalmente compatível com o contexto em que será aplicado, o professor pode avaliar sua potencialidade pedagógica com base no segundo critério: o nível de aprofundamento. Esse critério estabelece uma relação entre o simulador, o conteúdo e o enfoque desejado para o conteúdo por meio do simulador. Nesse ponto, é importante mencionar novamente a questão dos erros conceituais. O professor deve verificar se os conceitos abordados estão em conformidade com o conhecimento científico. Além disso, o nível de aprofundamento também busca determinar se o simulador oferece todos os elementos necessários para o desenvolvimento da atividade em questão. O simulador pode até fornecer elementos que permitam explorar o conteúdo de maneira mais aprofundada. Cabe ao professor também delimitar quais elementos do *software* ele utilizará para abordar os conceitos.

Outro aspecto a ser considerado nesse critério é a qualidade gráfica do simulador, ou seja, como as simulações são representadas em sua interface. Ele seria um modelo adequado para descrever os eventos físicos que ocorrem na realidade? Se esses dois critérios forem atendidos na avaliação do professor, então é razoável afirmar que o simulador possui um potencial pedagógico satisfatório para aquele ambiente e para a perspectiva de abordagem do conteúdo em questão.

Uma segunda advertência pertinente refere-se à objetividade. Os simuladores são recursos que devem estar alinhados a um objetivo de aula claro e bem estabelecido. Antes de escolher um simulador, é fundamental consolidar o objetivo. Outro aspecto importante é o papel desse recurso dentro da aula. O simulador não deve ser apenas um acessório que é inserido e posteriormente retirado da aula, como se a atividade executada pelos alunos fosse uma situação separada e, portanto, "diferente". Ele não deve ser considerado um complemento, mas sim um elemento intrínseco e uma possibilidade inerente à própria aula. Ter um objetivo claro e compreender o papel do simulador dentro da proposta é fundamental. Conforme menciona Moreira (2014, p. 20), “[...] simulações computacionais vão além das simples animações. Elas englobam uma vasta classe de tecnologias, do vídeo à realidade virtual”, que podem ser exploradas de diferentes maneiras, dependendo do enfoque pretendido.

Segundo Dorneles (2005, p. 11), estas dificuldades de aprendizagem incluem “[...] dificuldades conceituais, concepções alternativas, uso indiscriminado da linguagem e raciocínio errôneos”. Oliveira (2016, p. 11) ao discutir com os resultados de Dorneles (2005), também argumenta em seu texto que usar simulações computacionais ajudou os alunos a “[...] superar dificuldades conceituais e concepções alternativas concernentes à circuitos elétricos”. No contexto da temática abordada, mesmo uma década após a publicação dos resultados do estudo realizado por Dorneles (2005), as dificuldades de aprendizagem dos conceitos de eletricidade ainda persistem e continuam sendo objeto de investigações. Essas pesquisas fornecem resultados que reforçam a ideia de que parte do problema está relacionado à abstração dos conceitos estudados no campo do eletromagnetismo.

No entanto, acredita-se que parte da solução envolve dois eixos fundamentais: a incorporação de tecnologias digitais nas escolas e a preparação adequada dos professores em sua formação inicial e contínua, para que possam utilizar essas tecnologias de forma eficaz e aproveitar seu potencial educacional. Muitas dessas tecnologias estão disponíveis gratuitamente, como os simuladores computacionais, que são recursos capazes de ajudar os alunos a perceberem que as tecnologias vão além do uso puramente informativo (Gomes, 2016).

Na próxima subseção, serão discutidas em maior detalhe as potencialidades dos simuladores nos processos de ensino e da aprendizagem de temáticas relacionadas aos circuitos elétricos.

3.2.2 Simulações computacionais no ensino de circuitos elétricos

Assim como em outras áreas da Física, a eletricidade possui conceitos abstratos, a maioria dos quais ocorre em nível microscópico. Apenas conseguimos visualizar seus efeitos, como por exemplo, o brilho de uma lâmpada. Essas características tornam o aprendizado desses conteúdos uma barreira. Nesse sentido, “[...] a simulação permite que sistemas abstratos sejam manipulados virtualmente pelo aluno. As simulações podem ser bastante úteis também quando a experiência original for impossível ou inviável de ser reproduzida pelos estudantes” (Macêdo, 2009, p. 24).

Existem diversos exemplos que corroboram essa afirmação, como a viagem do homem à Lua, a posição das estrelas no céu durante os primórdios da sociedade egípcia e o comportamento das cargas elétricas em um condutor. No entanto, as limitações não se restringem apenas a esses casos. Elas também se estendem aos experimentos físicos que

apresentam periculosidade para reprodução em laboratórios, seja devido aos componentes necessários ou à falta de manutenção dos equipamentos disponíveis para os professores de Física nas escolas. Além disso, as simulações são uma alternativa viável para experimentos que envolvem equipamentos caros ou ocorrem em velocidades extremamente rápidas ou lentas (Macêdo, 2009; Scarpati, 2018).

De acordo com Macêdo (2009, p. 8), “[...] as simulações permitem ao estudante centrar-se na essência do problema, tornando mais eficiente a assimilação dos conteúdos propostos em cada atividade”. Dorneles (2010) amplia esta afirmação e aborda uma condição importante no processo de aprendizagem, que é o “erro”. O autor mencionado descreve que, ao introduzir intencionalmente um erro na simulação que os alunos iriam realizar, sem comunicá-los, eles passaram a questionar de forma mais crítica os modelos subjacentes às simulações, deixando de considerá-los uma verdade incontestável. Isso se baseia nas próprias teorias científicas, cuja validade é estabelecida dentro de um contexto histórico-cultural (Dorneles, 2010).

Por outro lado, há evidências que indicam que os alunos, especialmente os jovens, se sentem mais motivados quando têm a oportunidade de utilizar tecnologias digitais no contexto da sala de aula (Barreto, 2019). De acordo com Conceição (2016), realizar atividades que envolvam o uso de simuladores pode instigar a participação dos alunos. Além disso, Dorneles (2010) relata que os alunos que utilizaram simulações computacionais tiveram um desempenho superior em comparação com o grupo que recebeu apenas aulas expositivas. Portanto, o estudo de Dorneles (2010) fornece evidências práticas que corroboram as afirmações feitas por Conceição (2016).

Somado a isso, outro aspecto importante dentro do contexto educacional é a “interação” entre os alunos, com o professor e com o material na construção do seu conhecimento, colocando-se em situações que os permitam negociar e discutir os conceitos estudados com vistas para a construção de uma aprendizagem significativa destes conceitos. Em outra perspectiva, Weizenmann (2019, p. 45), cujo estudo também trata sobre circuitos elétricos, afirma que escolheu utilizar a simulação computacional por “acreditar que esta valoriza a interação dos estudantes com o processo de construção e análise do conhecimento científico, permitindo que compreendam melhor os modelos físicos”.

Além disso, a interação entre os alunos, o professor e o material desempenham um papel fundamental na construção do conhecimento no contexto educacional. Os alunos são colocados em situações que lhes permitem negociar e discutir os conceitos estudados, buscando uma aprendizagem significativa. Em uma perspectiva diferente, Weizenmann (2019, p. 45), em seu estudo sobre circuitos elétricos, destaca o uso de simulações computacionais, por “[...] acreditar que esta valoriza a interação dos estudantes com o processo de construção e análise do conhecimento científico, permitindo que compreendam melhor os modelos físicos”.

Por outro lado, as simulações também podem desempenhar uma função complementar às aulas, sendo utilizadas para revisar um tópico, identificar lacunas de aprendizagem ou mesmo para avaliar os conhecimentos prévios dos alunos antes de abordar um novo conceito. No entanto, o fato de ser usada de forma complementar não implica que seja menos importante. Mesmo nesse caso, a seleção criteriosa das simulações continua sendo fundamental.

Reitera-se a importância de definir claramente os objetivos para os professores que desejam usar simulações computacionais em suas aulas. Isso envolve determinar em qual contexto a simulação será utilizada e qual perspectiva pedagógica será adotada, uma vez que ela pode servir a diferentes propósitos no ensino. Um desses propósitos é a realização de atividades de iniciação científica no ensino básico. Para esse fim, cabe ao professor planejar atividades nas quais os alunos devem identificar um problema e formular hipóteses para resolvê-lo. Em seguida, eles devem determinar as variáveis mais importantes envolvidas e decidir a melhor forma de coletar dados. Uma vez que os dados são coletados, eles devem compará-los com as hipóteses iniciais, buscando examinar sua validade. Se as hipóteses não

forem comprovadas, os alunos devem repetir o processo e propor uma nova solução para o problema (Macêdo, 2009).

Medeiros e Medeiros (2002 *apud* Macêdo, 2009, p. 25), sintetizam em alguns tópicos as vantagens em utilizar as simulações computacionais no ensino de Ciências. Estas seriam:

Reduzir o tempo gasto com os cálculos, de modo que os estudantes possam concentrar-se nos conceitos envolvidos nos experimentos; Fornecer um feedback para aperfeiçoar a compreensão dos conceitos; Permitir aos estudantes coletarem uma grande quantidade de dados rapidamente; Permitir aos estudantes gerarem e testarem hipóteses; Engajar os estudantes em tarefas com alto nível de interatividade; Envolver os estudantes em atividades que explicitem a natureza da pesquisa científica; Apresentar uma versão simplificada da realidade pela destilação de conceitos abstratos em seus mais importantes elementos; Tornar conceitos abstratos mais concretos; Reduzir a ambigüidade e ajudar a identificar relações de causas e efeitos em sistemas complexos; Servir como uma preparação inicial para ajudar na compreensão do papel de um laboratório; Desenvolver habilidades de resolução de problemas; Promover habilidades do raciocínio crítico; Fomentar uma compreensão mais profunda dos fenômenos físicos [...].

Ao refletir sobre o ensino de circuitos elétricos, é relevante mencionar a relação estabelecida pelos alunos entre o virtual e o real ao experimentarem uma simulação. Ao estudarem os componentes, as grandezas físicas e a montagem de um circuito elétrico por meio de uma simulação computacional, os alunos podem ganhar confiança para montar experimentos reais. Isso pode levar a uma maior compreensão de como os circuitos reais são construídos e como as grandezas físicas neles se comportam (Amaral, 2021). Portanto, quando o professor utiliza um simulador para oferecer aos alunos essa semelhança entre o virtual e o real, a qualidade da representação dos fenômenos físicos pelo recurso pode influenciar a compreensão do aluno sobre o comportamento da realidade com base nesse modelo.

3.2.3 Experimentos reais e virtuais

Inicialmente, é importante destacar duas ressalvas. A primeira é que os autores deste estudo acreditam que a inclusão de atividades experimentais, sejam elas reais ou virtuais, nas aulas de Física é um caminho para que os professores melhorem sua forma de ensinar, tornando o processo mais lúdico e atraente para os alunos. Isso implica buscar alternativas que vão além de abordagens puramente transmissivas, priorizando a conexão com o contexto em que o aluno está inserido e buscando a compreensão dos conceitos físicos, em vez de simplesmente memorizá-los literalmente (Scarpati, 2018). A segunda ressalva é que as simulações computacionais e os experimentos reais são recursos complementares no ensino-aprendizagem da eletricidade (Dorneles, 2005, 2010; Fernandes, 2015; Santos, 2015; Scarpati, 2018).

De acordo com Dorneles (2005), quando se busca uma alternativa para superar uma aula expositiva de circuitos elétricos, a opção mais tradicional seria realizar experimentos reais em laboratórios. No entanto, mesmo quando o laboratório é utilizado de forma planejada e sistemática, percebe-se que os alunos não alcançam o nível desejado de compreensão dos conceitos físicos abordados. Nesse sentido, Dorneles (2005) propõe o uso de simulações computacionais como complemento às atividades tradicionais realizadas em sala de aula e no laboratório da escola. Por outro lado, Scarpati (2018) destaca que o professor não deve se limitar apenas ao uso de simulações computacionais, uma vez que os simuladores nem sempre contêm todos os elementos necessários, sendo indispensável também recorrer a experimentos reais.

Nessa perspectiva, as simulações não devem ser vistas como substitutas dos experimentos reais realizados em laboratórios. Da mesma forma, essas duas abordagens não são excludentes, e ao planejar uma proposta, o professor não precisa necessariamente escolher

entre uma ou outra. É possível utilizar ambos os recursos de forma complementar, combinando simulações e experimentos reais.

Para Scarpati (2018, p. 15), “[...] as simulações computacionais proporcionam uma visualização geral dos circuitos elétricos [...] e a relação de atividades experimentais auxilia os alunos a desenvolver habilidades e técnicas laboratoriais vivenciadas em situações reais”. Atividades de simulação em conjunto com experimentos reais podem contribuir para que o aluno obtenha um maior aprofundamento do conteúdo estudado. De acordo com Moreira (2014), essas duas modalidades podem se complementar de maneira a permitir que, no final da abordagem, o aluno não esteja focado na diferença entre o circuito real e o virtual, mas utilize ambos como base para construir seu conhecimento sobre o tema.

Outro aspecto importante no ensino de Ciências, especialmente na Física, é que a compreensão dos fenômenos estudados pelo aluno geralmente requer o estabelecimento de conexões entre as teorias e as situações práticas da realidade. Segundo Weizenmann (2019), a interação com simuladores facilita a identificação dos diferentes tipos de circuitos, enquanto os experimentos reais ajudam na compreensão de como esses conceitos se aplicam em situações do cotidiano. Nesse sentido, Santos (2015, p. 129) reconhece que uma abordagem que combine atividades reais e virtuais pode ser mais eficiente no ensino de circuitos elétricos e da Lei de Ohm para estabelecer essas conexões, uma vez que essa

[...] abordagem virtual permite ao aluno verificar alguns aspectos microscópicos comentados pelo professor (e não visualizados no mundo real) e a abordagem real permite o contato do aluno com o cotidiano, verificando como as coisas acontecem no dia-a-dia e manipulando dispositivos e equipamentos. [...] Esta abordagem, considerada ideal, pode ser trabalhada no estudo de outros assuntos dentro do eletromagnetismo, pois permite melhor visualização do mundo microscópico, fazendo com que o aluno compreenda mais facilmente os modelos para explicação do mundo que o rodeia.

Barreto (2019) sugere que os alunos adquirem experiência ao trabalhar com simuladores, o que lhes permite participar de aulas práticas realizando experimentos e criando diferentes circuitos. Esses momentos servem tanto para a interação entre os alunos quanto para desafiar os alunos a produzir seu próprio material experimental. Para o autor, as simulações são uma oportunidade de obter experiência sobre a natureza e o funcionamento de circuitos elétricos, sendo que o experimento real representa o próximo passo na compreensão de seu funcionamento.

Dorneles (2005) destaca, ao discutir os resultados de seu estudo, uma diferença significativa no desempenho entre o grupo de alunos que utilizou atividades computacionais e experimentos reais e um segundo grupo que não as utilizou. Esses resultados levaram o autor a concluir que o *software* utilizado em sua pesquisa pode ajudar os estudantes a superar dificuldades no ensino de circuitos elétricos.

Em outro estudo realizado em 2010, Dorneles enfatiza que as atividades desenvolvidas evidenciaram auxílio na promoção de uma aprendizagem mais significativa para os alunos. No entanto, ele acrescenta que “[...] possivelmente melhores resultados poderiam ser atingidos se houvesse alguma integração entre as atividades computacionais (AC) e experimentais (AE)” (Dorneles, 2010, p. 23).

Os experimentos reais mencionados não necessariamente precisam ser adquiridos de empresas especializadas em materiais didáticos. É importante considerar também os experimentos que podem ser construídos utilizando materiais de baixo custo, mas que ainda proporcionam uma experiência valiosa para o aluno, comparável a equipamentos mais sofisticados. Nesse sentido, não há uma implicação direta de que materiais desenvolvidos por empresas sejam necessariamente superiores a equipamentos criados pelo próprio professor ou

pelos alunos utilizando materiais acessíveis. O aspecto mais importante é o quanto bem o recurso ou experimento consegue descrever os fenômenos físicos, ou seja, ser um modelo que represente, dentro do possível, o comportamento da natureza. Por exemplo, o trabalho de Moraes (2005) buscou integrar experimentos simples e de baixo custo com um simulador de eletrodinâmica, o qual demonstrou que os alunos conseguiram compreender bem os conceitos de eletrodinâmica estudados a partir dessa abordagem.

É importante ressaltar que ao mencionar experimentos reais, não se está limitando apenas aos experimentos de natureza analógica. Existem outras formas de experimentação que podem ser igualmente úteis e promissoras no ensino de circuitos. Um exemplo é o uso da placa microcontroladora Arduino. No estudo de Fernandes (2015), foram realizadas simulações e experimentos com lâmpadas utilizando a placa Arduino. O objetivo foi estabelecer relações entre conceitos básicos de eletricidade, como corrente elétrica, tensão elétrica, potência elétrica e resistência elétrica. Ainda segundo o autor, as atividades experimentais permitem que os alunos aprendam esses conceitos de maneira mais significativa, em vez de simplesmente memorizá-los e memorizar as fórmulas. Os experimentos proporcionam dinamismo ao permitir que os alunos investiguem como as coisas funcionam e quais são os princípios teóricos que embasam esse funcionamento.

Silva (2017) utilizou a plataforma *PhET* (*Physics Education Technology*), desenvolvida pela Universidade do Colorado (EUA), juntamente com uma tábua de madeira para montar circuitos elétricos. Uma das vantagens de usar a plataforma *PhET* é a disponibilidade de uma ampla variedade de simuladores computacionais que abrangem a maioria das áreas de estudo da Física básica no nível do Ensino Médio. A plataforma também oferece diversos elementos, como pilhas, baterias, fios condutores, lâmpadas, resistores, amperímetros, voltímetros e outros, proporcionando aos alunos maior autonomia para adicionar ou remover diferentes elementos no circuito virtual e assim montar circuitos com elementos e configurações diferentes. No estudo de Silva (2017), foi utilizada tábua de madeira e lâmpadas para montar um circuito real, enquanto o simulador do *PhET* foi utilizado para simular o que ocorreria no circuito real.

No entanto, apesar do estudo ter foco na Física, o *PhET* não se limita apenas aos simuladores dessa disciplina. Ele também disponibiliza recursos para outras áreas do Ensino de Ciências e Matemática. Nesse contexto, disciplinas como Química, Biologia e Matemática poderiam se beneficiar desses recursos, uma vez que também utilizam a construção de modelos (Santos, 2015; Scarpati, 2018).

Por fim, surge uma pergunta implícita: como planejar e conduzir uma atividade experimental com os alunos, levando em consideração as potencialidades desses recursos? O estudo de Barbosa (2019) evidencia algumas indicações a esse respeito, ao adotar uma abordagem que combina simulações computacionais e roteiros para estabelecer uma dinâmica de ensino.

3.2.4 Roteiros em atividades experimentais

Barbosa (2019, p. 34), ao discutir a relevância dos roteiros como ferramenta para orientar atividades que utilizam simulações computacionais, argumenta que:

Somente propor a utilização das simulações sem um roteiro planejado, pode transformar essas simulações em um jogo sem nenhum embasamento educacional, contribuindo para tornar a atividade desmotivadora e sem nenhuma relação às habilidades e competências propostas no planejamento escolar.

É crucial que o aluno esteja predisposto a realizar as tarefas propostas em atividades desse tipo, independentemente de quanto simples possam parecer. Nesse sentido, a presença ativa do professor é fundamental. O roteiro não exclui o papel do professor, que continua

desempenhando suas funções. Os alunos provavelmente buscarão o professor para esclarecer dúvidas que possam surgir durante a tarefa, seja em relação ao conteúdo de Física, problemas relacionados à configuração e funcionamento do computador em que estão trabalhando, ou até mesmo para evitar distrações e garantir que estejam realmente engajados na atividade proposta.

Uma das questões formuladas aos alunos investigados no estudo de Barbosa (2019) estava relacionada à opinião deles sobre os pontos positivos e negativos de usar o computador durante as aulas. A maioria dos alunos mencionou que o computador pode ser uma fonte de distração durante a realização de uma atividade. Nesse sentido, os roteiros de estudo devem ser elaborados de forma a minimizar as possíveis distrações dos alunos, promovendo o interesse deles pela atividade e incentivando a construção do conhecimento com autonomia.

Ampliando o debate, significa que as simulações computacionais quando “[...] são utilizadas através de roteiros elaborados de acordo com o conteúdo apresentado, a inserção deste recurso em sala de aula só amplia a possibilidade de aprendizagem e torna a teoria mais prática e visual” (Barbosa, 2019, p. 27). Além disso, essas simulações permitem que o aluno assuma um papel protagonista na construção das atividades, possibilitando também a colaboração em duplas ou grupos, o que é especialmente indicado para atividades experimentais. Barbosa (2019, p. 100), referindo-se aos resultados que obteve no seu estudo, afirma que “[...] foi percebida muita empolgação e interação dos alunos durante a realização das atividades do roteiro de estudos, principalmente por se tratar de uma atividade pedagógica diferenciada”.

Por fim, é importante destacar que a efetividade do roteiro de estudos na abordagem e condução de uma atividade está diretamente relacionada ao comprometimento do professor em sua construção, buscando torná-lo simples, dinâmico, claro, objetivo e explicativo. Os roteiros de estudos devem ser elaborados com uma linguagem acessível e de fácil compreensão, garantindo assim sua eficácia no processo de aprendizagem.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, por meio da análise qualitativa de dezenove dissertações de mestrado e uma tese de doutorado foi possível compreender que as produções acadêmicas reconhecem as vantagens do uso de recursos computacionais no ensino de eletricidade, especialmente em circuitos elétricos. As TICs são apontadas nos estudos analisados como capazes de auxiliar os alunos na superação de dificuldades relacionadas a conceitos abstratos e possibilitam a realização de atividades experimentais desafiadoras.

A utilização de representações computacionais permite que os alunos ampliem sua capacidade de imaginar e compreender fenômenos físicos. As simulações permitem a interação dos estudantes com elementos virtuais e a visualização de representações de fenômenos, potencializando a compreensão de modelos mais complexos. No entanto, é importante ressaltar que as interlocuções com os autores apontaram que as simulações não devem substituir as atividades experimentais em laboratório, mas sim complementá-las, especialmente nos casos de experimentos perigosos, caros ou de difícil execução.

Os textos analisados, também apontam que é fundamental estabelecer objetivos claros ao utilizar as simulações e planejar adequadamente as atividades. A integração de roteiros de atividades pode aumentar o engajamento dos alunos e evitar distrações, desde que sejam escritos de forma simples e acessível. O papel do professor é crucial na escolha e utilização adequada das simulações, levando em consideração também a importância dos experimentos reais.

Durante a análise das produções científicas, verificou-se que as simulações vão além de recursos com potencial pedagógico, tornando-se crucial que estejam alinhadas a objetivos bem definidos. As simulações foram apontadas como potenciais na promoção da interação entre os

alunos e professores durante o processo de construção do conhecimento. A realização de um circuito elétrico virtual por meio de simulações computacionais pode auxiliar os alunos a adquirirem confiança para montar circuitos reais. Tanto as simulações computacionais quanto os experimentos reais possuem o potencial de aprofundar a compreensão dos conteúdos estudados. Portanto, o planejamento cuidadoso das atividades que envolvem simulações computacionais é fundamental para garantir sua efetiva aplicação. É indispensável que o professor estabeleça critérios para selecionar as simulações que melhor se adequem ao que ele pretende desenvolver com os alunos.

Os resultados descritos neste estudo destacam a importância e os potenciais do uso de recursos computacionais, como simulações, no ensino de eletricidade. No entanto, eles também nos conduzem a questões relevantes que merecem atenção em futuras pesquisas. Entre essas questões, destaca-se a necessidade de compreender os critérios e estratégias adotados pelos professores na seleção de simulações adequadas aos objetivos de ensino em eletricidade, assim como o impacto dessas escolhas na efetividade das atividades educacionais. Além disso, é essencial explorar as percepções dos alunos em relação ao uso de simulações computacionais, investigando como eles percebem a relação entre simulações e experimentos reais, e como essa percepção influencia seu interesse e confiança na construção do conhecimento na temática dos circuitos elétricos. Essas questões representam um convite para futuras pesquisas no campo da Educação em Ciências, visando aprimorar práticas pedagógicas com vistas a potencializar a aprendizagem do ensino de eletricidade.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Antônio Carlos. **O uso de experimentos reais e virtuais para o ensino de circuitos elétricos simples e automáticos**. 2021. 150 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física), Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2021.

BARBOSA, Wagner Pereira. **Uma proposta de ensino de eletrodinâmica: associando recursos tecnológicos do PhET à discussão significativa de conceitos do GREF**. 2019. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática), Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

BARRETO, Diego Souza. **Eletrodinâmica no Ensino Médio: Uma Construção de Conhecimentos por Meio de Experimentos Orientados**. 2019. 114 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019.

BICUDO, Maria Aparecida Viggiani. **Pesquisa qualitativa segundo a visão fenomenológica**. São Paulo: Cortez, 2011.

CONCEIÇÃO, Ricardo da Encarnação. **Sequência didática: uso do ensino por investigação e cooperação no ensino de circuitos elétricos na educação básica**. 2018. 84 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

CONCEIÇÃO, Francisco da Chagas. **Uso pedagógico da simulação de circuitos elétricos resistivos em atividades escolares para auxiliar o desenvolvimento da aprendizagem significativa e colaborativa de física**. 2016. 141 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências de Matemática), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

DORNELES, Pedro Fernandes Teixeira. **Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral**.

2010. 367 f. Tese (Doutorado em Física), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

DORNELES, Pedro Fernandes Teixeira. **Investigação de ganhos na aprendizagem de conceitos físicos envolvidos em circuitos elétricos por usuários da ferramenta computacional Modellus**. 2005. 141 f. Dissertação (Mestrado em Física), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

FERNANDES, Moacir Borges. **Eletricidade**: uma sequência didática para o ensino médio integrado. 2015. 164 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências, Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2015.

GALVÃO, Maria Cristiane Barbosa; RICARTE, Ivan Luiz Marques. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. **Logeion**: Filosofia da informação, v. 6, n. 1, p. 57-73, 2019.

GOMES, André da Paixão. **À utilização do programa crocodile clips como um facilitador do processo de ensino aprendizagem em eletrodinâmica**. 2016. 53 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física), Universidade estadual de Maringá, Maringá, 2016.

KOLLER, Silvia H.; COUTO, Maria Clara P. De Paula; HOHENDORFF, Jean Von (orgs). **Manual de Produção Científica**. Penso, Porto Alegre, 2014.

MACÊDO, Josué Antunes de. **Simulações computacionais como ferramenta auxiliar ao ensino de conceitos básicos de eletromagnetismo**: Elaboração de Um Roteiro de Atividades para Professores do Ensino Médio. 2009. 137 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática), Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

MORAES, Maria Beatriz dos Santos Almeida. **Uma proposta para o ensino de Eletrodinâmica no nível médio**. 2005. 193 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

MOREIRA, Luís Paulo Basgalupe. **Estudo de circuitos elétricos**: utilizando simulação computacional para preparar o uso de circuitos reais. 2014. 221 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

OLIVEIRA, Patrícia Beniti. **Um estudo dos conceitos de eletricidade a partir da teoria de multimodos e múltiplas representações e aprendizagem significativa**. 2016. 127 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza), Universidade Tecnológica do Paraná, Londrina, 2016.

PASSAREIRA, Maria José Lourenço. **Circuitos elétricos** – uma ponte para o ensino secundário. 2014. 234 f. Dissertação (Mestrado em Didática), Universidade de Aveiro, Portugal, 2014.

SANTOS, José Carlos. **Experimentos reais e simulações computacionais**: Proposta para o Ensino de Eletricidade no Nível Médio. 2015. 196 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática), Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

SCARPATI, Roniedison. **Atividades computacionais e experimentais como ferramentas de ensino da eletricidade**. Orientador: Márcia Jussara Hepp Rechfeldt. 2018. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Exatas), Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2018.

SILVA, Valter Rocha. **Sequência Didática com Tábua de Circuitos Elétricos**. 2017. 132 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física), Universidade de Pernambuco, Caruaru, 2017.

WEIZENMANN, Leandro Marcos. **Uma Sequência Didática para Análise de Circuitos Elétricos a partir das concepções espontâneas dos estudantes**. 2019. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019.

Submetido em: 25/08/23
Aprovado em: 12/10/23
Publicado em: 21/12/23



Todo o conteúdo deste periódico está sob uma licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/), exceto onde está indicado o contrário.