

INDÍCIOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA SOBRE OS CIRCUITOS ELÉTRICOS EM AVALIAÇÕES INTERDISCIPLINARES

Evidences of Meaningful Learning on Electric Circuits in Interdisciplinary Evaluations

Salete Adriane Kraemer [salete.adriane.kraemer@gmail.com]

Raquel Maldaner Paranhos [184aquel.paranhos@iffarroupilha.edu.br]

Jonas Cegelka da Silva [jonas.silva@iffarroupilha.edu.br]

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, Campus Santa Rosa

Avenida Coronel Bráulio de Oliveira, 1400, Bairro Central, Santa Rosa

Maria Augusta Butzen Schardong [mariaaugustaschardong@gmail.com]

Universidade Católica de Pelotas

Rua Gonçalves Chaves, 373, Centro, Pelotas

Guilherme Zoia Mapeli [guilhermezmapeli@gmail.com]

Universidade Federal de Santa Maria

Avenida Roraima, 1000, Bairro Camobi, Santa Maria

Recebido em: 27/04/2022

Aceito em: 10/11/2022

RESUMO

Este trabalho buscou analisar os indícios de aprendizagem significativa dos estudantes sobre circuitos elétricos, a partir de avaliações interdisciplinares, instrumentos estes que compuseram uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa. A investigação foi realizada em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio em Edificações, Integrado ao Ensino Médio no Instituto Federal Farroupilha, *Campus Santa Rosa* e integrou as disciplinas de Física e Sistemas Prediais. Primeiramente realizou-se uma revisão de literatura sobre o tema, para ajudar na construção da UEPS e, desta, foram analisados sete artigos e duas dissertações. A partir da UEPS, os dados que embasam esse escrito foram obtidos mediante análise de questionário de identificação das concepções prévias e dois questionários avaliativos. Esses questionários avaliativos foram respondidos em dois momentos, conforme os materiais instrucionais eram estudados em aula. Ao analisar os resultados desses instrumentos, pode-se afirmar que houve indícios de aprendizagem significativa na turma em relação ao tema investigado. Mesmo considerando que a UEPS foi desenvolvida no período de atividades remotas, devido a pandemia da Covid-19, todas as adaptações necessárias resultaram em uma evolução conceitual dos estudantes acerca dos circuitos elétricos.

Palavras-chave: Ensino de Física; Circuitos elétricos; Eletrodinâmica.

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the evidence of meaningful learning of students on electric circuits. From an interdisciplinary evaluation, a set of tools constituted Potentially Meaningful Teaching Units (PMTUS) based on the Meaningful Learning Theory. The investigation was carried out on final year high school students of the High-School-Integrated to Vocational Training Course in Construction in the Instituto Federal Farroupilha at Santa Rosa campus and integrated the subjects of physics and building systems. First, a literature review was carried out on the topic to aid the development of the PMTUS, thus seven peer-reviewed journal articles and two master theses were evaluated. This study was constructed by a survey to analyze the previous conceptions of the students on the topic and two evaluative surveys. These evaluative surveys were answered in two moments as the institutional materials were studied in the classroom. The results suggest that there is evidence of meaningful learning of students on the studied topic. Considering

that the activities were remotely conducted amid Covid-19 pandemic, all necessary adaptations resulted in a conceptual evolution from students on electric circuits.

Keywords: Teaching physics. Electric circuits; Electrodynamics.

INTRODUÇÃO E REVISÃO DA LITERATURA

Este trabalho faz parte de uma investigação sobre a elaboração, desenvolvimento e avaliação de uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) interdisciplinar sobre os circuitos elétricos, constituídos, sobretudo, por lâmpadas, resistores e geradores ideais, conectados em série, em paralelo ou em uma ligação mista (PONTES; DE PRO, 2001). Os sujeitos da pesquisa são estudantes do terceiro ano do curso técnico em edificações integrado ao ensino médio do Instituto Federal Farroupilha (IFFar), *Campus* Santa Rosa. A proposição de uma UEPS numa perspectiva interdisciplinar surge a partir do entendimento que a interdisciplinaridade “pode ser tomada como uma possibilidade de quebrar a rigidez dos compartimentos em que se encontram isoladas as disciplinas dos currículos escolares” (PIRES, 1998, p.177).

Nossa defesa maior na proposição da UEPS é que ela está alicerçada na teoria da aprendizagem significativa, a qual pressupõe que novos conhecimentos devem ser relacionados com aspectos relevantes existentes na estrutura cognitiva dos estudantes, seja uma imagem, um símbolo ou uma proposição (AUSUBEL, 1968). E a aprendizagem significativa é mais desejada ante a aprendizagem mecânica porque possibilita ao sujeito aprender “com significado, com capacidade de descrever, explicar, aplicar a novas situações e com maior retenção” (MOREIRA, 2021, p. 27).

Como forma de situar a investigação naquilo que já se tem pesquisado sobre o tema, uma etapa importante consistiu em uma revisão bibliográfica em periódicos científicos, bem como em dissertações e teses. Os periódicos analisados foram *Aprendizagem Significativa em Revista (ASR)*, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF)*, *Ensino em Re-Vista (ERV)*, *Experiências em Ensino de Ciências (EENCI)*, *Investigações em Ensino de Ciências (IENCI)* e *Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)*. Esses periódicos garantem uma boa representatividade, tendo disponibilidade on-line e gratuita, além de significativa relevância para a área do ensino. Já a busca nas dissertações e teses foi feita na Biblioteca Digital Brasileira de Dissertações e Teses.

A título de delimitação para a revisão, contemplada no período entre 2011 a 2021, as palavras-chave definidas para a busca foram, eletricidade, resistência elétrica, corrente elétrica, potência elétrica, circuito elétrico, integração curricular, currículo integrado e interdisciplinaridade. Um total de 22 artigos e 02 dissertações foram pré-selecionados. Considerando o foco da investigação, uma abordagem interdisciplinar desenvolvida com estudantes do ensino médio, foi realizada uma leitura analítica de somente de 07 artigos, além das 02 dissertações, os quais convergiam mais com a proposta de trabalho. O Quadro 01 mostra os títulos desses textos com o local, ano de publicação e autoria. Os trabalhos foram organizados em três categorias: exploração de atividades/recursos experimentais; práticas interdisciplinares e; concepções alternativas, as quais serão exploradas neste item.

Quadro 01 – relação de trabalhos analisados de forma analítica.

Autor(es)	Título	Ano	Publicação
Silva e Terrazan	As analogias no ensino de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais em aulas de física do ensino médio.	2011	EENCI
Santos, et al.	Interdisciplinaridade e os três momentos pedagógicos no ensino de física: uma prática sobre a matriz energética brasileira.	2018	EENCI
Sena e Fernandes	Tecnologias móveis: uma proposta didática de física para o uso do aplicativo “física lab resistores”.	2018	EENCI
Viscovini, et al.	Maquete didática de um sistema trifásico de corrente alternada com arduino: ensinando sobre a rede elétrica.	2015	CBEF
Gonzales e Rosa	Aprendizagem significativa de conceitos de circuitos elétricos utilizando um ambiente virtual de ensino por alunos da educação de jovens e adultos.	2014	IENCI
Santos e Dickman	Experimentos reais e virtuais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio.	2019	RBEF
Andrade, et al.	Recorrência de concepções alternativas sobre corrente elétrica em circuitos simples.	2018	RBEF
Soares	Ensino integrado: uma experiência de interdisciplinaridade no curso técnico em edificações integrado ao ensino médio.	2015	Dissertação IFG ¹
Santos	Experimentos reais e simulações computacionais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio.	2015	Dissertação PUCMinas ²

Fonte: autores (2022).

Com ênfase no estudo dos circuitos elétricos mediante utilização de recursos experimentais reais e/ou virtuais, cinco trabalhos foram encontrados. Sena e Fernandes (2018) analisaram as contribuições que o uso de *smartphones* traz para atividades práticas, nas aulas de Física. A utilização desses dispositivos fez parte de uma etapa de uma sequência didática, considerando o aplicativo “Física Lab Resistores³”. Com o aplicativo, foram explorados os códigos dos resistores, bem como o cálculo de associações de resistores. Dentre os resultados, os autores destacaram que a utilização do aplicativo auxiliou na aprendizagem dos estudantes, considerando a estimulação e a motivação.

1 Instituto Federal de Goiás – *Campus Jataí*, Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática, Jataí, Goiás.

2 Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Belo Horizonte, Minas Gerais.

³ O link do aplicativo encontra-se disponível no artigo de Sena e Fernandes (2018).

Também explorando conceitos de circuitos elétricos em ambientes virtuais de aprendizagem, Gonzales e Rosa (2014) discutiram os resultados de uma sequência didática sobre os conceitos de diferença de potencial elétrico, corrente elétrica e resistência elétrica. A sequência didática foi aplicada a dois grupos de estudantes, sendo que um deles teve aulas tradicionais (controle) e o outro fez utilização de um ambiente virtual de ensino (experimental). Os dados analisados foram levantados mediante entrevista semiestruturada, teste com imagens representacionais dos objetos reais dos circuitos elétricos e teste com imagens dos circuitos representadas por símbolos. Os autores afirmaram que a sequência didática utilizando o ambiente virtual de ensino consistiu num material potencialmente significativo, sendo satisfatório para as evidências de aprendizagem significativa.

Santos (2015) e Santos e Dickman (2019) relataram os resultados da aplicação de um guia de atividades/estratégias de ensino que professores do ensino médio utilizaram para desenvolver tópicos de eletricidade. A motivação para os trabalhos surgiu de um questionamento sobre se as atividades experimentais são mais efetivas na aprendizagem dos estudantes quando comparadas às aulas expositivas tradicionais e, quando se fala em atividades experimentais, se as reais ou virtuais têm a mesma preponderância no processo de ensino-aprendizagem. Foram aplicadas quatro estratégias didáticas, caracterizadas por sequências específicas de abordagem, incluindo aulas expositivas e simulações computacionais e/ou experimentos. Como resultados, ficou evidente que a abordagem experimental, seja virtual ou real, apresenta uma vantagem significativa sobre as aulas teóricas, reforçando sua importância na sala de aula.

Outro trabalho que utilizou recursos experimentais é o reportado por Viscovini, et al. (2015), os quais apresentaram os resultados de uma proposta utilizando uma maquete didática de uma rede elétrica trifásica, enfatizando o conceito de corrente alternada, desde sua geração até sua transmissão e distribuição. Como resultado, os autores destacaram que os estudantes demonstraram boa receptividade e interessam pela maquete, contribuindo na discussão.

Com vistas a contribuir para efetivação de práticas interdisciplinares, dois trabalhos analisados trouxeram à discussão os circuitos elétricos. Santos et al. (2018) descreveram uma sequência didática embasada na metodologia de ensino dos três momentos pedagógicos, a qual foi proposta de maneira a problematizar o funcionamento da matriz energética brasileira e suas relações com o custo da energia elétrica, explorando os conteúdos da conservação de energia e do eletromagnetismo. Como resultado, os autores destacaram que a metodologia empregada favoreceu a prática interdisciplinar, na medida em que nas aulas de Física, os estudantes precisaram discutir temas ambientais, econômicos, históricos e políticos relacionados às questões da matriz energética brasileira.

Por sua vez, Soares (2015) apresentou os resultados do desenvolvimento de uma sequência didática interdisciplinar que englobou os conteúdos de corrente elétrica, tensão elétrica, resistores, instalações elétricas residenciais e diagrama das instalações. Como conclusão, o autor ratificou a dificuldade dos professores em desenvolver aulas de forma integrada. Este trabalho tem pontos similares à UEPS elaborada na medida em que destaca a forma com que se dá integração da disciplina de Física com as demais disciplinas técnicas (especialmente Instalações Elétricas) no curso técnico integrado ao ensino médio em edificações do *Campus* Jataí, do Instituto Federal de Goiás. No entanto, nossa investigação é mais abrangente por duas razões principais: (i) a UEPS foi estruturada de forma a ser desenvolvida pelos próprios professores, com aulas integradas, estando os dois, ao mesmo tempo, na sala de aula e; (ii) ela abrange o estudo de um semestre letivo.

Na categoria de concepções alternativas, dois trabalhos são reportados. Silva e Terrazan (2011) descreveram a importância da utilização de analogias no estudo dos circuitos elétricos. Para a investigação, os autores elaboraram e aplicaram atividades didáticas envolvendo analogias do circuito elétrico com o circuito hidráulico, com a malha ferroviária e com o sistema circulatório. Dentre os resultados, destacaram que aumentou o entendimento dos circuitos elétricos pelo fato dele ser associado aos conceitos de diferença de potencial elétrico e corrente elétrica, os quais eram de

conhecimento dos estudantes e que as atividades foram significativas para a formação de conceitos, procedimentos e atitudes.

Por sua vez, Andrade et al. (2018) discutiram a recorrência de concepções alternativas sobre corrente elétrica em circuitos elétricos, mediante uma UEPS sobre eletricidade e magnetismo. Alguns dos resultados destacados incluem as concepções equivocadas que a bateria é uma fonte de corrente elétrica constante e que a corrente elétrica é consumida no circuito.

Assumindo as premissas de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, embasada na teoria da Aprendizagem Significativa e considerando os resultados da busca bibliográfica, acima apontados, destaca-se que o objetivo da investigação reportada neste excerto é *analisar os indícios de aprendizagem significativa dos estudantes sobre os circuitos elétricos, a partir de avaliações interdisciplinares*. Para isso, serão considerados três instrumentos de coleta de dados: um questionário de concepções prévias dos estudantes, respondido individualmente e dois questionários avaliativos, respondidos em duplas e que retomaram conceitos importantes do conteúdo.

REFERENCIAL TEÓRICO

Buscando progresso à integração curricular no Instituto Federal Farroupilha, *Campus Santa Rosa*, toma-se por centralidade a concepção de Ciavatta e Ramos (2011) acerca da integração no sentido de formação humana em todas as dimensões da vida, trabalho, ciência e cultura. Essa integração é favorecida por meio (i) da superação dos padrões pedagógicos existentes; (ii) de uma gestão e uma participação democrática nessas instituições; (iii) de estudo, qualificação conceitual e prática dos professores e; (iv) de envolvimento dos professores para este fim.

Assumimos a integração curricular com vistas à aprendizagem significativa dos estudantes a qual, para Ausubel (2003), ocorre quando duas condições são satisfeitas: (i) o material a ser ensinado é potencialmente significativo e; (ii) o estudante está predisposto a aprender. Dessas duas condições, resulta que “a aprendizagem significativa ocorre se a tarefa de aprendizagem se puder relacionar de forma não arbitrária e não literal àquilo que o aprendiz já sabe e se este adotar um mecanismo de aprendizagem correspondente para o fazer” (AUSUBEL, 2003, p. 52).

A UEPS, nesse contexto, favorece a aprendizagem significativa na medida em que articula conceitos e proposições mediante os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa. Enquanto o primeiro deles considera que a instrução deve iniciar com a apresentação de ideias mais gerais, inclusivas, que são progressivamente diferenciadas, o segundo reforça a importância da exploração entre as ideias, apontando semelhanças e diferenças (MOREIRA; MASINI, 1982). Sendo a UEPS alicerçada nesses princípios, alguns de seus passos incluem, de uma forma sintetizada, a partir da definição do tema de estudo, a apresentação de situações iniciais que levem os estudantes a expressarem suas concepções prévias; a partir do conhecimento prévio, a proposição de situações introdutórias amplas, para a ativação da estrutura cognitiva dos estudantes; a apresentação do conteúdo em um nível crescente de complexidade, buscando a reconciliação integrativa (MOREIRA, 2011).

No nosso contexto de atuação, a elaboração da UEPS teve a intencionalidade de aproximar duas disciplinas de campos diferentes – uma mais teórica (Física) e outra mais prática (Sistemas Prediais), num avanço à interdisciplinaridade. Ou seja, as ações interdisciplinares resultantes de um processo integrador e articulado, do qual, mesmo considerando as diferenças de formas e de meios, as atividades desenvolvidas, levaram a um mesmo fim, ou seja, sempre foi uma articulação entre a totalidade e a unidade (SEVERINO, 1998).

Ainda, com o intuito de avaliar indícios de aprendizagem significativa dos estudantes, corroboramos com Fazenda et al (2009), que a avaliação deve ser

formativa, não fragmentada ou disciplinarizada, mas vinculada ao processo de aprendizagem, ao projeto pedagógico e articulada a todo o contexto educacional. Esta abordagem de avaliação pressupõe a coerência diante da forma que se trabalha com a forma com que se avalia, o compromisso, o envolvimento, o comprometimento entre projetos e pessoas e o diálogo (p. 47).

A UEPS, da forma como elaborada, contemplou a relação dos conceitos da eletricidade desenvolvidos nas duas disciplinas, buscando proporcionar uma evolução conceitual em relação às concepções que os estudantes carregam. Dentre essas, pode-se destacar a diferença de potencial ser consequência da corrente elétrica, as pilhas e baterias serem elementos armazenadores de corrente elétrica e a corrente elétrica ser caracterizada como um fluido que é consumido pelas resistências elétricas (POZO; CRESPO, 2009).

Alguns dos passos que compõem a UEPS encontram-se mais bem explicados abaixo, sobretudo aqueles que resultaram nos instrumentos analisados neste escrito.

PERCURSO METODOLÓGICO

A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre os circuitos elétricos é desenvolvida em uma turma do terceiro ano do curso técnico em edificações integrado ao ensino médio do IFFar, *Campus* Santa Rosa, desde o ano de 2019. A cada ano a UEPS é aperfeiçoada e esse processo de avaliação da mesma é importante porque aponta caminhos e instrumentos a serem melhorados com vistas a favorecer a aprendizagem significativa. Considerando que a escrita deste artigo contempla a análise de três instrumentos de obtenção de dados – questionário de concepções prévias e dois questionários avaliativos, estes serão analisados a partir do último desenvolvimento da prática, no ano de 2021, em uma turma de 28 estudantes.

É pertinente ressaltar que, a partir de 2020, algumas atividades da UEPS precisaram ser adequadas ao ensino remoto devido às restrições causadas pela pandemia do Covid-19. Uma dessas adequações foi a inserção de simulações computacionais em substituição às aulas práticas de laboratório. Assim, em função das aulas remotas, os passos dessa UEPS foram desenvolvidos por meio de plataformas digitais, como o *Google Meet*, durante as aulas de forma síncrona, e o Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas (SIGAA), para as aulas assíncronas. Os encontros síncronos contaram com a presença dos professores das duas disciplinas de forma simultânea durante todo o semestre, assim como os encontros assíncronos, nos quais foram enviados materiais instrucionais. O quadro 02 apresenta, de forma resumida, as atividades desenvolvidas nos encontros síncronos e assíncronos, considerando que em cada dia a turma tinha cinco períodos de aula, de 50 minutos, cada.

Quadro 02 – síntese das aulas desenvolvidas de forma síncrona e assíncrona.

Dia(s)	Formato da(s) Aula(s)	Atividade(s)
08/04, 10/04 e 15/04	Síncronas	Identificação e diálogo sobre os conhecimentos prévios dos estudantes sobre os circuitos elétricos.
22/04	Assíncrona	Estudo dos conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial elétrico e resistência elétrica.
29/04	Síncrona	Estudo dos conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial elétrico, resistência elétrica e potência elétrica. Estudo da norma técnica para definição da potência de iluminação (PI), do número de tomadas de uso geral (NTUG) e da potência das tomadas de

		uso geral (PTUG). Elaboração de memorial de cálculos sobre o circuito elétrico da edificação dos estudantes, considerando os conceitos estudados na aula.
06/05	Assíncrona	Estudo dos conceitos de potência elétrica e efeito joule.
08/05	Assíncrona e Síncrona.	Elaboração de memorial de cálculos sobre o circuito elétrico residencial, considerando a PI, o NTUG e a PTUG ⁴ .
13/05	Síncrona	Dimensionamento do circuito de distribuição.
20/05	Assíncrona	Dimensionamento do circuito de distribuição.
27/05	Assíncrona	Questionário avaliativo 1.
10/06	Síncrona	Correção do questionário avaliativo e estudo da representação da simbologia de um projeto elétrico.
12/06	Assíncrona	Estudo da representação da simbologia de um projeto elétrico.
17/06, 24/06 e 01/07	Síncronas	Estudo das associações de resistores.
01/07, 08/07 e 15/07	Síncrona e Assíncrona	Dimensionamento dos condutores e eletrodutos e construção da planta baixa do projeto elétrico. Construção do circuito elétrico em planta baixa ⁵ .
17/07	Assíncrona	Elaboração de mapa mental sobre os conceitos estudados.
22/07	Assíncrona	Questionário avaliativo 2.
29/07 e 31/07	Síncrona	Correção do questionário avaliativo e estudo dos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas.

Fonte: autores (2022).

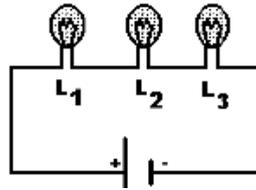
Como segundo passo dessa UEPS (o primeiro foi a definição da temática a ser estudada), os estudantes responderam um questionário composto por 06 questões, adaptadas de Silveira, Moreira, Axt (1989), que tinham como objetivo a externalização dos conhecimentos já presentes na estrutura cognitiva desses sujeitos acerca dos conceitos da eletricidade, como corrente elétrica, tensão elétrica e resistência elétrica. Das 06 questões, apresentamos aqui as 04 que serão analisadas na sequência (Q1, Q2, Q4 e Q6). Para responderem as questões Q1, Q2 e Q4 os alunos foram orientados a considerar que todas as lâmpadas e todos os resistores eram idênticos.

Q1: No circuito abaixo, pode-se afirmar que:

- A. L₁ brilha mais do que L₂ e esta mais do que L₃.
- B. L₃ brilha mais do que L₂ e esta mais do que L₁.
- C. As três lâmpadas têm o mesmo brilho.

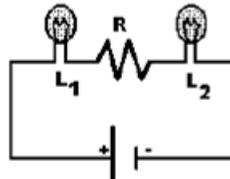
⁴ Nestas aulas os estudantes trabalhavam de forma assíncrona, mas sempre que surgiam dúvidas, entravam na sala do *Google Meet* para esclarecê-las.

⁵ Nestas aulas os estudantes trabalhavam de forma assíncrona, mas sempre que surgiam dúvidas, entravam na sala do *Google Meet* para esclarecê-las.



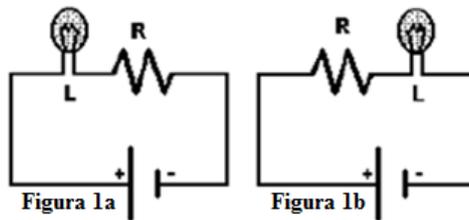
Q2: No circuito abaixo, R é um resistor. Neste circuito:

- A. L_1 e L_2 têm o mesmo brilho.
- B. L_1 brilha mais do que L_2 .
- C. L_2 brilha mais do que L_1 .



Q4: Nos circuitos abaixo, a lâmpada L , o resistor R e a bateria são exatamente os mesmos. Nestas situações:

- A. L brilha mais no circuito 1a.
- B. L brilha igual em ambos os circuitos.
- C. L brilha mais no circuito 1b.



Q6: Na figura, represente condutores (por linhas), de modo a fazer a lâmpada “acender”.



O terceiro passo da UEPS consistiu na apresentação de situações introdutórias com a função de ativar a estrutura cognitiva dos estudantes para o material instrucional a ser explorado no passo seguinte. Estas situações emergiram de um vídeo⁶ sobre um curto-circuito residencial, o qual explorava de uma maneira mais geral os conceitos-chave dos circuitos elétricos. Após assistirem o vídeo, os estudantes foram questionados sobre o acontecido: o que vocês entendem por curto-circuito? Vocês já viram/conhecem os disjuntores? Existem estes dispositivos na residência de vocês? Qual é sua função? Porque o benjamim (tê) é perigoso em algumas situações?

O quarto passo consistiu no estudo de um material instrucional elaborado coletivamente pelos dois professores sobre conceitos relacionados a eletricidade, a partir dos conhecimentos prévios dos

⁶ Quando da escrita do artigo, o vídeo utilizado não se encontra mais disponível na plataforma do *Youtube*.

estudantes: carga elétrica, diferença de potencial elétrico (ddp), corrente elétrica, resistência elétrica, potência elétrica, efeito Joule, dispositivos de proteção, fator de demanda, tomadas, dimensionamento dos condutores e eletrodutos, etc. Este material esteve relacionado ao contexto profissional de um técnico em edificações, buscando o entendimento sobre a norma específica NBR 5410⁷: instalações elétricas de baixa tensão. Seu diferencial se deu pelos constantes questionamentos, fazendo convergir os conceitos das duas disciplinas.

Em substituição às aulas práticas de instalações elétricas, o próximo passo da UEPS explorou simulações computacionais acerca de elementos de circuitos elétricos e associações de resistores. O quinto passo, com vistas a promover a reconciliação integrativa dos conceitos estudados, consistiu na exploração de simulações sobre instalações elétricas, dentre as quais podemos citar: kit de Construção de Circuito (AC+DC)⁸, circuito bateria-resistor⁹, laboratório virtual – EPT¹⁰ e Instalações Elétricas¹¹. Nesta etapa, da mesma forma que citado por Bastos (2020), foi possível identificar indícios de aprendizagem significativa ao longo da exploração das simulações, o que implica que não tivemos prejuízos com a adaptação necessária à UEPS durante o período de aulas remotas. Propusemos essas atividades (como reconciliação integrativa) em substituição à atividade de laboratório na qual os estudantes, em grupos, deveriam construir um circuito elétrico constituído por, pelo menos, uma lâmpada, uma tomada, uma campainha, uma chave hotel e dois interruptores.

No próximo passo da UEPS, buscando favorecer a diferenciação progressiva, por meio de situações mais gerais e inclusivas, os estudantes construíram e apresentaram projetos elétricos residenciais, os quais contemplaram a elaboração de um croqui de sua residência, com as dimensões dos cômodos, a definição, para cada cômodo, da área, do perímetro, da potência de iluminação, do número de tomadas e da potência das tomadas de uso geral e das de uso específico. Precisaram ainda dividir a instalação em circuitos e definir a potência e a corrente de cada circuito terminal. Além disso, fizeram o dimensionamento dos condutores e dos eletrodutos, além de representarem o projeto elétrico na planta baixa. Na apresentação dos projetos, os estudantes ainda fizeram uma análise comparativa do circuito existente em suas casas e a norma técnica.

Ainda que a ênfase deste artigo seja a análise de três instrumentos, dois deles avaliativos, ressalta-se que a construção do projeto elétrico residencial foi fundamental na relação entre os conceitos e as disciplinas. O trabalho de Mapeli, Silva e Paranhos (2021) explora indícios de aprendizagem significativa a partir desses projetos, apontando as atividades que favoreciam a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

Com base no estudo do material instrucional, um próximo passo da UEPS consistiu em verificar indícios de aprendizagem significativa dos estudantes mediante dois questionários avaliativos, ambos realizados individualmente ou em duplas, em distintos momentos da instrução. Estes questionários retomaram os conceitos da eletricidade em questões elaboradas em contextos diferentes daqueles estudados em aula, conforme sugere Ausubel (2003).

O primeiro questionário avaliativo foi composto pelas 10 questões, das quais, são apresentadas abaixo as 05 que serão analisadas no próximo item (Q3, Q4, Q5, Q6 e Q7).

Q3: No nosso estudo, dialogamos bastante sobre os “termos” corrente elétrica, eletricidade e voltagem. Esses três termos são sinônimos? Justifique sua resposta.

⁷ Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5410**: Instalação Elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro. 2004.

⁸ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/circuit-construction-kit-ac.

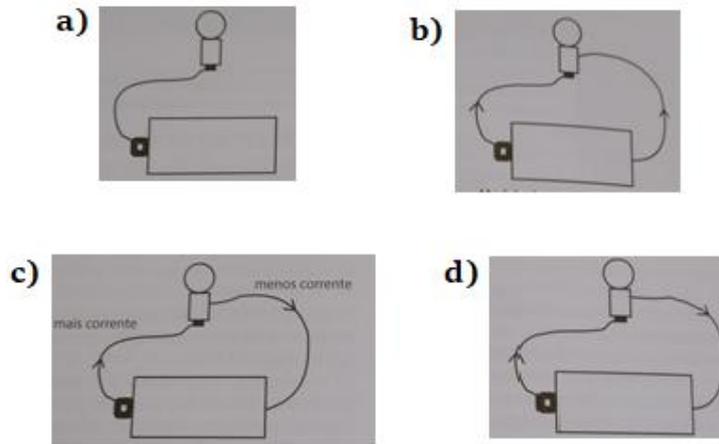
⁹ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/battery-resistor-circuit.

¹⁰ Disponível em <http://eptvirtual.florianopolis.ifsc.edu.br/cice/lab.html>.

¹¹ Disponível em https://play.google.com/store/apps/details?id=com.rtuimaraes.instele&hl=pt_BR&gl=US

Q4: Explique o motivo pelo qual devem ser usados condutores de maior secção (área) naquelas tomadas que conduzem maiores correntes elétricas.

Q5: Na figura abaixo estão representadas quatro situações de tentativa de fazer uma lâmpada acender, utilizando condutor(es) e pilha. Explique em qual(is) dela(s) a representação está correta, considerando que as setas indicam o(s) sentido(s) da corrente elétrica.



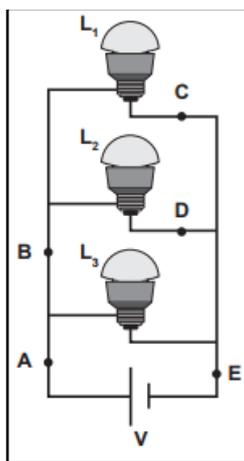
Q6: A corrente elétrica é consequência da diferença de potencial ou a diferença de potencial é consequência da corrente elétrica? Justifique.

Q7: Numa determinada instalação elétrica residencial na cidade de Santa Rosa – RS (cuja ddp é 220V) ocorreu um curto-circuito e início de um incêndio. Sabe-se que o circuito que entrou em curto é protegido por um disjuntor de 15A e a seção do condutor é de $2,5\text{mm}^2$. Numa tomada deste circuito foi ligado um equipamento com uma potência de funcionamento de 3700W. O técnico que foi fazer o laudo, indicou as seguintes causas: (a) Um superdimensionamento do disjuntor, para os condutores instalados; (b) Utilização de um equipamento com potência superior a prevista para o circuito; (c) Uma sobrecarga na rede elétrica externa. Essas causas estão corretas? Justifique sua resposta para cada alternativa.

O segundo questionário avaliativo teve 12 questões e aqui serão analisadas 04 delas (Q2, Q5, Q8 e Q9).

Q2: Quais critérios devem ser apresentados para um projeto elétrico ser considerado satisfatório? Dê sua resposta considerando disjuntor, condutores, eletrodutos.

Q5: Três lâmpadas idênticas foram ligadas no circuito esquematizado abaixo. A bateria apresenta resistência interna desprezível, e os fios possuem resistência nula. Um técnico fez uma análise do circuito para prever a corrente elétrica nos pontos A, B, C, D e E; e rotulou essas correntes de I_A , I_B , I_C , I_D e I_E , respectivamente. O técnico concluiu que as correntes que apresentam o mesmo valor são $I_A = I_E$ e $I_C = I_D$. Explique o motivo pelo qual I_B não é igual a I_C e I_D , uma vez que as três lâmpadas estão em paralelo.



Q8: Considere um circuito que tem cinco lâmpadas iguais, associadas em série. Considere também que essas lâmpadas se comportam como resistores. Se, por algum procedimento possível/adequado, mais três lâmpadas forem ligadas ao circuito, também em série, explique o que acontece com o brilho de cada uma das lâmpadas.

Q9: Na elaboração do projeto elétrico, você precisou dimensionar os circuitos e instalar um disjuntor adequado. Sendo o disjuntor um dispositivo de proteção, ele deve suportar uma *ddp* máxima nominal. Daí vem, por exemplo, que seus valores podem ser de 10V, 25V e 40V. Essa afirmação está correta? Se sim, comente. Se não, justifique o que há de errado.

A análise que segue é exploratória e contempla, como já mencionado, três instrumentos de coleta de dados da UEPS: questionário inicial de identificação das concepções prévias e questionários avaliativos. Nessa análise, os estudantes serão identificados genericamente por E01, E02, E03, etc., com vistas a preservar suas identidades.

ANÁLISE DOS DADOS

Na análise que segue, o questionário de concepções prévias foi respondido de forma individual enquanto os dois questionários avaliativos foram respondidos individualmente ou em duplas.

Análise do questionário para identificação das concepções prévias

Conforme já destacado, o questionário para identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes acerca da diferença de potencial elétrico, da corrente e da resistência elétrica foi composto por 06 questões, das quais 04 são analisadas (questões Q1, Q2, Q4 e Q6). Este questionário foi respondido por 25 dos 28 estudantes.

A questão Q1 objetivava identificar como os estudantes compreendem a forma com que a corrente elétrica circula em um circuito associado em série. Cinco estudantes assinalaram a alternativa (A), 02 estudantes assinalaram a alternativa (B) e 18 assinalaram a alternativa (C), que é a correta. Os estudantes que assinalaram as duas primeiras alternativas podem compreender que a corrente elétrica vai “se gastando” ao longo do circuito, desconsiderando sua conservação, como também reportado por Solano et al (2002). A diferença, no caso de L_1 ou L_3 brilharem mais está associada ao sentido que a corrente elétrica percorre o circuito. O estudante E19 justifica sua resposta afirmando que “ L_1 brilha mais que as outras pois fica mais perto do polo positivo da bateria, que é o polo mais forte”. Quanto à alternativa correta, o estudante E01 justifica que “as três têm o mesmo brilho porque a corrente elétrica passa por todas elas”, o que pode indicar que o estudante tem internalizado que a corrente elétrica que percorre o circuito tem o mesmo valor.

A questão Q2 teve o objetivo de identificar se os estudantes iriam demonstrar um entendimento que uma resistência elétrica “consome” a corrente elétrica. Das respostas, 08 estudantes

assinalaram a alternativa (A), que é a correta, 10 assinalaram a alternativa (B) e 07, a afirmativa (C). Da mesma forma que justificado na questão anterior, os estudantes que assinalaram as afirmativas (B) e (C) compreendem a resistência elétrica como um elemento que “consome” a corrente elétrica, fazendo com que ela chegue em menor intensidade na lâmpada seguinte. Também, o brilho maior da lâmpada L_1 ou L_2 está associado ao sentido da corrente elétrica. Isso é evidenciado nas justificativas dos estudantes E01 e E03. O primeiro destaca que “ L_1 brilha mais porque antes de chegar a L_2 , a corrente elétrica passa pelo resistor e fica mais fraca”, enquanto o segundo argumenta que L_2 brilha mais que L_1 “porque a corrente elétrica sai do polo negativo iluminando primeiro o L_2 com uma energia X e após passar pelo resistor ocorre uma diminuição nessa energia e conseqüentemente o brilho fica menor no L_1 ”. Quanto à afirmativa correta, o estudante E19 argumenta que ambas as lâmpadas têm o mesmo brilho porque “o resistor iguala a quantidade de energia a ir pra L_2 ”, o que pode indicar que este estudante compreende que o resistor, na associação com a lâmpada, resulta em uma corrente elétrica de igual intensidade percorrendo todos os elementos do circuito.

A questão Q4 também teve o objetivo de identificar se os estudantes iriam demonstrar um entendimento que uma resistência elétrica “consome” a corrente elétrica. A diferença desta para a anterior é que aqui os estudantes precisariam comparar dois circuitos. Das respostas, 08 estudantes assinalaram a alternativa (A), 11 assinalaram a alternativa (B), que é a correta e 06, a afirmativa (C). As justificativas dadas pelos estudantes que assinalaram as alternativas (A) e (C) indicam novamente um consumo de corrente elétrica pela resistência. O estudante E06, que assinalou a alternativa (A) justificou que “a presença de um resistor faz com que o L no circuito $1b$ brilhe menos, em vista do caminho da corrente elétrica”; já o estudante E28, que assinalou a alternativa (C), afirmou que “a lâmpada do circuito $1b$ recebe toda energia fornecida pela bateria. A lâmpada do circuito 1^a recebe menos pois o resistor não deixa toda a energia fornecida pela bateria chegar na lâmpada”. Por sua vez, o estudante E18 respondeu que “ L brilha igual em ambos os circuitos pois estes apresentam a mesma distância, mas de lados apostos da fonte de energia, possuindo a mesma corrente elétrica”, resposta esta que, pode indicar que o estudante não associa o resistor a um consumo de corrente elétrica.

A questão Q6 buscou identificar a forma como os estudantes representam um circuito elétrico fechado. Essa é uma primeira situação importante de ser analisada por que se pode perceber as concepções dos estudantes acerca de como acontece as ligações elétricas capazes de fazer funcionarem algum dispositivo elétrico. Dessa questão pode-se explorar a conexão dos elementos de um circuito nas simulações referenciadas anteriormente. Das 23 respostas que tivemos, foram possíveis identificar quatro categorias representativas: (i) polos da pilha conectados a somente um ponto da lâmpada (14 estudantes); (ii) modelo científico (05 estudantes); (iii) ligação em curto-circuito (02 estudantes); (iv) circuito aberto (02 estudantes). A Figura 01 ilustra essas categorias.

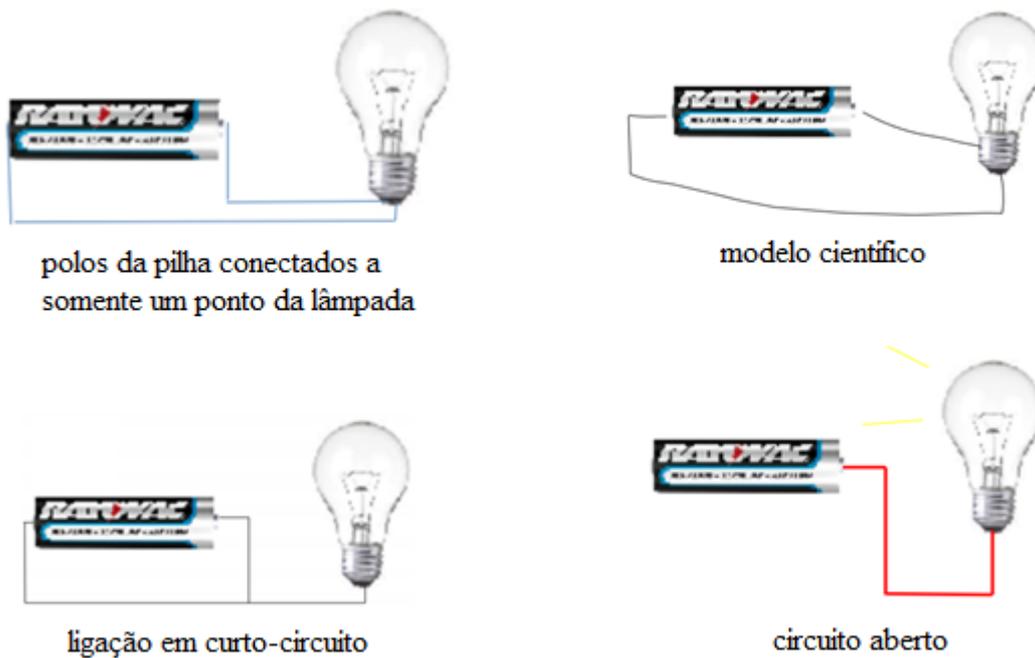


Figura 01 – representação do circuito elétrico no questionário de concepções iniciais. Fonte: estudantes E03, E06, E21 e E22

A partir das repostas externalizadas nesse questionário inicial, aconteceu a elaboração e o estudo do material instrucional e, a partir deste, os estudantes responderam dois questionários avaliativos. Passamos agora a análise desses questionários.

Análise do primeiro questionário avaliativo

Conforme já destacado, este questionário foi composto por 10 questões, das quais 05 são analisadas neste artigo (questões Q3, Q4, Q5, Q6 e Q7). Os estudantes puderam responder as questões em duplas ou individualmente.

A questão Q3 provocou os estudantes a externalizarem a relação que estabelecem entre os termos corrente elétrica, eletricidade e voltagem, os quais, conforme Pozo e Crespo (2009), são utilizados como sinônimos. Vinte estudantes responderam de forma satisfatória enquanto 08 não apresentaram uma diferenciação adequada para os termos. Um exemplo de resposta correta foi dado pelo estudante E09, considerando que os termos “*não são sinônimos. Corrente elétrica é o movimento organizado de elétrons num condutor, que é gerado pela diferença de potencial elétrico. Essa quantidade de carga é medida em A, ou seja, uma "amperagem". Eletricidade é o nome que usamos no dia a dia para definir os "fenômenos" elétricos num geral, sem especificar a parte do sistema que faz os aparelhos elétricos funcionarem. Voltagem é um termo que surgiu de "Volts", que se refere à tensão elétrica, ou diferença de potencial elétrico, que é o responsável pelo movimento dos elétrons, e tem o valor de 220V, ou 110V nas tomadas que usamos em casa*”. Dentre as respostas incorretas, a dupla de estudantes E06 e E22 confundiu eletricidade com corrente elétrica, considerando que “*eletricidade é a movimentação de elétrons de forma ordenada em um circuito*”. Já a dupla E07 e E19 externalizou erroneamente que “*voltagem e eletricidade são formas coloquiais de se referir a tensão elétrica*”.

A questão Q4 objetivou verificar a forma como os estudantes relacionam a espessura dos condutores utilizados nas instalações elétricas em relação à corrente elétrica estabelecida nos

equipamentos elétricos. Dezesete estudantes responderam de forma correta, enquanto 11 o fizeram incorretamente. A dupla E06 e E22 justificou sua resposta argumentando que os condutores de maior seção apresentam “*uma resistência menor, justificativa baseada nas duas leis de Ohm, evitando uma sobrecarga, levando a um possível incêndio*”. Essa resposta exprime um entendimento matemático das leis de Ohm, ainda que não apresente maiores explicações acerca das relações direta e inversamente proporcionais entre as grandezas envolvidas nessas leis. Já um exemplo de resposta incorreta é aquela dada pela dupla E14 e E25, que justificou considerando que “*cada condutor tem uma resistividade e isso irá reger o quanto necessitará de resistência*”. No entanto, a questão não solicitava uma análise em relação aos diferentes materiais condutores.

A questão Q5 teve o objetivo de identificar a forma como os estudantes assimilaram a conexão entre pilha, lâmpada e condutores para que a lâmpada seja acesa. Conforme Pozo e Crespo (2009), os estudantes nem sempre percebem a necessidade de um caminho fechado para que a corrente elétrica circule; além disso, alguns entendem que a corrente elétrica vai se gastando ao atravessar alguns elementos, como uma lâmpada, por exemplo. Na tarefa avaliativa, no entanto, todos os estudantes assinalaram a alternativa correta, indicando forte indício de aprendizagem significativa, considerando o modelo cientificamente aceito, da necessidade de um circuito fechado, a corrente elétrica ser estabelecida no sentido do polo positivo ao negativo da pilha, sem ser consumida ao passar pela lâmpada. Reforça-se essa aprendizagem a partir de diálogos sobre a questão Q6 do questionário para identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes.

Com o intuito de novamente perceber como os estudantes compreendem tensão e corrente elétrica, a questão Q6 os provocou a refletir sobre a importância fundamental da fonte de tensão em um circuito elétrico. Vinte e dois estudantes responderam de forma correta, enquanto 06 deram respostas inadequadas. Um exemplo de resposta adequada é que “*a corrente elétrica é consequência da diferença de potencial, pois é a diferença de potencial que provoca a tendência de movimento das partículas com carga*” (dupla E10 e E16). A dupla E02 e E05 externalizou uma resposta incorreta que “*a corrente é consequência da diferença de potencial, pois a diferença de potencial é característica do material, sendo assim constante*”.

A questão Q7 teve como objetivo verificar a forma com que os estudantes relacionam os conceitos físicos com as normas técnicas das instalações elétricas residenciais. Para isso, precisavam relacionar a potência como o produto da corrente elétrica pela ddp, além de relacionarem a espessura dos condutores com o valor máximo para a corrente elétrica suportada. Seis estudantes deram respostas corretas enquanto 22 não externalizaram uma relação adequada entre as grandezas envolvidas. Dentre as respostas corretas salienta-se aquelas expressas pelas duplas E12 e E17, e E07 e E19. A primeira delas avalia que “*a letra a está errada, pois, condutores de $2,5\text{mm}^2$ suportam uma corrente de até 21A sem aquecer, enquanto o disjuntor deste circuito, suporta uma corrente de 15A, ou seja, o disjuntor vai desarmar e os fios não irão super aquecer. b) CORRETA – Se utilizarmos da fórmula: $P = iU$, encontraremos a corrente elétrica emitida pelo aparelho: $3700 = i \cdot 220 \rightarrow i = 3700/220 = 16,8A$. Portanto o aparelho emitirá uma corrente de 16,8A e o disjuntor foi projetado para suportar apenas 15A. c) ERRADA - A letra c está errada, pois na verdade o que aconteceu foi uma sobrecarga na rede interna, no circuito em que o equipamento estava ligado, visto que o circuito não estava dimensionado para receber um equipamento com aquela potência*”. A resposta da segunda dupla parece incoerente com a da primeira, mas é correta considerando que um superdimensionamento do disjuntor, com condutores inadequados, é um risco para a edificação. Estes estudantes responderam que “*estão corretas a) ao super dimensionar o disjuntor você acaba impedindo que ele reconheça quando a carga elétrica é muito maior do que a fiação da casa aguenta, impedindo assim que ele caia e corte essa corrente elétrica antes que seja tarde demais. b) ao usar um equipamento com uma potência maior do que a que os condutores são capazes de suportar causa um superaquecimento que acaba derretendo os fios*”.

Quanto ao resultado verificado neste questionário avaliativo, percebe-se uma evolução conceitual dos estudantes em relação aos seus conhecimentos prévios, possibilitando inferências sobre a aprendizagem significativa a partir de respostas dadas a questões elaboradas em contextos diferentes daquelas exploradas no material instrucional.

Análise do segundo questionário avaliativo

Este questionário, que também pôde ser respondido em duplas ou individualmente, por 28 estudantes, foi composto por onze questões, das quais quatro são analisadas neste artigo (questões Q2, Q5, Q8 e Q9).

A questão Q2 objetivou verificar quais relações entre os conceitos os estudantes externalizam para justificar a elaboração de um projeto elétrico residencial, que é parte importante da formação profissional. Esta questão foi respondida de forma satisfatória por 11 estudantes, de forma parcialmente satisfatória por 15 estudantes e de forma insatisfatória por 02 estudantes. Dentre as respostas corretas, destaca-se a do estudante E09, que justificou que *“para um projeto elétrico satisfatório, os cálculos preliminares de número de tomadas e potência de iluminação para cada cômodo devem ser convertidos em circuitos, e após, em disjuntores adequados. Com essa primeira parte pronta, é então necessária a distribuição dessas saídas, e os condutores devem ser dispostos sobre a residência, sendo adequadamente representados na planta, bem como os disjuntores devem ser posicionados em um local central na residência, de fácil acesso, e com a menor distância possível do disjuntor da rua. Após, com os “caminhos” prontos, chega a hora de calcular os tamanhos desses condutores, e também dos eletrodutos, de forma adequada, sugerindo mudanças caso necessário - para evitar condutores e eletrodutos muito grandes, o que encareceria o projeto, por exemplo. Também é necessária a boa representação dos condutores no desenho, que deve ter clareza na sua representação, como por exemplo o uso de cores e legendas para facilitar o entendimento”*. Respostas como essa indicam indícios de aprendizagem significativa uma vez que o estudante utiliza corretamente conceitos físicos relacionados com as normas técnicas de instalações elétricas para explicar o processo de construção de um projeto elétrico. Um exemplo de resposta incorreta é o dado pelo estudante E11, que afirmou que são necessárias *“correntes de curto-circuito, queda de tensão, fatores de demanda, temperatura ambiente”*, não demonstrando evolução conceitual. As respostas parcialmente corretas foram resultado de alguma condição obrigatória, por norma, no projeto elétrico, seja a definição da potência das tomadas, a divisão em circuitos ou o dimensionamento dos condutores e eletrodutos. No entanto, essas respostas, ainda que incompletas, indicam indícios parciais de aprendizagem significativa.

A questão Q5 foi adaptada da prova do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) do ano de 2016, considerando, aqui, a necessidade de os estudantes precisarem explicar grandezas como tensão, corrente e resistência elétrica em associações de resistores. Um total de 10 estudantes deram respostas completas, enquanto 18 responderam com menor riqueza de detalhes. Dentre as respostas corretas, o estudante E26 justificou que *“sendo a corrente no circuito igual a I , sabemos que em cada lâmpada passa a mesma corrente que é $I/3$. A partir disso, podemos calcular a corrente em cada um dos ramos do circuito. As correntes são iguais a $I/3$ nos pontos C e D e iguais I nos pontos A e E (também porque a corrente do início tem que ser a mesma do final), e o ponto B tem corrente igual a $2I/3$, que se torna diferente dos outros pontos (por exemplo, estava subindo uma corrente de $3I/3$, $I/3$ foi para a direita, sobram $2I/3$ subindo no B, que se dividem em C e D, um $I/3$ pra cada um)”*. Já um exemplo de resposta parcialmente correta foi externalizada pela dupla E16 e E22, que justificou que *“ I_b não é igual à I_c e I_d , pois a corrente elétrica se divide no circuito em paralelo, e como as lâmpadas são idênticas, a corrente dissipada para cada um é igual. Apenas I_b , que fica em uma posição entre duas resistências, tem sua corrente diferente da dos demais, pois o resultado da sua corrente dependerá de L_2 e L_3 ”*. Ainda que as respostas acima tenham se encaixado em categorias diferentes, ambas indicam indícios de aprendizagem significativa acerca das associações de resistores, seja pela diferenciação dos conceitos, seja pelos detalhes apresentados.

A questão Q8 também objetivou identificar como os alunos compreenderam a associação de resistores em série, que é bastante diferente da associação em paralelo (conforme questão anterior). A questão foi respondida de forma correta por 18 estudantes e de forma incorreta, por 10. Das respostas erradas, todas tiveram a mesma construção, que *“o brilho das lâmpadas é o mesmo, pois elas estão associadas em série e a corrente elétrica é constante, não alterando o brilho”* (dupla E07 e E28), podendo indicar que os alunos construíram de forma mecânica que em todas as associações em série a corrente elétrica que passa em todos os resistores é a mesma. Dentre as respostas corretas, o estudante E03 justificou que *“considerando que as lâmpadas se comportam como resistores e estão associadas em série, todas possuem a mesma corrente elétrica passando por elas. Além do mais, por elas estarem associadas em série, as resistências são somadas e elas dividem a mesma tensão elétrica, então ao adicionar 3 lâmpadas ao circuito a ddp, a corrente e o brilho de cada lâmpada diminuem”*. Respostas como estas podem inferir indícios de aprendizagem significativa na medida em que o estudante compreende a principal característica de uma associação de resistores em série, que é a mesma corrente elétrica em todos os resistores, mas que esse valor da corrente depende do quantitativo e do valor das resistências que estão associadas no circuito.

A questão Q9, novamente fazendo relação com a construção de um projeto elétrico, objetivou identificar se os alunos diferenciam os conceitos de corrente elétrica e diferença de potencial elétrico com suas respectivas unidades de medida, retomando os diálogos a partir do vídeo sobre um curto-circuito. Um total de 23 estudantes respondeu à questão de forma correta, enquanto 05 o fizeram incorretamente. A dupla de estudantes A16 e A22 justificou corretamente que a afirmação *“não está certa, pois os disjuntores são feitos para suportarem uma CORRENTE máxima nominal, e não uma ddp. Os disjuntores procuram proteger os equipamentos em caso de um aumento na passagem de corrente elétrica e prevenir um possível acidente. Não possui relação com a ddp máxima nominal”*. Esta resposta indica indícios de aprendizagem significativa porque demonstra um avanço conceitual em termos de detalhes e especificidade para um dispositivo de proteção (disjuntor) que é fundamental no projeto elétrico. Já as respostas incorretas externalizaram que os disjuntores são padronizados em função da diferença de potencial que circula por eles, demonstrando não entendimento sobre esse dispositivo.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Como apresentado ao longo do artigo, nossa investigação engloba a elaboração, o desenvolvimento e a avaliação de uma Unidade de Ensino Potencialmente significativa sobre os circuitos elétricos, num movimento que avança à interdisciplinaridade, considerando a reorganização das disciplinas, o desenvolvimento das aulas com os dois professores concomitantemente na sala, o planejamento coletivo, a ação-reflexão-ação da prática conjunta, além da externalização (para os alunos) das relações entre as disciplinas. A UEPS foi desenvolvida durante um semestre letivo e, ainda que aqui tenham sido explorados indícios de aprendizagem significativa somente em duas avaliações, ressalta-se que estes instrumentos foram construídos no contexto da ação, englobando todas as etapas de estudo da UEPS, ou seja, não são dissociados da prática docente.

Todas as questões foram elaboradas em contextos diferentes daqueles estudados no material instrucional, além de exigirem relações entre conceitos e entre as duas disciplinas. A partir disso, percebemos indícios de aprendizagem significativa de diversos conceitos, desde corrente elétrica, diferença de potencial elétrico, associações de resistores, até aqueles relacionados à construção dos projetos elétricos residenciais, tais como potência elétrica e resistência elétrica. Esses indícios de aprendizagem significativa são decorrentes de externalização, por parte dos estudantes, de conceitos e proposições, que se tornaram mais ricos e diferenciados, em termos de detalhe e especificidade (SOBIECZIAK, 2017).

Todas as atividades propostas na UEPS, desde o questionário para identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes, até as duas avaliações interdisciplinares tiveram o objetivo de favorecer a aprendizagem significativa. Os resultados que constam na análise dos dados nos permitem

inferir indícios dela, embora saibamos que a evolução conceitual é um processo lento e gradativo. E o favorecimento da aprendizagem significada dos estudantes pode ter sido resultado da forte relação entre os conceitos das duas disciplinas e pela aplicação prática deles, ainda mais em um contexto de um curso técnico.

Referências

ANDRADE, F. A. L. et al. Recorrência de concepções alternativas sobre corrente elétrica em circuitos simples. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 3, 2018.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Tradução Lígia Teopisto. 1. ed. Portugal: Editora Plátano, 2003.

AUSUBEL, D. P. **Educational Psychology**: a cognitive view. Nova Iorque: Holt, Rinehart & Winston, 1968.

BASTOS, A. M. Tecnologias digitais: uso do Physics Education Technology Project (PhET) no ensino de eletrodinâmica. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, 2020.

CIAVATTA, M.; RAMOS, M. Ensino Médio e Educação Profissional no Brasil: Dualidade e fragmentação. **Revista Retratos da Escola**, v. 5, n. 8, p. 27-41, 2011.

FAZENDA, I. C. A. et al. Avaliação e Interdisciplinaridade. **Revista Internacional d'Humanitats**, v. 17, p. 39-52, 2009.

GONZALES, E. G.; ROSA, P. R. S. Aprendizagem significativa de conceitos de circuitos elétricos utilizando um ambiente virtual de ensino por alunos da educação de jovens e adultos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 19, n. 2, 2014.

MAPELI, G. Z.; SILVA, J. C.; PARANHOS, R. M. Favorecimento de um trabalho interdisciplinar mediante elaboração de mapa conceitual e projeto elétrico residencial. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, 2021.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa em ciências: condições de ocorrência vão muito além de pré-requisitos e motivação. **ENCITEC**, v. 11, n. 2., p. 25-35, 2021.

MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, 2011.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. F. S. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

PIRES, M. F. C. Multidisciplinaridade, Interdisciplinaridade e Transdisciplinaridade no Ensino. **Interface – Comunicação, Saúde, Educação**, v. 2, 1998.

PONTES, A.; DE PRO, A. Concepciones y razonamientos de expertos y aprendices sobre electrocinética: consecuencias para la enseñanza y la formación de profesores. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 19, n. 1, p. 103-121, 2001.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

SANTOS, J. C. **Experimentos reais e simulações computacionais**: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio. Dissertação (mestrado). 209f. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Belo Horizonte, 2015.

- SANTOS, J. C.; DICKMAN, A. G. Experimentos reais e virtuais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 1, 2019.
- SANTOS, M. L. B. et al. Interdisciplinaridade e os três momentos pedagógicos no ensino de física: uma prática sobre a matriz energética brasileira. **Experiências em ensino de ciências**, v.13, n.5, 2018.
- SENA, C. G.; FERNANDES, G. W. R. Tecnologias móveis: uma proposta didática de física para o uso do aplicativo “física lab resistores”. **Experiências em ensino de ciências**, v. 13, n. 5, 2018.
- SEVERINO, A. J. O conhecimento pedagógico e a interdisciplinaridade: o saber como intencionalização da prática. In: FAZENDA, I. C. A. (org.). **Didática e interdisciplinaridade**. Campinas: Papirus, 1998.
- SILVA, L. L.; TERRAZZAN, E. A. As analogias no ensino de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais em aulas de física do ensino médio. **Experiências em Ensino de ciências**, v. 6, n. 1, 2011.
- SILVEIRA, F. L.; MOREIRA, M. A.; AXT, R. Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 41, n. 11, 1989.
- SOARES, S. S. **Ensino integrado**: uma experiência de interdisciplinaridade no curso técnico em edificações integrado ao ensino médio. Dissertação (Mestrado). 101 f. Instituto Federal de Goiás – Campus Jataí, Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática, Jataí, 2015.
- SOBIECZIAK, S. **História da física e natureza da ciência em Unidades de Ensino Potencialmente Significativas**. 2017. 314p. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2017.
- SOLANO, F. et al. Persistencia de preconcepciones sobre los circuitos electricos de corriente continua. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 24, n. 4, 2002.
- VISCOVINI, R. C. et al. Maquete didática de um sistema trifásico de corrente alternada com arduino: ensinando sobre a rede elétrica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, 2015.