

Aplicação de uma sequência de ensino investigativa para o estudo de circuitos de corrente alternada

Application of an investigative teaching sequence for the study of circuits of alternating current

Adelmo Artur de Aquino^{1*}, Murilo Carvalho Feitosa², Otávio Paulino Lavor³

¹Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Programa de Pós-Graduação em Ensino. Pau dos Ferros-RN, Brasil, CEP 59900-000.

²Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA). Curso de Engenharia Elétrica. Mossoró-RN, Brasil, CEP 59.625-900.

³UFERSA. Departamento de Ciências Exatas e Naturais. Pau dos Ferros-RN, Brasil, CEP 59900-000.

*E-mail: artur-aquino1@hotmail.com

Recibido el 16 de octubre de 2020 | Aceptado el 20 de noviembre de 2020

Resumo

A presente pesquisa tem como objetivo a elaboração e aferição de efetividade de uma proposta pedagógica para o ensino de circuitos elétricos com fonte de correntes alternadas e que contemple a utilização de atividades experimentais e computacionais. Optou-se por utilizar a Sequência de Ensino Investigativa (SEI) como metodologia de ensino, por permitir uma maior flexibilidade na aplicação das atividades. O lócus da pesquisa é constituído por um grupo de voluntários, constituído por nove discentes do curso Bacharelado em Ciência e Tecnologia de uma universidade federal no interior do estado do Rio Grande do Norte. A pesquisa é versada em três pilares básicos para a elaboração das atividades da SEI, são eles: captação e utilização dos conhecimentos prévios dos investigados; problematização contextualizada dos novos conhecimentos; e união desses conhecimentos prévios e novos para traduzir uma situação ou problema do cotidiano dos alunos em um conhecimento técnico e científico. Neste caso, esse ponto almejado é impulsionado pela construção de um projeto final e elaboração de relatórios técnicos. Os resultados das ações foram positivos, tanto sob a ótica de aplicação do conteúdo quanto no que diz respeito a qualidade das tarefas realizadas pelos discentes. Destaca-se aqui as produções dos relatórios, que viabilizaram a sistematização coletiva entre os alunos de forma integral. A tradução dos conhecimentos prévios e da teoria estudada para a construção de um conhecimento técnico e científico no momento da elaboração das produções textuais e do projeto final são as principais contribuições desta pesquisa para a área de ensino.

Palavras-chave: Atividades experimentais; Atividades computacionais; Eletricidade básica.

Abstract

This research aims to elaborate and measure the effectiveness of a pedagogical proposal for the teaching of electrical circuits with alternating current and that contemplate the use of experimental and computational activities. It was decided to use the Investigative Teaching Sequence (SEI) as a teaching methodology, because it allows greater flexibility in the application of activities. The locus of the research consists of a group of volunteers, consisting of nine students of the Bachelor of Science and Technology course of a federal university in the state of Rio Grande do Norte. The research is versed in three basic pillars for the elaboration of SEI activities, they are: capture and use of the previous knowledge of the investigated; contextualized problematization of new knowledge; and union of this new and previous knowledge to translate a situation or problem of the students' daily lives into a technical and scientific knowledge. In this case, this desired point is driven by the construction of a final project and preparation of technical reports. The results of the actions were positive, both from the perspective of content application and with regard to the quality of the tasks performed by the students. The productions of the reports, which enabled the collective systematization among students in an integral way. Stand out here the translation of the previous knowledge and the theory studied for the construction of a technical and scientific knowledge at the time of the elaboration of textual productions and the final project, are the main contributions of this research to the teaching area.

Keywords: Experimental activities; Computational activities; Basic electricity.

I. INTRODUÇÃO

Diversas são as práticas pedagógicas empregadas no ensino de Física, principalmente nos dias atuais, em que a tecnologia e as ferramentas digitais se tornaram recursos facilitadores de forma a integrar praticamente quase todas as demandas de ensino. Existem ainda um número muito alto de pesquisas que versam entre metodologias novas e tradicionais que possam agregar esses mecanismos de ensino de forma a potencializar a aprendizagem de forma significativa.

Embora haja muitas informações e recursos, ainda se observa lacunas formativas em todos os níveis de ensino no que tange as ciências exatas, especialmente no ensino de física. Além disso, por vezes os próprios professores veem a física como uma disciplina complicada de ser ensinada (Scarpati, 2018). Diversos fatores contribuem para a construção desse pensamento, que pode estar atrelado ao fato de muitas vezes a tecnologia ser de difícil manuseio ou de nem estar disponível de forma acessível. Existem ainda a aversão voltada à experimentação, mesmo hoje existindo um número massivo de materiais didáticos e instrucionais relacionados aos experimentos com materiais de baixo custo.

Nesse sentido, a presente pesquisa tem como objetivo a elaboração e aferição de efetividade de uma proposta pedagógica para o ensino de circuitos elétricos com fonte de correntes alternadas e que contemplasse a utilização de atividades experimentais e computacionais. Com isso, optou-se por utilizar a Sequência de Ensino Investigativa (SEI) como metodologia de ensino, por permitir uma maior flexibilidade na aplicação das atividades.

Isto posto, a pesquisa buscou versar sempre entre três pilares básicos para a elaboração das atividades da SEI proposta, são eles: captação e utilização dos conhecimentos prévios dos investigados; problematização contextualizada dos novos conhecimentos a serem adquiridos; e união desses conhecimentos prévios e novos para traduzir uma situação ou problema do cotidiano dos alunos em um conhecimento técnico e científico que tenha validade. Neste caso, esse ponto almejado é impulsionado pela construção de um projeto final e elaboração de relatórios técnicos.

II. ENSINO DE FÍSICA: CONCEPÇÕES E PERSPECTIVAS ACERCA DAS PRÁTICAS EXPERIMENTAIS E VIRTUAIS

De acordo com Moreira (2013), a deficiência no ensino de física se propaga em efeito cascata em todos os níveis de ensino, ocasionado um baixo interesse dos alunos não somente em licenciaturas e bacharelados em física, mas também em cursos de engenharia e áreas afins. A incessante busca por métodos que alicercem a formação investigativa e científica dos alunos deve ser priorizada, principalmente na educação básica. Além disso, para contornar a falta de interesse pela pesquisa e melhorar os índices de aprendizagem no ensino superior, os professores não podem abrir mão desse olhar crítico, devendo buscar e estar atento as novas possibilidades, uma vez que o docente de nível superior carrega consigo o perfil de pesquisador.

Moreira (2013) apresenta em seu estudo diversas práticas do atual ensino de Física no contexto da educação brasileira contemporânea que versam entre a educação bancária, conteúdos desatualizados, ensino centrado no professor, a não utilização das novas tecnologias, entre outras. Tais práticas são de conhecimento geral, sendo esse um assunto muito corrente em qualquer ambiente de pesquisa e discussão pedagógica.

Para o bom desenvolvimento dessas práticas o professor deve estar atento e abrir mãos dos métodos conservadores, que muitas vezes estão ligados a mensagem de que a física é uma ciência estática, com conhecimento acabado e o seu ensino é meramente reprodutivo, visando apenas a testagem de fórmulas e conceitos sem que haja nenhuma correlação com o cotidiano do aprendiz e interfaces de integração entre outras disciplinas.

Nesse sentido, é imprescindível compreender não somente as principais características das atividades experimentais e computacionais, mas também como estas impactam na aprendizagem, haja vista que são estas as ferramentas de ensino utilizadas nesta pesquisa. Portanto, ao longo desta seção são feitos apontamentos que visam apresentar de maneira mais simplista de quais formas essas atividades se comunicam como teoria estudada e como estas podem traduzir o conhecimento de cotidiano dos alunos para um conhecimento científico e aplicado.

Piaget (1978) e Vygotsky (1999) defendem a necessidade e assinalam a importância das atividades de cunho experimental desde a pré-escola, como forma de estimular o desenvolvimento cognitivo e sociomotor das crianças nos processos de construção do conhecimento. Outro apontamento considerado pelos autores é o planejamento e aplicação de ações que envolvam coletividade, cooperação, manipulação de materiais, jogos lúdicos e educativos que instiguem a investigação e curiosidade dos alunos de forma a contribuir na estruturação do pensar crítico e reflexivo diante das situações presentes e futuras.

Atentando para as características da interação social e simbologias durante a realização das atividades, Vygotsky (1999) afere que tais situações possibilitam que os estudantes sejam capazes assimilar a linguagem e os sistemas simbólicos com as diferentes formas destes de se comunicarem e se relacionarem com o mundo.

De acordo com Alison e Leite (2016), existe ainda uma grande carência na utilização de metodologias que façam uso da experimentação no ensino de física, embora haja muitos materiais e informações. Consequentemente, o ensino

de física é exaustivamente trabalhado apenas pela apresentação de conceitos, leis e fórmulas de maneira mecânica e descontextualizada.

Diante disso, Bonadiman e Nonenmacher (2003) enfatizam que as incontáveis circunstâncias que desfavorecem a aprendizagem, principalmente àquelas que estão relacionadas ao aprender e ao gostar, são possíveis de serem contornadas pelo professor ao usar uma metodologia adequada às subjetividades evidenciadas para cada caso.

Logo, uma das formas de atender essas necessidades e contemplar os objetivos de uma atividade experimental, é trabalhar com o conhecimento prévio e cotidiano dos alunos. Adotando essa vertente como ponto prioritário no planejamento das atividades, é possível contornar o fato das ferramentas comumente trabalhar apenas conceitos, fórmulas e leis, passando a empregar concepções aplicadas daquele conteúdo.

Apropriando-se dessa característica efetiva das atividades experimentais para a tradução de situações cotidianas em conhecimento científico, pode-se ainda acrescentar as atividades computacionais para ampliar a gama de possibilidades de ensino-aprendizagem.

Miranda e Bechara (2004) contextualizam essa possibilidade ao discorrerem que, uma característica que torna a física uma disciplina de difícil entendimento é o fato de lidar com conceitos abstratos, por vezes não intuitivos e que exigem uma capacidade de abstração que os alunos, especialmente ingressantes na graduação, ainda não possuem. Para minimizar tal problema, os autores apontam as simulações computacionais e como estas podem contribuir no desenvolvimento dessa capacidade explicar conceitos abstratos mais gerais, permitindo ainda que o estudante investigue as implicações reais do sistema observando-o e manipulando-o diretamente, sob condições específicas e aferindo as consequências ocasionadas.

Como bem atenta Macêdo e Dickman (2009), as simulações computacionais não substituem as práticas empíricas. Tal discurso é válido principalmente quando se põe em discussão a falsa concepção de realidade que é adquirida por muitos alunos devido ao contato excessivo ou inadequado com as ferramentas de simulações computacionais.

No entanto, esses mecanismos são fundamentais para o entendimento de conteúdos da Física, disciplina a qual possui conceitos como o de carga elétrica, corrente elétrica que são difíceis de serem visualizados sem a utilização de recursos que facilitem a compreensão (Santos, Santos, Fraga, 2002).

Permitir que os estudantes observem e controlem o sistema estudado possibilita também uma melhor avaliação da aprendizagem dos alunos, pois muitas vezes o docente se depara com situações em que os alunos possuem boa capacidade de resolução de problemas analíticos, mas apresentam dificuldades na compreensão de entender o que significa aquele resultado encontrado. Nessa perspectiva, é primordial que o planejamento empregue atividades virtuais que sejam adequadas e consistentes para tal finalidade.

No que tange o conteúdo de corrente alternada é importante ressaltar as diversas possibilidades de aplicação prática, uma vez que o fenômeno está presente no cotidiano de qualquer pessoa, à exemplo a energia utilizada em residências, nos eletrodomésticos, entre outras. Assim, é intuito pensar que todas essas aplicações notáveis pudessem facilitar o ensino sobre circuitos com corrente alternada, uma vez que a disciplina em si possui tratamentos matemáticos relativamente simples e que envolvem alguns conceitos bastante trabalhados na física da educação básica.

Contudo, ao contrário do desejado, as pesquisas apontam déficit de aprendizagem em relação a matéria citada. Além disso, o estudo de circuitos elétricos de corrente alternada é tido como uma das disciplinas que apresenta maior dificuldade no aprendizado (Abegg, Ramos, 2013). Costa e Catunda (2009) relatam em seu texto o resultado de uma pesquisa feita com 300 alunos de diversas universidades públicas e brasileiras para saber se os alunos investigados possuem conhecimento apropriado para compreender e analisar circuitos elétricos. Como resultado, apenas 15% dos alunos apresentaram o conhecimento conceitual suficiente para resolver os circuitos de forma não-analítica.

De acordo com Pacca *et al.* (2003), outro problema identificado é a concepção dos professores acerca do conteúdo de eletricidade, os quais costumemente é considerado como difícil. Nesse contexto, é válido nortear os objetivos do ensino com base em metodologias que possam propiciar discussões mais conceituais acerca dos fenômenos estudados, não limitando-se apenas a resolução de problemas e a compreensão distorcida da realidade.

III. SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA

Para a elaboração do plano de atividades proposto nesta pesquisa optou-se por utilizar uma sequência de atividades que pudesse instigar e impulsionar os alunos rumo à uma construção gradual de um produto resultante do conteúdo estudado bem como de seus conhecimentos prévios e sobretudo com aplicabilidade cotidiana.

Com isso, adotou-se a metodologia de ensino Sequência de Ensino Investigativa (SEI) por melhor se adaptar ao contexto de ensino voltado à elaboração de projetos e, além disso, os alunos voluntários já possuíam a estrutura adequada, como conexão de internet, computadores e smartphones. Essa estrutura é crucial para o bom encaminhamento das atividades, como será visto ao longo da seção metodológica, na qual são descritos detalhadamente os materiais

utilizados. Antes disso, é necessário compreender a estruturação pedagógica da SEI, pois ao longo da seção de metodologia serão feitas correlações entre a teoria estrutural desse método de ensino com a elaboração da SEI elaborada para esta pesquisa.

De acordo com Carvalho (2013), autora da SEI, esta define-a como sendo sequências de atividades ou aulas que abrangem um tópico do programa escolar, em que cada atividade é pensada, sob a perspectiva do material e das interações didáticas. Estas interações viabilizam aos alunos condições de utilizarem seus conhecimentos prévios para impulsionar o aprendizado de novas informações, terem ideias próprias e compartilharem com seus colegas e com o professor, passando do conhecimento espontâneo e cotidiano para o científico.

Na elaboração de uma SEI, deve-se priorizar as atividades chaves de: problematização contextualizada do assunto a ser abordado; sistematização do conhecimento construído pelos alunos; e promoção da contextualização do conhecimento no dia a dia dos alunos (Carvalho, Sasseron, 1998).

Na Tabela 1 é ilustrada a proposta elaborada por Carvalho (2013), demonstrando as cinco etapas que uma SEI deve obedecer, bem como a especificação de cada uma delas.

TABELA I. As cinco etapas da SEI por Carvalho (2013).

Etapas		Caracterização
1	Apresentação do material e problematização	Pergunta que apresenta a problemática da atividade proposta e servirá como base para o desenvolvimento da experimentação.
2	Experimentação e busca por responder o “Como” e o “Porquê”	Etapa que possibilita aos alunos reconhecerem como resolveram o problema e por que conseguiram resolvê-lo, sendo que isso será alcançado a partir das ações manipulativas realizadas e os diálogos estabelecidos.
3	Sistematização coletiva	Momento no qual os alunos em grupo poderão discutir sobre os eventos que observaram durante o desenvolvimento da Etapa 2.
4	Sistematização conceitual	Apresentação de conceitos por meio de estratégias variadas.
5	Avaliação	Consiste na produção de um relato, desenho que pode estar acompanhado ou não de um texto, no qual o aluno expressará seu entendimento acerca de toda a atividade proposta.

Carvalho (2013, p.38) descreve alguns pontos que devem ser contemplados no planejamento de uma SEI. Substancialmente, esse conjunto de etapas, se bem elaborados, viabilizará condições favoráveis para: (i) o estímulo à participação ativa do estudante; (ii) a importância da relação aluno-aluno; (iii) o papel do professor como elaborador de questões; (iv) a criação de um ambiente encorajador; (v) o ensino a partir do conhecimento que o aluno traz para a sala de aula; (vi) o conteúdo/problema deve fazer sentido para o aluno; (viii) a relação entre ciência, tecnologia e sociedade; (ix) a passagem da linguagem cotidiana para a linguagem científica.

Em mãos disto, segue-se para a seção metodológica, a qual, dentre outras coisas, mostra a relação direta entre a teoria proposta por Carvalho (2013) e como esta é apresentada na SEI aqui proposta.

IV. METODOLOGIA

A. Caracterização da pesquisa

A presente investigação é caracterizada como uma pesquisa aplicada, segmentada por uma abordagem majoritariamente qualitativa, principalmente na avaliação da coesão e consistência da proposta pedagógica desenvolvida. Nesse sentido, o uso dos métodos de ensino baseados em atividades experimentais e computacionais conferidos na fundamentação teórica, requerem que os objetivos deste trabalho sejam orientados a partir da elaboração de uma proposta inovadora.

Para isso, o método de pesquisa exploratória utilizado nesse estudo enfatiza essa problematização na elaboração de um plano de aula que seja capaz de engajar elementos de currículos de curta duração que podem ser facilmente aplicados em sala de aula. Outro ponto enfatizado é a elaboração de um produto ou projeto final, que deve ser lapidado ao decorrer as ações propostas.

O lócus da pesquisa é constituído por um grupo de voluntários, constituído por nove discentes do curso Bacharelado em Ciência e Tecnologia de uma universidade federal no interior do estado do Rio Grande do Norte. Todos os alunos estavam regularmente matriculados na disciplina de Eletricidade Básica. A escolha por fazer a aplicação desta pesquisa com esse universo se deu pela possibilidade de trabalhar de forma mais próxima e controlada no acompa-

nhamento das atividades, essencialmente na elaboração de projetos, os quais requerem uma maior demanda de orientação.

Alinhando os objetivos da pesquisa à obtenção de um resultado mais rigoroso e aproximadamente controlado, estabeleceu-se a condição na qual as atividades da SEI fossem aplicadas integralmente pelo professor da disciplina, previamente orientado pelos pesquisadores. Adotou-se tal condição para que o andamento e execução das atividades sofressem a mínima dispersão possível do que se foi planejado.

B. Caracterização da proposta pedagógica

O conteúdo trabalhado diz respeito ao estudo dos circuitos elétricos com fontes de corrente alternada e seus elementos eletrônicos básicos como resistores, indutores e capacitores. A escolha por tal conteúdo se deu pelo fato de que os discentes já possuíam conhecimento prévio sobre o assunto, pois estes já haviam cursado o componente curricular Eletricidade e Magnetismo, que trata superficialmente de circuitos elétricos mais elementares.

Ao longo desta seção o leitor irá acompanhar a construção detalhada de como esse conteúdo foi trabalhado e como este está contido na proposta desta pesquisa.

Dessa forma, foram elaboradas as etapas e atividades da SEI, que estão descritas pela Tabela 2. Note que estas são preenchidas de forma a corroborar com as etapas apresentadas pela Tabela 1 na Seção III, que trata da teoria de Carvalho (2013) sobre as SEI.

TABELA II. As cinco etapas da SEI desta pesquisa.

Etapas		Caracterização
1	Apresentação do material e problematização	“De quais formas é possível compreender o comportamento de circuitos com fonte de corrente alternada, através de atividades computacionais e experimentais, bem como suas aplicações?”
2	Experimentação e busca por responder o “Como” e o “Porquê”	- Resolução analítica de exercícios do livro didático da disciplina. - Experimentação virtual nos simuladores Falstad e PhET Física.
3	Sistematização coletiva	- Elaboração de relatório contendo a resolução dos exercícios selecionados, bem como a resolução simuladas pelos softwares utilizados.
4	Sistematização conceitual	- Discussão com a turma acerca das aplicações desses conceitos levando em conta o contexto cotidiano.
5	Avaliação	- Elaboração de um projeto aplicado de cunho experimental, que envolva os elementos e circuitos estudados, bem como outros recursos comumente utilizados na área de circuitos elétricos e eletrônicos. - Elaboração de relatório.

A partir dessa estruturação inicial da SEI, pôde-se definir criteriosamente de quais formas as etapas devem ser trabalhadas, cujo detalhamento pode ser visto abaixo.

Considerações Iniciais: Os encontros aconteceram semanalmente, sendo um encontro por semana durante um dos horários de aulas reservados para a disciplina, totalizando assim cinco encontros, um para cada etapa da SEI.

Etapas: Na etapa de apresentação do material e problematização contextualizada do conteúdo foi feito o primeiro contato com os alunos voluntários e lançou-se a seguinte pergunta como objeto inicial de investigação: “De quais formas é possível compreender o comportamento de circuitos de corrente alternada, através de atividades computacionais e experimentais, bem como suas aplicações?”

Esse problema norteador visa despertar nos alunos uma motivação inicial pois são mencionadas as atividades de cunho experimental. A pergunta também delimita o conteúdo teórico a ser estudado, que no caso é referente aos circuitos elétricos com fonte de corrente alternada e suas aplicações.

Etapas: Como foi visto na Tabela 2, esta etapa refere-se à exploração do conteúdo através da resolução de problemas e experimentação, pois através dessas ações os discentes poderão realizar experimentos, manipulando-os a fim de absorver as condições físicas do sistema estudado. Portanto, na segunda reunião com os voluntários, os alunos deveriam resolver analiticamente dois exercícios dos livros didáticos da disciplina, Boylestad (2012) e Gussow (2009). Após a resolução dos problemas, foi solicitado que os alunos simulassem, via experimento virtual, as mesmas configurações dos circuitos resolvidos. Os simuladores adotados para esta etapa foram o Falstad e o Kit de construção de Circuitos (AC+DC) da plataforma PhET.

A escolha pelo simulador Falstad foi feita pelo fato deste possuir uma interface mais enxuta e simplificada, além de ter características mais detalhadas acerca das variáveis envolvidas nos circuitos, como os valores de tensão, corrente, frequência, entre outros. Já a adoção do simulador da plataforma PhET foi feita através de uma análise baseada nas

pesquisas de Feitosa e Lavor (2020) e Aquino e Lavor (2020), que tratam da resolução simulada de circuitos elétricos muito semelhantes aos trabalhados nesta pesquisa, além de adotarem sequências didáticas como método de ensino, que se assemelham às propostas de uma SEI.

Veja a seguir a caracterização e funcionamento de ambos os simuladores. Na Figura 1 está representada a interface de controle do Falstad.

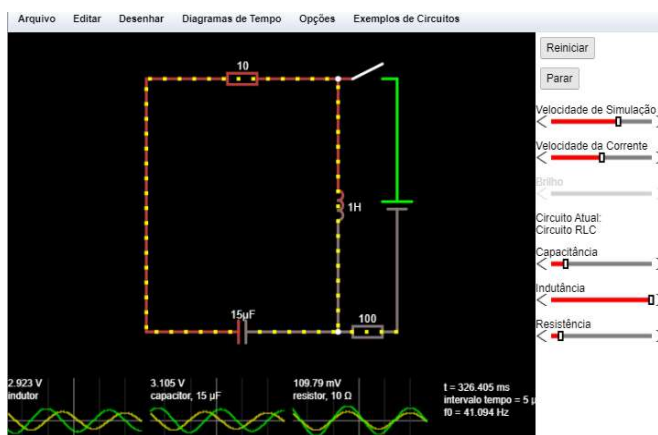


FIGURA 1. Simulador Falstad. Fonte: Falstad (2020).

O Falstad é um simulador web de circuito eletrônico. Para utilizá-lo, somente é necessário um computador com conexão de internet e, conseqüentemente, um navegador. Quando o simulador é iniciado, o usuário verá um esquema animado de um circuito RLC simples. A cor verde indica tensão positiva. A coloração cinza indica condutor-terra. Já a cor vermelha indica tensão negativa. Finalmente, os pontos amarelos em movimento indicam corrente.

Para ativar ou desativar um botão, basta clicar nele. Se você mover o mouse sobre qualquer componente do circuito, verá uma breve descrição desse componente e seu estado atual no canto inferior direito da janela. Para modificar um componente, mova o mouse sobre ele, clique no botão direito do mouse e selecione "Editar". O usuário pode ainda realizar alterações nas especificidades dos elementos e da simulação em si através dos controles deslizantes alocados no lado direito da tela.

Na Figura 2 está representada a interface do simulador de circuitos da plataforma PhET.

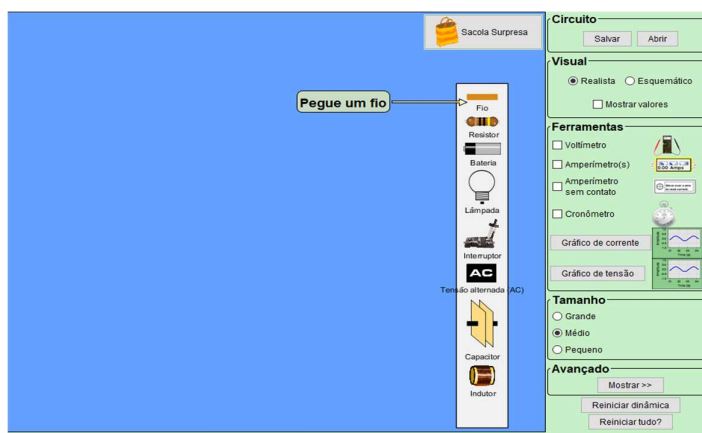


FIGURA 2. Simulador Kit de construção de circuito (AC+DC) da plataforma PhET. Fonte: PhET (2020).

A interface é interativa e possui um tutorial inicial ao abrir, permitindo que o usuário se adapte rapidamente as funcionalidades disponíveis. Abaixo, veja as principais funções do simulador, as quais foram utilizadas pelos discentes investigados.

Os itens dispostos na barra à direita são elementos básicos de circuitos elétricos, como fio, resistor, bateria, interruptor, fonte de corrente alternada (AC), capacitor e indutor. O usuário pode clicar e arrastar os itens que desejar, assim como a quantidade, configurando-os num formato de um circuito elétrico. Existe ainda uma sacola surpresa que

contém itens específicos, como clipe de metal, moeda, borracha e outros materiais, os quais possibilitam que testes sejam feitos em diferentes configurações.

No menu mais à direita, o usuário pode acessar os controles mais específicos, permitindo a utilização de voltímetro, amperímetro e até cronômetro. Também estão disponíveis os gráficos em tempo real que apresentam os valores de corrente e tensão.

Etapa 3: Nesta etapa de sistematização coletiva, exigiu-se a elaboração de um relatório contendo a resolução dos exercícios resolvidos na etapa anterior, bem como as telas das simulações feitas pelos softwares utilizados também na etapa anterior.

Na reunião foram esclarecidas as especificações que o relatório deveria seguir. Os alunos puderam utilizar outros horários além daquele horário semanal destinado à pesquisa. Perceba que ao longo das etapas, os alunos são motivados a construir um produto que parte de uma problematização inicial e, até o presente momento, na construção de um texto de cunho mais técnico e científico.

Etapa 4: Esta etapa foi reservada para a sistematização conceitual, no qual a turma foi reunida, juntamente com os pesquisadores e o professor titular da disciplina, para discutirem, ao estilo mesa-redonda, as etapas anteriores com a finalidade de sanar dúvidas e compartilhar informações.

Etapa 5: Finalmente, a aplicação da etapa 5 e último encontro foi destinada para a encaminhar o objeto de avaliação da aprendizagem dos alunos. Para tanto, exigiu-se a elaboração de um projeto simplificado, em formato de protótipo, de um circuito elétrico que tivesse uma aplicação cotidiana para os alunos.

Considerações Finais: Especificações de materiais para elaboração do projeto final não foram definidas na elaboração da SEI, dessa forma, os voluntários foram consultados a fim de discutir quais recursos estavam disponíveis e de que maneira o grupo se organizaria da melhor forma para a elaboração do projeto. Mais adiante, na subseção de resultados V.A, o leitor poderá acompanhar como tais empecilhos foram contornados, bem como consultar todos os materiais utilizados.

V. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A. Análise do material produzido pelos alunos no decorrer da SEI

A análise do material produzido é tomada não somente como a primeira forma de avaliar a eficiência da SEI proposta pela pesquisa, mas principalmente na avaliação da aprendizagem dos alunos. Abaixo, acompanhe a construção dos materiais produzidos ao longo das etapas da SEI.

Na Etapa 1 foi feita a contextualização da problemática inicial e repassados os informes gerais acerca da proposta da pesquisa, assim como características pedagógicas de uma SEI.

Como resultado da Etapa 2, podemos ver na Figura 3 e Figura 4 trechos dos exercícios resolvidos pelos alunos e que estão incorporados no corpo do relatório produzido por eles mesmos como requerido na Etapa 3.

• Será realizada a resolução da questão 12.16, capítulo 12 do Livro Milton Gussow, de forma teórica e prática por meio da simulação com os softs: Falstad e Phet.

Um circuito ca série-paralelo tem dois ramos através de uma alimentação de 60 Hz e 120 V (figura 12.27). Calcule I_1 , I_2 , I_3 , V_1 , V_2 e V_3 . (Às vezes usam-se setas com duas pontas para indicar o sentido da corrente ca.)

Figura 12-27 Fonte ca em um circuito série-paralelo.
Fonte: Gussow (2009)

• De acordo com a teoria
Para resolver o circuito ca, tem-se o procedimento de resolução ambíguo ao circuito cc.

FIGURA 3. Trechos de um exercício do livro Gussow (2009) resolvido pelos alunos. Fonte: Alunos voluntários (2020).

Note que a resolução analítica está implementada no corpo-texto do relatório, comentada e seguindo um padrão estético mais elaborado. A o longo do relatório, os discentes seguiram esse padrão.

Após os cálculos das resistências, e representação do circuito, pode-se calcular a corrente total

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = I_1 = \frac{120}{40} = 3A$$

A partir dessa corrente total (I_T) encontrada pode-se descobrir o restante das outras correntes que estão em locomoção no circuito ca, com seus valores exatos.

$$I_2 = \frac{R_3}{R_2 + R_3} I_T = \frac{30}{50} 3 = 1,8A$$

$$I_3 = I_T - I_2 = 3 - 1,8 = 1,2A$$

Pode-se também por meio dessa corrente, estabelecer os valores para as tensões que se encontram nos pontos do circuito ca.

$$V_1 = I_1 R_1 = 3(28) = 84V$$

$$V_2 = V_3 = I_2 R_2 = 1,2(20) = 36V$$

Para ter a certeza da resposta, faz-se o cálculo da soma das tensões:

$$V_T = V_1 + V_2$$

$$120 = 84 + 36$$

$$120V = 120V$$

Portanto consta que está de modo certificado todos os cálculos.

FIGURA 4. Trechos de um exercício do livro Gussow (2009) resolvido pelos alunos. Fonte: Alunos voluntários (2020).

Além disso, as telas das simulações também foram incluídas, de forma a complementar essas discussões acerca do significado que cada resposta possuía naquele sistema simulado. Nas Figuras 5 e Figura 6, o leitor pode conferir a resolução nos simuladores Falstad e PhET do mesmo problema ilustrado anteriormente.

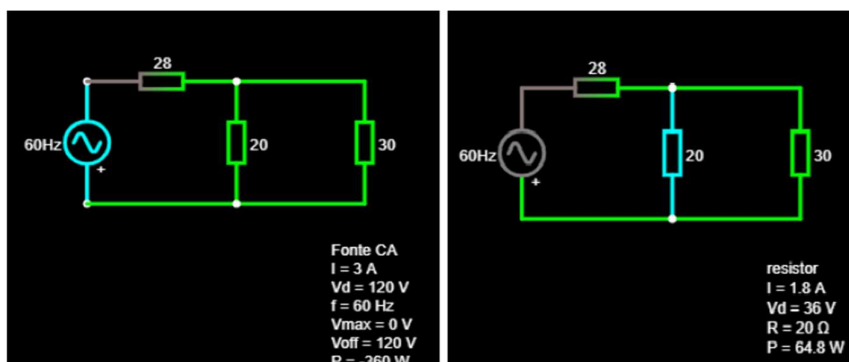


FIGURA 5. Simulação de um exercício do livro Gussow (2009) resolvido pelos alunos no simulador Falstad. Fonte: Falstad (2020).

Como já citado, a interface do simulador Falstad é simples, mas intuitiva. Atente que, ao comparar os resultados encontrados na resolução analítica para valores de corrente e tensão, estes coincidem exatamente com os valores apresentados pelo simulador Falstad no canto inferior à direita. A simulação também permite visualizar o movimento da corrente ao longo de todo o circuito e seus elementos, diferenciando-se por colorações diferentes. Perceba também que as ligações e estética do circuito são extremamente coerentes.

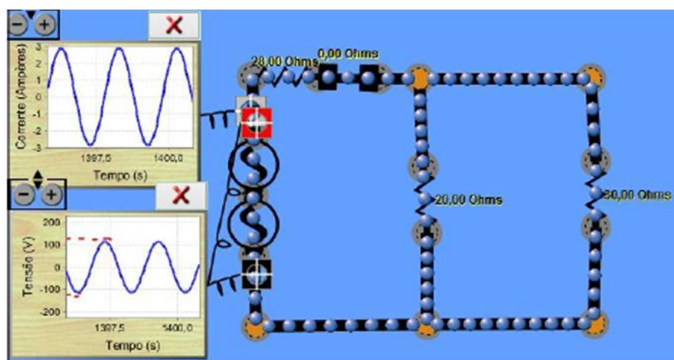


FIGURA 6. Simulación de um exercício do livro Gussow (2009) resolvido pelos alunos no simulador PhET. Fonte: PhET (2020).

Novamente, ao comparar a resolução analítica com a simulação ilustrada acima, é possível notar a coerência na montagem do circuito elétrico proposto, bem como nos valores encontrados para corrente e tensão.

Neste caso, os alunos relatam no texto que a diferença está somente na montagem do circuito que possui duas fontes ao invés de apenas uma com 120 volts, sendo uma de 100 volts e outra de 20 volts, que se somam e resultam no valor adequado de 120 volts. Essa manobra, por assim dizer, foi necessária devida a limitação do valor de tensão que o próprio simulador impõe.

Observe que os valores de corrente e tensão, neste simulador, são analisados graficamente, onde os alunos podem conferir, inclusive, a natureza ondulatória da corrente alternada e como ela se comporta ao longo do tempo. Essa função permite visualizar melhor tal comportamento do que se estudada sem recursos computacionais.

Finalizando a Etapa 3, concluiu-se que os discentes obtiveram excelência na resolução dos exercícios propostos e uma ótima elaboração do relatório.

A Etapa 4 ocorreu de forma a reunir todos participantes da pesquisa junto ao professor titular da disciplina e foram discutidos apontamentos acerca do que foi feito nas etapas anteriores, e por fim discutiu-se a etapa seguinte.

Finalmente, na Etapa 5 foram discutidas as possibilidades de produção de um projeto que englobasse de forma efetiva os conteúdos estudados, os conhecimentos prévios dos alunos e principalmente que possuísse aplicabilidade no cotidiano dos alunos. Portanto, os alunos optaram por construir um projeto de um circuito elétrico para uma luz de emergência, a nível de prototipagem.

O protótipo foi desenvolvido por meio de um microprocessador mundialmente conhecido, denominado por Arduino, juntamente com seus elementos e dispositivos. Basicamente, o funcionamento da placa Arduino se dá pela alimentação de uma fonte de energia e por um algoritmo que precisa ser desenvolvido pelo *software* da plataforma e gravado em sua memória. Esse algoritmo foi construído pelos alunos, que já dominam os conhecimentos necessários acerca da informática e programação para desenvolver esse projeto. Portanto, os alunos agregam aqui os conhecimentos prévios com as novas informações adquiridas, para traduzir uma situação realista em um produto técnico e com larga aplicação. A Figura 7 ilustra o circuito elétrico base para o desenvolvimento do projeto final.

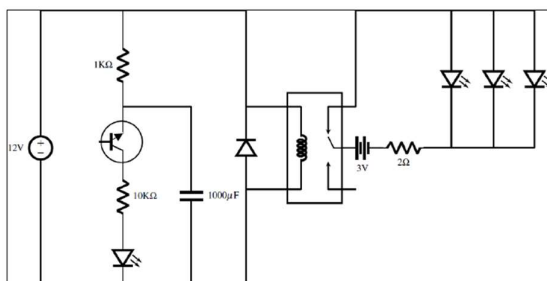


FIGURA 7. Circuito elétrico base para a construção do projeto final. Fonte: Alunos voluntários (2020).

Para a construção desse circuito foram utilizados não somente os componentes eletrônicos estudados ao longo da pesquisa, mas também outros mais complexos como o diodo e o transistor. Na Figura 8 estão ilustrados os materiais utilizados pelos alunos na elaboração do projeto e do relatório final.

- Para a realizar do protótipo de uma luz de emergência foram utilizados os seguintes materiais:
- Placa protoboard: Utilizada em prototipagem de projetos para evitar solda dos terminais dos dispositivos e assim facilitar as conexões.
 - Resistores de 1Ω, 10 Ω e 1K Ω (todos de 1/4 W): Utilizados para não danificar alguns dispositivos do circuito.
 - TIP 41C (Transistor da série TIP): utilizado na troca de sinais eletrônicos entre o capacitor e um LED.
 - Capacitor Eletrolítico 1000µF/ 16V: Após ser carregado ele aciona o TIP que irá descarregar a energia do capacitor no LED, fazendo com o LED pisque;
 - Diodo 1N4007: Manter a corrente do mesmo sentido e não permitir que alguma corrente por indução percorra por outro caminho no relé;
 - LED verde difuso 5 mm: Usado para demonstrar que o circuito está conectado a rede e conseqüentemente possui energia na mesma;
 - Placa com LED's brancos de alto brilho: Luz de iluminação para a ausência de energia;
 - Relé 12 V: Utilizado como chave divisora dos dois circuitos;
 - Suporte duplo de pilhas AA e 2 pilhas AA: Servirá como fonte de energia para os LED's;
 - Fonte de 12V.

FIGURA 8. Materiais utilizados pelos alunos para a construção do projeto final. Fonte: Alunos voluntários (2020).

O projeto foi pensado e desenvolvido por todos os alunos, dessa forma, puderam acompanhar integralmente da construção do projeto e juntos discutirem soluções, participarem da construção do algoritmo que instrui o microprocessador e também da construção do relatório final. O protótipo final pode ser conferido na Figura 9 logo a seguir.

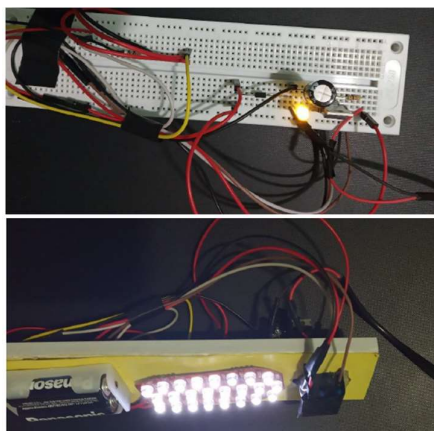


FIGURA 9. Projeto final “Luz de emergência” a nível de protótipo. Fonte: Alunos voluntários (2020).

Vale ainda ressaltar que, para além das atividades da SEI, ocorreu um momento final de conversação entre a turma e o professor titular da disciplina, para que fosse transmitido à turma os resultados aqui apresentados. Esse momento se faz importante uma vez que ao perpassar pela descrição das atividades e do que nela foi elaborado, os alunos terão uma maior apropriação do que é uma SEI e como isso pôde contribuir na aprendizagem.

B. Análise da metodologia e da proposta pedagógica

Ao fim e ao cabo, é necessário correlacionar as atividades da SEI proposta para averiguar sua coerência com as discussões apresentadas por Carvalho (2013) e demais autores citados na fundamentação teórica. Para tanto, foi construída a Tabela 3 que faz menção aos nove objetivos da SEI descritos por Carvalho (2013, p.38) na Seção III.

Os nove objetivos foram dispostos na coluna esquerda da Tabela 3 e na coluna direita estão descritas quais atividades da SEI proposta contempla cada objetivo.

TABELA III. Objetivos alcançados pela SEI proposta.

Objetivos	Contemplado por
O estímulo à participação ativa do estudante;	- Simulações.
A importância da relação aluno-aluno;	- Simulações e elaboração dos relatórios.
O papel do professor como elaborador de questões;	- Mediação na sistematização coletiva e conceitual.
A criação de um ambiente encorajador;	- Desenvolvimento de um projeto aplicado.
O ensino a partir do conhecimento que o aluno traz para a sala de aula;	- Conhecimentos prévios dos alunos acerca de Física, de manipulação de microprocessadores e seus componentes e dispositivos.
O conteúdo (o problema) deve fazer sentido para o aluno;	- Conteúdo integralmente presente no cotidiano dos alunos.
A relação entre ciência, tecnologia e sociedade;	- Relacionamento de teorias, simulações e experimentos aplicados.
A passagem da linguagem cotidiana para a linguagem científica.	- Tradução e implementação de um problema/necessidade (luz de emergência) para o projeto final avaliativo.

Como o leitor pode conferir, todos os objetivos foram alcançados, por vezes, em mais de uma das etapas da SEI. Isso mostra que a proposta atendeu ao objetivo de promover o ensino de circuitos elétricos com fonte de corrente alternada, através da elaboração de um plano de aula focado majoritariamente a promoção de utilização dos recursos experimentais de cunho laboratorial e virtual. Na Tabela 4 são retomadas as atividades chaves de uma SEI sob a ótica da SEI elaborada nesta pesquisa.

TABELA IV. Atividades bem-sucedidas pela SEI proposta.

Atividades chaves	
Problema contextualizado.	- Compreensão de circuitos de corrente alternada através de resolução analítica e computacional de exercícios.
Sistematização do conhecimento construído pelos alunos.	- Apropriação progressiva dos conceitos e leis envolvidas. - Análise de aplicações.
Promoção da contextualização do conhecimento no dia a dia dos alunos.	- Investigação de um problema real do cotidiano que possa ser resolvido através da utilização dos conhecimentos prévios e da apropriação obtida dos novos conteúdos estudados.

Seguindo o mesmo esquema da Tabela anterior a esta, as correlações são feitas de modo a esclarecer em quais momentos cada atividade fora contemplada. O bom desenvolvimento da SEI e no andamento de sua aplicação, facilitou os processos de ensino, bem como a avaliação da aprendizagem adquirida, que diferente do método de ensino tradicional onde faz-se uso apenas de aulas expositivas, esse planejamento possibilitou que os estudantes trabalhassem e construção de outras habilidades, sejam elas mecânicas ou cognitivas.

Por fim, foram observadas muitas vantagens acerca da utilização da proposta feita. Os principais pontos positivos estão relacionados:

- No fomento de uma compreensão mais profunda dos fenômenos físicos;
- Na promoção de habilidades e raciocínio lógico;
- Envolvimento dos estudantes em atividades que explicitem a natureza da pesquisa científica;
- Permitir aos estudantes gerarem e testarem hipóteses;
- Apresentar uma versão simplificada da realidade pela destilação de conceitos abstratos em seus mais importantes elementos;
 - Tornar conceitos abstratos mais concretos;
 - Traduzir e solucionar um problema do cotidiano em um conhecimento técnico e científico;

Como em qualquer pesquisa, existirão as dificuldades e lacunas perpassadas ao longo de sua construção. Neste caso, essas dificuldades dizem respeito ao difícil controle de grupo, uma vez que o ensino voltado a construção de projetos, sobretudo utilizando metodologias sequenciais que ocupam muitos encontros deixa brechas para situações que fogem do controle do pesquisador ou professor.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia empregada mostrou-se muito flexível em sua aplicação durante todas as cinco etapas da SEI. Os resultados das ações foram extremamente positivos, tanto sob a ótica de aplicação do conteúdo quanto no que diz respeito a qualidade das tarefas realizadas pelos discentes. Destaca-se aqui as produções dos relatórios, que viabilizaram a sistematização coletiva entre os alunos de forma integral, em que estes precisaram manter um nível de organização adequado para uma boa produção textual.

Através da análise dos resultados foi possível constatar a evolução da apropriação dos conhecimentos dos alunos ao acompanhar cada etapa da SEI. Nesse sentido, ressalta-se a importância de uma boa elaboração da problematização contextualizada contida na primeira etapa da SEI, pois esta tem um papel fundamental para o bom andamento das atividades. Ainda sobre as atividades, é possível observar que as propostas agregadas na SEI não assumiram caráter estático e engessado em nenhum momento e que foram sendo construídas gradativamente, adaptando-se às atividades e aos recursos disponíveis. Estas apenas delinearão as possibilidades e ferramentas a serem adotadas.

Ao final da SEI, concluiu-se o conjunto de atividades obtendo uma resposta para a problematização feita, aferindo positivamente as possibilidades de se trabalhar com circuitos elétricos de corrente alternada através da experimentação virtual e laboratorial. Além disso, a SEI atingiu os principais objetivos elencados por Carvalho (2013, p.38), essencialmente nas atividades chaves. Apontamos ainda o momento final de conversação entre alunos e professor como ponto diferencial desta pesquisa, pois esse diálogo possibilitou uma apropriação mais didática aos alunos acerca do que foi feito por eles durante o desenvolvimento das atividades da SEI.

A tradução dos conhecimentos prévios e da teoria estudada para a construção de um conhecimento técnico e científico no momento da elaboração das produções textuais e do projeto final são as principais contribuições desta pesquisa para a área de ensino.

REFERÊNCIAS

Abegg, I., Ramos, D. B. (2013). Investigação de ferramentas e métodos de ensino de circuitos de corrente alternada para Curso Introdutório de Eletrotécnica. *Revista Dynamis*, 19(1), 30-42.

Alison, R. B y Leite, A. E. (2016). Possibilidades e dificuldades do uso da experimentação no ensino da física. *Cadernos PDE*, 1(8). Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_artigo_fis_utfpr_rosanebrumalison.pdf. Acesso em: 23 set. 2019.

Aquino, A. A. y Lavor, O. P. (2020). Ensino de instalações elétricas residenciais: uma sequência didática a partir de uma aplicação mobile. *Revista REAMEC*, 8(2), 125-146. <http://dx.doi.org/10.26571/reamec.v8i2.9862>.

Bonadiman, H y Nonenmacher, S. E. B. (2003). Ensino de Física: uma proposta metodológica. *IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Bauru, São Paulo, p.25-29.

Boylestad, R. L. (2012). *Introdução à análise de circuitos*. 12. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil.

Carvalho, A. M. P. (2013). (Org.). O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: CENCAGE Learning.

Carvalho, A. M. P. y Sasseron, L. H. (1998). *Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico*. São Paulo: Scipione.

Costa, G. y Catunda, T. (2009). *Circuitos elétricos segundo a abordagem de demonstrações investigativas: resultados preliminares*. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0198-1.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2020.

Feitosa, M. C., Aquino, A. A. y Lavor, O. P. (2020). Ensino de retas e planos com auxílio do software Geogebra 3D Mobile. *Revista REAMEC*, 8(2), 374-391. DOI: 10.26571/reamec.v8i2.10042

Gussow, M. (2009). *Eletricidade Básica*. 2. ed. São Paulo: Pearson Makron Books.

Macêdo, J. A. y Dickman, A. G. (2009). Simulações computacionais como ferramentas auxiliares ao ensino de conceitos básicos de eletricidade. *XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF*, Vitória/ES.

Miranda, R. M. y Bechara, M. J. (2004). Uso de simulações em disciplinas básicas de mecânica em um curso de licenciatura em física. *Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 9, Jaboticatubas, MG. Anais*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física.

Moreira, M. A. (2013). Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. *XI Conferencia Interamericana sobre Enseñanza de la Física*, Guayaquil.

Pacca, J. L. A. et al. (2003). Corrente elétrica e circuito elétrico: algumas concepções do senso comum. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, 20(2), 151-167.

Piaget, J. (1978). *A tomada da consciência. Tradução de Edson Braga de Souza*. São Paulo: Melhoramentos.

Santos, A. V. dos, Santos, S. R. y Fraga, L. M. (2002). Sistema de realidade virtual para simulação e visualização de cargas pontuais discretas e seu campo elétrico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24(2), 185-195.

Scarpatti, R. (2018). *Atividades computacionais e experimentais como ferramentas de ensino da eletricidade*. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Exatas, Universidade do Vale do Taquari, Lajeado.

Vygotsky, L. S. (1999). *Formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. Tradução de José Cipolla Netto et al. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes.