

ANALISANDO O ENTENDIMENTO DE ESTUDANTES DO TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO SOBRE CIRCUITOS E CORRENTE ELÉTRICA: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO

ANALYZING THIRD-YEAR HIGH SCHOOL STUDENTS' UNDERSTANDING OF CIRCUITS AND ELECTRIC CURRENT: AN EXPLORATORY STUDY

Ericarla de Jesus Souza¹

Amanda Amantes²

RESUMO

A compreensão de conceitos relacionados à corrente elétrica e circuitos elétricos representa um desafio para muitos estudantes devido à sua natureza abstrata. Este artigo busca examinar como se apresenta o entendimento de estudantes do terceiro ano do ensino médio sobre circuitos e corrente elétrica após o processo de escolarização, utilizando um conjunto de itens construídos com base em instrumentos previamente validados na literatura. A pesquisa exploratória foi conduzida com 205 estudantes e buscou mapear a configuração do entendimento, propondo uma discussão sobre o processo de ensino desse conteúdo nessa fase de escolarização. A análise dos dados, realizada por meio dos escores normalizados, concentra-se em uma abordagem exploratória, visando identificar padrões e tendências significativas. Este estudo contribui, do ponto de vista metodológico de pesquisa, para elencar possíveis preditores de aprendizagem para investigar a aprendizagem desse conteúdo. Além disso, traz contribuições para uma compreensão dos desafios enfrentados pelos estudantes nesse domínio e oferece insights para aprimorar a abordagem pedagógica desses conceitos no ambiente educacional.

Palavras-chave: Entendimento; Corrente Elétrica; Circuitos Elétricos; Estudo Exploratório; Ensino de Física.

ABSTRACT

Understanding concepts related to electric current and electric circuits poses a challenge for many students due to their abstract nature. This article seeks to examine how third-year high school students' understanding of circuits and electric current presents itself after the schooling process, using a set of items constructed based on instruments previously validated in the literature. The exploratory research was conducted with 205 students and aimed to map the configuration of understanding, proposing a discussion on the teaching process of this content at this stage of schooling. Data analysis, performed through normalized scores, focuses on an exploratory approach, aiming to identify significant patterns and trends. This study contributes, from a research methodology standpoint, to list possible learning predictors to investigate the learning of this content. Additionally, it provides insights into the

¹ Mestre em Ensino de Ciências (UFS)Doutoranda na Universidade Federal da Bahia (UFBA) pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História da Ciências (PPGEFHC). E-mail: ericarla.souza@gmail.com. Brasil. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2270-3052>.

² Doutora em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professora do Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia (UFBA), departamento de Física do Estado Sólido, e do Programa de Pós Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC). E-mail: amandaamantes@gmail.com. Brasil. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1678-9870>.

challenges faced by students in this domain and offers insights to improve the pedagogical approach to these concepts in the educational environment.

Keywords/Palabras clave: Understanding; Electric Current; Electric Circuits; Exploratory Study; Physics Education.

INTRODUÇÃO

A eletricidade é uma das áreas da Física que tem recebido atenção no que tange às dificuldades encontradas no processo de ensino-aprendizagem, conforme indicado pela pesquisa de Dorneles, Araújo e Veit (2006). A literatura revela uma extensa pesquisa ao longo do tempo acerca do entendimento dos estudantes em relação à eletricidade como os trabalhos de Millar e King (1993), Coelho e Borges (2011), Coelho e Amantes (2014), Oliveira e Pereira (2020).

A compreensão dos conceitos relacionados à corrente elétrica e aos circuitos elétricos é desafiadora devido a sua alta demanda de abstração para que sejam entendidos. Vários fenômenos dessa área requerem uma mudança na lógica de racionalização de conceitos, pois as relações e significações são estabelecidas a partir de operações de pensamento baseado em objetos teóricos abstratos, pouco tangíveis. Por exemplo, como o movimento dos elétrons em um condutor pode ser difícil de ser entendido, já que não é um fenômeno diretamente observável, a falta de tangibilidade frequentemente dificulta a compreensão inicial desses princípios.

Para superar essas dificuldades no ensino médio, é necessário adotar uma abordagem multifacetada. Isso inclui o desenvolvimento de currículos mais práticos e contextualizados, investimento em recursos didáticos inovadores, como por exemplo laboratórios virtuais e aplicativos educacionais validados e testados, e aprimoramento da formação de professores para que possam abordar de forma mais eficaz os desafios específicos relacionados ao ensino da eletricidade. Além disso, é importante promover uma abordagem mais centrada no aluno, incentivando a participação ativa, a exploração independente e a resolução de problemas para melhorar a compreensão e a retenção do conhecimento.

Conforme destacado nos estudos de Coelho (2007), as pesquisas existentes predominantemente adotam abordagens exploratórias e descritivas, abrangendo desde os conceitos iniciais sobre eletricidade até o conhecimento mais formal e avançado, tanto no ensino secundário quanto no universitário. Apesar de termos ofertas desses materiais, pouco

desses instrumentos encontrados na literatura são validados e testados de acordo com sua eficiência e eficácia no ensino-aprendizagem. Os instrumentos validados e testados, podem ser replicados garantido eficácia nos resultados quando aplicados em contextos semelhantes.

Para criar essas atividades e instruções com maior eficácia, é essencial entender como se configura o entendimento dos estudantes em diferentes fases de escolarização desse conteúdo. Esses instrumentos necessitam ser validados para que sejam testados quanto à sua confiabilidade e validade, e assim possam ser reaplicados em contextos semelhantes. Com isso, é possível acessar o entendimento e os fatores que influenciam essa aprendizagem no processo de escolarização, por meio do mapeamento do entendimento ao final do processo.

Este artigo busca examinar a partir de uma análise exploratória como se apresenta o entendimento de estudantes sobre circuitos e corrente elétrica, após o processo de escolarização, utilizando um conjunto de itens constituído por questões de instrumentos já validados na literatura, como os de Coelho (2007), Mazur (2015) e Silveira *et al.* (1989), e por questões adaptadas e/ou elaboradas pelos autores.

REFERENCIAL TEÓRICO

É importante fazer a distinção entre entendimento e conhecimento. De acordo com Perkins (1993), a compreensão vai além da simples aquisição de conhecimento. Por exemplo, um estudante pode possuir conhecimento sobre os conceitos de corrente elétrica e circuitos elétricos, ser capaz de expressar esse conhecimento verbalmente ou por escrito, pode conseguir resolver os cálculos de circuitos em série e paralelo, calcular tensão etc. e, no entanto, não ser capaz de construir um circuito real utilizando lâmpadas, fios e uma fonte de energia ou não saber identificar um vazamento de energia na ligação elétrica residencial de sua própria casa. É importante estabelecer essa distinção para entender o processo de aprendizagem, principalmente quando avaliamos o ensino e aprendizagem em Ciências.

Para este trabalho a aprendizagem é concebida como a mudança do traço latente. Na perspectiva de Fischer essa mudança no traço latente corresponde a mudança a habilidades, ou seja, é o desenvolvimento progressivo das habilidades cognitivas. Esse processo contínuo de construção do entendimento pode ser influenciado por fatores diversos. O estado emocional, as relações sociais, a familiaridade com o tema e a linguagem são apenas alguns desses fatores;

eles variam com o tempo e ampliam, conseqüentemente, os possíveis caminhos através dos quais o aprendizado ocorre, Fischer (1980).

Portanto, a perspectiva da aprendizagem como evolução do entendimento ressalta a natureza dinâmica e contínua do processo educacional, enfatizando a importância de abordagens pedagógicas que considerem o desenvolvimento gradual e a progressão do conhecimento ao longo do tempo. O entendimento é um traço latente que pode ser acessado a partir de instrumentos dentro de uma perspectiva teórica preestabelecida.

O entendimento pode ser considerado um atributo comparável à habilidade, como defende Fischer (1980). Também pode ser considerado semelhante ao pensamento delimitado por Biggs e Collis (1982), se tornando mais complexo ao longo do tempo, resultante das interações em diversos contextos onde o conteúdo é explorado. Sua complexidade é influenciada por vários fatores, como maturidade, suporte social e nível de desenvolvimento cognitivo.

Essas perspectivas de traço latente trazem a aceitação de níveis de complexidade que, tendo em vista o entendimento, podem descrever o grau de articulação que se encontra quando avaliamos uma resposta a um estímulo externo, como por exemplo um teste de conhecimento. Nesse sentido, considerando o entendimento como um traço latente, sua mensuração pode ser realizada por meio de instrumentos validados, uma vez que seu grau de articulação está vinculado a uma hierarquia concebida em termos de complexidade.

DELINEAMENTO METODOLÓGICO

Em consonância com o objetivo deste estudo, que consiste em investigar o entendimento conceitual e procedimental dos estudantes do terceiro ano do ensino médio sobre corrente e circuitos elétricos, elaboramos um instrumento baseado na inclusão de itens previamente validados na literatura, bem como na construção/adaptação de novos itens necessários para acessar conhecimentos que não são contemplados pelos testes existentes. A seguir, descreveremos detalhadamente do processo de elaboração desse instrumento, assim como as características dos sujeitos e contextos envolvidos na pesquisa.

Instrumento de Coleta de dados

O instrumento de coleta de dados desta pesquisa consiste em um banco de itens cuidadosamente elaborado, abordando questões relacionadas ao conhecimento formal sobre Corrente Elétrica e Circuitos Elétricos no nível do Ensino Médio. O banco é composto por 40 itens, distribuídos da seguinte forma: 14 itens dicotômicos do tipo verdadeiro ou falso, 23 itens do tipo múltipla escolha, com quatro alternativas cada, e três itens discursivos. A estrutura do instrumento é organizada da seguinte maneira: as questões Q1 a Q14 são dicotômicas, as questões Q15 a Q37 são de múltipla escolha, e as questões Q38 a Q40 são discursivas.

Os itens que compõem este instrumento de coleta de dados foram construídos considerando a natureza do item podendo ser do tipo Conceitual, Procedimental e Uso de Ferramentas Matemáticas para identificar o conhecimento sobre corrente elétrica e circuitos elétricos.

Questões conceituais (C) concentram-se no entendimento dos estudantes sobre conceitos teóricos, princípios fundamentais ou ideias abstratas em um determinado campo de estudo. Questões procedimentais (P) referem-se ao saber fazer, incluindo técnicas, estratégias, procedimentos e aplicabilidade do conteúdo, avaliando a habilidade do aluno em aplicar um procedimento específico ou executar uma série de passos para resolver um problema. Itens classificados como uso de ferramenta matemática (FM) requerem o emprego de fórmulas, técnicas ou métodos específicos da matemática para resolver um problema ou realizar uma análise. O Quadro 1 é composto por três itens do instrumento de coleta, os quais representam exemplos de itens em relação à sua natureza: Conceitual, Procedimental e Utilização de Ferramentas Matemáticas.

Quadro 1 – Exemplos de itens em relação à sua natureza

Natureza do Item: Conceitual(C)	
Q1- A corrente elétrica é um fenômeno que ocorre nos condutores elétricos quando suas cargas se movem de forma ordenada devido a uma tensão gerada por uma diferença de potencial (ddp).	
<input type="radio"/>	Verdadeiro
<input type="radio"/>	Falso
Natureza do item: Procedimental (P)	
Q33- A rede elétrica de uma residência tem tensão de 110V e o morador compra, por engano, uma lâmpada incandescente com potência nominal de 100W de tensão nominal de 220V. Se essa lâmpada for ligada na rede de 110V, o que acontecerá?	

- a) A lâmpada brilhará normalmente, mas como a tensão é a metade da prevista, a corrente elétrica será o dobro da normal, pois a potência elétrica é o produto de tensão pela corrente.
- b) A lâmpada não acenderá, pois ela é feita para trabalhar apenas com tensão de 220V, e não funciona com tensão abaixo desta.
- c) A lâmpada irá acender dissipando uma potência de 50W, pois como a tensão é metade da esperada, a potência também será reduzida à metade.
- d) A lâmpada irá brilhar fracamente, pois com a metade da tensão nominal, a corrente elétrica também será menor e a potência dissipada será menos da metade da nominal.

Natureza do item: Utilização de Ferramentas Matemáticas (FM)

Q15-Três resistores idênticos de $R = 30\Omega$ estão ligados em paralelo com uma bateria de 12V. Pode-se afirmar que a resistência equivalente do circuito é de:

- a) $R_{eq} = 10\Omega$.
- b) $R_{eq} = 20\Omega$.
- c) $R_{eq} = 30\Omega$.
- d) $R_{eq} = 40\Omega$.

Fonte: Elaboração pela(s) autor(as)

Sujeitos e contextos

Para conduzir o estudo, o instrumento foi administrado a 205 estudantes do terceiro ano do Ensino Médio. O objetivo era mapear o entendimento após o período de escolarização, considerando que os estudantes já deveriam ter estudado o conteúdo de eletricidade.

A coleta de dados foi realizada com estudantes do terceiro ano do Ensino Médio da Rede Estadual do Espírito Santo em duas escolas: uma com ensino médio regular e outra com ensino médio atrelado ao ensino técnico do curso de Comércio, da Rede Federal de Minas Gerais. Na última instituição mencionada, é oferecido o ensino médio/técnico, participando desta pesquisa estudantes dos cursos de Agroecologia, Informática, Agrimensura e Meio Ambiente.

O instrumento foi aplicado pelos professores da disciplina de Física de forma presencial em duas aulas germinadas de 50min. Os estudantes não tiveram material de consulta, eles responderam as questões somente com o entendimento que já tinham sobre os conteúdos. Os resultados dos mesmos foram submetidos a uma análise exploratória baseada nos escores do teste.

ANÁLISE E RESULTADOS

Os dados correspondentes às respostas dos estudantes ao instrumento de coleta, foram codificados para facilitar a interpretação, de modo que, para os itens objetivos e dicotômicos, as respostas marcadas de acordo com o gabarito das questões foram substituídas pelo número

1 (um) e as respostas em desacordo foram representadas pelo número 0 (zero) possibilitando-nos elaborar uma matriz de dados para realizarmos análises estatísticas.

Com base nas respostas dos estudantes aos itens discursivos, realizamos uma análise qualitativa utilizando um sistema categorizado fundamentado na concepção acadêmica do conteúdo. Segundo Amantes, Coelho e Marinho (2015), a combinação de análises categóricas com escalas que podem ser modeladas numa perspectiva probabilística tem se mostrado promissora para a avaliação da aprendizagem.

Para a análise deste trabalho, utilizamos as Categorias de Explicitação, um sistema desenvolvido por Amantes (2009) para examinar a compreensão dos estudantes do Ensino Médio. Este sistema se fundamenta nos conteúdos e conceitos que podem estar presentes nas respostas, refletindo a perspectiva avaliativa do corpo docente em relação ao conteúdo, com refinamento em níveis hierárquicos de complexidade da compreensão.

A análise dos itens discursivos, de acordo com as categorias de Explicitação ocorreu, a partir da avaliação das questões e da leitura das respostas dos alunos. Foram consideradas três categorias com base na perspectiva avaliativa docente: Explícito, Parcialmente Explícito e não Explícito. Esse sistema não apenas reflete a visão docente de avaliação do conteúdo, mas também representa um refinamento dos níveis hierárquicos de complexidade do entendimento, no mesmo segmento de hierarquia compreendida no Sistema de Habilidades Dinâmicas de Fischer (1980) e na Taxonomia SOLO de Biggs e Collis (1982).

Diferentemente dos sistemas de Fischer e Biggs e Collis, o sistema proposto não compreende camadas ou modelos de pensamento, mas adota a perspectiva hierárquica que ambos postulam dentro de cada estágio para identificação de níveis de complexidade. Assim, a categoria “explícito” Reporta um entendimento mais articulado, em que as ideias são relacionadas de maneiras coerente e adequada aos parâmetros acadêmicos. A categoria “parcialmente explícito” denota que o estudante tem um entendimento sobre o que é perguntado, mas esse entendimento ainda carrega algum equívoco ou compreensão limitada em termos de relações e concepções generalizadas; ou seja, está menos articulado. A categoria “não explícito” reporta uma resposta que não há como inferir sobre o entendimento ou que ele se apresenta totalmente equivocado.

Após essa categorização, transformamos dados categóricos em dados numéricos, atribuímos números às categorias: 0 (zero) para "não explícito ", 1 (um) para "parcialmente

explícito " e 2 (dois) para " explícito ", gerando, assim, uma extensa matriz de dados numérica. O Quadro 2 apresenta um exemplo de categorização de questão discursiva do banco de itens.

Quadro 2 – Exemplo de categorização de questão discursiva

Q40(Coelho, 2011) - Uma ação cotidiana e corriqueira é apertar um interruptor e acender uma lâmpada, no teto ou no abajur. A figura mostra um modelo mais simples dessa situação: uma pilha comum está ligada a um interruptor e a uma lâmpada de lanterna. Ao pressionar o interruptor a lâmpada acende. Explique o que ocorre na pilha, fios, interruptor e na lâmpada quando ela está acesa.

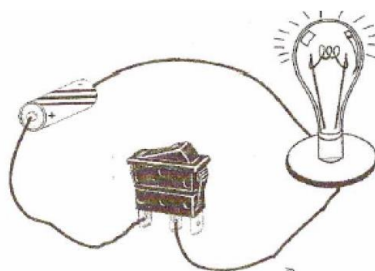


Figura: Representação de um circuito elétrico simples

Fonte: Coelho (2011, p. 60)

Resposta do Estudante	Categoria	Descrição da Categoria
<i>"O circuito elétrico vai abrir"</i>	0	A resposta está equivocada, o estudante afirma que quando a chave do interruptor é ligada o circuito ficará aberto. O entendimento "não está explícito" não há como inferir sobre o seu entendimento de corrente elétrica e circuitos elétricos.
<i>"Quando o interruptor está desligado o circuito estará aberto quando ligado o circuito está fechado assim passando a corrente elétrica até a lâmpada"</i>	1	A resposta está "parcialmente explícita" o estudante tem um entendimento sobre circuito aberto, fechado e movimento da corrente elétrica, mas não consegue explicar e relacionar e pilha e o processo de ascender a lâmpada; ou seja, o entendimento desse estudante está menos articulado.
<i>Quando você pressiona o interruptor para acender a lâmpada, a seguinte sequência de eventos ocorre:</i> 1. **Interruptor Fechado:** Inicialmente, o interruptor está fechado. Nesse estado, há uma conexão elétrica completa no circuito. Os elétrons podem fluir através dos fios e do interruptor. 2. **Fluxo de Corrente:** Ao pressionar o interruptor, ele se abre, permitindo que a corrente elétrica flua do	2	Resposta correta e com um alto grau de complexidade do entendimento que esse estudante explicitou.

<p>pólo positivo da pilha, passando pelos fios, pelo interruptor e pela lâmpada de lanterna.</p> <p>3. **Reação Química na Pilha:** Dentro da pilha, ocorre uma reação química que libera elétrons, criando um fluxo de corrente elétrica. Esse processo fornece a energia necessária para a iluminação da lâmpada.</p> <p>4. **Aquecimento do Filamento:** Na lâmpada de lanterna, a corrente elétrica passa por um filamento, geralmente feito de tungstênio. Esse filamento aquece devido à resistência elétrica, atingindo uma temperatura suficiente para emitir luz.</p> <p>5. **Emissão de Luz:** O aquecimento do filamento na lâmpada resulta na emissão de luz visível, proporcionando a iluminação desejada.</p> <p>Em resumo, pressionar o interruptor cria um caminho condutor para a corrente elétrica, permitindo que ela flua do pólo positivo da pilha, passe pela lâmpada, realize trabalho ao aquecer o filamento e, finalmente, retorne ao pólo negativo da pilha, completando o circuito elétrico.</p>		
--	--	--

Fonte: Elaboração pela(s) autor(as)

Após a codificação de todas as respostas, inicialmente realizamos uma avaliação visual em nossa matriz de dados para identificar possíveis outliers, ou seja, dados discrepantes que podem incluir sujeitos que erraram todas as questões, deixaram de responder a maioria delas ou acertaram todas. No caso dos itens, outliers são aqueles em que todos erram ou acertam. Itens e pessoas dessa natureza devem ser excluídos, pois não fornecem parâmetros mensuráveis.

Em seguida da avaliação visual, foram calculados os escores e os escores normalizados, bem como a média dos escores normalizados da matriz de dados, referentes à frequência das marcações dos itens de acordo com o gabarito e as categorias. A média normalizada foi de 58,6, com um desvio padrão dos escores totais de 14,1. Com base no valor da média dos escores normalizados, a amostra foi dividida em três grupos: grupo 1 (escores abaixo da média), grupo 2 (escores mediano) e grupo 3 (escores acima da média).

O grupo 1 corresponde com os valores dos escores normalizados menores de 40, apresentou uma média de 31,4. Já o grupo com médio escore normalizado, entre 41 e 69, obteve uma média de 56,3, enquanto o grupo com alto escore normalizado, acima de 70, registrou uma média de 75,8. Os desvios-padrão dos escores normalizados dos três subgrupos foram,

respectivamente, (DP= 5,0), (DP= 9,0) e (DP=3,9), considerados relativamente baixos, o que indica consistência nas respostas dentro dessas categorias.

O conjunto de alunos pertencentes ao grupo 1, cujo os valores dos escores se encontram abaixo da média, é constituído por 18 estudantes, dos quais igualmente divididos entre os gêneros masculino e feminino. Do total dos 18 alunos, 16 são vinculados a Rede Estadual, com 11 deles frequentando o Ensino Médio Regular e 5 frequentando o Ensino Médio Técnico do curso de Comércio. Os dois restantes são alunos da Rede Federal do curso de Agroecologia.

A categoria dos escores médios é formado por um total de 139 estudantes, sendo 61 do gênero feminino, 77 do gênero masculino e 1 que não se identifica com nenhum dos gêneros binários. Desses 59 são da estadual do ensino médio regular e técnico e 80 são da Rede Federal do Estado de Minas Gerais, com a maioria dos alunos nos cursos de Meio Ambiente e Agrimensura.

Por outro lado, o grupo 3 que corresponde a categoria dos estudantes com escores acima da média é constituída por 48 alunos, dos quais 34 pertencem à Rede Federal, com predomínio no curso de Informática, e 14 são da Rede Estadual, todos matriculados no Ensino Médio regular. É relevante salientar que, do total de 48 estudantes, 31 são do gênero feminino e 17 do gênero masculino.

Tabela 1 –Características sintetizadas dos grupos

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Gênero M	9	77	17
Gênero F	9	61	31
Rede Estadual de Ensino	17	59	14
Rede Federal de Ensino	2	80	34
Total de Estudantes	18	139	48
Escore Normalizados	31,4	56,3	75,8
Desvio Padrão	5,0	9,0	3,9

Fonte: Elaboração pela(s) autor(as)

A tabela 1 apresenta aos dados sintetizados dos grupos. É interessante observar que as caracterizações de cada grupo já nos fornecem indícios de preditores de desempenho. No grupo 1, que corresponde ao escore mais baixo, observa-se a predominância de alunos do curso regular, com apenas dois estudantes provenientes da rede Federal. A maioria dos alunos da rede federal está concentrada nos grupos de escores mais altos ou médios. Essa inversão de

representatividade sugere que ser estudante de uma instituição federal pode ser um fator relevante na avaliação de desempenho.

É interessante observar que no Grupo 3, que corresponde aos valores mais altos de escores, ou seja, maior desempenho, a maioria dos alunos é do gênero feminino, com 31 meninas e 17 meninos. No Grupo 1, que corresponde ao escore mais baixo, observa-se uma igualdade de gênero, com a mesma quantidade de meninas e meninos. Já nos grupos 2 e 3, temos 92 meninas e 94 meninos. A predominância feminina nos desempenhos mais altos, especialmente no Grupo 3, sugere que ser do gênero feminino e aluna de uma instituição federal pode ser um fator relevante na avaliação de desempenho.

Desempenho em questões dicotômicas

O desempenho nas questões dicotômicas refere-se à quantidade de acertos de cada questão. Após a codificação, as Questões 01 a 37 tornaram-se dicotômicas. A média geral de todas as questões foi de 0,65.

Os itens Q1 e Q31 se destacaram, obtendo respectivamente 0,92 e 0,17 de acertos. Ou seja, foram os dois itens com maior e menor número de acertos e erros. O item Q1 abordava uma questão convencional sobre corrente elétrica, do tipo conceitual. Por outro lado, a Q31 era uma questão do tipo procedimental, que aplicava o conteúdo de corrente em um circuito misto aberto, que ao ser fechado o estudante deveria relacionar o valor da corrente com o brilho da lâmpada.

A discrepância entre o desempenho desses dois itens sugere uma diferença na compreensão dos conceitos abordados. Os alunos demonstraram um domínio mais substancial do conceito tratado na Q1 em comparação com o aspecto procedimental da Q31. Isso indica que os estudantes possivelmente tem uma compreensão articulada da definição conceitual, mas sua aplicação em contextos específicos, que demanda uma lógica de transposição do conceito, é menos desenvolvida, demonstrando uma falta de articulação nessa seara.

Na Tabela 2, são apresentados os dados sintetizados das características e desempenho nos itens dicotômicos do instrumento de coleta, os quais foram classificados de acordo com sua natureza: Conceitual (C), Procedimental (P) e Uso de Ferramentas Matemáticas (FM). É interessante observar que a natureza intrínseca dos itens oferece indícios de potenciais preditores de desempenho. Especificamente nos itens de natureza Conceitual, observa-se uma

predominância de valores superiores de desempenho, definidos como aqueles que ultrapassam o limiar de 0,7. Destaca-se que o item com a mais alta taxa de acertos é de natureza conceitual, identificado como Q1, alcançando um índice de 0,92. Por outro lado, observou-se que os itens com valores abaixo de 0,5 são predominantemente de natureza procedimental. O item com menor valor de acerto foi de natureza procedimental, identificado como Q31, com 0,17 o índice de acertos. Os alunos demonstraram um domínio mais substancial dos itens de natureza conceitual em comparação com os itens de natureza procedimental. Esses resultados sugerem que a natureza conceitual dos itens pode desempenhar um papel relevante na avaliação do desempenho dos estudantes.

Além disso, observou-se que apenas três itens foram classificados como Uso de Ferramentas Matemáticas. Esses itens apresentaram desempenho médio e alto, o que pode indicar uma possível compreensão do uso de ferramentas matemática.

Tabela 2- Características e desempenhos em itens dicotômicas

Itens	Conteúdo	Natureza do item	Nível de acertos	Itens	Conteúdo	Natureza do item	Nível de acertos
Q1	Corrente elétrica	C	0,92	Q20	Circuito elétrico	C	0,4
Q2	Corrente elétrica	C	0,53	Q21	Corrente contínua	C	0,62
Q3	Unidade de medida	C	0,79	Q22	Circuito em série	C	0,80
Q4	Circuito em Série	C	0,46	Q23	Dispositivos ele.	C	0,80
Q5	Resistência equi.	C	0,69	Q24	Condutores	P	0,80
Q6	Corrente elétrica	C	0,73	Q25	Corrente elétrica	P	0,24
Q7	Corrente elétrica	P	0,75	Q26	Circuito Misto	P	0,26
Q8	Resistência equi.	FM	0,75	Q27	Resistência equi.	C	0,36
Q9	d.d.p	C	0,62	Q28	Curto circuito	C	0,21
Q10	d.d.p	C	0,65	Q29	Resistencia equi.	FM	0,68
Q11	Corrente elétrica	C	0,66	Q30	Corrente elétrica	P	0,43
Q12	Corrente elétrica	P	0,40	Q31	Circuito misto	P	0,17
Q13	Resistência equi.	P	0,64	Q32	Circuito misto	P	0,56
Q14	Ins. de medidas	C	0,73	Q33	d.d.p	C	0,43
Q15	Resistência equi.	FM	0,55	Q34	Resistencia equi.	P	0,25
Q16	Corrente elétrica	C	0,79	Q35	Corrente elétrica	P	0,61
Q17	Corrente elétrica	P	0,62	Q36	Corrente elétrica	P	0,65
Q18	Inst. de medidas	C	0,62	Q37	Corrente elétrica	P	0,69
Q19	Lei de Ohm	C	0,51			Média de acertos	0,65

Fonte: Elaboração pela(s) autor(as)

Na Tabela 2, é possível identificar o conteúdo abordado em cada item. Observa-se que o conteúdo dos itens pode fornecer indícios de potenciais preditores de desempenho.

Especificamente nos itens que se refere ao conceito de corrente elétrica, nota-se uma predominância de valores superiores de desempenho, definidos como aqueles com níveis de acerto acima de 0,7. Conteúdos como corrente elétrica, circuitos em série e resistência equivalente apresentam índices médios e altos de acertos.

É fundamental destacar que os itens com pontuações inferiores a 0,3 exploram o tema da corrente elétrica em circuitos mistos, particularmente relacionados ao brilho da lâmpada. O item Q31, que obteve a menor taxa de acerto, está vinculado ao conteúdo de circuito misto. De maneira semelhante, os itens Q25, Q26, Q28 e Q34 seguem essa mesma linha, apresentando pontuações abaixo de 0,3 e abordando também os conceitos de circuitos mistos associados à corrente elétrica e à luminosidade da lâmpada. A resolução desses itens demandava dos estudantes habilidades como interpretação de imagens, compreensão da função da chave no circuito e compreensão da relação entre o brilho das lâmpadas e o tipo de circuito.

Os alunos demonstraram um domínio mais substancial dos itens sobre corrente elétrica e circuitos elétricos em série em comparação com os itens com aplicação de corrente elétrica em circuitos mistos. Esses resultados sugerem que o conteúdo de corrente elétrica dos itens pode desempenhar um papel relevante na avaliação do desempenho dos estudantes.

A análise desses itens sugere uma lacuna no entendimento dos alunos em relação à aplicação prática dos conceitos de corrente elétrica em circuitos mistos. Isso pode indicar a necessidade de revisão ou aprofundamento desse tópico específico durante o processo de ensino e aprendizagem.

Análise de itens discursivos

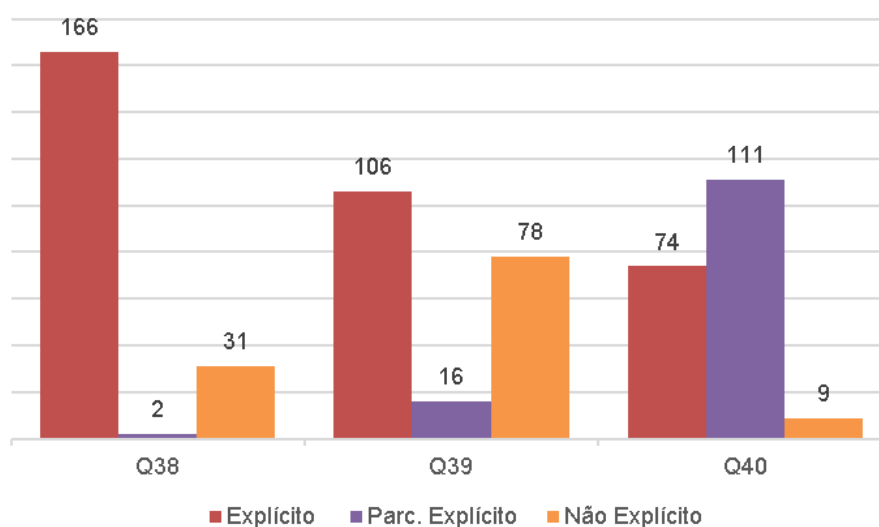
Os itens Q38 a Q40, como supracitado no texto foram analisadas a partir das respostas dos alunos, e do uso de três categorias, baseada na perspectiva docente de avaliação: Explícito, parcialmente Explícito e não Explícito.

O item Q38, é do tipo uso da Ferramenta Matemática e aborda o conteúdo da primeira lei de Ohm. Obtivemos 166 respostas na categoria “explícita” e 2 na “parcialmente explícito” e 31 respostas na categoria “não explícito”. A Q39, cujo enunciado corresponde: “O que será menos perigoso: ligar um aparelho de 110V a uma tomada de 220V ou ligar um aparelho de 220V a uma tomada de 110V?” é de natureza procedimental porque requer dos alunos o

conhecimento sobre como lidar com dispositivos elétricos e tomadas de diferentes voltagens. Os estudantes precisam entender os procedimentos adequados para conectar um aparelho elétrico a uma tomada com voltagem diferente da especificada no aparelho, portanto o conteúdo desse item é de segurança e funcionamento adequado do equipamento. Obtivemos 106 respostas na categoria “explícito” e 16 na parcialmente explícito e 78 respostas na categoria “não explícito”. Como podemos observar na figura 1 do gráfico.

Por fim, para o item Q40, considerando as categorias supracitadas, esse item obteve 69 respostas na categoria “explícito”, 107 respostas na categoria “parcialmente explícito” e 9 respostas na categoria “não explícito”, destacando-se como o item mais complexa. Esta questão é solicitava a explicação do que ocorre na pilha, fios, interruptor e na lâmpada quando o interruptor é acionado e a lâmpada ascende.

Figura 1 – Análise dos itens discursivos categorizados



Fonte: Elaboração pela(s) autor(as), 2024.

A partir de uma análise mais detalhada das respostas dos estudantes no item Q40, identificados na categoria “parcialmente explícito, foi possível identificar quais os temas mais abordados e discutidos pelos alunos a respeito de conceito de corrente elétrica e fenômenos associados. Os principais temas identificados formam: (i) fluxo e movimento de corrente, indicando uma compreensão sobre como a corrente elétrica se desloca através de um circuito; (ii) polaridade positiva e negativa, sugerindo uma percepção dos diferentes polos de uma fonte

de energia elétrica; (iii) energia química da pilha, denotando um entendimento sobre a conversão de energia química em energia elétrica; (iv) emissão de luz, indicando uma consciência sobre os processos que envolvem a produção de luz em dispositivos elétricos; e (v) campo elétrico, sugerindo um reconhecimento da influência e interação entre cargas elétricas em um campo elétrico. Como a categoria “parcialmente explícito” denota que o estudante tem um entendimento sobre o que é perguntado, mas esse entendimento ainda carrega algum equívoco ou compreensão limitada em termos de relações e concepções generalizadas; ou seja, está menos articulado.

Esses temas levantados, apontam para áreas específicas em que os alunos podem demonstrar maior familiaridade e encontrar dificuldades. Essas informações são preciosas para orientar o processo de ensino e aprendizado, permitindo que os educadores adaptem suas abordagens pedagógicas para melhor atender às necessidades dos alunos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise exploratória dos dados proporcionou insights sobre como os estudantes do terceiro ano entendem corrente e circuitos elétricos. A partir da codificação das respostas dos alunos em uma matriz numérica, calculou-se a média dos escores normalizados, que foi de 58,6. Com base nesse valor, a amostra foi dividida em três grupos: O grupo 1 (escores abaixo da média) teve uma média de 31,4, o grupo 2 (escores medianos) teve uma média de 56,3 e o grupo 3 (escores acima da média) teve uma média de 75,8. Notavelmente, a maioria dos alunos da rede federal está concentrada nos grupos de escores mais altos ou médios, sugerindo que ser estudante de uma instituição federal pode influenciar positivamente no desempenho acadêmico.

A análise dos itens dicotômicos apresentou uma discrepância entre o desempenho de dois itens sugere uma diferença na compreensão dos conceitos abordados. Os alunos demonstraram um domínio mais substancial do conceito tratado na Q1 em comparação com o aspecto procedimental da Q31. Isso indica que os estudantes possivelmente tem uma compreensão articulada da definição conceitual, mas sua aplicação em contextos específicos, que demanda uma lógica de transposição do conceito, é menos desenvolvida, demonstrando uma falta de articulação nessa seara.

Outro análise foi em relação a natureza do item, que levou a conclusão que os alunos demonstraram um domínio mais substancial dos itens de natureza conceitual em comparação

com os itens de natureza procedimental. Esses resultados sugerem que a natureza conceitual dos itens pode desempenhar um papel relevante na avaliação do desempenho dos estudantes. Observa-se que o conteúdo dos itens pode fornecer indícios de potenciais preditores de desempenho. Os itens que tratavam de conceitos de corrente e circuitos elétricos foram os mais acertados, sendo os relacionados a procedimentos com análises e interpretação de imagens apresentaram mais respostas equivocadas. Isso indica que possivelmente o processo de escolarização está contemplando, do ponto de vista conceitual, maior aprendizagem de conceitos teóricos de corrente e circuitos, sendo necessário um aprofundamento maior para indicações procedimentais sobre possíveis abordagens que proporcionem maior compreensão em aplicações em outras searas.

A análise das respostas discursivas em geral indicou desempenho médio e alto, A partir de uma análise mais detalhada das respostas dos estudantes no item Q40, identificados na categoria “parcialmente explícito, foi possível identificar quais os temas mais abordados e discutidos pelos alunos a respeito de conceito de corrente elétrica e fenômenos associados. Esses temas levantados, apontam para áreas específicas em que os alunos podem demonstrar maior familiaridade e encontrar dificuldades. Ao reconhecer os temas mais relevantes e os pontos de dificuldade, os professores podem desenvolver estratégias de ensino mais eficazes e fornecer suporte adicional onde necessário, promovendo assim uma compreensão mais sólida dos conceitos elétricos para aprendizagem dos estudantes.

Tais resultados, do ponto de vista educacional, nos indica que possivelmente as abordagens usualmente empregadas estejam promovendo uma aprendizagem maior em termos conceituais. Esse resultado contradiz a literatura que discute o ensino de física, tendo em vista que muitos trabalhos apontam para a ênfase do emprego da matemática e da concentração na resolução de problemas que demandam a formalização dos fenômenos. Há de se ponderar, dessa maneira, se as instruções, ainda que com foco na aplicação de ferramentas matemáticas, estão proporcionando uma compreensão mais conceitual, o que também não deixa de ser relevante: os objetivos das abordagens que fazemos estão sendo atingidos?

Ressaltamos, contudo, que esse é um estudo exploratório e que suas indicações devem ser investigadas com maior profundidade. Há de se avaliar de forma mais detalhada o contexto em que a coleta foi conduzida e também a especificidade do conteúdo, além da influência do tipo de instrução realizada em cada escola. A separação por instituição não foi feita, sendo esses

resultados apontamentos gerais. A partir deles, modelos de aprendizagem assim como o design de análises posteriores serão elaborados e testados, com intuito principal de verificar esses indícios.

Em resumo, a análise exploratória delineou indícios sobre como o conteúdo de circuito elétrico está contemplado na compreensão dos alunos, possibilitando levantar hipóteses para futuras pesquisas mais aprofundadas.

REFERÊNCIAS

AMANTES, A. **Contextualização no ensino de Física:** efeitos sobre a evolução do entendimento dos estudantes. 2009. 275f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG/FaE, 2009.

BIGGS, J.; COLLIS, K. **Evaluating the quality of learning: the SOLO Taxonomy.** New York: Academic Press, 1982. v. 296.

COELHO, Geide Rosa; AMANTES, Amanda. A influência do engajamento sobre a evolução do entendimento dos estudantes em eletricidade. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** Vol. 13, n.1, p. 48-72, 2014.

Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen13/REEC_13_1_4_ex719.pdf

COELHO, G. R. **A evolução do entendimento dos estudantes em eletricidade: um estudo longitudinal.** Tese (Doutorado)- Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG/FaE, 2011.

DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte I - circuitos elétricos simples. *Revista Brasileira de Ensino de Física.* p. 487–496, 2006.

FISCHER, K. W. (1980). A theory of cognitive development: the control and construction of hierarchies of skills. *Psychological Review*, 87, 477–531.

MACÊDO, J. A. de, Dickman, A. G., Andrade, I. S. F. de. (2012). Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de Eletricidade. *Caderno Brasileiro De Ensino De Física*, 29, 562–613.
<https://doi.org/10.5007/2175-7941.2012v29nsp1p562>

MARINHO, E. C.; PESSOA; RODRIGUEZ, E. A. Aprendizagem no Ensino de Eletricidade desenvolvida por uma proposta de Educação por Projetos. **Ens. Tecnol. R**, n. 1, p. 21–35, 2020.

MILLAR, R.; KING, T. Students' understanding of voltage in simple series electric circuits. **International Journal of Science Education**, n. 4, p. 339–349, 1993.

OLIVEIRA, Samuel de; PEREIRA, Frederico Pablo Zaru. Ensino de eletricidade básica utilizando a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade: um relato de experimento. **Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação**. Vol. 6, n. 1, 2020.

Disponível em :

https://www.researchgate.net/publication/343399190_Ensino_de_eletricidade_basica_utilizando_a_abordagem_Ciencia_Tecnologia_e_Sociedade_um_relato_de_experimento

PERKINS, D. Teaching for Understanding. The Professional Journal of the American Federation of Teachers. v.17 n3, p. 8-28, 1993.

SILVEIRA, F. L., MOREIRA, M. A. e 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, 41(11): 1129–1133, nov. 1989.