

Aprendizagem significativa em circuitos elétricos: uma abordagem interativa com UEPS e tecnologias educacionais

EDVCATIO PHYSICORVM



ISSN 1870-9095

Michele Maria Paulino Carneiro¹, José Wally Mendonça Menezes¹,
Mairton Cavalcante Romeu¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, campus
Fortaleza, Av. Treze de Maio, 2081, Fortaleza, 60040-531, Ceará, Brasil.

E-mail: michele.paulino02@aluno.ifce.edu.br

(Recibido el 23 de octubre de 2023, aceptado el 16 de febrero de 2024)

Resumo

O presente artigo apresenta uma proposta de sequência didática baseada na teoria da aprendizagem significativa e nas unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS) para o ensino de circuitos elétricos no ensino médio. O objetivo do estudo foi investigar a eficácia dessa sequência didática no desenvolvimento da compreensão dos alunos. A metodologia utilizada envolveu a aplicação de simulações computacionais, práticas experimentais com robótica, *quizzes online* e mapas conceituais. Os resultados indicaram que os alunos apresentaram pouca compreensão do tema nos mapas conceituais, porém, considerando a falta de familiaridade com essa ferramenta, essa limitação pode ser compreendida. Por outro lado, o relatório experimental e o *quiz* demonstraram um bom nível de compreensão dos conceitos básicos de circuitos elétricos. Sugere-se para futuras pesquisas o aprimoramento da confecção de mapas conceituais e a exploração de estratégias adicionais de aprendizagem significativa.

Palavras-chave: Sequência Didática, Aprendizagem Significativa, Circuitos Elétricos.

Abstract

This article presents a proposal for a didactic sequence based on the theory of meaningful learning and potentially meaningful teaching units (PSUs) for teaching electrical circuits in high school. The aim of the study was to investigate the effectiveness of this didactic sequence in developing students' understanding. The methodology used involved the application of computer simulations, experimental practices with robotics, online quizzes and concept maps. The results indicated that the students showed little understanding of the topic in the concept maps, but considering their lack of familiarity with this tool, this limitation can be understood. On the other hand, the experimental report and the quiz showed a good level of understanding of the basic concepts of electrical circuits. It is suggested that future research improve the use of concept maps and explore additional strategies for meaningful learning.

Keywords: Didactic Sequence. Meaningful Learning. Electrical Circuits.

I. INTRODUÇÃO

O ensino de física vem enfrentando desafios notáveis, incluindo à baixa motivação e engajamento dos alunos nas aulas, falta de conexão entre os conteúdos estudados e a vida cotidiana, além de dificuldades em promover a aprendizagem significativa dos conceitos científicos.

Segundo pesquisas [1, 2], o ensino de física frequentemente se apoia em métodos tradicionais e conteudistas, com uma ênfase excessiva na memorização de fórmulas e definições. Isso pode resultar em uma aprendizagem superficial e descontextualizada. Além disso, a carência de recursos e materiais didáticos adequados, juntamente com a falta de práticas experimentais e atividades interativas, dificulta a compreensão dos fenômenos físicos de forma significativa [3, 4].

Nesse contexto, torna-se fundamental explorar abordagens pedagógicas que promovam a aprendizagem

significativa e encoragem a participação ativa dos alunos no processo de ensino e aprendizagem. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e as unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS) de Marco Antonio Moreira surgem como referências teóricas importantes para embasar estratégias de ensino que visem superar esses desafios. Uma aprendizagem significativa vai além da mera memorização de informações, buscando promover a compreensão profunda e a aplicação dos conceitos físicos no dia a dia dos estudantes [5, 6].

Portanto, o objetivo principal deste artigo é propor uma sequência didática que tenha como foco promover a aprendizagem significativa dos conceitos de circuitos elétricos. A sequência didática refere-se a uma organização cuidadosamente planejada de atividades de ensino e aprendizagem que tem como objetivo facilitar a construção do conhecimento de maneira gradual e articulada. Conforme apontado por o Krasilchik [7], uma sequência didática bem

estruturada permite a integração dos conhecimentos prévios dos estudantes, a utilização de diferentes recursos e a criação de situações desafiadoras que estimulem o pensamento crítico e a resolução de problemas.

Nesse sentido, propõe-se a utilização de uma variedade de recursos pedagógicos, tais como simulações computacionais, mapas conceituais, experimentos práticos com robótica e questionários online. A variedade de recursos proporciona aos alunos uma experiência diversificada e engajadora, o que pode, por sua vez, contribuir para uma aprendizagem mais significativa [8]. Dessa forma busca-se estabelecer conexões entre os conceitos de circuitos elétricos e a vida cotidiana dos alunos, facilitando a compreensão e aplicação dos conhecimentos adquiridos.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

A. A Teoria da aprendizagem significativa na perspectiva de David Ausubel

David Ausubel é o principal proponente da Teoria da Aprendizagem Significativa, uma abordagem pertencente à psicologia cognitiva que coloca ênfase na aprendizagem com significado. Esse processo ocorre quando novos conhecimentos adquirem significado para o aprendiz, permitindo-lhe a capacidade de explicar com suas palavras e aplicar os conhecimentos a novos problemas [6]. Por outro lado, na aprendizagem mecânica, o aluno assimila novas informações de maneira arbitrária, ou seja, sem conexão com conceitos relevantes já existentes em sua estrutura cognitiva, o que dificulta a retenção. Um exemplo desse método é a simples memorização de fórmulas matemáticas, leis e conceitos [9].

De uma maneira geral, para que ocorra uma aprendizagem significativa, é fundamental atender a pelo menos três requisitos: a disposição para aprender; a utilização de um material potencialmente significativo e a presença de conhecimentos prévios que permitam ancorar as novas informações. Moreira [9, p.1] entende a predisposição para aprender como “[...] um esforço deliberado, cognitivo e afetivo, para relacionar de maneira não-arbitrária e não-litera os novos conhecimentos na estrutura cognitiva”. O ensino abrange responsabilidades mútuas, no entanto, aprender de forma significativa é uma tarefa do aluno que não pode ser compartilhada pelo professor.

Nesse sentido, a problematização surge como uma das principais fontes de motivação intrínseca ao ser humano. Estimular essa abordagem é essencial para estabelecer um ambiente educacional que represente um desafio intelectual para os alunos, incentivando-os a buscar conhecimento. Os estudantes sentem-se mais motivados quando as atividades que realizam fazem sentido, o que naturalmente os levam a envolverem-se mais no processo de aprendizagem [9].

Dentro do contexto da AS, o professor desempenha o papel de mediador, auxiliando o aluno a aprender a aprender. Para cumprir essa função, cabe ao professor utilizar materiais potencialmente significativos, estimulando uma atitude positiva por parte do estudante [9]. Em relação

à seleção e utilização de materiais potencialmente significativos, Ausubel [6] ressalta dois pontos indispensáveis:

(1) que o próprio material de aprendizagem possa estar relacionado de forma não arbitrária (plausível, sensível e não aleatória) e não literal com qualquer estrutura cognitiva apropriada e relevante (i.e., que possui significado ‘lógico’) e

(2) que a estrutura cognitiva particular do aprendiz contenha ideias ancoradas relevantes, com as quais se possa relacionar o novo material [6, p.1].

Entretanto, na ausência de estruturas cognitivas relevantes e inclusivas que sirvam de ancoradouro para a nova aprendizagem, é possível recorrer aos organizadores prévios. Estes organizadores desempenham o papel de ancoradouro provisório, levando ao desenvolvimento de conceitos, ideias e proposições relevantes que facilitam a aprendizagem posterior.

De acordo com as teorias de Moreira [10] e Ausubel [6], os organizadores prévios, também conhecidos como organizadores avançados, são materiais introdutórios apresentados ao aluno antes de confrontá-lo com o próprio material de aprendizagem. Sua função é auxiliar o aprendiz a compreender as conexões entre os novos conhecimentos e aqueles que já possuem, mas não estão evidentes. Para isto, esses organizadores devem ser apresentados em um nível mais elevado de abstração, generalidade e inclusividade.

Na visão de Ausubel, o conhecimento prévio é o fator isolado mais importante para a aprendizagem significativa de novos conhecimentos. No entanto, esses conhecimentos prévios não podem ser qualquer ideia. Eles devem ser conhecimentos específicos e relevantes, conhecidos como subsunçores, que permitem dar significado ao novo conhecimento que lhe é apresentado ou descoberto por meio da interação com este. Como explica Moreira [10, p. 1, grifo do autor], “[...] conceitos mais relevantes e inclusivos interagem com a nova informação funcionando como “ancoradouro”, ou seja, assimilando o novo material e, ao mesmo tempo, modificando-se em função dessa ancoragem”. Com isto, uma nova ideia adquire significado para o indivíduo.

Além disso, a teoria de Ausubel destaca dois processos fundamentais: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. A diferenciação progressiva refere-se ao processo de atribuição de um novo significado a um subsunçor, devido a diversas interações, para dar significado a novos conhecimentos. Isso resulta em uma ampliação, diferenciação, refinamento e enriquecimento do subsunçor [10]. Este princípio estabelece que tanto a aprendizagem em geral quanto a organização das matérias ocorrem de maneira hierárquica, avançando de um nível mais abstrato, geral e inclusivo para um nível mais específico e detalhado [6].

A reconciliação integradora é um processo que pode ocorrer simultaneamente à diferenciação progressiva, e se concentra em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências e integrar significados [10]. Este conceito torna-se evidente quando o professor e/ou os materiais de ensino confrontam explicitamente as semelhanças e diferenças confusas entre novas ideias e os conhecimentos

prévios relevantes que fazem parte da estrutura cognitiva do aluno [6].

B. Unidades de ensino potencialmente significativa (UEPS)

A aprendizagem significativa não é sinônimo de aprendizagem de material significativo. Em primeiro lugar, o material de aprendizagem apenas é potencialmente significativo. Em segundo, é necessário haver um mecanismo de aprendizagem significativa [6]. Conforme observado por Andrade e colaboradores [11], a teoria da aprendizagem significativa deixa duas questões em aberto: como acessar a estrutura de conhecimento e como organizar o conteúdo de forma para promover tal aprendizagem.

Nessa perspectiva, Moreira [5, p. 67] propõe a criação de unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS), as quais podem ser descritas como “sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula”.

Segundo Moreira [5], os conhecimentos prévios são o princípio fundamental que influencia significativamente na aprendizagem significativa e serve como base para o desenvolvimento das sequências didáticas. Além disso, ele ressalta a importância de integrar pensamentos, sentimentos e ações no indivíduo que está aprendendo.

Em sua obra de 2003, Moreira [9] também defende o uso de situações-problema experimentais no ensino de ciências. Dessa maneira, os alunos podem observar os fenômenos diretamente e construir modelos mentais que não sejam apenas funcionais para eles mesmos, mas também estejam em conformidade com os modelos científicos estabelecidos.

Na elaboração da UEPS, é essencial considerar não apenas a ênfase em situações-problema, mas também os princípios de diferenciação progressiva, reconciliação integrada e consolidação. Além disso, é crucial considerar o papel da linguagem e da interação social na captação de significados. Assim, a UEPS deve promover atividades colaborativas, embora também possa incluir atividades individuais [5].

Por fim, o autor destaca que, em todas as etapas da UEPS, é fundamental empregar uma variedade de materiais e estratégias de ensino. Deve-se também incentivar o questionamento, o diálogo e o pensamento crítico, em vez da mera memorização de respostas pré-definidas. Com base nessa abordagem, Moreira [5] estabelece oito passos para a elaboração da UEPS:

1. Definição do tópico específico a ser abordado;
2. Proposição de situações que visem a externalização dos conhecimentos prévios dos alunos;
3. Proposição de situações-problema em nível introdutório, que podem funcionar como organizadores prévios;
4. Apresentação do conhecimento levando em conta a diferenciação progressiva, partindo dos aspectos mais geral para os mais específicos, seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos;

5. Retomada dos aspectos mais gerais, promovendo a reconciliação integradora por meio de uma nova apresentação e situações-problema em nível crescente de complexidade, seguida de atividade colaborativa;

6. Conclusão da unidade, retomando as características mais relevantes do conteúdo, levando em conta a diferenciação progressiva numa perspectiva integradora. Em seguida, propor novas situações-problema em nível mais alto de complexidade que devem ser resolvidas de forma colaborativa e apresentadas ao grande grupo;

7. Avaliação formativa ao longo de toda a UEPS, buscando evidências de aprendizagem significativa. E avaliação somativa individual após o sexto passo;

8. A UEPS terá um resultado satisfatório quando for evidenciada a captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, e de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema.

III. PERCURSO METODOLÓGICO

A pesquisa se apresenta como um estudo de caso. E do ponto de vista metodológico possui um caráter misto, com uma abordagem qualitativa na utilização e análise dos relatórios experimentais, e uma abordagem quantitativa no *quiz online*.

Segundo Moreira [12, p. 86], “o estudo de caso é um termo genérico para a pesquisa de um indivíduo, um grupo ou um fenômeno”. Assim, o estudo de caso se insere em uma abordagem abrangente de pesquisa, na qual as propriedades de uma parte são fortemente influenciadas pelo contexto em que estão inseridas. Essa perspectiva presume que os componentes de uma situação educacional estão interligados e inseparáveis, de modo que uma alteração em um desses componentes acarreta modificações nos demais.

A. Contexto de implementação da pesquisa

A descrição da amostra de alunos participantes desempenha um papel significativo na metodologia da pesquisa, uma vez que fornece informações sobre os estudantes que são cruciais para entender o contexto em que a sequência foi aplicada e para interpretar os resultados obtidos.

Os participantes deste estudo foram selecionados de uma turma do segundo ano do ensino médio técnico integrado em química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). A escolha da amostra foi realizada considerando a disponibilidade e consentimento dos alunos, bem como o fato de estarem matriculados na disciplina de física no momento em que a pesquisa foi implementada.

A turma escolhida foi composta por 25 alunos, cujas idades que variavam entre 16 e 18 anos. No entanto, apenas 13 alunos estiveram envolvidos em todas as atividades de coleta de dados. A amostra incluiu estudantes de ambos os gêneros, procurando assegurar uma representação equitativa. É importante observar que todos os alunos da turma receberam um convite para participar da sequência didática, e aqueles que aceitaram foram incluídos no estudo.

B. Procedimentos de coleta de dados

Para a coleta de dados, empregou-se um conjunto de três instrumentos: o relatório do experimento, o mapa conceitual e o *quiz online*. O relatório do experimento consistiu em quatro perguntas que se relacionavam com a atividade prática que envolveu robótica e circuitos elétricos. O propósito desse relatório foi de registrar os resultados e conclusões decorrentes da prática, com o intuito de avaliar a compreensão dos alunos.

Os mapas conceituais foram elaborados de forma colaborativa, em pequenos grupos de alunos. Nessa atividade, os estudantes foram encorajados a representar visualmente os conceitos adquiridos durante a sequência didática por meio de um mapa hierárquico, evidenciando as relações entre os conceitos. Essa abordagem permitiu verificar a estruturação dos conhecimentos dos alunos e como eles organizaram os conceitos em sua representação.

Por fim, a coleta de dados também incluiu a aplicação de um *quiz online* ao término da sequência, o qual abrangeu dez perguntas associadas aos conceitos de circuitos elétricos que foram abordados ao longo das etapas. As questões do *quiz* foram cuidadosamente formuladas para avaliar tanto a compreensão conceitual dos alunos quanto a habilidade de aplicar os conhecimentos adquiridos em situações-problema, com a finalidade de servir como uma avaliação somativa.

Todos os instrumentos de coleta de dados foram empregados ao longo do decorrer da sequência didática. É relevante destacar que os alunos receberam orientações acerca da relevância da participação ativa e do seu envolvimento durante a utilização desses métodos.

IV. SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE CIRCUITOS ELÉTRICOS

A sequência didática tem como propósito permitir que os alunos construam uma base sólida de entendimento em relação aos conceitos fundamentais associados a circuitos elétricos, abrangendo tópicos como corrente elétrica, tensão, resistência, leis de Ohm e associação de resistores. O objetivo é que os estudantes possam estabelecer conexões entre esses conceitos e práticas do dia a dia. Por meio de simulações computacionais e experimentos práticos com robótica, os alunos terão a oportunidade de observar e analisar fenômenos elétricos reais, consolidando a relação entre a teoria e sua aplicação prática.

A seguir, no quadro 1, apresentam-se as etapas da UEPS juntamente com sua descrição, as atividades realizadas e os recursos utilizados, bem como o tempo estimado para a realização de cada uma dessas etapas.

A. Situação inicial

Depois de selecionar o tema específico a ser tratado, foram concebidas situações com o propósito de estimular o aluno a externalizar seus conhecimentos prévios, recurso essencial para a aprendizagem significativa. Para iniciar esse processo, realizou-se um debate com a turma, utilizando

questões que relacionam a eletrodinâmica às situações cotidianas dos alunos.

QUADRO 1. Descrição das etapas da UEPS.

Etapa	Descrição	Atividade/recursos utilizados	Tempo (h/a)
1	Definição do tópico específico a ser abordado	Circuitos elétricos simples	-
2	Proposição de situações que visem a externalização dos conhecimentos prévios.	Diálogo prévio: realizar um debate por meio das questões sugeridas no quadro 2.	1 h/a
3	Proposição de situações-problema em nível introdutório, que podem funcionar como organizadores prévios e proporcionar a geração de subsunçores.	Apresentação das simulações PhET: "Circuito bateria-resistor", "Sinal de circuito", "Lei de Ohm" e "Resistência em um fio".	1 h/a
4	Apresentação do conhecimento levando em conta a diferenciação progressiva, partindo dos aspectos mais geral para os mais específicos.	Exposição dialogada por meio do Prezi.	1 h/a
4	Atividade colaborativa em pequenos grupos.	Elaboração de MC, seguida de apresentação para a turma.	2 h/a
5	Retomada dos aspectos mais gerais, promovendo a reconciliação integradora.	Exposição dialogada	1 h
5	Propor situações-problema em nível crescente de complexidade.	Prática experimental com robótica	2 h/a
6	Conclusão da unidade, retomando as características mais relevantes do conteúdo, levando em conta a diferenciação progressiva numa perspectiva integradora.	Exposição dialogada	1 h/a
7	Avaliação formativa ao longo de toda a UEPS, e avaliação somativa individual.	Aplicação do quiz Plickers.	1 h/a
8	Verificar se houve aprendizagem significativa.	A UEPS terá um resultado satisfatório quando for evidenciada captação de significados.	-

O quadro 2 explicita as questões sugeridas para o diálogo inicial com a turma.

QUADRO 2. Questões sugeridas para o diálogo prévio [13].

Q1	Já perceberam que em baterias, tais como a de celulares, há a descrição de sua voltagem? O que é a voltagem das baterias? Quais são as semelhanças e diferenças entre voltagem, tensão elétrica e diferença de potencial?
Q2	Alguém já tomou choque tocando em uma bateria de celular? Para tomar choque o que deve ocorrer? O que é o choque elétrico? E o que acontece no curto-circuito?
Q3	O que é corrente elétrica? Qual é a unidade de medida de corrente elétrica? O que é corrente contínua e corrente alternada? Qual é a diferença entre elas?
Q4	O ar conduz corrente elétrica? O que é o raio e por qual motivo ele passa pelo ar?
Q5	Já viram a descrição da potência elétrica em algum aparelho? Exemplifique. O que é potência elétrica e qual é sua unidade de medida?
Q6	Quais são as condições mínimas para que haja corrente elétrica em um circuito elétrico?
Q7	Quais elementos de circuito elétrico vocês conhecem? Qual é o papel de cada um desses elementos?

Sendo este o primeiro encontro com a turma, bem como, o primeiro contato dos alunos com o conteúdo, as questões foram abordadas em um nível introdutório. O professor facilitou o diálogo, incentivando os alunos a compartilharem suas ideias sem intervir de maneira corretiva.

B. Organizadores prévios

Após a identificação dos conhecimentos prévios dos alunos, foi observada uma carência de estruturas cognitivas significativas nos estudantes. Portanto, optou-se pela utilização de organizadores prévios. Conforme Moreira [10], a aprendizagem significativa pressupõe a existência na estrutura cognitiva de conceitos e ideias relevantes. Quando essa condição não se verifica, torna-se necessário apresentar materiais introdutórios em um nível mais elevado de abstração, generalidade e inclusividade, os quais irão fornecer ancoradouro para o novo conhecimento.

Nesse contexto, algumas simulações computacionais (conforme detalhado no QUADRO 1) foram empregadas para preparar o terreno para a apresentação do conhecimento que seria ensinado. Utilizou-se o *software* de simulações *PhET*, desenvolvido pela Universidade de Colorado Boulder, que oferece simulações interativas gratuitas nas áreas de Matemática e Ciências. Este *software* disponibiliza 99 simulações direcionadas para a disciplina física.

Entre as simulações, destaca-se a chamada "circuito-bateria-resistor", a qual tem como objetivo ilustrar, por meio de um circuito elétrico simples, o movimento dos elétrons, à medida que se altera a resistência e tensão. Enquanto manuseava a ferramenta, o professor apresentou aos alunos os seguintes questionamentos: Quando a resistência do resistor é aumentada ou diminuída, o que acontece com a corrente no circuito? Qual é o impacto na velocidade das esferas azuis? E na temperatura do resistor? E nas partículas verdes? Essas mesmas perguntas foram repetidas para o caso de aumentar ou diminuir a voltagem.

A figura 1 explicita a simulação computacional *PhET* denominada "circuito bateria-resistor" utilizada como organizador prévio.

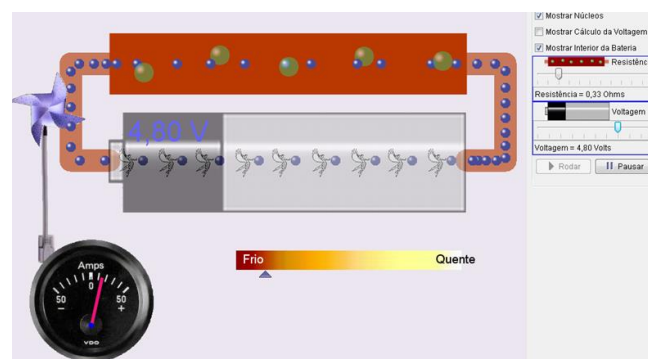


Figura 1. Simulação *PhET* "Circuito bateria-resistor".

Essa simulação, assim como as outras usadas como organizadores prévios, possibilita a abordagem de diversos temas ligados aos circuitos elétricos, incluindo a origem dos elétrons que compõem a corrente elétrica, o sentido real e convencional da corrente, bem como a diferença entre circuito aberto e circuito fechado, entre outros tópicos relacionados.

C. Apresentação do conhecimento

Nesta etapa, foram apresentados os conceitos relacionados ao tópico em estudo, começando com aspectos mais gerais e inclusivos, abordando os pontos principais, sempre utilizando exemplos e apresentando alguns aspectos específicos. Conforme Moreira [10] sugere, a aprendizagem é facilitada quando o professor inicia com uma visão geral, em um nível de abstração mais elevado, estabelecendo uma "ponte" entre o conhecimento prévio do aluno e o que ele precisa saber para aprender significativamente o conteúdo da aula.

Como estratégia de ensino, optou-se pela abordagem de aula expositiva dialogada, na qual o conteúdo é apresentado ao mesmo tempo em que o professor estimula os alunos a questionar, interpretar e discutir o tema em estudo. Para que isso ocorra de maneira eficaz, é crucial que os conhecimentos prévios dos estudantes sejam levados em consideração e utilizados como ponto de partida, conforme recomendado por Anastasiou e Alves [14].

Para facilitar esse processo, foi empregado um recurso computacional, o *software* de apresentação *Prezi* (conforme ilustrado na FIGURA 2). O *Prezi* é uma ferramenta de criação de apresentações em HTML5, baseada na computação em nuvem, que oferece diversas opções de *zoom* e rotação, criando um forte impacto visual. A plataforma utiliza o conceito de mapas mentais, permitindo assim a liberdade criativa e a capacidade de adicionar elementos às apresentações em um formato não linear. Além disso, oferece uma versão gratuita que pode ser utilizada diretamente pelo navegador.

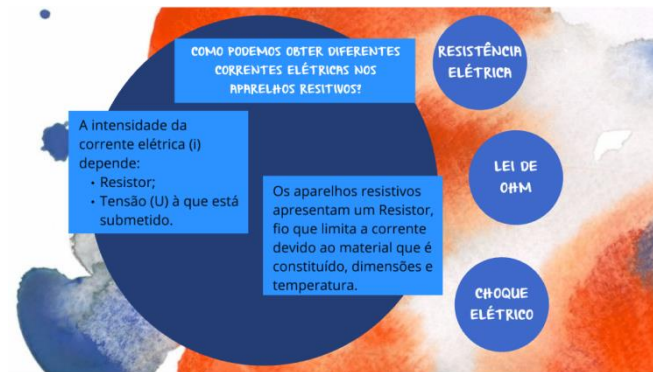


FIGURA 2. *Software* de apresentação *Prezi*.

Após este momento, os alunos participaram de uma atividade em grupo voltada para a elaboração de mapas conceituais. Para isso foram seguidas as seguintes etapas, descritas por Moreira [15]: 1) identificar os conceitos-chave do conteúdo; 2) organizar os conceitos, começando pelos mais abrangentes; 3) adicionar conceitos mais específicos; 4) conectar os conceitos com linhas e palavras-chave para formar proposições; 5) procurar relações horizontais e cruzadas; 6) incluir exemplos na parte inferior do mapa; 7) compartilhar o mapa com os colegas e analisar os mapas criados por eles. Em seguida, houve a retomada dos aspectos mais gerais, promovendo a reconciliação integradora, por meio de uma nova exposição dialogada.

D. Situações-problema

Prosseguindo com a unidade de ensino, foram apresentadas situações-problema em grau crescente de complexidade em relação às situações anteriores. A atividade consistiu de uma prática experimental, envolvendo robótica educacional. A plataforma utilizada no experimento possui dois motores de corrente contínua de 3 volts, que estão acoplados a engrenagens para aumentar o torque sem diminuir a velocidade. Na parte superior da plataforma, existe uma matriz de contatos (*protoboard*) de 400 furos, um interruptor, quatro terminais para ligar os motores e a bateria, bem como *LEDs* indicadores (conforme ilustrado na FIGURA 3).

É importante ressaltar que, antes de iniciar a atividade prática, os alunos receberam uma breve instrução sobre o funcionamento da *protoboard*, com ênfase na sua relevância para a montagem de circuitos elétricos em ambiente de laboratório. Para auxiliar na execução em grupo, o professor

elaborou um guia com os procedimentos a serem seguidos e, ao final da prática, apresentou um questionário com quatro questões relacionadas à atividade.

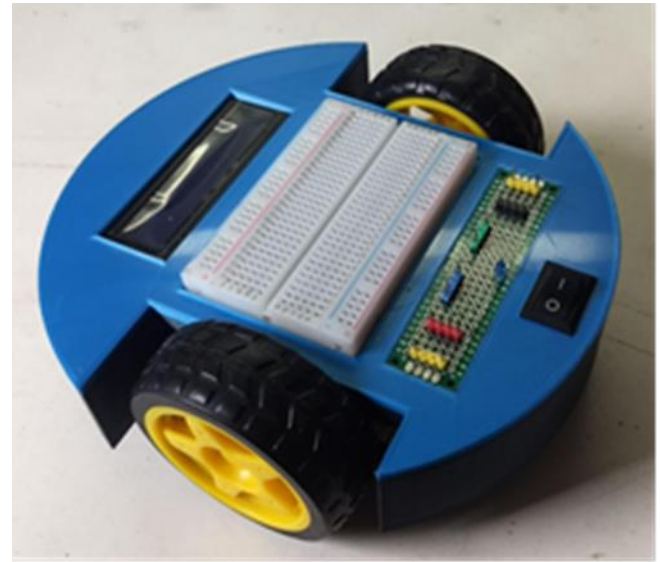


FIGURA 3. Plataforma robótica [16].

No decorrer da atividade, os alunos montaram o circuito da plataforma robótica usando resistores e fios *jumpers* na *protoboard*. Através de configurações variadas, os estudantes tiveram a oportunidade de notar variações no movimento do robô.

E. Avaliação Somativa

Conforme Moreira [5] destaca, após o sexto passo da UEPS, devem ser apresentadas questões/situações que impliquem compreensão, evidenciando a captação de significados e a capacidade de transferência. No entanto, na avaliação do desempenho do aluno na UEPS, é crucial que tanto a avaliação formativa (que engloba situações, tarefas resolvidas colaborativamente e registros do professor) quanto a avaliação somativa sejam consideradas em igual medida.

Para a avaliação somativa foi aplicado um questionário por meio do aplicativo *Plickers*, composto por 10 perguntas. O objetivo desta atividade não é apenas avaliar os conhecimentos recentemente adquiridos pelos alunos, mas também consolidá-los. Além disso, a atividade visa fornecer um *feedback* imediato, já que essa ferramenta permite que sejam visualizadas as porcentagens de respostas corretas de cada aluno ao termo da avaliação.

O *Plickers* é uma ferramenta de resposta para sala de aula que oferece várias vantagens, das quais se destacam: não requer dispositivos individuais para cada aluno, em vez disso, utiliza cartões de resposta impressos; oferece *feedback* rápido, permitindo aos professores avaliar o entendimento dos alunos em tempo real; promove a participação ativa de todos os estudantes, incentivando até mesmo os mais tímidos a contribuir; e ainda economiza tempo ao agilizar a coleta de respostas e simplificar a análise dos resultados de forma eficiente.

V. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A. Mapas conceituais

A seguir, apresenta-se o resultado dos mapas conceituais construídos pelos alunos. A turma foi dividida em três grupos formados por 4 a 5 pessoas. Cada grupo elaborou um mapa conceitual. A figura 4 explicita o mapa elaborado pela Equipe 1, o qual apresenta uma quantidade limitada de informações e conexões entre os conceitos. Os conceitos, como eletricidade, corrente elétrica, resistência e condutores, estão representados de forma hierárquica e são interligados por palavras de ligação, formando as proposições.

No entanto, das quinze proposições formadas, apenas três foram consideradas válidas, pois a relação entre os conceitos não ficou clara em alguns casos, e em outros, foi devido à ausência de palavras-chave ou o uso indevido delas. Além disso, a equipe não utilizou exemplos para ilustrar a aplicação dos conceitos. Houve ainda duas tentativas de relação cruzada, uma delas ao relacionar os conceitos: tensão, corrente elétrica e resistência, porém não foi utilizada palavras de ligação para especificar a relação entre os conceitos.

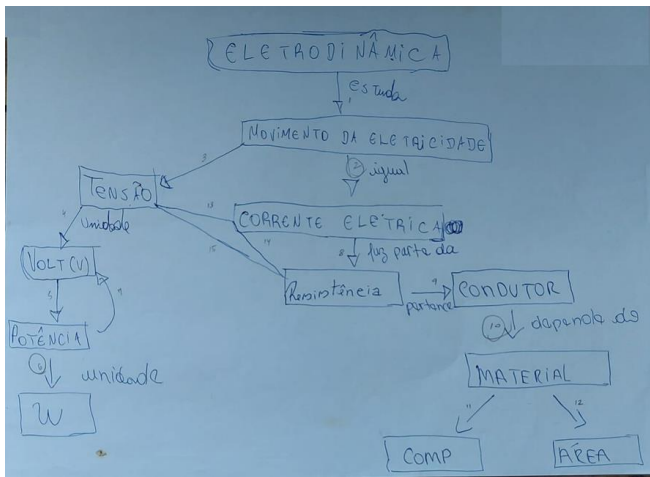


FIGURA 4. Mapa conceitual da equipe 1.

O mapa conceitual desenvolvido pela Equipe 2 pode ser visualizado na figura 5. Este mapa apresenta uma quantidade maior de conceitos e proposições comparado aos outros dois. Porém, das 17 proposições, apenas 1 foi considerada válida. Este número reduzido de proposições válidas deve-se a reduzida quantidade de palavras de ligação entre os conceitos. Tais palavras são fundamentais para estabelecer a relação de significado entre os conceitos. Esse resultado demonstra dificuldades dos alunos em estabelecer conexões mais abrangentes e elaboradas, bem como, a necessidade de um tempo maior de treinamento na elaboração dos mapas. Apesar disso, o mapa apresenta hierarquia conceitual válida com três níveis hierárquicos e uma tentativa de relação cruzada.

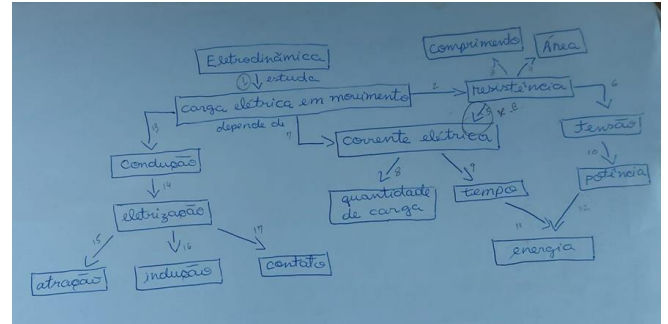


FIGURA 5. Mapa conceitual da equipe 2.

O mapa conceitual criado pela Equipe 3 está explicitado na figura 6, onde pode-se identificar 13 proposições, a menor quantidade entre os três mapas aqui apresentados. No entanto, assim como os demais, este possui poucas proposições válidas. Os conceitos utilizados pela equipe podem ser considerados válidos, por estarem relacionados aos circuitos elétricos. Porém, a conexão entre eles não ficou clara no texto, pela ausência de palavras de ligação. Além disso, o mapa não apresenta relações cruzadas nem exemplos.

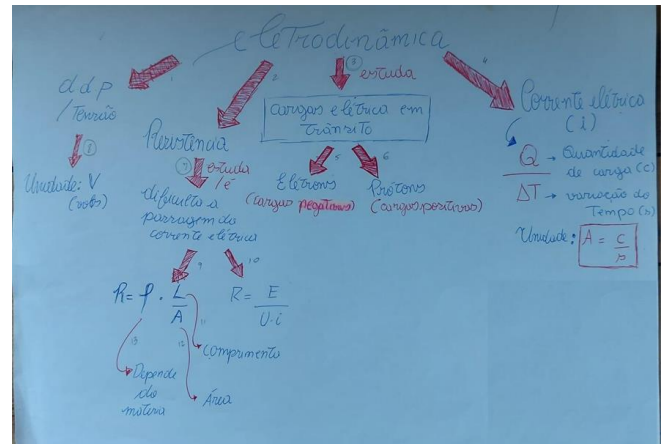


FIGURA 6. Mapa conceitual da equipe 3.

É relevante enfatizar que a análise dos mapas conceituais seguiu a metodologia de pontuação estabelecida por Novak e Gowin [17], atribuindo pontos para cada proposição válida, hierarquia, relação cruzada e exemplo. Essa avaliação permitiu aferir a qualidade e a profundidade dos mapas, fornecendo uma medida objetiva da aprendizagem significativa alcançada pelos alunos, conforme demonstrado no quadro 3.

A pontuação total é obtida somando-se todas as pontuações atribuídas aos elementos válidos presentes no mapa. Dessa forma, é possível avaliar o grau de compreensão e estruturação dos conhecimentos demonstrados pelos alunos [19].

QUADRO 3. Pontuação dos Mapas conceituais.

	MC 1	MC 2	MC 3
Proposições totais	15	17	13
Proposições válidas	3 (3 pontos)	1 (1 ponto)	2 (2 pontos)
Hierarquia	4 (20 pontos)	3 (15 pontos)	3 (15 pontos)
Relações cruzadas	2 (20 pontos)	1 (10 pontos)	0
Exemplos	0	0	0
Conceitos totais	12	16	16
Conceitos válidos	11	16	15
Pontuação total	43 pontos	26 pontos	17 pontos

Observando o quadro 3 constata-se que mapa conceitual elaborado pela equipe 1 apresentou um desempenho superior em comparação com os outros dois. No entanto, de forma geral, todos mostraram um número reduzido de estruturas conceituais válidas. Isso pode sugerir uma compreensão limitada por parte dos alunos em relação aos conceitos de circuitos elétricos. Entretanto, é essencial considerar que a criação de mapas conceituais pode ser uma tarefa desafiadora, especialmente quando os alunos não estão familiarizados com essa técnica de representação do conhecimento.

Nesse contexto, é possível inferir que a falta de experiência na elaboração de mapas conceituais pode ter influenciado os resultados observados. Os alunos podem não ter tido a oportunidade anterior de desenvolver as habilidades necessárias para identificar proposições válidas, estabelecer hierarquias claras e criar relações cruzadas entre os conceitos. Essa lacuna pode ter afetado a qualidade e a profundidade dos MC produzidos.

B. Relatório experimental

Ao analisar o relatório experimental, examinaram-se as respostas dos alunos em cada questão, as quais estão detalhadas a seguir. Os alunos foram organizados em quatro equipes, cada uma composta por 3 a 4 integrantes, para realizar essa atividade.

Na questão 1, os alunos foram solicitados a esboçar o diagrama elétrico que descrevesse o funcionamento dos motores, com base em suas observações da montagem na plataforma robótica. As respostas estão apresentadas na figura 7.

Pode-se concluir que as equipes conseguiram representar o circuito elétrico, com os componentes bateria e motor elétrico ligados em série. É importante notar que a equipe 2 também incluiu os componentes interruptor e resistor, tendo sido este último, inserido em um determinado momento da prática. Assim, a representação esquemática da equipe 2 se destacou como a mais completa. Por outro lado, a equipe 4,

embora tenha usado o resistor, cometeu um erro ao conectá-lo em paralelo em vez de em série.

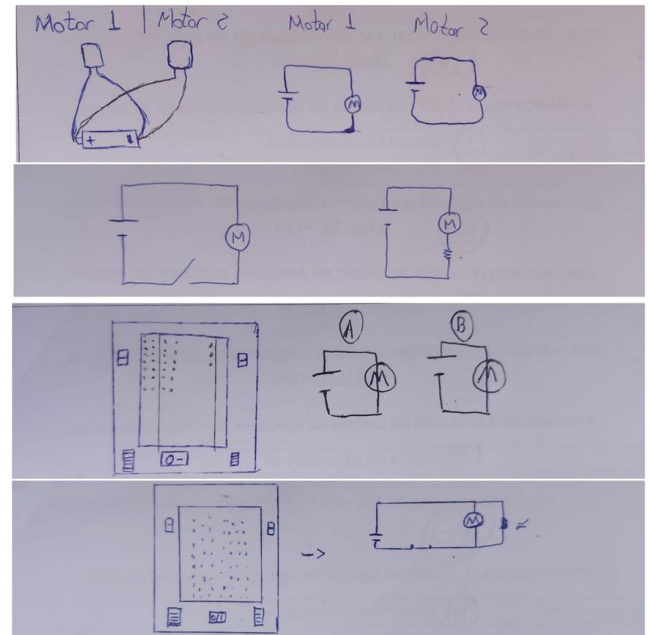


FIGURA 7. Resposta da questão 1 do relatório experimental pelas equipes 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

A questão 2 pediu para que os alunos relatassem a mudança observada no funcionamento do robô quando houve a inversão dos polos da bateria em relação ao motor, e justificassem sua resposta. A seguir apresentam-se as respostas de cada equipe.

- Equipe 1: “O sentido do movimento dos motores inverteu, pois o sentido da corrente elétrica mudou”.
- Equipe 2: “Ele mudou sua direção. Com a inversão dos polos, o motor começou a funcionar para o lado oposto, pois a corrente será alternada”.
- Equipe 3: “Ele andou no sentido inverso, pois o sentido da corrente foi alterado”.
- Equipe 4: “Quando houve a inversão dos polos, a corrente elétrica pôde passar corretamente causando consequentemente o funcionamento do carrinho”.

É possível concluir que a maioria dos estudantes compreendeu que ao inverter os polos da bateria em relação ao motor, o sentido da corrente elétrica também é invertido, resultando, assim, em uma mudança no sentido do movimento. A única exceção foi a equipe 4, que não destacou essa alteração no movimento do carrinho.

A questão 3, por sua vez, retratou sobre a função dos resistores ao serem inseridos no circuito elétrico, pedindo para que relatassem a principal mudança ocasionada por eles. As respostas das equipes são apresentadas a seguir.

- Equipe 1: “A velocidade de rotação do motor cujo circuito continha o resistor diminuiu, pois o resistor aumentou a resistência do circuito, diminuindo a intensidade da corrente”.
- Equipe 2: “Na velocidade do carrinho, pois a corrente foi diminuída”.

- Equipe 3: “Um lado desacelerou, ocasionando uma curva. Um dos lados o resistor atrapalhou a passagem da corrente elétrica”.
- Equipe 4: “Diminuição do fluxo da corrente elétrica, fazendo com que a força do motor fosse menor”.

Embora tenham empregado terminologia incorreta em suas respostas, todas as equipes conseguiram comunicar que o resistor resultou na diminuição da velocidade do carrinho, e que isso ocorreu devido a característica do resistor de dificultar o fluxo da corrente elétrica. Isso demonstra uma boa compreensão da função do resistor elétrico no circuito, que atua como limitador da corrente elétrica.

A questão 4 reforçou o mesmo assunto abordado na questão 3, ao perguntar, se para reduzir a velocidade dos motores, a ligação dos resistores seria indicada. Todas as equipes responderam que sim, como pode-se ver a seguir. Na explicação, apesar de alguns termos mal empregados, enfatizaram que o resistor ofereceria uma resistência à passagem da corrente, e como consequência, a corrente diminuiria.

- Equipe 1: “Sim, pois a resistência da corrente aumentará, logo a corrente elétrica diminuirá”.
- Equipe 2: “Sim, porque diminui a corrente”.
- Equipe 3: “Sim, pois atrapalha a passagem da corrente elétrica desacelerando a velocidade de um dos motores”.
- Equipe 4: “Sim, pois aumentará a resistência da corrente diminuindo a força do motor”.

De um modo geral, a análise dos relatórios indicou que a maioria dos alunos foi capaz de descrever de maneira precisa os procedimentos executados durante a atividade experimental. Além disso, demonstraram um nível satisfatório de compreensão dos conceitos fundamentais relacionados à prática, dos resultados obtidos e das conclusões derivadas das observações realizadas. No entanto, é importante notar que os alunos ainda apresentam confusões em relação a certos termos e conceitos físicos, ou os utilizam de forma incorreta.

C. Quiz online

No *quiz online*, os alunos responderam a um conjunto de dez questões relacionadas aos conceitos básicos de circuitos elétricos. Os resultados revelaram um bom nível de compreensão por parte dos alunos, com uma média geral de acertos de 85%. Isso indica que os alunos conseguiram aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo da sequência didática para responder corretamente às questões propostas.

O quadro 4 apresenta o percentual de acertos de cada aluno no questionário online, bem como o percentual de acertos da turma.

QUADRO 4. Percentagem de acertos no *quiz online* por aluno.

Alunos	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
Acertos (%)	90	80	90	80	100	100	70
Alunos	A8	A9	A10	A11	A12	A13	
Acertos (%)	60	30	100	90	60	90	
Total de acertos da turma (%): 85							

Ao examinarmos o quadro 4, fica evidente que quase todos os alunos, com a única exceção de um, alcançaram uma taxa de acertos de 60% ou mais. É notável o desempenho dos alunos A5, A6 e A10, que responderam corretamente a todas as questões. Por outro lado, o aluno A9 acertou menos da metade das questões.

Os percentuais de acertos por questão são apresentadas no quadro 5. Notavelmente, a questão 7 registrou o menor índice de respostas corretas, ou seja, 46%. Essa pergunta tinha o seguinte enunciado: “Para as lâmpadas de uma residência receber a mesma tensão, como deverão ser ligadas?” Nessa questão, 6 alunos marcaram a opção “em paralelo”, enquanto 7 alunos marcaram a opção “em série”. A resposta correta seria “em paralelo”. Este resultado sugere que esse tópico pode ter sido mais desafiador para os alunos. Todas as demais questões apresentaram um percentual de acertos superior a 60%.

QUADRO 5. Percentagem de acertos no *quiz online* por questão

Questões	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Acertos (%)	69	77	92	69	70
Questões	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Acertos (%)	92	46	92	92	100

Outras questões que obtiveram um nível razoável de acertos foram as questões Q1 e Q4, com uma taxa de acerto de 69%. A questão Q1 abordou o conceito de corrente elétrica e sua respectiva unidade de medida. Apesar da maioria dos alunos terem acertado, alguns confundiram o conceito de fluxo de elétron com força, bem como, escolheram outras unidades de medidas elétricas, como o volt. Na questão Q4, indagava-se o que aconteceria com a corrente elétrica se reduzíssemos a resistência do circuito mantendo a mesma tensão. Alguns alunos escolheram a opção “não se altera” ou “diminui”. No entanto, a maioria compreendeu que nessa situação a corrente aumenta.

As questões Q3, Q8, Q9 e Q10 obtiveram uma excelente taxa de acertos, com 92% ou 100%. Elas abordaram conceitos relacionados à resistência elétrica, potência elétrica, condutores, unidades e instrumentos de medida. Ao examinarmos as respostas de cada aluno individualmente, fica evidente que a maioria deles demonstrou um sólido domínio dos conceitos básicos relativos à corrente elétrica, tensão, resistência e à lei de Ohm.

VI. CONCLUSÃO

Neste artigo, foi delineada uma proposta de sequência didática que se concentra no ensino de circuitos elétricos, com base na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e nas etapas do modelo UEPS desenvolvido por Marco Antonio Moreira. A sequência didática adotou uma abordagem diversificada, incorporando recursos como simulações, mapas conceituais, experimentos e *quiz online*, com o objetivo de despertar o interesse dos alunos nas atividades e, conseqüentemente, promover uma aprendizagem significativa dos conceitos físicos. Essa unidade de ensino foi aplicada a uma turma de estudantes do

ensino médio, e os resultados alcançados foram detalhadamente apresentados e discutidos.

No que diz respeito aos mapas conceituais, os resultados indicaram um desempenho regular por parte dos alunos. Foi observado poucas proposições válidas e relações cruzadas, e a ausência de exemplos. No entanto, é relevante ressaltar que os alunos ainda não estavam habituados a utilizar essa ferramenta, o que pode ter influenciado o resultado. Essa constatação destaca a importância de fornecer orientações claras e promover práticas regulares de construção de mapas conceituais para aprimorar a habilidade dos alunos nessa técnica de representação do conhecimento.

No experimento prático, verificou-se que os alunos demonstraram compreender a função do resistor no circuito elétrico e a mudança no sentido da corrente ao inverter os polos da bateria. No entanto, foram identificadas algumas falhas no esboço do diagrama elétrico do circuito, bem como, na utilização de alguns conceitos. Essa observação aponta para a necessidade de reforçar e praticar a habilidade de desenhar corretamente os circuitos elétricos, bem como, garantir uma compreensão mais completa e precisa dos conceitos.

Por fim, o *quiz online* apresentou um bom resultado, com 85% de acertos pela turma. Isso indica uma boa compreensão dos conceitos básicos de circuitos elétricos, como resistência, potência, corrente, unidades de medida e associação de resistores.

Portanto, considerando os resultados obtidos e as reflexões feitas, pode-se concluir que a sequência didática baseada na teoria da aprendizagem significativa e nas UEPS de Marco Antonio Moreira foi eficaz no ensino de física, especificamente no tópico dos circuitos elétricos. Apesar das limitações observadas nos mapas conceituais, a combinação de diferentes estratégias de aprendizagem proporcionou uma compreensão satisfatória dos conceitos por parte dos alunos, indicando a importância de abordagens diversificadas e contextualizadas para promover a aprendizagem significativa de física.

Com base nos resultados e nas reflexões obtidas nesta pesquisa, algumas sugestões para futuras pesquisas e aprimoramentos na sequência didática sobre circuitos elétricos podem ser consideradas: explorar estratégias adicionais de aprendizagem significativa, como ensino por projetos, para enriquecer a experiência dos alunos no processo de aprendizagem; considerar a utilização de recursos tecnológicos complementares, como plataformas de ensino *online*, aplicativos móveis ou realidade virtual, para engajar os alunos de forma interativa e imersiva; investir em estratégias específicas para ensinar e orientar os alunos na elaboração de mapas conceituais; expandir a sequência didática para abranger outros tópicos relacionados a circuitos elétricos, aprofundando ainda mais os conhecimentos dos alunos e promovendo uma visão mais ampla e integrada do tema.

Além disso, pretende-se comparar a eficácia da sequência didática proposta com outras abordagens de ensino de física, utilizando diferentes metodologias e recursos pedagógicos, a fim de identificar as melhores práticas. Ao implementar essas sugestões e realizar pesquisas futuras nessas áreas, é possível aprimorar ainda

mais a sequência didática sobre circuitos elétricos, promovendo uma aprendizagem mais significativa, engajadora e eficaz dos alunos no ensino de física.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- [1] Souza, C. B., O Ensino de Física no Ensino Médio: Uma Análise do Ensino de Circuitos Elétricos em uma Escola Pública de Belém-PA. Monografia de Graduação, Universidade Federal do Pará (2018).
- [2] Bazzo, W. A., Pereira, C. A., *Contextualização no Ensino de Física: Algumas Considerações a Partir da Prática Docente*, Revista Ensaio **17**, 201-218 (2015).
- [3] Pereira, M. V., Moreira, M. C. A., *Atividades Prático-experimentais no Ensino de Física*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **34**, 265-277 (2017).
- [4] Gurgel, I. A., *Aprendizagem Significativa de Física no Ensino Médio: Um Estudo de Caso Sobre o Conteúdo de Calor*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará (2016).
- [5] Moreira, M. A., *Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS*, Aprendizagem Significativa em Revista **1**, 43-63 (2011).
- [6] Ausubel, D. P., *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*, (Paralelo Editora, LDA, Lisboa, 2000).
- [7] Krasilchik, M., *Prática de ensino de Biologia*, (Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007).
- [8] Santos, V. L. C., Ribeiro, A. L. M., *Aprendizagem significativa mediada por recursos pedagógicos digitais: possibilidades no ensino de Química*, Revista de Ensino de Ciências e Matemática **11**, 56-72 (2020).
- [9] Moreira, M. A., *Lenguaje y Aprendizaje Significativo*. Conferencia de cierre del IV Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo, Maragogi, AL, Brasil, septiembre (2003).
- [10] Moreira, M. A., *¿Al final qué es aprendizaje significativo?* Revista Currículum, La Laguna **25**, 29-56 (2012).
- [11] Andrade, F. A. L., Barbosa, G. F., Silveira, F. L., Santos, C. A., *Recorrências de concepções alternativas sobre corrente elétrica em circuitos simples*, Revista Brasileira de Ensino de Física **40**, n. 3 (2018).
- [12] Moreira, M. A., *Metodologias de Pesquisa em Ensino*, (Editora Livraria da Física, São Paulo, 2011).
- [13] Lopes, R. R. S., *Conceitos de Eletricidade e Suas Aplicações Tecnológicas: Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa*. Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Espírito Santo – Vitória (2014).
- [14] Anastasiou, L. G. C., Alves, L. P., *Processos de ensinagem da universidade: pressupostos para as*

- Aprendizagem significativa em circuitos elétricos: uma abordagem interativa com UEPS e tecnologias educacionais*
estratégias de trabalho em aula, 10 ed. (Editora Univille, Joinville, SC, 2015).
- [15] Moreira, M. A., *Mapas Conceituais*, Contactos **3**, 38-57 (1988).
- [16] Moreira, M. M. P. C., *Contribuições de uma sequência didática com experimentação para aprendizagem de eletrodinâmica: um estudo de caso com alunos do ensino médio*. Dissertação de mestrado - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, dezembro (2019).
- [17] Novak, J. D., Gowin, D. B., *Aprendiendo a aprender*, (Ediciones Martínez Roca, Barcelona, 1988).
- [18] Mendonça, C. A. S., *O uso do mapa conceitual progressivo como recurso facilitador da aprendizagem significativa*. Tesis doctoral – Universidade de Burgos, septiembre (2012).