



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS HUMANAS,
SOCIAIS E DA NATUREZA – PPGEN

PATRÍCIA BENETI DE OLIVEIRA

**UM ESTUDO DOS CONCEITOS DE ELETRICIDADE A PARTIR DA
TEORIA DE MULTIMODOS E MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES E
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

DISSERTAÇÃO

LONDRINA
2016

PATRÍCIA BENETI DE OLIVEIRA

**UM ESTUDO DOS CONCEITOS DE ELETRICIDADE A PARTIR DA
TEORIA DE MULTIMODOS E MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES E
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do grau de Mestre em Ensino do
Programa de Mestrado em Ensino de Ciências
Humanas, Sociais e da Natureza da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Orientador: Prof. Dr. Alcides Goya

LONDRINA
2016

TERMO DE LICENCIAMENTO

Esta Dissertação e o seu respectivo Produto Educacional estão licenciados sob uma Licença Creative Commons *atribuição uso não-comercial/compartilhamento sob a mesma licença 4.0 Brasil*. Para ver uma cópia desta licença, visite o endereço <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou envie uma carta para Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, Califórnia 94105, USA.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca UTFPR - Câmpus Londrina

O48e Oliveira, Patrícia Beneti de

Um estudo dos conceitos de eletricidade a partir da teoria de multimodos e múltiplas representações e aprendizagem significativa / Patrícia Beneti de Oliveira – Londrina: [s.n.], 2016.

122 f. : il.; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Alcides Goya

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza. Londrina, 2016.

Bibliografia: f. 62-64

1. Circuitos Elétricos. 2. Aprendizagem. 3. Didática. I. Goya, Alcides, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. III. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza. IV. Título.

CDD: 507



TERMO DE APROVAÇÃO

UM ESTUDO DOS CONCEITOS DE ELETRICIDADE A PARTIR DA TEORIA DE MULTIMODOS E MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

por

PATRICIA BENETI DE OLIVEIRA

Dissertação de Mestrado apresentada no dia 15 de dezembro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENSINO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E DA NATUREZA pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza – PPGEN, Câmpus Londrina, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A mestranda foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **APROVADO**. (Aprovado ou Reprovado).

Prof. Dr. Alcides Goya (UTFPR)

Orientador

Prof. Dr. João Paulo Camargo de Lima (UTFPR)

Membro Titular

Prof. Dr. Maurício Grade Ballarotti (PITÁGORAS)

Membro Titular

Profa. Dra. Alessandra Dutra

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza – PPGEN.

Aos meus pais, maiores exemplos de perseverança na busca do conhecimento e que apesar das dificuldades souberam transmitir vossa sabedoria e apoio constante.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que todos os dias de minha vida me deu forças para nunca desistir.

Ao meu orientador, professor Dr. Alcides Goya, por seu apoio e amizade, além de sua dedicação, competência e especial atenção nas revisões e sugestões, fatores fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Ao professor Prof. Dr. Maurício Grade Ballarotti e ao professor Prof. Dr. João Paulo Camargo de Lima pelas valiosas contribuições apresentadas no exame de qualificação.

Aos alunos participantes desta pesquisa, pela disposição e valorosa colaboração.

Aos professores do mestrado, pelas trocas de experiências e ensinamentos preciosos para a construção dos meus conhecimentos.

Aos meus pais, Antônio Ricardo de Oliveira e Marcia Beneti de Oliveira, pelo amor, incentivo, carinho e apoio nesta conquista.

Ao meu namorado, Adilson Koizumi, por ter me ajudado de muitas formas, especialmente pela atenção e compreensão sempre.

Aos colegas do mestrado, pela amizade construída.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”. (Albert Einstein)

OLIVEIRA, Patrícia Beneti de. **Um estudo dos conceitos de eletricidade a partir da Teoria de Multimodos e Múltiplas Representações e Aprendizagem Significativa**. 2016. 126 FLS. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina.

RESUMO

Este trabalho analisa a aprendizagem significativa dos conceitos elétricos de corrente, resistência, tensão e potência elétrica a partir da Abordagem POE - Predizer, Observar e Explicar (Tao e Gustone, 1999; Oliveira, 2003), Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2003; Moreira, 1999) e a Teoria de Multimodos e Múltiplas Representações (Prain; Waldrup, 2006; Laburú *et al*, 2011). Assim, o objetivo foi a utilização destes fundamentos teóricos como inspiração para a criação e aplicação da sequência didática durante as aulas da Disciplina de Princípios de Eletricidade e Magnetismo. Sendo a sequência didática o produto desta pesquisa, buscou-se formular aquela a fim de propor aos alunos diversas formas de representação de um mesmo conceito, inclusive com o uso de simulador. Para tanto, empregou-se o aplicativo de simulação Kit de Circuito DC, desenvolvido pelo projeto Tecnologia no Ensino de Física (PhET), da Universidade do Colorado. O corpus desta pesquisa restringiu-se a 14 dos 28 alunos, das turmas do 3º e 4º semestre de Engenharia de Produção e 4º semestre de Engenharia Mecânica, de uma instituição de ensino particular. Para a viabilização desta pesquisa optou-se pelo tipo de pesquisa exploratória. Os dados coletados foram avaliados segundo as metodologias quantitativa e qualitativa. Como resultados, os alunos demonstraram curiosidade no uso do painel elétrico e durante o uso do simulador. Observou-se que os alunos obtiveram um ganho conceitual superior ao ensino tradicional e equivalente ao ensino interativo, tanto para a aprendizagem demonstrada pelo questionário de conhecimentos básicos e pelo teste de concepções científicas sobre corrente elétrica (Silveira *et al*, 1989). No entanto, no discurso teórico sobre os conceitos básicos, mesmos após as orientações, muitos alunos mantiveram em sua estrutura cognitiva a interpretação do circuito relacionada às concepções alternativas.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa. Multimodos. Múltiplas Representações. Circuito Elétrico.

OLIVIERA, Patrícia Beneti de. **A study of the concepts of electricity from the Theory of Multimode and Multiple Representations and Significant Learning.** 2016. 126 FLS. Dissertation (Master's in Teaching Humanities, Social Science and Nature) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina.

ABSTRACT

This work analyzes the significant learning of electrical concepts of current, resistance, voltage and electric power from the POE Approach - Predicting, Observing and Explaining (Tao and Gustone, 1999; Oliveira, 2003), Significant Learning (Ausubel, 1999) and Multimode Theory and Multiple Representations Theory (Prain, Waldrup, 2006, Laburú et al, 2011). Thus, the objective was to use these theoretical foundations as inspiration for the creation and application of the didactic sequence during the classes of the Discipline of Principles of Electricity and Magnetism. Being the didactic sequence the product of this research, we tried to formulate that one in order to propose to the students several forms of representation of the same concept, even with the use of simulator. In order to do so, the DC Circuit Kit simulation application was developed, developed by the Technology in Teaching of Physics (PhET), University of Colorado. The corpus of this research was restricted to 14 of the 28 students, from the classes of the 3rd and 4th semester of Production Engineering and the 4th semester of Mechanical Engineering, from a private educational institution. In order to make this research viable, we opted for the type of exploratory research. The data collected were evaluated according to the quantitative and qualitative methodologies. As a result, students were curious about the use of the electrical panel and during the use of the simulator. It was observed that the students obtained a conceptual gain superior to the traditional teaching and equivalent to the interactive teaching, both for the learning demonstrated by the basic knowledge questionnaire and the test of scientific conceptions about electric current (Silveira et al, 1989). However, in the theoretical discourse on the basic concepts, same after the orientations, many students maintained in their cognitive structure the interpretation of the circuit related to the alternative conceptions.

Keywords: Significant Learning. Multimode. Multiple Representations. Electric circuit.

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Ganho normalizado g proposto por Hake (2002) .	35
Equação 2 – Ganho de conhecimentos básicos (gCB). Fonte: A autora.	35
Equação 3 – Ganho de concepções científicas sobre corrente elétrica. Fonte: A autora.	36

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação esquemática dos circuitos presentes no questionário de Análise Prévia (Apêndice C).	51
Figura 2 – Questão 2 do Teste de Conhecimentos Científicos sobre Corrente Elétrica.	54
Figura 3 – Questão 5 do Teste de Conhecimentos Científicos sobre Corrente Elétrica.	56
Figura 4 – Questão 13 do Teste de Conhecimentos Científicos sobre Corrente Elétrica.	58

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Médias e desvios padrão dos índices de Motivação para Aprender Física (MAE) e Estratégia Pessoal de Estudo (EPE) dos 14 alunos no início e no final do semestre.35
- Tabela 2: Conhecimentos Básicos (CB), ganho de Conhecimentos Básicos (gCB), Concepção Científica sobre Corrente Elétrica (CC), ganho de Concepção Científica (gCC) e ganho geral (G) dos 14 alunos.37
- Tabela 3: Teste t entre alunos no início e no final do semestre nas quatro variáveis38
- Tabela 4: Tabela em ordem decrescente do ganho geral (G) com as avaliações das simulações em grupo (S) e provas individuais (P).39
- Tabela 5: Correlação entre as variáveis motivacionais (i-início e f-final) com o ganho geral G, simulação S e prova P.....40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Roteiro das atividades realizadas no decorrer das aulas.	22
Quadro 2 - Critérios adotados para Prova 1 (P1).....	31
Quadro 3 - Critérios adotados para a Prova 2 (P2).....	32
Quadro 4 – Critérios para a categorização dos Questionários de Conhecimentos Básicos (QCB) e Análise Prévia (QAP).....	33
Quadro 5: Descrição Inicial e Final apresentada no questionário de conhecimentos básicos para os alunos A03, A07, A10, A11, A22, A23.	43
Quadro 6 – Representações esquemáticas iniciais dos alunos.	47
Quadro 7 – Representações esquemáticas finais dos alunos.....	49
Quadro 8 – Respostas à questão 1 do questionário de análise prévia (Apêndice C).	52
Quadro 9 – Respostas à questão 4 do questionário de análise prévia (Apêndice C).	53
Quadro 10 - Recortes da Entrevista Final dos alunos A11, A13, A29, A8.....	57

LISTA DE SIGLAS

CC - Teste de Concepções Científicas sobre Corrente Elétrica

EF - Entrevista Final

EPE - Estratégia Pessoal de Estudo

gCB - Ganho de Conhecimentos Básicos

gCC - Ganho de Conhecimentos Científicos

MAE - Motivação para Aprender Eletricidade

POE - Predizer, Observar e Explicar

QAP - Questionário de Análise Prévia

QCB - Questionário de Conhecimentos Básicos

SUMÁRIO

1.	<i>Introdução</i>	11
2.	<i>Referencial Teórico</i>	15
2.1	Aprendizagem significativa e Abordagem POE (Predizer, Observar e Explicar).	15
2.2	Multimodos e Múltiplas Representações e aprendizagem significativa	18
3.	<i>Procedimentos Metodológicos</i>	20
3.1	Problema da pesquisa	20
3.2	Amostra da pesquisa	21
3.3	Descrição das atividades propostas	21
3.4	Obtenção de dados	26
3.5	Categorização dos dados	30
4.	<i>Análise de Dados</i>	34
4.1	Abordagem quantitativa	34
4.2	Abordagem qualitativa	40
4.2.1	Sobre a questão 1 do Questionário de Conhecimentos Básicos (QcB).....	41
4.2.2	Sobre a Representação de Circuitos no Questionário de Conhecimentos Básicos (QCB)	44
4.2.3	Sobre o Questionário de Análise Prévia (QAP)	50
4.2.4	Sobre a EF – Entrevista Final	53
5.	<i>Considerações Finais</i>	59
	<i>Referências</i>	62
	<i>Trabalhos publicados e aceitos</i>	65
	<i>Anexos</i>	66
	<i>Apêndices</i>	73

1. INTRODUÇÃO

A abordagem dos conceitos científicos relacionados à Física, principalmente na área de Eletricidade, é frequentemente representada de forma abstrata aos alunos. Tal abstração proporciona dificuldades na concepção adequada dos conceitos, pois, em uma situação de ensino, na qual o professor passa instruções aos alunos, estes podem não conseguir visualizar mentalmente os fenômenos que estão sendo descritos oralmente, por exemplo, as representações esquemáticas dos circuitos ou expressões matemáticas previstas para a eletricidade.

Uma das pesquisas nacionais sobre a aprendizagem de conceitos básicos de eletricidade apresentou como estratégia de aprendizagem as atividades de simulação (DORNELES, ARAÚJO e VEIT, 2006). As simulações com o uso do software *Modellus* ajudou os alunos universitários a superar dificuldades conceituais e concepções alternativas concernentes a circuitos elétricos resistivos ou outros circuitos elétricos simples. Para esses autores os resultados das pesquisas revelaram que os participantes demonstraram um melhor desempenho de aprendizagem frente a outros alunos submetidos apenas a aulas tradicionais.

Considerando o uso da simulação como meio de promover o conflito cognitivo, Nedelsky (1961), White e Gunstone (1992), Tao e Gustone (1999) propuseram a abordagem POE como uma estratégia constituída por três etapas: o *Predizer*, em que os alunos discutem, individualmente ou em grupo, o problema proposto e, pela troca de experiências, predizem o resultado esperado. Em seguida, os alunos deverão *Observar* o que será apresentado no experimento e tentar *Explicar* os resultados obtidos, comprovando ou não o que foi predito inicialmente.

Em outros trabalhos, Finkelstein *et al.* (2005); Costa *et al.* (2013) usaram o aplicativo *Phet Circuit Construction Kit* com alunos de um curso de Física geral em que propunham o estudo de resistores em série e em paralelo e a construção de circuitos resistivos, aplicado ao método POE (Predizer, Observar e Explicar). Os autores concluíram que os alunos submetidos às atividades de simulação obtiveram um melhor desempenho em questões conceituais, bem como uma maior facilidade em manipular componentes reais de circuitos quando comparados àqueles que se submeteram apenas a métodos tradicionais de aprendizagem.

Também o trabalho proposto por Gravina e Buchweitz (1994) apresenta um levantamento das concepções alternativas apresentadas pelos estudantes a respeito de circuitos elétricos elementares. Para esses autores, verificou-se que as concepções alternativas apresentadas antes das instruções foram várias e semelhantes às encontradas em outras pesquisas na mesma área. Os resultados mostraram que os estudantes assimilaram a maioria dos conceitos científicos abordados eliminando as concepções alternativas identificadas antes da instrução.

Este trabalho analisa a aprendizagem dos conceitos elétricos de corrente, resistência, tensão e potência elétrica a partir da abordagem POE - Predizer, Observar e Explicar (Tao e Gustone, 1999; Oliveira, 2003), Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2003; Moreira, 1999) e a Teoria de Multimodos e Múltiplas Representações (Prain; Waldrip, 2006; Laburú et al, 2011). Para tanto, optou-se pela elaboração e aplicação de uma sequência didática (material instrucional desenvolvido pela pesquisadora, presente no apêndice A) durante as aulas da disciplina de Princípios de Eletricidade e Magnetismo.

Para proporcionar diversas formas de compreensão do mesmo conceito, a sequência didática utilizou as seguintes estratégias de ensino: apresentação dos circuitos em realidade a partir do painel elétrico, representações esquemáticas dos circuitos, expressões matemáticas, simulação e adaptação ao laboratório de eletricidade. Desta forma, a proposta foi verificar em que medida os diversos momentos abordados em sala de aula contribuíram para que as concepções alternativas apresentassem algum silogismo científico, pois os aspectos fundamentais do cognitivo humano correspondem à formação das representações que afetam a aprendizagem dos conceitos (DUVAL, 2004).

Tendo isto em vista o conhecimento das ciências, na disciplina de Eletricidade e Magnetismo, o uso da linguagem não se limita apenas à utilização de fórmulas matemáticas e/ou conceitos abstratos, são utilizados grande diversidade de símbolos para a representação um elemento e/ou dispositivo. Assim, é possível citar como exemplos a utilização de simbologia padronizada, signos, para a identificação de uma lâmpada em um circuito ou a representação da tensão elétrica pela letra E reconhecida universalmente. Ou seja, o uso de símbolos, como afirma Ausubel (2003 *apud* MOREIRA, 1999), equivalentes em termos de significados, consegue expressar de maneiras diferentes uma mesma informação, sem fazer uso necessariamente de palavras.

Tendo como hipótese de trabalho o aprimoramento da aprendizagem em Eletricidade, é necessário entender e ligar diferentes modos com suas variadas formas representacionais científicas, tais como: descritivas (gráfica, verbal, tabular), matemáticas, cinestésicas, experimentais, ou figurativas (pictóricas, analógicas, metafóricas) (PRAIN; WALDRIP, 2006). Utilizando esses meios representacionais foi elaborado o produto educacional Sequência Didática Entre o Mais e o Menos, objeto de estudo deste trabalho.

Esse produto educacional procura refletir a própria prática pedagógica adotada pela pesquisadora nas aulas de Princípios de Eletricidade e Magnetismo. Nesse sentido, as atividades trabalhadas inicialmente com as formas de representação figurativas, como abordado em estudo dos autores Prain e Waldrip (2006) buscam uma mudança conceitual pelos alunos na forma de visualização do circuito elétrico e compreensão de seu funcionamento. Ao mesmo tempo, as atividades desenvolvidas solicitam do aluno a formação de um pensamento crítico e capacidade de tomada de decisão frente a resoluções por representações matemáticas, uso de silogismos e descrição dos conceitos elétricos.

Participaram da investigação alunos do curso de Graduação em Engenharia que cursavam a disciplina Princípios de Eletricidade e Magnetismo, ministrada pela pesquisadora. Por ser uma disciplina da matriz curricular de núcleo comum, há alunos do 3º e 4º semestre de Engenharia de Produção e do 4º semestre de Engenharia Mecânica, ou seja, uma turma mista e composta por 28 alunos. A disciplina foi ministrada no 1º semestre de 2016, em uma universidade particular da cidade de Londrina. O *corpus* desta pesquisa restringiu-se a 14 dos 28 alunos, devido à não participação/presença no decorrer das aplicações das atividades/questionários/avaliações de alguns dos alunos e desistências da disciplina.

A partir dos procedimentos da sequência didática, com referência as teorias POE, Multimodos e Múltiplas Representações e Aprendizagem Significativa, foram realizadas as aulas teóricas/práticas/simulação com os alunos. O uso de diferentes meios e atividades de aprendizagem desenvolvidas, durante as aulas e a coleta de dados, propuseram-se a obter resultados a respeito das dificuldades apresentadas na aprendizagem dos conceitos de Eletricidade, bem como se os alunos foram capazes de descrever esses conceitos cientificamente. Os dados coletados foram avaliados segundo as metodologias quantitativa e qualitativa.

Essa dissertação desenvolve no Capítulo 2 a fundamentação teórica sobre a Aprendizagem Significativa e o método POE e como se relacionam com a aprendizagem dos conceitos elétricos. Em seguida, associa as contribuições da Aprendizagem Significativa com a teoria de Multimodos e Múltiplas Representações. O capítulo 3 descreve os Procedimentos Metodológicos e como eles foram delineados e aplicados no decorrer da pesquisa. O Capítulo 4 traz a análise e os resultados obtidos, por meio dos questionários e atividades aplicadas, a fim de responder aos problemas da pesquisa. O Capítulo 5 apresenta as principais considerações a respeito da pesquisa e a influência que teve na prática pedagógica desenvolvida pela pesquisadora. O material pedagógico desenvolvido e aplicado, denominado Sequência Didática foi intitulado “Entre o Mais e o Menos”, e está disponibilizado no Apêndice A.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão expostas as relações existentes entre os referenciais teóricos utilizados e a aprendizagem dos conceitos de eletricidade, subdividido em dois tópicos: Aprendizagem Significativa e Abordagem POE (predizer, observar e explicar) e Multimodos e Múltiplas Representações associados à Aprendizagem Significativa.

2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E ABORDAGEM POE (PREDIZER, OBSERVAR E EXPLICAR).

A aprendizagem significativa está relacionada com a construção de significados como parte central do processo de ensino e aprendizagem (COLL, 2002). Os alunos apresentam conhecimentos prévios em sua estrutura cognitiva, os quais nem sempre predizem os conceitos científicos. Para a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003), o ponto de partida para que ocorra a aprendizagem são os conhecimentos prévios que o aluno possui. Esses conhecimentos, presentes na estrutura cognitiva, são determinados pela teoria como subsunçores¹, nos quais novas informações são ancoradas. Seguindo esse processo, que é não literal e não arbitrário, o novo conhecimento adquire significados para o aluno, e o conhecimento prévio fica mais rico, diferenciado e elaborado em termos de significados, adquirindo maior estabilidade (MOREIRA E MASINI, 2006, 2008; MOREIRA, 1999, 2006; VALADARES E MOREIRA, 2009).

Nesse sentido, Ausubel (2003) concorda que a construção de um novo significado sobre determinado conceito dependerá das relações que o aluno for capaz de estabelecer. Para Moreira (1999), essas relações refletem a subordinação do novo material à estrutura cognitiva preexistente. Por outro lado, a ligação que ocorre entre a nova informação e os conceitos subsunçores não é sinônimo de aprendizagem “correta” (Moreira, 1999). O significado adquirido pelo aluno pode não ser aquele que o professor ensinou.

Em outro extremo está à aprendizagem mecânica, em que o aluno se

¹ Ausubel (2003, p.153) define o conceito de subsunçor como sendo um aspecto especificamente relevante na estrutura de conhecimento do aprendiz.

utiliza da simples ação de memorizar símbolos e operações de forma arbitrária, literal e não significativa (MOREIRA, 2006) acarretando, inevitavelmente, um entendimento enganoso do assunto. Moreira (2006) aborda a resistente mudança conceitual quando se refere às concepções alternativas. Por exemplo, associar o conceito de energia ao fornecimento de tensão em tomada de 127/220V, isso pode ser significativo para o aluno, por ser habitual, embora não seja a explicação cientificamente aceita.

Partindo da mudança conceitual, é necessário utilizar um material instrucional que favoreça a aprendizagem do aluno, de modo que ele possa apropriar-se dos conhecimentos científicos. Moreira (2011) enfatiza que, para ocorrer a aprendizagem significativa, é necessário que o material seja relacionável à estrutura cognitiva prévia (i.e., os conhecimentos prévios e sua organização hierárquica) do aprendiz. Para que isso ocorra, o material deverá ser lógica e psicologicamente significativo para o aluno (MOREIRA, 1999), ou seja, deve relacionar-se com as ideias relevantes que se situam dentro do domínio da capacidade humana. Nesse sentido, o autor argumenta que ter um material logicamente significativo implica a relação de modo não aleatório e arbitrário dos conhecimentos, especificamente relevantes, já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. A abordagem psicológica refere-se ao relacionamento substantivo e não arbitrário do material logicamente significativo e à experiência individual (MOREIRA, 1999), dado que cada aluno faz a filtragem dos materiais detendo o que tem ou não tem significado, implicando em uma logicidade intrínseca ao material e a disponibilidade de conhecimentos especificamente relevantes.

Ausubel *et al* (1980) descrevem três tipos de aprendizagem significativa: a representacional, de conceitos e proposicional. A primeira, considerada o tipo mais básico de aprendizagem, envolve a atribuição de significado aos símbolos, objetos, eventos. A aprendizagem de conceitos ocorre quando se observam certas regularidades em objetos ou eventos e representa-se esse grupo também através de símbolos. Moreira (1999) afirma ser um tipo de aprendizagem representacional semiótica, que deve ser substantiva e não arbitrária. Para Duval (2006), as representações semióticas são relativas a um sistema particular de signos, como a linguagem escrita ou gráfica, entre outras. Para o autor, a aprendizagem de conceitos científicos e das representações simbólicas não é um processo que se pode separar, pois não é possível cognitivamente dissociar a forma de representar

os conceitos do que eles significam (TYLER *et al*, 2007, p. 317; DUVAL, 2006, p. 112). Apresentando-se como a mais ampla aprendizagem, a aprendizagem proposicional implica dar significado às ideias que são expressas em forma de proposições, e não mais o significado isoladamente para uma determinada palavra ou composição, que represente um objeto ou situação.

Moreira (1999) enfatiza que o ensino deve ser planejado de modo a facilitar a aprendizagem significativa e recomenda que ao se procurar evidências de aprendizagem se formule questões e problemas de maneira nova e não-familiar, que requeiram máxima transformação do conhecimento adquirido. Como forma de promover a representação ampla de um objeto ou situação, concedendo-lhe significado, empregamos a abordagem POE na expressão dos conceitos elétricos, que favorece tanto o caráter investigativo quanto a capacidade de tomada de decisão, pois envolve argumentações de situações-problemas que permite aos alunos a formação de um pensamento crítico (OLIVEIRA, 2003), “ao mesmo tempo em que os capacita para processar, converter, coordenar e integrar as transformações do conhecimento científico em representações, na condução de uma atividade” (Laburú *et al*, 2011, p.25).

A abordagem POE, proposta por Nedelsky (1961), White e Gunstone (1992), Tao e Gustone (1999), é constituída por três etapas: no primeiro momento, o professor realiza uma abordagem propondo aos alunos um desafio, a partir de uma situação-problema. Essa situação-problema visa despertar o interesse e a curiosidade dos alunos, fazendo-os pensar ou interagir de forma consciente na busca de uma solução. Os alunos, divididos em grupo ou individualmente, discutem o assunto e, por meio da troca de conhecimentos PREDIZEM ou lançam algumas suposições sobre o assunto. Num segundo momento, a experiência é executada pelas equipes ou pelo professor para que os alunos possam OBSERVAR o fenômeno. Num terceiro momento, os alunos tentam EXPLICAR o fenômeno comprovando ou não a suposição inicial (OLIVEIRA, 2003).

2.2 MULTIMODOS E MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A aprendizagem é um processo que depende de inúmeros fatores. Um ponto crucial na compreensão da Aprendizagem Significativa é o significado que as pessoas dão aos gestos, aos símbolos, às palavras e, em geral, à linguagem. Para esses meios de expressão, encontram-se as representações externas, também denominadas representações semióticas (GARCIA; PALACIOS, 2006).

Quando há referência a vários meios de expressão, ou seja, a prática de representar um mesmo conceito ou processo científico de diferentes formas (PRAIN; WALDRIP, 2006), envolve-se a compreensão da teoria de Multimodos e Múltiplas Representações. Entende-se por multimodos a integração do discurso em diferentes modos para representar os raciocínios e as explicações científicas. A expressão múltiplas representações é entendida como a prática de representar um mesmo conceito ou processo científico de diversas formas (PRAIN; WALDRIP, 2006).

No caso desta pesquisa, o estudo dos conceitos científicos de Eletricidade envolve um desafio representacional em uma variedade de contextos: uso de símbolos para a representação de componentes elétrico-eletrônicos, representações de expressões matemáticas para a compreensão do comportamento das grandezas elétricas em um circuito, esquemas/*layouts* que representam ligações elétricas. Dessa forma, a compreensão do comportamento da corrente elétrica, por exemplo, irá depender da interpretação do esquema de um circuito elétrico. Segundo Laburú *et al* (2011):

Significados não surgem simplesmente da adição ou da justaposição de cada sistema de representação com outro, mas da combinação integrada e da multiplicação do significado de cada um com os outros. Desta multiplicação vem a força dos conceitos e pensamento científico que aparece da capacidade de mover raciocínios livremente e consistentemente entre diversas formas e modos representacionais (LABURÚ, C. E *et al*, 2011)

Todo conceito científico é, simultaneamente, um sinal num discurso semântico verbal, em um sistema operacional de significados de ação e em um sistema de representações matemáticas e visual (LEMKE, 2003, p. 7). Os estudantes precisam ser capazes de integrar os significados daquilo que está sendo comunicado para que um mecanismo de autocorreção funcione durante a

aprendizagem. Para isso, é necessário que o professor utilize diversos sistemas semióticos como recurso de comunicação (LEMKE, 2003).

Para Lemke (2003), não basta a soma de linguagens, é preciso haver a interação do sonoro com o visual, do visual com o oral, do oral com o sonoro. Nesse sentido, os estudantes necessitam integrar, compreender e traduzir os conceitos científicos em vários modos e formas de representação para que consigam interpretar as diversas representações e promover um desenvolvimento conceitual mais efetivo.

Nesse sentido, Laború *et al* (2011) argumentam que a utilização de múltiplas representações poderá favorecer essa aproximação ao conhecimento científico. Para eles, a possibilidade de trabalhar diversos modos com os alunos, encaminhando-os para que traduzam os significados das diversas representações entre si, favorece a construção de novos entendimentos e permite maior aprofundamento cognitivo, fugindo de uma instrução estereotipada, mecânica e pouco significativa para o aluno, visto que, para a Eletricidade, é preciso compreender o todo e também em partes um circuito elétrico.

Para que ocorra a compreensão integral de um conteúdo conceitual, ou seja, para que o aluno atinja a atividade conversão, Duval (2006) propõe que é necessário expor pelo menos duas formas de representação e também que a coordenação de registros semióticos proporciona a extensão da capacidade mental. Nesse sentido, mostra-se consistente o uso de multimodos e múltiplas representações aliado à aprendizagem significativa em sala de aula.

Buscou-se, portanto, o desenvolvimento e a aplicação das atividades e materiais potencialmente significativos que abordassem diversas formas e maneiras de representação de circuitos elétricos simples, aliados à utilização do aplicativo de simulação, do painel elétrico e das aulas expositivas como meios de exposição do conteúdo da disciplina de Princípios de Eletricidade e Magnetismo. O objetivo era que o grupo desenvolvesse a representação simbólica e conceitual substituindo suas concepções alternativas por um conhecimento científico sobre os conceitos de resistência, corrente, tensão e potência elétrica. A forma como foram trabalhados essas atividades e materiais será conferida no próximo capítulo.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são delineados os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa. Inicia-se com o problema da pesquisa, em seguida vêm a descrição da amostra, o relato das atividades propostas, e finaliza-se com a obtenção e caracterização dos dados.

3.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Para esta pesquisa inicialmente pensou-se em buscar respostas quanto à facilidade que o uso de simulação traria nas aulas de eletricidade e poderia proporcionar ao aluno a compreensão dos conceitos básicos de eletricidade (corrente, resistência, tensão e potência elétrica). Logo, a partir da necessidade de mudança da própria prática pedagógica, a pesquisadora elaborou o produto educacional Sequência Didática Entre o Mais e o Menos com o objetivo de aplicar esse material e utilizar essa estratégia para promover a predisposição do aluno a aprender (MOREIRA, 2011), com o intuito de relacionar, de forma substantiva, não arbitrária e não literal, as novas informações à sua estrutura cognitiva, a fim de criar condições para o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa.

Assim, a partir de um ambiente instrucional de ensino de ciências centrado em multimodos e múltiplas representações e na aprendizagem significativa, foi estabelecido como objetivo específico estudar os efeitos do uso dessa sequência didática (Apêndice A) numa turma específica do Curso de Graduação em Engenharia de uma instituição de ensino particular e verificar se ocorreram mudanças conceituais na definição dos conceitos de resistência, corrente, tensão e potência elétrica pelos alunos, tanto antes e quanto depois das instruções por meio do produto educacional.

Como estratégia didática, utilizou-se a abordagem Predizer, Observar e Explicar (POE) com multimodos e múltiplas representações dos conceitos como meio de colaborar para a formação do pensamento crítico do aluno. As situações problemáticas expostas durante as aulas buscaram instigar o aluno, tanto seu caráter investigativo quanto a capacidade de tomada de decisão. Assim, foram trabalhadas inicialmente formas de representação, para, na sequência, trabalhar os

cálculos matemáticos, o que proporcionou meios de reestruturação do pensamento do aluno no momento de realizar a formulação das respostas (simbólicas, discursivas, algébricas), como abordado pelos autores Prain e Waldrip (2006).

Para este trabalho, optou-se pela pesquisa exploratória, para o planejamento e realização do estudo, e por uma abordagem mista para a coleta de dados: a qualitativa, que pede “descrições compreensões e análises de informações, fatos, ocorrências que naturalmente não são expressas por números” (MARTINS; THEÓPHILO, 2007, p. 135) e a quantitativa, “em que os dados e as evidências coletados são filtrados, organizados, tabulados, enfim, preparados para serem submetidos a técnicas e/ou testes estatísticos” (*ibid*, p.135).

3.2 AMOSTRA DA PESQUISA

O universo da pesquisa foi o ensino superior privado de uma determinada universidade da cidade do Norte do Paraná. Para o desenvolvimento do estudo participaram os alunos do curso de Graduação em Engenharia. Na turma havia alunos do 3º e 4º semestre de Engenharia de Produção e do 4º semestre de Engenharia Mecânica, ou seja, uma turma mista e composta inicialmente por 28 alunos. A disciplina Princípios de Eletricidade e Magnetismo pertencia à matriz curricular do núcleo comum do curso de Engenharia, por isso a ocorrência de junção de turmas de semestres diferentes foi recorrente. A disciplina foi ministrada no 1º semestre de 2016 e teve sua abordagem voltada para a aplicação da sequência didática, aprendizagem significativa e teoria de multimodos e múltiplas representações. O *corpus* desta pesquisa restringiu-se a 14 dos 28 alunos, àqueles que conseguiram participar de todas as atividades.

3.3 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES PROPOSTAS

A pesquisa foi realizada à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa, Multimodos e Múltiplas Representações e da Abordagem POE, tendo como objetivo a verificação da aprendizagem dos conceitos de corrente elétrica, resistência elétrica, tensão elétrica e potência elétrica.

Na sequência didática, buscou-se o aprimoramento dos conceitos, assim

como diversas representações que facilitassem a compreensão dos conceitos elétricos trabalhados (corrente elétrica, tensão elétrica, resistência elétrica e potência elétrica), visto que tais conceitos são abordados de forma abstrata em sala de aula, dificultando a compreensão do aluno, pois ele pode imaginar algo diferente daquilo que o professor está explicando. O Quadro 1 apresenta um resumo das atividades descritas neste item.

Aulas Geminadas	Atividade(s) Realizada(s)
1	a. Apresentações b. Questionário de Conhecimentos Básicos (QCB) c. Teste de Concepções Científicas sobre Corrente elétrica (CC) d. Dois questionários sobre Motivação para Aprender Eletricidade (MAE) e Estratégia Pessoal de Estudo (EPE).
2	e. Início da Sequência Didática com abordagem POE. f. Demonstrações de ligação Painel Elétrico
3	g. Apresentação da teoria em quadro negro h. Representações esquemáticas dos circuitos elétricos (série, paralelo e misto). i. Representações matemáticas (fórmulas)
4	j. Resoluções de Exercícios k. Momento destinado a tirar dúvidas l. Envio da atividade Roteiro Simulação via <i>e-mail</i>
5	m. Atividade 1 e 2 de Simulação
6	n. Atividade 3 de Simulação
7, 8 e 9	o. Aulas de revisão, aplicação da Prova 1 e vista de prova, respectivamente.
10	p. Atividade 4 de Simulação
11	q. Aplicação dos mesmos questionários presentes na Aula 1.
12	r. Aplicação da Prova 2.

Quadro 1 – Roteiro das atividades realizadas no decorrer das aulas.

Fonte: A autora.

Na primeira aula, foram realizadas as apresentações: do docente, da disciplina (ementa, cronograma, formas de avaliação e referências), do contrato didático e dos alunos. Logo após, foi solicitado aos alunos que respondessem os testes aplicados para a coleta de dados desta pesquisa. O Questionário de Conhecimentos Básicos (QCB), presente no Apêndice B, foi exposto em sala de aula, no quadro negro, compõem-se da descrição, a partir dos conhecimentos prévios que demonstravam até o momento, dos itens: corrente elétrica, resistência elétrica, tensão elétrica e potência elétrica. Em seguida, na mesma aula, foi solicitado aos estudantes que respondessem o questionário com questões em aberto sobre Motivação para Aprender Eletricidade (MAE) e Estratégia Pessoal de Estudo (EPE) (Anexo B), composto de duas questões com 4 alternativas para

descrição e julgamento com nota em escala Likert² (1 a 5); o questionário com questões fechadas sobre Motivação para Aprender Eletricidade (MAE) e Estratégia Pessoal de Estudo (EPE), com 20 itens a serem respondidos em escala Likert de 5 (cinco) pontos (Anexo C); o questionário proposto por Silveira, Moreira e Axt, 1989, para verificar as concepções científicas sobre a corrente elétrica em circuito simples sendo utilizadas 13 das 14 questões presentes no teste, pontuadas com 3 alternativas de múltipla escolha cada uma (Anexo A). Foram utilizadas apenas 13 questões, pois a questão 8 apresenta conteúdo relacionado a elementos reativos (capacitor), sendo o presente estudo baseado apenas em elementos resistivos. O teste traz representações esquemáticas dos tipos de circuitos que foram estudados durante o curso. O objetivo da aplicação dessa quantidade de testes, antes do início das orientações pela sequência didática, foi realmente coletar os conhecimentos prévios que os alunos apresentam dos itens que serão estudados, mas também instigar a curiosidade do aluno, ao ter contato já com a forma de representação que será utilizada, a partir do Teste de Concepções Científicas sobre Corrente Elétrica.

Assim, na segunda aula, teve início a aplicação da sequência didática. Os alunos são diretamente expostos a indagações apresentadas em situações cotidianas, fazendo uso da estratégia didática POE: Qual o conceito de energia elétrica? Como são interligados os equipamentos de uso diário em uma residência, de modo que todos desenvolvam com eficiência o seu funcionamento? Será que é possível interligar todos os equipamentos de uma residência, ao mesmo tempo, e todos funcionarem adequadamente? Como, qual o tipo de circuito utilizado? O que faz com que uma lâmpada acenda? Por que ao se encontrar embaixo do chuveiro, no banho (em condições de temperatura ambiente), não levamos choque?

Algumas dessas indagações foram respondidas no decorrer da aula, fazendo uso do material preparado pela professora: um painel elétrico. A partir desse painel, foi possível demonstrar situações de ligação de um circuito elétrico presentes na residência do aluno, e também de circuitos que seriam estudados em sala de aula no decorrer da disciplina. Alguns tipos de circuitos apresentados referiam-se ao teste aplicado na primeira aula. Para essa forma de representação dos circuitos elétricos, foram utilizadas lâmpadas de potências variadas (7W, 40W,

² A escala Likert é uma escala psicométrica. Para esta pesquisa, foi utilizada a escala de 1 a 5 para a pesquisa quantitativa, já que pretende registrar o nível de concordância ou discordância com uma declaração dada (PARO, 2012).

60W) a fim de proporcionar ao aluno o surgimento de novas indagações no decorrer das demonstrações de ligação dos circuitos em série, paralelo e misto. A partir desse momento de situações práticas, os alunos demonstraram grande interesse pelo uso do painel, questionando: E se colocasse aquela lâmpada ali, e aquela outra lá, o que aconteceria? Diversos circuitos foram apresentados aos alunos, circuitos estes que serão demonstrados na análise de dados junto aos questionamentos dos alunos.

Na terceira aula, foi utilizado o quadro-negro para a explanação dos conceitos de circuito em série, circuito paralelo e circuito misto. Optou-se pelo quadro, pois, nessa aula, foram apresentados aos alunos a simbologia de representação de uma resistência, fonte de energia, amperímetro e voltímetro; a representação esquemática dos circuitos; o direcionamento da corrente elétrica; as expressões matemáticas para a redução dos circuitos a resistência equivalente, a aplicação da lei de ohm (com cálculos de queda de tensão, resistência, corrente) e potência. Em aula, foram resolvidos dois circuitos de cada tipo (série, paralelo e misto) e solicitado aos alunos à resolução de lista de exercícios em casa, para tirar dúvidas na próxima aula.

Na quarta aula, a professora novamente usou o quadro-negro para apresentar as resoluções dos exercícios presentes em lista e tirar as dúvidas dos alunos quanto à sua resolução. Não houve muita participação nessa aula, pois apenas dois alunos realizaram os exercícios. Por fim, a professora resolveu os exercícios junto com os alunos e solicitou o envio de atividade por *e-mail*. A atividade proposta, que consta no Apêndice D como Roteiro Simulação, foi para que os alunos tomassem conhecimento e utilizassem, inicialmente sozinhos, o aplicativo de simulação Kit de Circuito DC, desenvolvido pelo projeto Tecnologia no Ensino de Física (PhET), da Universidade do Colorado.

As atividades presentes no Roteiro Simulação, além de proporcionar ao aluno a interação com o *software* de simulação, tem como objetivo verificar a compreensão do aluno a respeito dos conceitos de corrente, tensão e resistência. Também é apresentada uma questão sobre o posicionamento do amperímetro para a realização da medição da corrente.

Na quinta e sexta aulas, os alunos foram inseridos no contexto do laboratório de informática para a resolução das atividades de aprendizagem propostas pela professora. Inicialmente pensou-se na aplicação individual do roteiro

de atividade, mas, como a própria disposição do laboratório mantém lado a lado dois computadores e a quantidade de alunos é superior à quantidade de máquinas disponíveis, realizou-se a atividade em dupla, logo o registro textual foi elaborado coletivamente. Na quinta aula, os alunos desenvolveram as atividades 1 e 2 da simulação e, na sexta aula, a atividade 3 (Apêndice E).

Após as aulas de simulação, e devido ao tempo para entrega de notas do semestre, a sétima, oitava e nona aulas foram destinadas a revisão, aplicação de prova e vista de prova, respectivamente. A Prova 1 (P1), também utilizada como um teste para a coleta de dados, era composta de dois circuitos em série, sendo, no segundo circuito, questionada a representação esquemática após a interpretação lógica e visual do sentido da corrente, pois estava presente o conceito de curto-circuito no segundo exercício.

Na décima aula, retornou-se ao laboratório de informática para a resolução da atividade 4 (Apêndice E), proposta com o uso do aplicativo de simulação. Na décima primeira aula, os alunos foram expostos a aula prática no laboratório de eletricidade, cujo objetivo era que eles expusessem o raciocínio lógico na representação esquemática dos circuitos elétricos e verificassem na prática o que haviam realizado na simulação.

Em seguida, na décima segunda aula, os alunos realizaram os itens propostos no Apêndice B e Apêndice C, e foi aplicado o Teste de Concepções Científicas sobre Corrente Elétrica (Anexo A) para verificar as concepções científicas sobre a corrente elétrica em circuito simples, sendo utilizadas 13 das 14 questões presentes no teste, pontuadas com 3 alternativas de múltipla escolha cada uma. A partir da entrega dessas solicitações, os alunos responderam novamente o questionário com questões em aberto sobre motivação e estratégia pessoal de estudo, composto de duas questões com 4 alternativas para descrição e julgamento com nota em escala Likert (1 a 5); o questionário com questões fechadas sobre motivação e estratégia pessoal de estudo, com 20 itens a serem respondidos numa escala Likert de cinco pontos.

Por fim, os alunos realizaram a prova final da disciplina, composta por três circuitos: o primeiro, uma representação em série; o segundo, uma representação em paralelo e o terceiro, uma representação mista. Em cada circuito constavam as devidas solicitações de cálculos e/ou interpretação de questões a respeito de alguns acontecimentos com o circuito (Anexo D).

3.4 OBTENÇÃO DE DADOS

Esta pesquisa contou com a coleta de dados através dos questionários aplicados, presentes no Quadro 1, no decorrer das aulas referentes à disciplina Princípios de Eletricidade e Magnetismo, durante a aplicação do produto sequência didática. Os dados de conhecimentos prévios dos alunos foram coletados na primeira aula. O questionário (Apêndice B) foi composto de duas questões: “A partir de seus conhecimentos descreva sobre corrente elétrica, resistência elétrica, tensão elétrica, potência elétrica” e “Represente (em forma de desenho ou esquema) a ligação de uma lâmpada elétrica”. Para esta questão, procurou-se utilizar a representação a fim de identificar dificuldades conceituais na organização do pensamento a partir de imagens, pois, para o circuito elétrico, há uma representação simbólica específica, baseada em um conjunto de convenções prévias (Laburú, *et al*, 2009).

Também foi solicitado que os alunos respondessem sete questões, denominadas no Questionário de Análise Prévia – QAP (Apêndice C). Esse questionário contém perguntas sobre dois circuitos que se encontram em série e propõem condições que devem ser observadas e interpretadas nos circuitos, a partir de seus conhecimentos prévios. O questionário foi aplicado após o levantamento de discussões e argumentações a respeito, de forma geral, dos conceitos abordados em eletricidade.

Em um segundo momento, foi aplicado o Teste de Concepções Científicas sobre Corrente Elétrica, que tem como objetivo verificar as concepções científicas sobre a corrente elétrica aplicada ao circuito simples. Sua estrutura apresenta questões que os conceitos, principalmente, de corrente elétrica para os tipos de circuito em série, paralelo e misto (este último também conhecido como ligação série-paralelo). Com respostas que vão de A até C, e com a disposição em que os circuitos se apresentam, é possível verificar que os conceitos abordados foram tensão elétrica, resistência elétrica e potência elétrica, ou seja, qual será o brilho que cada lâmpada terá a partir das situações demonstradas. Para isso, o aluno deveria ter claramente definido os conceitos e saber diferenciar cada um dos circuitos, além de demonstrar significativamente compreensão de suas ligações elétricas.

Dessa forma, o Teste de Concepções Científicas sobre Corrente Elétrica, apresenta ao aluno as formas de representações esquemáticas de circuitos elétricos e uma simbologia padrão para a representação de uma lâmpada, de um resistor, de uma fonte de energia e de um interruptor com novas situações a serem analisadas em cada circuito. Até esse momento, os alunos desconheciam a divisão de tensão e a de corrente proporcionadas nos circuitos, mas as representações simbólicas dos elementos: fonte, resistor, interruptor, lâmpada, amperímetro e voltímetro, já haviam sido citados em sala de aula, logo as concepções alternativas, como uma lâmpada é uma resistência no circuito, uma fonte fornece energia ao circuito, um interruptor fecha o circuito, foram comentadas em aula, faltando definir tais conceitos a partir de uma concepção cientificamente aceita. Assim, em um primeiro momento, o aluno tinha apenas o conhecimento dos símbolos apresentados no circuito quando resolveu o Teste de Concepções Científicas sobre Corrente Elétrica.

Os alunos foram submetidos a mais dois questionários antes do início das orientações a partir da sequência didática. O primeiro apresentou questões em aberto sobre Estratégia Pessoal de Estudo (EPE), composto de duas questões com 4 alternativas discursivas cada uma. Nesse questionário, as quatro primeiras questões solicitavam do aluno a descrição da motivação em quatro alternativas, para as quais ele deveria inserir um comentário a respeito de sua meta, empenho, importância e sentido para a descrição e, ao final, julgar uma nota para cada resposta, em uma escala do tipo Likert de 1 (nada verdadeiro) até 5 (totalmente verdadeiro). A segunda parte do questionário segue a mesma metodologia descrita e as quatro últimas questões abordam Estratégia Pessoal de Estudo.

Em um momento seguinte, os alunos responderam ao segundo questionário com questões fechadas sobre Motivação para Aprender Eletricidade (MAE). Esse questionário apresenta 20 itens a serem respondidos também em uma escala Likert de cinco pontos. Segundo Locatelli (*apud* Goya *et al*, 2008) dos 20 itens, 13 convergiram para um fator subjacente, que se denominou motivação para aprender, e sete para outro fator, relativo a estratégias pessoais de estudo. Assim, cada pergunta apresenta como resposta cinco itens a serem marcados num escalonamento segundo valor máximo de 5,0 (cinco) pontos. Todos os questionários mencionados até aqui foram aplicados em momento anterior e posterior à instrução pela sequência didática.

Após as duas aulas ministradas com a resolução dos circuitos em série,

paralelo e misto, a turma foi levada ao laboratório de informática para uso e aplicação das atividades de simulação vinculadas ao *software Phet Circuit Construction Kit*, utilizando a tradução para Kit de Circuito DC. Nesse sentido, Medeiros e Medeiros (2002, p.79) afirmam: “As simulações podem ser vistas como representações ou modelagens de objetos específicos reais ou imaginados, de sistemas ou fenômenos.” Com a utilização dos roteiros de atividades aplicados para os alunos, buscou-se desmistificar e demonstrar, mesmo que de forma lúdica, algumas abstrações que são imaginadas pelos alunos em relação aos conceitos de corrente, resistência, tensão e potência elétrica abordados pela disciplina.

A fim de familiarizar o aluno com o uso do aplicativo, antes da aula de simulação, foi enviado via *e-mail* o roteiro de atividades (Apêndice D). Até o momento da aplicação desse roteiro, o aplicativo funcionava em Windows versão 7 ou inferior. Três meses após o início da pesquisa, observou-se que o aplicativo já funcionava nas versões mais atualizadas de sistema operacional. Como abordado, esse roteiro de simulação teve como objetivo a demonstração do aplicativo para o aluno e também a sua adequação à construção dos circuitos, e possíveis análises foram direcionadas.

Os roteiros aplicados durante a sequência didática compõem o Apêndice E. O estudo da simulação iniciou-se pelos circuitos em série, presentes nas atividades 1 e 2, que foram realizadas em uma mesma aula de simulação, com início às 19h20 e final às 22h10. As atividades têm a finalidade de proporcionar ao aluno a compreensão de um circuito divisor de tensão, constatar o direcionamento da corrente elétrica, compreender a variação do brilho da lâmpada, em função do aumento da resistência e variação de corrente. Para a atividade 2, além dos objetivos já apresentados para a atividade 1, mais um novo objetivo é abordado: aluno deverá ser capaz de identificar a presença de uma resistência mínima no circuito ao ser fechado o interruptor, e por característica a corrente sempre irá procurar o caminho de menor resistência passando pelo fio do interruptor.

Para o primeiro circuito, devido ao tempo de aula, a pesquisadora disponibilizou o circuito em arquivo digital para que os alunos realizassem a primeira análise. No segundo circuito, os alunos tiveram de construir o desenho e suas interligações.

Após a primeira aula de simulação, os alunos foram submetidos à prova bimestral, na qual foram apresentados dois circuitos, com situações a serem

interpretadas e previstas, principalmente a partir da representação esquemática de cada circuito. O objetivo foi relevar nessa aplicação conceitos trabalhados durante a simulação pelas atividades 1 e 2, mas os alunos deveriam responder individualmente, ao contrário do que ocorreu durante a simulação, quando devido ao tamanho inicial da turma (28 alunos) e o fato de o laboratório de informática dispor de um número insuficiente de computadores, os alunos realizaram as primeiras atividades de forma compartilhada, com 2 a 3 alunos em disposição próxima.

A atividade 3 e 4 estão direcionadas à compreensão dos circuitos em paralelo e misto, respectivamente, e foram realizadas em duas aulas de simulação com período de duração de 2 horas e 50 minutos, das 19h20 às 22h10. Na primeira aula, os alunos foram submetidos a construção e análise da atividade 3, que foi pensada a partir dos seguintes objetivos: proporcionar ao aluno a compreensão de um circuito divisor de corrente, ou seja, a divisão de corrente apresentada no circuito paralelo dependerá dos valores ôhmicos de cada resistência; comprovar que a diferença de potencial, em cada resistência interligada em paralelo, é a mesma apresentada nos terminais de saída e entrada da fonte de alimentação e, o comportamento da corrente ao inserir uma nova resistência ao circuito, bem como a alteração da resistência equivalente.

Em um segundo momento dessa mesma aula, a pesquisadora solicitou aos alunos que demonstrassem um circuito misto a partir da representação esquemática no aplicativo. A condição foi que o circuito deveria ser misto e apresentar um curto-circuito e que, durante a resolução do curto-circuito, o circuito resultante permanecesse com a configuração de um circuito misto. A entrega dessa representação foi realizada via *e-mail*, mediante cópia da tela do circuito desenhado no aplicativo.

Posteriormente, na aula seguinte, os alunos resolveram a atividade 4. O período de aplicação dessa atividade, igualmente à atividade 3, teve a duração de uma aula completa, das 19h20 às 22h10. Para a atividade 4, além dos objetivos já apresentados para a atividade 3, um novo objetivo é abordado: deverá constatar que a divisão da corrente depende da associação das resistências e de como elas se encontram ligadas ao circuito. Ao final da aula, todas as atividades foram recolhidas e os dados serão apresentados no Capítulo 4.

Em aula seguinte, com as respostas finais já coletadas (Apêndice B, Apêndice C e Anexo A), a pesquisadora realizou uma Entrevista Final (EF) com

alguns dos alunos (A13, A11, A29, A8). A conversa foi baseada nos circuitos das questões 2, 5 e 13 (Anexo A). Essas questões foram escolhidas de forma aleatória, mas tinham seus objetivos. A questão 2 foi escolhida, porque os alunos associaram a diferença de potencial ao sentido da corrente e a dissipação de potência, ou seja, como há na saída do polo positivo da fonte uma lâmpada, esta iria brilhar mais que a segunda lâmpada após o resistor. A questão 5 foi escolhida justamente por apresentar essa inversão do circuito. A figura 5 apresenta o mesmo circuito com a inversão da simbologia entre resistor e lâmpada a fim de questionar o aluno sobre a situação do brilho, o que foi como solicitado também na questão 13, onde a figura demonstra um circuito misto.

Após a Entrevista Final (Apêndice H), na próxima aula, foi aplicada a Prova 2 (Apêndice G), composta por 3 questões: a primeira traz uma análise de um circuito em série, com as devidas apresentações de queda de tensão, corrente, potência em cada resistência; a segunda apresenta um circuito em paralelo, com as situações a serem resolvidas: o circuito apresentado com a chave A e B abertas; o circuito apresentado com a chave A fechada; o circuito apresentado com a chave B fechada (aqui seria conclusão do aluno se a chave A precisasse ficar aberta ou fechada, no caso seria indiferente fechar a chave B). Para todas essas situações, o aluno deveria interpretar o circuito resultante e apresentar os devidos cálculos de resistência equivalente, corrente total e corrente em cada carga, queda de tensão e potência em cada resistência. Em seguida, na questão 3, foi abordado o circuito misto, com as disposições em sequência: analisar o circuito e demonstrar os cálculos de resistência equivalente, corrente total, corrente em cada resistência e potência devido ao fechamento da chave A; logo após, fechar também a chave B e realizar as análises solicitadas.

3.5 CATEGORIZAÇÃO DOS DADOS

Os questionários de MAE e EPE encontram-se categorizados de 1 a 5 pela escala Likert. Os demais dados coletados (conhecimentos básicos, concepções alternativas, simulação e prova) foram categorizados seguindo um escalonamento também de 1 a 5 pontos, especificados pelo critério Excelente(5) , Muito Bom(4) , Bom(3), Suficiente(2) e Insuficiente(1). Desta forma, para a correção da Prova 1 (P1)

(Apêndice F) e Prova 2 (P2) (Apêndice G), foram utilizados os critérios apresentados no Quadro 2 para a P1 e no Quadro 3 para a P2.

CIRCUITO 1 (P1) – CRITÉRIOS DE CORREÇÃO	
<p>Para a correção, foram considerados os quatro itens para o circuito, da P1, e classificados de acordo com os itens ao lado.</p> <p>1 – Identificar o circuito, demonstrar o cálculo de resistência equivalente e corrente. 2 - Compreender que a corrente, para um circuito em série, apresenta-se igual a todas as resistências. 3 – Apresentar o cálculo de potência e compreensão da diferença de potencial proporcional à energia dissipada em watts. 4 – Justificar conceitualmente a questão h (potência)</p>	<p>5 - Excelente (de 90% a 100%) Se o aluno atendeu aos quatro itens corretamente. Indicar todas as etapas e explicá-las.</p> <p>4 - Muito Bom (de 80% a 89%) Se o aluno atendeu a três itens corretamente, e um parcialmente.</p> <p>3 - Bom (de 70% a 79%) Se o aluno atendeu a dois itens corretamente e a dois itens parcialmente.</p> <p>2 - Suficiente (de 60% a 69%) Se o aluno atendeu dois corretamente.</p> <p>1 - Insuficiente (abaixo de 60%) Se o aluno atendeu a um item parcialmente ou nenhum item.</p>
CIRCUITO2 (P1) – CRITÉRIOS DE CORREÇÃO	
<p>Para a correção, consideraram-se os quatro itens para o circuito 2 da P1, e classificados segundo os itens ao lado.</p> <p>1 – Identificar o circuito 2 – Demonstrar o cálculo de resistência equivalente e corrente 3 – Compreender que a corrente, para um circuito em série, apresenta-se igual a todas as resistências. 4 – Apresentar o cálculo de potência e compreensão da diferença de potencial proporcional à energia dissipada em watts. 5 – Interpretação do curto-circuito apresentado no circuito 2</p>	<p>5 - Excelente (de 90% a 100%) Se o aluno atendeu aos cinco itens corretamente. Indicar todas as etapas e explicá-las.</p> <p>4 - Muito Bom (de 80% a 89%) Se o aluno atendeu a quatro itens corretamente, e um parcialmente.</p> <p>3 - Bom (de 70% a 79%) Se o aluno atendeu a três itens corretamente e a dois itens parcialmente.</p> <p>2 - Suficiente (de 60% a 69%) Se o aluno atendeu a três itens corretamente.</p> <p>1 - Insuficiente (abaixo de 60%) Se o aluno atendeu a dois itens parcialmente ou a nenhum item.</p>

Quadro 2 - Critérios adotados para Prova 1 (P1).

Fonte: A autora.

CIRCUITO 1 (P2) – CRITÉRIOS DE CORREÇÃO	
<p>Para a correção, consideram-se os quatro itens para o circuito 1 (P2), classificados de acordo com os itens ao lado.</p> <p>1 – Identificar o circuito 2 – Demonstrar o cálculo de resistência equivalente e corrente 3 – Compreender que a corrente, para um circuito em série, apresenta-se igual a todas as resistências. 4 – Apresentar o cálculo de potência e compreensão da diferença de potencial proporcional à energia dissipada em watts.</p>	<p>5 - Excelente (de 90% a 100%) Se o aluno atendeu aos quatro itens corretamente. Indicar todas as etapas e explicá-las.</p> <p>4 - Muito Bom (de 80% a 89%) Se o aluno atendeu a três itens corretamente, e a um parcialmente.</p> <p>3 - Bom (de 70% a 79%) Se o aluno atendeu a dois itens corretamente e a dois itens parcialmente.</p> <p>2 - Suficiente (de 60% a 69%) Se o aluno atendeu a dois corretamente.</p> <p>1 - Insuficiente (abaixo de 60%) Se o aluno atendeu a um item parcialmente ou a nenhum item.</p>
CIRCUITO 2 (P2) – CRITÉRIOS DE CORREÇÃO	
<p>Para a correção, foram considerados os quatro itens para o circuito 2 (P2), e classificados de acordo com os itens ao lado.</p> <p>1 – Identificar o circuito 2 – Demonstrar o cálculo de resistência equivalente e corrente 3 – Compreender que a corrente, para um circuito em paralelo, ao se inserir mais uma resistência tende a aumentar (demonstrado por cálculo). 4 – Apresentar o cálculo de potência e compreensão da diferença de potencial proporcional à energia dissipada em watts. 5 – Interpretação do curto-circuito apresentado no circuito 2</p>	<p>5- Excelente (de 90% a 100%) Se o aluno atendeu aos cinco itens corretamente. Indicar todas as etapas e explicá-las.</p> <p>4 - Muito Bom (de 80% a 89%) Se o aluno atendeu a quatro itens corretamente, e a um parcialmente.</p> <p>3 - Bom (de 70% a 79%) Se o aluno atendeu três itens corretamente, e a dois itens parcialmente.</p> <p>2 - Suficiente (de 60% a 69%) Se o aluno atendeu três itens corretamente.</p> <p>1 - Insuficiente (abaixo de 60%) Se o aluno atendeu a dois itens parcialmente ou a nenhum item.</p>
CIRCUITO 3 (P2) – CRITÉRIOS DE CORREÇÃO	
<p>Para a correção, foram considerados os quatro itens para o circuito 3.</p> <p>1 – Identificar o circuito 2 – Demonstrar o cálculo de resistência equivalente e corrente após fechar a chave A 3 – Compreender que a corrente, para um circuito misto, deve ser analisada em cada ponto. 4 – Apresentar o cálculo de potência e compreensão da diferença de potencial proporcional à energia dissipada em watts. 5 – Interpretação do curto-circuito apresentado no circuito 3, após o fechamento da chave B, e apresentação do cálculo de corrente, resistência, tensão, potência para esta situação.</p>	<p>5 - Excelente (de 90% a 100%) Se o aluno atendeu aos cinco itens corretamente. Indicar todas as etapas e explicá-las.</p> <p>4 - Muito Bom (de 80% a 89%) Se o aluno atendeu a quatro itens corretamente, e a um parcialmente.</p> <p>3 - Bom (de 70% a 79%) Se o aluno atendeu a três itens corretamente, e a dois itens parcialmente.</p> <p>2 - Suficiente (de 60% a 69%) Se o aluno atendeu a três itens corretamente.</p> <p>1 - Insuficiente (abaixo de 60%) Se o aluno atendeu a dois itens parcialmente ou a nenhum item.</p>

Quadro 3 - Critérios adotados para a Prova 2 (P2).

Fonte: A autora.

Para a categorização dos dados dos Questionários de Conhecimentos Prévios - QCB (Apêndice B) e Análise Prévia - QAP (Apêndice C), os critérios foram adotados a partir da qualidade das respostas apresentadas e dispostos no Quadro 4. Para a caracterização desses conceitos, foram priorizadas as descrições dos alunos, a fim de indicar as respostas mais e/ou menos corretas, classificando-as em uma escala Likert de 1 a 5 pontos. Para averiguar se havia alguma relação entre as notas de conhecimentos básicos, concepções alternativas, simulação, provas e categorização feita pelo pesquisador, foi empregado um teste estatístico chamado de Correlação de Pearson.

Categorias	Crítérios para Categorização	Valores atribuídos às respostas
Excelente (E)	Responderam com a definição do conceito aceito cientificamente, envolvendo duas ou mais formas de representação.	5
Muito Bom (MB)	Responderam com a definição do conceito aceito cientificamente, envolvendo pelo menos uma forma de representação.	4
Bom (B)	Responderam parcialmente correto, ou seja, mencionam-se concepções alternativas e científicas na representação do conceito.	3
Suficiente (S)	Responderam incorretamente, mas sua resposta condiz um pouco com os conceitos da pergunta realizada.	2
Insuficiente (I)	Não responderam ou sua resposta não condiz com os conceitos da pergunta realizada.	1

Quadro 4 – Critérios para a categorização dos Questionários de Conhecimentos Básicos (QCB) e Análise Prévia (QAP).

Fonte: A autora.

4. ANÁLISE DE DADOS

Com o objetivo de responder os problemas da pesquisa, neste capítulo são apresentados os dados obtidos por meio dos questionários e das atividades aplicadas, bem como a interação destes com questionários de motivação e estratégia pessoal de estudo.

4.1 ABORDAGEM QUANTITATIVA

Durante a análise de dados, observou a tendência de correlação das médias entre as Atividades aplicadas nas aulas de Simulação e as Provas Individuais com os testes de Estratégia Pessoal de Estudo (EPE) e Motivação para Aprender Eletricidade (MAE), estes últimos quantificados de acordo com a Escala Likert. Dessa forma, a fim de seguir uma padronização durante a quantificação de todas as variáveis apresentadas nas análises, foi utilizado escalonamento segundo valor máximo de 5,0 (cinco), ou seja, todas as atividades foram avaliadas e quantificadas na escala de 1 até 5.

A Tabela 1 é uma apresentação geral das amostras coletadas nas duas variáveis MAE e EPE. Os dados apresentados nessa Tabela compõem a média e o desvio padrão das respostas assinaladas pelos alunos. A partir destes dados, e os demonstrados na Tabela 4, observa-se que não houve, pelo grau de variância, diferenças significativas entre as médias quando comparado MAE início e MAE final, e EPE início e EPE final, com uma leve queda, que é comum no ensino universitário (GOYA *et al*, 2013).

A partir da visualização do grau da MAE e do grau da EPE, conclui-se que os alunos mantiveram-se atentos à Estratégia Pessoal de Estudo e à Motivação em Aprender Eletricidade, visto que a média geral da MAE, tanto no início (3,27) como no final (3,15) manteve-se acima do valor médio na escala Likert (3) e, para a EPE, foi maior que a MAE, no início (4,00) e no final (3,79).

Acredita-se que o número maior de alunos com graus menores ao final seja pela repercussão representada pela quantidade de alunos que ficaram para exame e/ou obtiveram notas abaixo da média em relação ao primeiro bimestre.

Tabela 1: Médias e desvios padrão dos índices de Motivação para Aprender Física (MAE) e Estratégia Pessoal de Estudo (EPE) dos 14 alunos no início e no final do semestre.

Alunos	Início do semestre				Final do semestre			
	MAE		EPE		MAE		EPE	
	<i>Média</i>	<i>DP</i>	<i>Média</i>	<i>DP</i>	<i>Média</i>	<i>DP</i>	<i>Média</i>	<i>DP</i>
A3	2.46	0.97	2.86	0.69	2.38	0.65	3.86	0.69
A7	3.38	0.96	4.29	0.76	2.77	1.09	3.14	0.90
A8	2.62	1.39	4.57	0.53	2.77	1.01	3.57	0.98
A10	3.08	1.44	4.00	0.82	3.46	1.61	4.57	0.53
A11	4.15	0.99	4.43	1.13	4.15	0.80	4.29	1.50
A13	3.85	0.80	3.86	0.38	3.85	0.69	4.57	0.53
A16	3.62	1.26	4.29	0.49	4.31	0.85	4.57	0.53
A22	3.85	0.69	4.43	0.53	2.92	0.76	3.43	0.98
A23	3.15	1.34	4.43	0.79	3.08	1.12	3.71	1.60
A27	3.00	1.15	4.00	1.00	3.23	1.17	3.00	1.41
A29	3.69	0.85	3.71	1.25	3.85	0.99	4.00	1.15
A30	2.92	1.38	2.29	0.95	2.15	1.14	2.57	1.81
A31	3.85	0.90	3.71	0.76	4.15	0.80	4.71	0.49
A34	2.85	1.46	3.29	1.11	2.38	1.19	3.00	1.73

Fonte: A autora.

A Tabela 2 apresenta a comparação entre o ganho de conhecimentos para os questionários de Conhecimentos Básicos e de Concepção Científica sobre a Corrente.

Como as atividades foram aplicadas no início e no final da instrução, adotou-se o cálculo de ganho normalizado g proposto por Hake (2002):

$$g = \frac{\% pós - \% pré}{100\% - \% pré}$$

Equação 1 – Ganho normalizado g proposto por Hake (2002) .

Em que %pré corresponde à nota apresentada no teste inicial e %pós à nota apresentada no teste final. Considerando o escalonamento com pontuação máxima em 5,0 (cinco) pontos, tem-se a adaptação da fórmula para ganho de conhecimentos básicos (gCB) proposta na equação 2 e ganho em concepções científicas (gCC) apresentada na equação 3:

$$g_{CB} = \frac{(CB_{final} - CB_{inicial})}{(5 - CB_{inicial})}$$

Equação 2 – Ganho de conhecimentos básicos (gCB). Fonte: A autora.

$$g_{CC} = \frac{(CC_{final} - CC_{inicial})}{(5 - CC_{inicial})}$$

Equação 3 – Ganho de concepções científicas sobre corrente elétrica. Fonte: A autora.

Para uma melhor compreensão dos índices atingidos pelo grupo de alunos, foi realizada a comparação com os valores de ganho normalizado g obtidos no ensino tradicional apontado por Hake (1998) que variam entre 0,1 e 0,2. O ensino interativo, por sua vez apresenta um ganho acima de 0,3.

Foi possível acompanhar a atuação do grupo de alunos, pelos dados apresentados na Tabela 2. Percebe-se que há um aumento do desempenho apresentado para os CB, quando se compara o desempenho do aluno utilizando-se o ensino interativo e utilizando o ensino tradicional.

É relevante, portanto, destacar que o Questionário de Conhecimentos Básicos (QCB) (início e final) apresentou um menor número de questões e abrange respostas discursivas quanto aos conceitos básicos (corrente, resistência, tensão e potência elétrica), enquanto os testes de Concepção Científica são em maior número e abordam principalmente o conceito de corrente elétrica. No entanto, o QCB, pelo fato de conter questões em aberto, possibilitará um refinamento pela análise qualitativa.

Pode-se observar que, em geral, os alunos apresentaram um aumento no índice de g_{CC} e g_{CB} . Como o ganho normaliza g enseja ser o mais próximo de 1, percebe-se um engajamento dos alunos na compreensão dos conceitos elétricos. A exceção foi o aluno A23, que não apresentou nenhum ganho conceitual no teste de Concepção Científica sobre Corrente Elétrica, demonstrando dificuldades na interpretação da atividade proposta. O aluno A10 teve um ganho negativo (-0.40). Isso demonstra que o número de acertos no questionário aplicado ao final foi menor. Em conversa com esse aluno, ele informou: *“No primeiro teste não tinha certeza do que estava marcando, fui pelo chute em alguns exercícios”*.

Um dado perceptível e de extrema valia foi o ganho geral (G) apresentado acima de 0,50 por mais de 50% dos alunos, índice alto quando comparado ao ensino tradicional (0,20). A partir dessas comparações e pelas observações em aula, os alunos se apresentaram interessados pela disciplina, buscaram bons resultados, mas, quando solicitados a desenvolver novas atividades, não querem se esforçar para atingir um objetivo (GOYA e BZUNECK, 2015).

Tabela 2: Conhecimentos Básicos (CB), ganho de Conhecimentos Básicos (gCB), Concepção Científica sobre Corrente Elétrica (CC), ganho de Concepção Científica (gCC) e ganho geral (G) dos 14 alunos.

Alunos	Conhecimentos Básicos (CB)			Concepção Científica sobre Corrente Elétrica (CC)			Ganho geral G
	início	final	gCB	início	final	gCC	
A03	3.00	4.00	0.50	0.38	4.23	0.83	0.67
A07	2.00	2.50	0.17	1.54	1.92	0.11	0.14
A08	1.00	5.00	1.00	1.92	2.69	0.25	0.63
A10	2.00	4.00	0.67	3.08	2.31	-0.40	0.13
A11	1.50	5.00	1.00	1.54	3.46	0.56	0.78
A13	1.50	5.00	1.00	0.77	1.92	0.27	0.64
A16	1.00	3.00	0.50	2.69	3.85	0.50	0.50
A22	1.50	4.00	0.71	0.77	3.85	0.73	0.72
A23	2.50	5.00	1.00	1.92	1.92	0.00	0.50
A27	3.00	4.50	0.75	0.77	1.54	0.18	0.47
A29	2.00	4.00	0.67	1.92	3.08	0.38	0.52
A30	3.00	4.00	0.50	0.77	2.31	0.36	0.43
A31	3.00	4.00	0.50	2.31	3.08	0.29	0.39
A34	2.50	4.50	0.80	2.69	3.08	0.17	0.48
média	2.11	4.18	0.70	1.65	2.80	0.30	0.50

Fonte: A autora.

Para comparar o mesmo grupo de alunos em dois momentos distintos (inicial e final), utilizou-se o Teste *t* de *Student* em relação ao resultado significativo da aprendizagem de conceitos elétricos no Questionário de Conhecimentos Básicos e no teste de concepção científica sobre corrente elétrica, e a motivação para aprender eletricidade em relação às estratégias pessoais de estudos.

Além do Teste *t*, para averiguar se havia alguma relação entre Motivação para Aprender Eletricidade, Estratégia Pessoal de Estudo de Eletricidade, Questionário de Conhecimentos Básicos, e Teste de Concepções Científicas sobre Corrente Elétrica, apresentadas na Tabela 3, bem como entre as variáveis motivacionais (i-início e f-final) com o ganho geral (G), Simulação (S) e Prova (P), apresentada na Tabela 5, foi empregado um teste estatístico chamado de Correlação de Person.

O valor *r* é chamado de coeficiente de Correlação de Pearson, sendo definido por Filho e Júnior (2009) como uma medida de associação linear. Segundo esses autores, a associação entre duas variáveis acontece quando há semelhança na distribuição de seus escores. Mais precisamente, as variáveis são avaliadas a partir da distribuição de frequências e pela distribuição de variância. Então, o valor *r*

de correlação pode ser interpretado como uma medida da variância compartilhada entre as duas amostras.

Tabela 3: Teste t entre alunos no início e no final do semestre nas quatro variáveis

	Início (N=14)		Final (N=14)		t	p
	Média	DP	Média	DP		
MAE – motivação para aprender eletricidade	3,32	0,52	3,30	0,82	-0,14	0,89
EPE – estratégia pessoal de estudo de eletricidade	3,87	0,66	3,79	0,71	-0,33	0,75
CB – conhecimentos básicos	2,11	0,74	4,18	0,75	7,36	0,00
CC – concepção científica sobre corrente elétrica	1,65	0,86	2,80	0,85	3,63	0,00

Fonte: A autora.

A Tabela 4 apresenta uma ordem decrescente do ganho geral (G) comparado as duas outras colunas: Simulação (S) e Prova (P). Nesta análise fez-se uso do escalonamento com valor máximo de 5,0 (cinco), com média em 2,5 para Simulação e Prova. Verifica-se que, para esse momento, nenhum dos alunos apresentou índice abaixo da média. Como houve mais de uma aula, os alunos se alternaram nos grupos formados, assim houve relativo compartilhamento de informações e posterior descrição das análises apresentadas individualmente pelos alunos, por isso as diferentes notas.

A variação apresentada na Coluna P refere-se ao índice apresentado em atividade realizada individualmente, correspondente às duas provas oficiais do semestre. As notas em cada análise das questões presentes nas provas foram indicadas em um escalonamento com valor máximo de 5,0 (cinco) pontos. Para as duas provas, pensou-se em demonstrar situações que foram trabalhadas durante a simulação. A P1 trouxe na primeira questão um esquema de circuito elétrico equivalente ao apresentado na atividade 1 de simulação, onde se tem um circuito em série e após os questionamentos da análise realizada sobre resistência equivalente, corrente, queda de tensão e potência elétrica. O segundo circuito, apresenta-se equivalente ao circuito da atividade 2, com a necessidade de interpretação e compreensão do sentido da corrente elétrica antes de iniciar os cálculos solicitados.

Para a P2, priorizou-se a interpretação das representações esquemáticas dos circuitos em série, paralelo e misto. Por ser o último teste, abordaram-se todos os circuitos. Essa prova teve uma preponderância, a apresentação mecânica, a partir da representação dos cálculos, devido ao domínio de dizeres apresentados na Entrevista Final (Apêndice H) sobre a facilidade de apresentação do raciocínio através dos cálculos: A13 – *“Tenho maior facilidade com os cálculos”* e por

observação durante as aulas de simulação em que os alunos apresentavam os cálculos, mas não sabiam como explicar o conceito relacionado à situação, o que será mais bem discutido na análise qualitativa.

Assim é possível verificar que os alunos A7, A8 e A34 apresentam índices abaixo da média (2,5) por representarem diversos métodos (representação esquemática, expressões matemáticas e descrições nas análises) errôneos quanto às concepções científicas aceitas. Ressalta-se que A7, A10, A23 e A34 finalizaram o semestre reprovados na disciplina. A partir do ganho geral (G), foi possível a classificação dos alunos que obtiveram melhor desempenho quanto à aprendizagem das concepções científicas em corrente elétrica e dos conceitos de corrente, resistência, tensão e potência elétrica.

Tabela 4: Tabela em ordem decrescente do ganho geral (G) com as avaliações das simulações em grupo (S) e provas individuais (P).

Alunos	G	S	P
A11	0.78	4.88	4.58
A22	0.72	4.50	5.00
A03	0.67	4.00	4.00
A13	0.64	4.88	4.54
A08	0.63	4.63	2.17
A29	0.52	4.75	3.92
A16	0.50	5.00	5.00
A23	0.50	4.38	2.75
A34	0.48	3.50	1.29
A27	0.47	4.63	4.25
A30	0.43	4.25	3.54
A31	0.39	4.63	3.50
A07	0.14	3.75	1.00
A10	0.13	3.88	2.67

Fonte: A autora.

A Tabela 5 apresenta a correlação entre as variáveis motivacionais (i-início e f-final) com o ganho geral G, simulação S e prova P. Deve-se salientar que o valor-p valida uma variável como significativa se o valor apresentado for menor de que 5%. Desta forma, segundo Callegari-Jacques (2003), temos uma correlação linear forte entre as variáveis: MAE-f e EPE-f (0,82); Simulação e Prova (0,76); MAE-e e MAE-f (0,72); MAE-f e Simulação (0,71) todos com um grau de confiança p (0,00), para ganho geral (G) e Prova (P) (0,60) o grau de confiança foi p (0,02). Para as variáveis MAE-i e Simulação a correlação linear foi moderada (0,58) com grau de confiança p (0,03). A partir da correlação de 2%, apresentada por G e P, atesta-se que as atividades elaboradas para a Prova mostraram-se claramente significativas

para a aquisição dos conceitos elétricos, bem como as atividades de simulação, com significância apresentada menor ou igual a 3%.

Expõe-se a significativa correlação entre a variável motivacional para aprender eletricidade no início e no final das instruções, demonstrando que os alunos mantiveram a autoestima elevada durante o curso e, a forte correlação linear entre MAE-f e EPE-f figura a situação do aluno ao final do curso, significativamente motivado. Verifica-se, ainda, que o índice de significância da correlação entre Motivação para Aprender Eletricidade e Simulação apresenta-se maior ao final da instrução, com índice menor que 1%.

Tabela 5: Correlação entre as variáveis motivacionais (i-início e f-final) com o ganho geral G, simulação S e prova P.

	MAE i	EPE i	MAE f	EPE f	G	S	P
MAE i	0.42	0.72	0.51	0.19	0.58	0.49	
	p=0,14	p=0,00	p=0,06	p=0,51	p=0,03	p=0,08	
EPE i		0.47	0.35	0.08	0.37	0.03	
		p=0,09	p=0,22	p=0,79	p=0,19	p=0,93	
MAE f			0.82	0.08	0.71	0.52	
			p=0,00	p=0,79	p=0,00	P=0,05	
EPE f				0.07	0.48	0.40	
				p=0,81	p=0,08	p=0,16	
G					0.53	0.60	
					p=0,05	p=0,02	
S						0.76	
						p=0,00	

Fonte: A autora.

4.2 ABORDAGEM QUALITATIVA

Os itens a seguir foram delineados conforme sequência na coleta de dados. Apresentamos uma descrição aprofundada dos dados coletados na questão 1 e 2 do QCB e questão 4 do QAP, bem como as representações dos circuitos e dizeres da EF – Entrevista Final. Não houve tempo hábil para realizar uma análise como se gostaria, sendo este processo finalizado em trabalhos futuros ao se elaborar artigos para revistas.

4.2.1 SOBRE A QUESTÃO 1 DO QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS BÁSICOS (QCB)

Para a análise da descrição dos dizeres dos alunos na questão 1 do QCB, utilizou-se não apenas os critérios dispostos no quadro 4, mas também como estes alunos apresentaram os conceitos em seu discurso. Os índices obtidos a partir da análise quantitativa da questão 1 foram apresentados na Tabela 4. A questão 1 descrita no Apêndice B questiona ao aluno: “A partir de seus conhecimentos descreva sobre corrente elétrica, resistência elétrica, tensão elétrica, potência elétrica”. A descrição inicial dos alunos é composta por seus conhecimentos prévios e/ou experiências vivenciadas antes da aplicação da sequência didática. Já a descrição final é apresentada após a aplicação da sequência didática onde o aluno foi exposto às diversas formas de representação de cada conceito a partir da estratégia POE, Multimodos e Múltiplas Representações e a Aprendizagem Significativa.

De acordo com a Tabela 4, os quatro primeiros alunos que apresentaram ganho conceitual elevado demonstraram, na comparação de suas descrições inicial e final presentes na questão 1 do Questionário de Conhecimentos Básicos (Apêndice B), considerável aquisição dos conceitos científicos em substituição às concepções alternativas apresentadas antes da instrução, bem como a mudança significativa da representação de ligação de uma lâmpada elétrica, como será apresentado no item 4.2.4 sobre a representação dos circuitos elétricos. Observem-se as concepções abordadas para a questão 1, no início e final, para cada conceito elétrico dos alunos A03, A07, A10, A11, A13, A22 e A23, dispostas no quadro 5.

	Descrição Inicial	Descrição Final
A03	Corrente: “Capacidade de passar elétrons em determinada área, dada pela fórmula $V=R.I$, tensão igual à resistência vezes a corrente”. Resistência: “Corpo que, quando é passada a energia por ele, ele transforma energia elétrica em calor, dissipando a tensão $V= R.I$ ”. Tensão: “Quanto de choque que dá, na verdade não sei”. Potência: “Não consigo diferenciar do termo potencial elétrico”.	Corrente: “É a velocidade do fluxo de elétrons de forma ordenada, no condutor”. Resistência: “É uma barreira no circuito que dificulta a passagem de energia elétrica, e dissipa em forma de calor”. Tensão: “É a força aplicada ao condutor, gerando a corrente”. Potência: “Quanto o aparelho consome de energia”
A07	Corrente: “É todas as ligações para poder fazer chegar à energia nos locais”. Resistência: “Interromper a transmissão de energia”.	Corrente: “É por onde passa toda a carga do circuito”. Resistência: “Quanto que cada carga vai aguentar de tensão envolvida nela”.

	<p>Tensão: “É o tanto de amperagem que vai ser distribuído”.</p> <p>Potência: “Não sei”</p>	<p>Tensão: “É toda a potência envolvida no circuito”.</p> <p>Potência: “Valor encontrado em cada resistência dada pela resistência”.</p>
A10	<p>Corrente: “Sua função é transmitir a eletricidade por meio da corrente elétrica, fazendo assim a sua distribuição”.</p> <p>Resistência: “Funciona como uma fonte para a eletricidade”.</p> <p>Tensão: “É o acúmulo de energia.”.</p> <p>Potência: “É a força que a eletricidade tem, podendo ser medida em watts”.</p>	<p>Corrente: “É a energia que passa para lâmpadas, resistores, etc, através de um fio”.</p> <p>Resistência: “Toda resistência aguenta até certa quantidade de energia, por isso a resistência, pois qualquer quantidade acima ela não suportaria”.</p> <p>Tensão: “É a quantidade de energia que entra em um determinado circuito, é a carga que cada um tem, cada resistor por si só e um circuito com uma tensão total”.</p> <p>Potência: “É uma unidade de medida que mede em watts de potência a forma de uma lâmpada, resistor”.</p>
A11	<p>Corrente: “Eletricidade direcionada a um ponto com determinada tensão, resistência e potência”.</p> <p>Resistência: “É a quantidade de carga que um material pode suportar”.</p> <p>Tensão: “É a intensidade que uma determinada corrente elétrica possui”.</p> <p>Potência: “É a força, propriamente dita da corrente elétrica”.</p>	<p>Corrente: “É a quantidade de elétrons que circula pelo circuito com determinada direção”.</p> <p>Resistência: “Como o próprio nome já diz, é o que resiste a passagem de corrente (exemplo: lâmpada)”.</p> <p>Tensão: “É a carga aplicada ao circuito, para que tal funcione com seus resistores e corrente. É calculada pela multiplicação da resistência total do circuito e corrente total”.</p> <p>Potência: “É a quantidade de energia dissipada pelo resistor (ou pelo circuito todo)”.</p>
A13	<p>Corrente: “É o circuito elétrico que faz com que gere uma corrente, é um circuito fechado”.</p> <p>Resistência: “É o quanto a corrente elétrica suporta”.</p> <p>Tensão: “Voltagem da corrente elétrica”.</p> <p>Potência: “É a potência que existe na corrente elétrica”.</p>	<p>Corrente: “Passagem de corrente eletricamente negativa por um condutor em certo intervalo de tempo. Passagem de elétrons do polo positivo para o polo negativo”.</p> <p>Resistência: “Dificulta a passagem de elétrons pelo circuito, ou seja, vai acumulando o calor, ou brilho e etc”.</p> <p>Tensão: “É a força que faz com que a corrente passa por um resistor”.</p> <p>Potência: “É a energia dissipada em um resistor em forma de calor”.</p>
A22	<p>Corrente: “É um ciclo carregado com energia elétrica”.</p> <p>Resistência: “Seria a quantidade de energia que aguenta certo aparelho”.</p> <p>Tensão: “Tensão é a quantidade de carga que existe na corrente.”.</p> <p>Potência: “É o poder da carga elétrica”.</p>	<p>Corrente: “Seria o caminho entre os elétrons positivos para os elétrons negativos”.</p> <p>Resistência: “É o tanto de carga que necessita para dissipar o calor”.</p> <p>Tensão: “É uma energia que empurra os elétrons em um sentido”.</p> <p>Potência: “Seria a ‘força’ que a corrente teria para dissipar energia”.</p>
A23	<p>Corrente: “É a comunicação de um equipamento para outro, quando acionado em um determinado ponto acaba percorrendo por fiação até um determinado equipamento.”.</p> <p>Resistência: “É um determinado componente que através de energia elétrica ela aquece o que desejar.”.</p> <p>Tensão: “É uma determinada voltagem que passa por aquele componente.”.</p>	<p>Corrente: “É uma grandeza demonstrada pela unidade I (ampère) ela representa a movimentação dos elétrons onde geram energia para alimentar algum componente.”.</p> <p>Resistência: “É conhecida pela Ω ohms. Ela possibilita determinar à corrente que passa por aquela resistência tendo um limite de corrente. Exemplo: a resistência do chuveiro.”.</p>

	Potência: “É um componente utilizado para converter a energia de chegada e outra de saída.”.	Tensão: “É a unidade de medida conhecida pela letra V (volts). Ela que fornece a alimentação para os componentes a serem ligado podendo haver queda de tensão entre um circuito e outro.”. Potência: “É denominada pela unidade W (watts). É a capacidade na lâmpada de brilho que ela pode iluminar e determinar qual tensão pode ser ligado.”.
--	--	---

Quadro 5: Descrição Inicial e Final apresentada no questionário de conhecimentos básicos para os alunos A03, A07, A10, A11, A22, A23.

Fonte: A autora.

Ao observar os dados da Tabela 4, selecionamos para uma discussão mais aprofundada na questão 1, os alunos A13, A23 e A07. Por apresentarem completas as participações nas atividades que serão discutidas: QCB, QAP e Representação Gráfica do Circuito Elétrico, e por se encontrarem acima da média, em relação ao ganho geral (G) de 0,50, o aluno A13, na média o aluno A23 e abaixo da média, o aluno A07.

Pode-se verificar, inicialmente, que as concepções alternativas predominavam em praticamente todos os conceitos, as definições utilizadas demonstram uma abrangência das concepções alternativas (GRAVINA; BUCHWEITZ, 1994), por exemplo: uso de termos como eletricidade, energia para a definição de quase todos os conceitos apresentados, a repetição do mesmo conceito em todas as definições, como apresenta o aluno A13 com o discurso de corrente elétrica. Para o aluno A23, a repetição do discurso componente nas definições de resistência, tensão e potência, ou seja, apresenta falta de vocabulário técnico, mas ao realizar a leitura completa do discurso retoma as aplicações de cada conceito, como na definição de corrente e resistência. Para o aluno A07, descrições desconexas, como em corrente: “É toda das ligações para poder fazer chegar à energia nos locais”, sendo esta uma definição para circuito, e novamente o termo energia na definição de corrente. Ou seja, havia uma confusão dos conceitos justamente pelo uso de termos abrangentes em todos os discursos.

Após a instrução, percebe-se a segurança do aluno em realizar as afirmações para cada conceito. Verifica-se, também, que, para os alunos que apresentaram ganho elevado (A11, A03 e A13), o termo energia foi utilizado apenas na definição de potência. A utilização de analogias surgiu a partir da definição do próprio conceito da palavra, como descrito pelo aluno A11 na definição de resistência: “*Como o próprio nome já diz, é o que resiste a passagem da corrente ex:*

lâmpada". Para o aluno A23, percebe-se a alternância dos conhecimentos de senso comum demonstrados pela experiência vivida na descrição inicial, para descrições apresentadas durante a aplicação da sequência didática, e definições com significado ao aluno, visto que o mesmo cita como exemplo a lâmpada na definição de resistência e relaciona o brilho da lâmpada a definição de potência. O aluno A07 permanece com descrições desconexas, como apresenta o Quadro 5 para os conceitos de corrente, resistência, tensão e potência após a instrução, o que reafirma o baixo ganho geral (G) apresentado na Tabela 4.

4.2.2 SOBRE A REPRESENTAÇÃO DE CIRCUITOS NO QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS BÁSICOS (QCB)

Outra mudança observada foi à alteração dos esquemas dos circuitos elétricos. Os alunos foram questionados quanto a forma representacional na questão 2 do QCB (Apêndice B): "*2) Represente (em forma de desenho ou esquema) a ligação de uma lâmpada elétrica*". Os Quadros 6 e 7, trazem as representações realizadas pelos alunos antes e depois da instrução dada pela sequência didática, respectivamente.

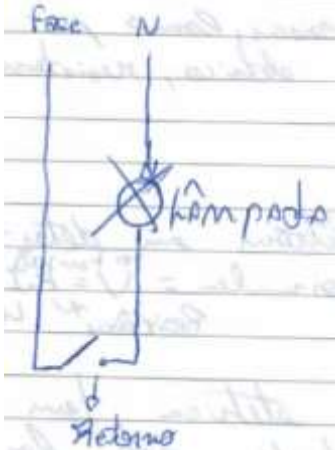
Antes da instrução, muitos faziam representações já estudadas em séries anteriores ou mesmo no curso técnico, com destaque para as ligações de lâmpadas residenciais. Percebe-se, no Quadro 6, tais representações dispostas com muitos fios e com elementos em tamanhos diversos a curtas distâncias entre as ligações assim como a falta de indicação de polarização. Contabilizou-se um total de 72% dos alunos com representações demonstradas sem a estrutura dos conceitos de eletricidade.


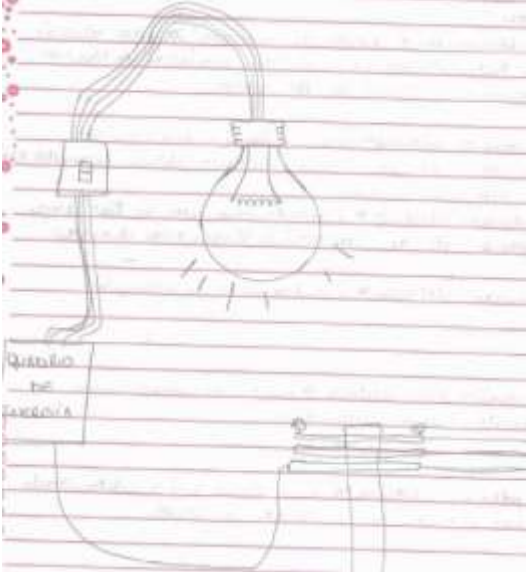
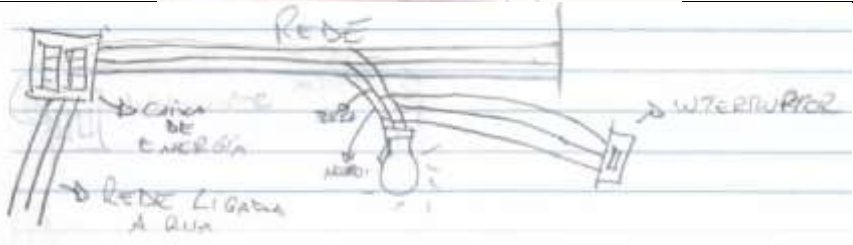
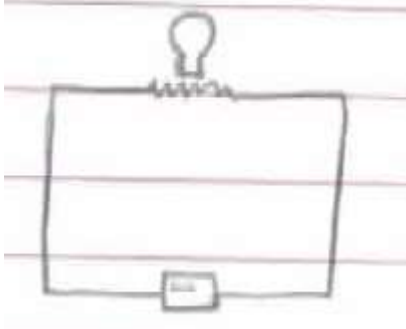
Após a instrução, no Quadro 7, observa-se quase que a totalidade das representações com estrutura, embora algumas sem a indicação de polarização, logo 64% dos alunos modificaram a maneira de representação de um circuito elétrico, condizente a tamanho e formas proporcionais, indicação de polarização e distâncias relativizadas ao tamanho de representação esquemática de um circuito elétrico.

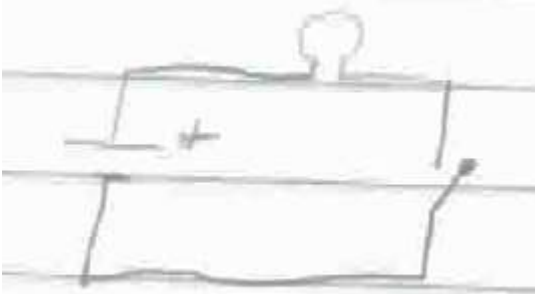
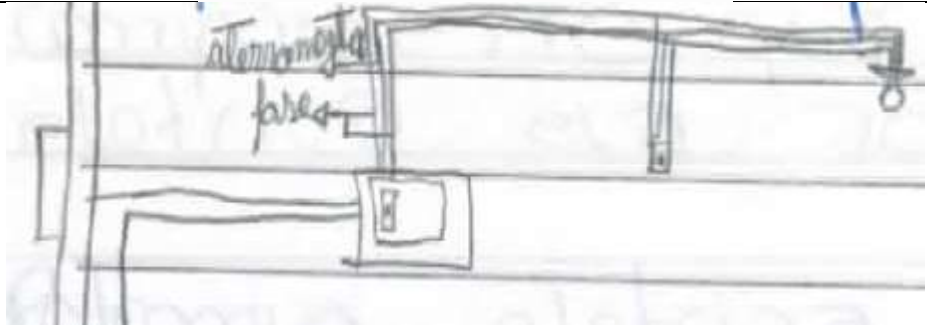
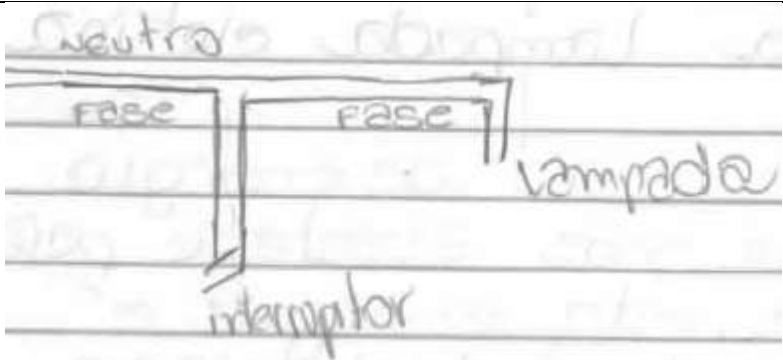
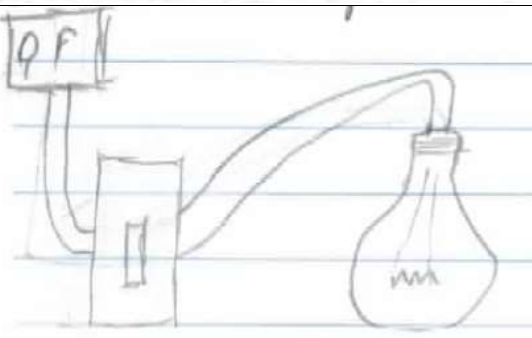
Percebemos que inicialmente os alunos A07, A11 e A23, detinham de conhecimentos elétricos voltados a instalação elétrica, pela sua forma

representacional dos circuitos elétrico. Para o aluno A11 o desenho demonstrou-se um pouco mais completo, pela tentativa de indicar as fases, quadro de energia, interruptor e lâmpada, o que inicialmente já demonstra seu alto desempenho culminando no índice do ganho geral (G) apresentado pela Tabela 4. O aluno A13, inicialmente realizou a representação de um circuito elétrico voltado aos estudos de eletrônica, mas sem indicação de polarização e duplicação do elemento lâmpada.

Após a instrução os alunos A11, A13 e A23 melhoraram a forma representacional, estudada durante a instrução da disciplina Princípios de Eletricidade e Magnetismo, de um circuito elétrico. Dispuseram dos elementos resistivos em simbologia empregada como a fonte de alimentação, interruptor e lâmpada, bem como o sentido de alimentação exemplificado pelos alunos A13 e A23. Assim, percebe-se que a mudança da prática pedagógica em sala de aula, trouxe resultados previstos. Além disso, os alunos demonstraram uma evolução na forma representacional de circuitos elétricos, bem como as dificuldades observadas ao trabalhar as formas de representação, na qual a preocupação da pesquisadora foi para que esta não permanecesse isolada, mas oferecesse procedimentos variados de interpretação e entendimento, tornando esse ensino (orientado pela sequência didática) essencial e significativo para o aluno.

Aluno	Representação esquemática inicial
A03	
A07	


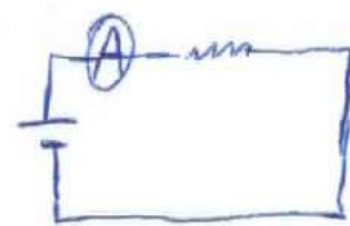

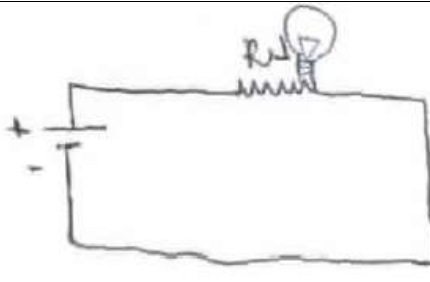
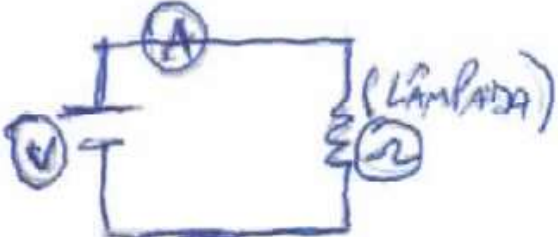
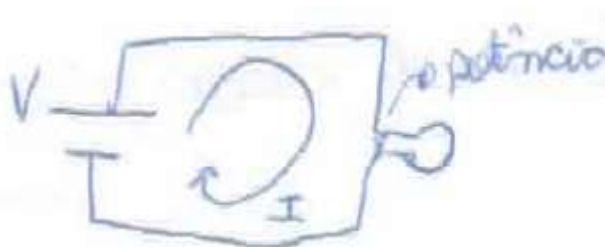
A08	 <p>A hand-drawn diagram on lined paper showing a simple circuit. A light bulb is connected to a battery. The circuit is drawn with a rectangular loop, with the bulb at the top and the battery at the bottom.</p>
A10	 <p>A hand-drawn diagram on lined paper showing a circuit with a light bulb and a battery. The bulb is in the center, and the battery is on the left. Wires connect them. Below the diagram, there is handwritten text: "Quando se conecta".</p>
A11	 <p>A hand-drawn diagram on lined paper showing a circuit with a light bulb and a battery. The bulb is in the center, and the battery is on the left. Wires connect them. Above the diagram, there is handwritten text: "Rede". Below the diagram, there are arrows pointing to different parts of the circuit with labels: "Cabo de Energia" (pointing to the battery), "Rede Ligada a Rua" (pointing to the wires on the left), and "WATERPUMP" (pointing to the wires on the right).</p>
A13	 <p>A hand-drawn diagram on lined paper showing a simple circuit. A light bulb is connected to a battery. The circuit is drawn with a rectangular loop, with the bulb at the top and the battery at the bottom.</p>

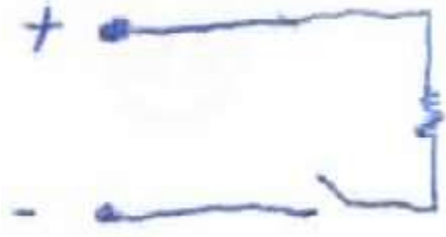
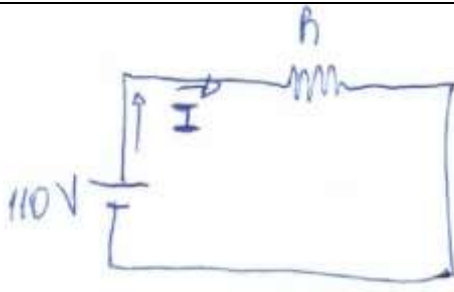
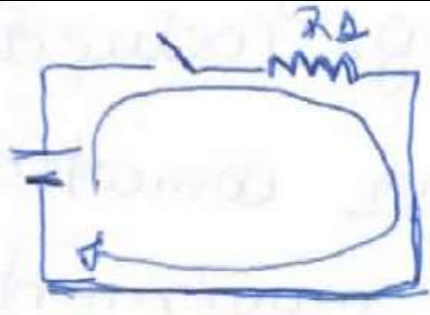
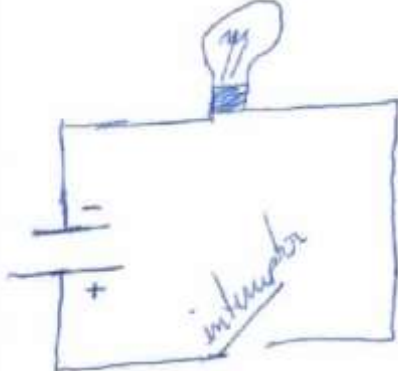
A16	
A22	
A23	
A31	

Quadro 6 – Representações esquemáticas iniciais dos alunos.
Fonte: A autora.

Laburú *et al* (2011, p.21) afirmam: “para se dar de maneira mais efetiva e engajada a aprendizagem em ciências [...] há necessidade de que os estudantes sejam desafiados a desenvolver um entendimento mais profundo dos significados em estudo, sem desconsiderar suas preferências e necessidades pessoais de aprendizagem”. Assim, com a adoção de uma prática pedagógica voltada ao uso de múltiplas formas e múltiplas representações, percebeu-se a dificuldade dos

estudantes com representações científicas, quando desafiados a representar a análise de circuitos mais complexos.

Aluno	Representação esquemática final
A03	
A07	
A08	
A10	
A11	
A13	

A16	
A22	
A23	
A31	

Quadro 7 – Representações esquemáticas finais dos alunos.
Fonte: A autora.

Duval (2004, p.28) acrescenta que as representações ocasionam obstáculos à compreensão dos alunos que são independentes da complexidade do campo conceitual trabalhado e que as representações são menos espontâneas e mais difíceis de compreender pela grande maioria dos alunos. Através desta pesquisa, principalmente no desenvolvimento e aplicação da sequência didática, percebeu-se a dificuldade dos alunos quanto à conversão das atividades. Ou seja, viu-se que ocorreu uma priorização pelos alunos das atividades de formação e tratamento do conteúdo abordado (Laburú et al, 2011, p.8), bem como a simples operacionalização mecânica declarado pelo aluno A13, após o questionamento da

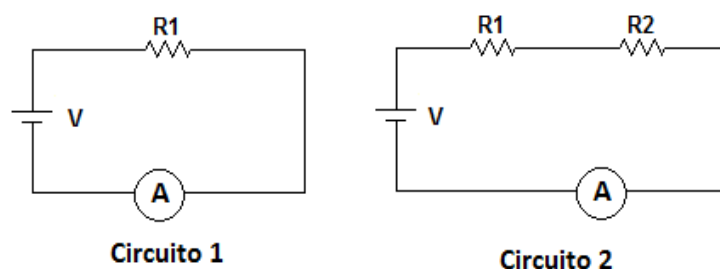
pesquisadora: “*P: Qual é a sua maior dificuldade? A13: Minha dificuldade é na hora de fazer a interpretação, porque na hora a conta eu consigo fazer. (Ela tenta interpretar o circuito inteiro)*”, não havendo o trânsito daqueles com as representações ou a necessidade de re-representar o conceito estudado (ibid, p.29)

É preciso atentar que o trabalho, a partir das representações, costuma ser a parte mais difícil na interpretação e análise de circuitos, pois não existem regras a serem seguidas. Existem técnicas a serem trabalhadas na resolução, mas tudo depende de que o aluno compreenda o circuito. Nesta pesquisa, os estudantes tenderam a demonstrar maior entendimento após a integração do discurso descritivo e a representação matemática, com fortes indícios de dificuldades na re-representação esquemática dos circuitos elétricos.

4.2.3 SOBRE O QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE PRÉVIA (QAP)

Após a primeira aula de instrução, os alunos foram questionados sobre a divisão de tensão em um circuito em série com a aplicação do QAP (Apêndice C). O Quadro 8 apresenta as respostas dos alunos a questão 1: “*Qual a expectativa em relação ao brilho da lâmpada R1 do circuito 1 em comparação ao brilho das lâmpadas R1 e R2 do circuito 2?*”, onde os circuitos 1 e 2 contam dispostos na Figura 1.

A utilização da representação gráfica da Figura 1, apenas com o desenho dos resistores difere da representação das Figuras 2 e 3. Verificamos que a mudança na forma de representação, auxiliou os alunos na facilidade de formular as respostas para a questão 1 do QAP. Os alunos A07, A11, A13, A23 e A29 convergem para um discurso único, após a instrução: a resistência R_1 desenvolverá um maior brilho no Circuito 1 e as resistências R_1 e R_2 , no circuito 2, irão dividir o valor de tensão. Observem que a compreensão descrita acima não foi desenvolvida pelos alunos quando submetidos ao Teste de Concepções Científicas sobre Corrente Elétrica, mais precisamente ao analisarem os circuitos presentes nas Figuras 2 e 3 deste trabalho. Verificamos, a partir destes dois testes, que a mudança na forma gráfica do circuito influenciou consideravelmente a compreensão das grandezas de tensão e potência e suas previsões para os circuitos.



**Figura 1 – Representação esquemática dos circuitos presentes no questionário de Análise Prévia (Apêndice C).
Fonte: A autora.**

Além da questão 1, abordamos a análise da questão 4 do QAP: “O sentido da corrente, interfere no brilho das lâmpadas no circuito 2?”. O sentido de análise desta questão é a título de comparação as respostas fornecidas na EF pelos alunos A08, A11, A13 e A29, e também as análises realizadas pelos alunos A07 e A23 para a questões 2 e 5 do Anexo A, que demonstram a forma representacional do sentido da corrente elétrica em um circuito em série, e se a alternância desse sentido ou a alternância dos elementos em um circuito, irá interferir no brilho de cada lâmpada.

Aluno	Antes das Orientações pela Sequência Didática	Após as Orientações pela Sequência Didática
A03	No primeiro caso, o brilho será mais intenso, pelo fato de existir somente uma resistência.	No circuito 1 teremos somente 1 resistor dissipando calor, já no 2 teremos 2 , onde a tensão (ddp) é proporcionalmente distribuída com relação ao valor de cada resistência.
A07	O R1 do circuito 1 brilhará igual a do circuito 2.	No circuito 1 tem a tendência de brilhar mais que o circuito 2.
A08	O brilho da lâmpada do circuito 1 será igual a lâmpada do circuito 2.	No circuito 1, devido a conter apenas um resistor o brilho será maior que as lâmpadas do circuito 2, que estão em série e tendo sua voltagem dividida entre R1 e R2.
A10	A lâmpada R1 do circuito 1 brilhará mais em relação ao circuito 2, pois toda energia ao circuito 1 é canalizada apenas em uma lâmpada, já no circuito 2 utiliza duas lâmpadas, dividindo assim a energia.	O brilho do resistor 1 do circuito 1 será um pouco mais intenso por ele não tem nenhum outro resistor para dividir a tensão.
A11	A lâmpada do circuito 1 terá mais brilho, já que o circuito 2 contém 2 resistores.	Se R1 e R2 do circuito 2 forem iguais, nenhuma diferença de brilho neste circuito. Em relação ao lâmpada do circuito 1 brilhará mais pois a tensão total passará por ela.
A13	O brilho da lâmpada R1 no circuito 1 será maior que o brilho das lâmpadas R1 e R2.	O brilho da lâmpada R1 no circuito 1 será maior em relação ao brilho das lâmpadas no circuito 2, porque no 2 a voltagem será divida pelos resistores, ou seja, pela queda de tensão.
A16	O circuito 1 a lâmpada brilhará mais intensamente do que o circuito 2 considerando a mesma resistência, tensão e potência	Se considerarmos mesma voltagem para as duas e mesma resistência para os dois circuitos, conluo que o circuito 1 a lâmpada apresentará maio brilho.
A22	O brilho de R1 em circuito 1 será maior que o da lâmpada do circuito 2	Ela irá brilhar mais, pelo fato de não dividir a tensão como no circuito 2.
A23	Nos dois circuitos as lâmpadas terão o	O brilho será o mesmo para os dois circuitos

	mesmo brilho, devido a corrente ser contínua.	para R1 e R2 no circuito 2 permanecerá o mesmo brilho de R1.
A27	O R1 do C1 brilhará igual ao do C2	O R1 terá sempre o mesmo brilho, já no circuito 2 o R1 e R2 terão brilhos diferentes.
A29	A lâmpada R1 do circuito 1 o brilho será mais intenso do que no circuito 2	O brilho da lâmpada R1 no circuito 1 vai ser maior que a do circuito 2 devido ao fato de que o circuito está em paralelo e a corrente não vai se dividir. A resistência R1 receberá toda a corrente.
A30	A lâmpada R1 do circuito 1 terá o mesmo brilho que a lâmpada R1 do circuito 2, porém o brilho será maior que o da lâmpada R2 do circuito 2.	A lâmpada R1 do circuito 1 brilhará mais que cada uma das lâmpadas em R2, pelo fato de ter apenas uma lâmpada no circuito 1, enquanto no circuito 2 tem 2 lâmpadas.
A31	Terão o mesmo brilho por não se altera a corrente.	Que a lâmpada do circuito 1 brilhe com a mesma intensidade do circuito dois, desde que a tensão e a potência das lâmpadas sejam a mesma nos dois circuitos.
A34	A lâmpada R1 do circuito 1 irá brilhar igual a lâmpada do circuito 2.	É que o brilho da lâmpada do circuito 1 seja maior do que o brilho das lâmpadas do circuito 2.

Quadro 8 – Respostas à questão 1 do questionário de análise prévia (Apêndice C).

Fonte: A autora.

O Quadro 9 apresenta os discursos dos alunos sobre a questão 4. Verificamos que para a questão 4 antes da instrução didática os alunos A07, A11, A13 demonstram a compreensão que haverá uma diferença de brilho nas lâmpadas caso ocorra a mudança da corrente, e mesmo demonstrando alteração em suas respostas após a instrução da sequência didática, os alunos A11 e A13 se contradizem nos dizeres da Entrevista Final, ao serem questionados sobre as questões 2 e 5 do Anexo A. O aluno A23, demonstra a compreensão do conceito de corrente elétrica, ou seja, não ocorre mudanças se houver alteração do sentido da corrente como demonstra a manutenção de seu discurso antes e após a aplicação da instrução, disposta no Quadro 9.

Em geral, antes das orientações, observa-se nos discursos conceituais que 57% dos alunos tenderam a dizer que a inversão da corrente causaria alguma mudança no brilho das lâmpadas, e que, após a instrução, apenas 21% mantiveram esse discurso. Logo se pode concluir que a sequência didática proporcionou mudanças conceituais consideráveis no grupo de estudo. Quando questionados em circuitos mais complexos, porém, ou mesmo quando há a necessidade de mudança da forma representacional do circuito, as dificuldades ressurgem e impedem a resolução do circuito como mostram os recortes da EF no Quadro 10, na análise das Figuras 2 e 3 em comparação com a análise da Figura 1. Dessa forma, verifica-se a importância da utilização da Sequência Didática Entre o Mais e o Menos, a fim de trabalhar não somente o discurso descritivo dos alunos, mas, principalmente, as

maneiras representacionais para que eles não se restrinjam a modelos ou expressões de forma isolada (Duval, 2004, p.35). Só assim a forma de representação lhes trará algum significado essencial durante a aprendizagem.

Aluno	Antes das Orientações pela Sequência Didática	Após as Orientações pela Sequência Didática
A03	Sim, pois ao sentido inverso a lâmpada R2 é encontrada inicialmente, e R1 irá brilhar menos.	Não, o que interfere é o valor da resistência.
A07	Sim, pois passa por duas R1.	Não, o que vai interferir é a divisão de tensão sobre as cargas.
A08	Não, pois a resistência será a mesma.	O sentido interfere no brilho, pois inverteria a queda de voltagem e R2 teria mais brilho que R1.
A10	Não, pois ambas utilizam o mesmo circuito e a mesma energia.	Não, a corrente é a mesma para os dois resistores.
A11	Sim, pois determina se a corrente vai sofrer alteração ou não pelos resistores antes de chegar à lâmpada.	Não por ser um circuito série.
A13	Sim, pois a potência elétrica irá diminuir.	Interfere pois a primeira lâmpada terá a queda de voltagem necessária e deixará o resto para a 2ª lâmpada e isso faz com que o brilho da 2 possa ser menor.
A16	Não interfere, pois a corrente passará pela lâmpada da mesma maneira.	Não, pois como o circuito é em série uma corrente para todo o circuito.
A22	Sim, pois a resistência da lâmpada dissipa alguns elétrons, por isso vai uma menor quantidade na outra lâmpada.	Não, pois como estão em série, a corrente é a mesma para os dois, não se divide.
A23	Não porque a corrente passa por todo o circuito.	Não, porque no circuito em série a corrente é a mesma.
A27	Sim, pois se passar por duas R o brilho será menor se for direto.	Não interfere, pois será a mesma corrente para todos os resistores.
A29	Não, porque ambos irão receber a mesma corrente.	Não interfere, o que vai interferir é o próprio valor da resistência.
A30	Sim, pois a primeira lâmpada que receber a corrente servirá como resistor para a lâmpada seguinte.	Não, pois trata-se de um circuito em série.
A31	Não, pois a corrente passa por todo o circuito.	Acredito que se os resistores obtiverem a mesma resistência isso não influenciará no brilho.
A34	Sim, pois iria passar em R2 primeiro, e R1 não receberia a corrente total.	Sim, pois de fosse ao contrário a potência seria maior.

Quadro 9 – Respostas à questão 4 do questionário de análise prévia (Apêndice C).

Fonte: A autora.

4.2.4 SOBRE A EF – ENTREVISTA FINAL

Verifica-se, pelas entrevistas dos alunos, a preponderância de uma aprendizagem tradicional, vinculada à extensa repetição dos cálculos matemáticos, ou seja, uma aprendizagem mecânica, memorística (MOREIRA, 2011): *“Minha dificuldade é na hora de fazer a interpretação, porque na hora da conta eu consigo*

fazer” (A13) e uma insegurança na compreensão dos resultados apresentados: “Nesta figura 5, eu posso enxergar que L brilha mais no circuito da figura 5, porque posso estar errado em questão do brilho, mas a corrente é igual para os dois, mas a tensão muda, certo? Eu posso estar errado em função do brilho, pelo menos na conta, teria uma diferença da ddp do R estar na frente e ele estar atrás, para depois chegar na lâmpada” (A11). Todas as entrevistas encontram-se no Apêndice H e foram transcritas *ipsis litteris*³.

A EF teve como roteiro os questionamentos sobre 3 questões do Teste de Concepções Científicas sobre Corrente Elétrica (Anexo A). A questão 2, presente na Figura 2, aborda um circuito em série com representação de uma lâmpada, um resistor e novamente outra lâmpada, admitindo-se todos com resistências iguais.

2) No circuito da Figura 2, R é um resistor. Neste circuito:

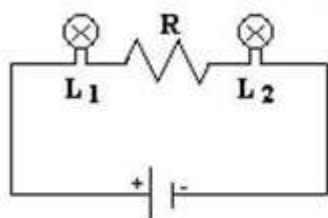


Figura 2

- a) L_1 e L_2 tem o mesmo brilho.
- b) L_1 brilha mais do que L_2 .
- c) L_2 brilha mais do que L_1 .

Figura 2 – Questão 2 do Teste de Conhecimentos Científicos sobre Corrente Elétrica.
Fonte: SILVEIRA *et al*, 1989.

A questão 5, presente na Figura 3, apresenta dois circuitos em série: o primeiro apresentado na figura 5 desta questão, traz uma lâmpada interligada ao polo positivo da fonte de alimentação, a figura 6 da mesma questão traz o mesmo circuito apresentado na figura 5 com inversão dos elementos, agora interligado ao polo positivo da fonte de alimentação temos um resistor. Por fim a questão 13, disposta na Figura 4, disponibiliza um circuito misto visível na figura 12 desta questão, onde temos uma lâmpada L3 sozinha em um ramo, e no outro ramo a lâmpada L1 em série com L2.

Como a entrevista foi realizada ao final da instrução, observa-se a mesma dificuldade conceitual dos alunos A08, A11, A13 e A29 apresentada no trabalho de Dorneles, Araújo e Veit (2006):

³ Expressão latina utilizada para indicar que o texto foi transcrito fielmente, ou seja, nas mesmas

Dificuldade 1.3 - *Reconhecer que a intensidade da corrente elétrica não depende da ordem em que se encontram os elementos no circuito e nem do sentido da corrente e, as concepções alternativas “c) ...acreditam que a ordem dos elementos no circuito e o sentido da corrente elétrica são relevantes [1-3]. h) ...associam o brilho de uma lâmpada com o valor do potencial em um dos terminais da lâmpada [2]”* (DORNELES, ARAÚJO, VEIT, 2006, p.17).

Essas dificuldades podem ser observadas no Quadro 10. Os alunos, ao analisarem os circuitos presentes na Figura 2, demonstram que a ordem dos elementos resistivos irá afetar o brilho das lâmpadas. Para eles, o circuito representado na questão 2, a lâmpada L_1 demonstra um brilho maior pelo fato de se encontrar interligada ao lado positivo da fonte, e a lâmpada L_2 por estar após a primeira lâmpada e após o resistor irá apresentar brilhos diferenciados, sendo que L_1 irá brilhar mais que L_2 . Ou seja, mesmo após a instrução, a relação cognitiva apresentada pelos alunos na interpretação de um circuito elétrico em série permanece com as concepções alternativas citadas por Dorneles, Araújo e Veit (2006).

Para os circuitos presentes na Figura 3, a análise não foi diferente. Os alunos relatam que para o primeiro circuito da questão 5 a lâmpada terá um maior brilho quando comparada a lâmpada presente no segundo circuito. Novamente os alunos demonstram que a ordem dos elementos é relevante, pois indicam que a intensidade do brilho da lâmpada será diferente. O aluno A11 afirma que a lâmpada do primeiro circuito apresentará maior brilho em relação ao segundo circuito presente na Figura 3: *“Professora, nesse circuito vejo um circuito em série e que L_1 irá ter o maior brilho, pois está logo no início do circuito e, como L_2 esta após um resistor ela apresentará menor brilho”*. Observem que este aluno é o que apresenta maior ganho geral (G) pela Tabela 4, e mesmo assim, permanece este com raciocínios errôneos na aprendizagem dos circuitos elétricos, o que também é demonstrado por seu comentário sobre o circuito presente na Figura 2.

- 5) Nos circuitos das figuras 5 e 6 a lâmpada L, o resistor R e a bateria são exatamente os mesmos. Nestas situações:

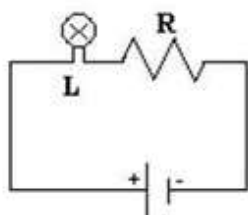


Figura 5

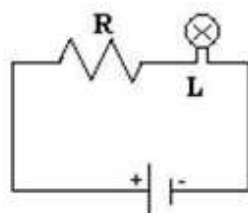


Figura 6

- a) L brilha mais no circuito da Figura 5.
 b) L brilha igual em ambos os circuitos.
 c) L brilha mais no circuito da Figura 6.

Figura 3 – Questão 5 do Teste de Conhecimentos Científicos sobre Corrente Elétrica.
Fonte: SILVEIRA et al, 1989.

Aluno	Dizeres na entrevista final
A08	<p>P: A respeito das nossas discussões em aula, o que você tem a dizer do circuito presente na questão 2?</p> <p>A8: Aqui temos dois circuitos em série, correto? Eu imaginei que a corrente seria a mesma para todos. Só que aqui ele irá se dividir. Assim L1 irá brilhar mais que L2.</p> <p>P: E sobre a questão 5?</p> <p>A8: L brilha mais na figura 5.</p> <p>P: Por quê?</p> <p>A8: Porque a tensão chega primeiro na lâmpada. O resistor como sendo o primeiro também irá receber mais tensão no segundo circuito.</p> <p>P: Os dois circuitos são iguais?</p> <p>A8: Não, porque vai modificar o lado, e muda a queda de tensão.</p> <p>P: E no circuito da questão 13?</p> <p>A8: Aqui na verdade eu achava que L3 iria brilhar mais, mas não teria que ser o caminho mais fácil, digamos assim. E L1 e L2 terão o menor brilho.</p> <p>P: O circuito da questão 13 foi mais fácil de entender que da figura 5?</p> <p>A8: Sim, na minha cabeça sim, não sei explicar o porquê.</p>
A11	<p>P: A partir da visualização do circuito presente na questão 5, o que você pode me dizer?</p> <p>A11: Nesta figura 5, eu posso enxergar que L brilha mais no circuito da figura 5, porque posso estar errado em questão do brilho, mas a corrente é igual para os dois, mas a tensão muda, certo? Eu posso estar errado em função do brilho, pelo menos na conta, teria uma diferença da ddp do R estar na frente e ele estar atrás, para depois chegar na lâmpada.</p> <p>...</p> <p>P: E para o exercício 13, você pode definir este circuito?</p> <p>A11: Professora aqui ele é um circuito paralelo. O que eu pensei foi, aqui neste ramo é um série (L1 e L2), irá virar um resistor equivalente, se as três lâmpadas são iguais, e esse aqui irá virar um equivalente, a corrente que vai passar para cá (L3)... calma ai... deixa eu ver as alternativas aqui... no caso as lâmpadas, que estão em série tem o mesmo brilho que é menor que L3.</p> <p>...</p> <p>P: E no circuito apresentado na questão 2? Qual sua análise?</p> <p>A11: Professora, nesse circuito vejo um circuito em série e que L1 irá ter o maior brilho, pois está logo no início do circuito e, como L2 esta após um resistor ela apresentará menor brilho.</p>

<p>A13</p>	<p>P: Qual é a sua maior dificuldade? A13: Minha dificuldade é na hora de fazer a interpretação, porque na hora a conta eu consigo fazer. (Ela tenta interpretar o circuito inteiro). ... P: E para o circuito 2, qual a sua análise? A13: Penso que a L1 irá consumir a maior tensão, assim brilhará mais que L2. ... P: E com relação ao exercício 13, como realizaria a análise? A13: O circuito 13 é um circuito em paralelo, então a voltagem que iria passar seria a mesma para os ramos. O brilho das lâmpadas não é igual e a voltagem (corrente) será dividida. Então L1 iria brilhar mais que L2, e L3 por ela não precisar dividir a voltagem iria brilhar mais que L1 e L2. ... P: Pois bem, explique os circuitos da questão 5, eles são circuitos iguais? A13: Dependendo, são. P: Por quê? A13: Se fosse pelo L, acho na figura 5 ele iria brilhar mais do que na figura 6. Porque se for pensar, a corrente vai do polo positivo para o negativo, então a queda de voltagem no primeiro L será maior. Acho que quando todos estão olhando muito para os cálculos não conseguindo compreender todo o circuito, por pensar só no cálculo. A queda de tensão no L, e depois no R, ou seja, o R vai ter o que sobrar. P: A representação ajudou a compreender o circuito? A13: O desenho está fácil de entender, mas o problema é interpretar ele.</p>
<p>A29</p>	<p>P: E o que você tem a dizer a respeito do circuito 5? A29: É um circuitos simples, está em série. P: Os dois circuitos são iguais, da figura 5 e da figura 6? A29: Não, porque pelo fato da resistência e da lâmpada estarem invertida. P: O brilho que a lâmpada irá desenvolver, como será neste dois circuitos? A29: Neste primeiro circuito a lâmpada irá desenvolver um maior brilho, no segundo circuito não. P: Por quê? A29: Porque (circuito 1) ela está exposta a uma carga positiva da fonte, acho que é isso. ... P: O que você tem a dizer no exercício 13, como que você vê? Explica para mim como que você analisa este circuito? A29: L1 e L2 estão em série, em paralelo com L3. A lâmpada L3 vai receber o brilho maior, porque a corrente procura o caminho mais fácil. P: Por quê? A29: Porque como está em paralelo, a corrente procura o caminho mais fácil para passar. E a L1 e a L2 irá dividir o brilho, e irão brilhar menos que o L3. P: No exercício 2 o que você tem a me dizer? A29: Tem circuito que é mais fácil você visualizar, e tem circuito que é mais difícil, tem hora que você bate o olho e já sabe. Com relação ao circuito 2, creio que L1 irá brilhar mais que L2. P: Por quê? A29: Pelo sentido da corrente. Creio que L1 irá brilhar mais que L2. Porque a corrente é a mesma para todas, é pelo fato de que a lâmpada L1 irá consumir uma tensão. A resposta será letra A.</p>

Quadro 10 - Recortes da Entrevista Final dos alunos A11, A13, A29, A8.

Fonte: A autora.

Já para a questão 13 presente na Figura 4, observamos que 100% dos comentários dos alunos (A08, A11, A13 e A29) identificam a diferença nos brilhos das lâmpadas, onde L_3 irá brilhar mais que L_1 e L_2 . Ao serem questionados sobre a este circuitos, os alunos demonstraram compreensão diferente quando aos circuitos em série, mas quando solicitados a explicar como compreenderam o circuito os

alunos A08 e A11 tenderam a obter o resultado por raciocínio lógico na compreensão do circuito, e também se utilizando da análise junto às alternativas.

Para o aluno A13, a identificação do circuito, da divisão da corrente e sobre a queda de tensão ser dividida entre L1 e L2 são nitidamente descritas em seu comentário: “O circuito 13 é um circuito em paralelo, então a voltagem que iria passar seria a mesma para os ramos. O brilho das lâmpadas não é igual e a voltagem (corrente) será dividida. Então L1 iria brilhar mais que L2, e L3 por ela não precisar dividir a voltagem iria brilhar mais que L1 e L2”. Já o aluno A29 informou: “A lâmpada L3 vai receber o brilho maior, porque a corrente procura o caminho mais fácil”. Logo, esta explicação dos alunos A13 e A29 subjetivamente recordam da instrução realizada, onde a corrente irá percorrer o caminho de menor resistência. Observamos neste momento que os alunos a partir de um conhecimento empírico associa o conceito de corrente e resistência, visto que em seu cotidiano, a ligação de L₃ lembra a ligação residencial de uma lâmpada.

13) No circuito da Figura 12

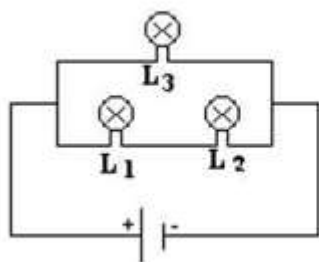


Figura 12

- a) L₁ brilha mais do que L₂ e do que L₃.
- b) L₁ e L₂ têm o mesmo brilho que é menor do que o de L₃.
- c) L₁, L₂ e L₃ brilham igualmente.

Figura 4 – Questão 13 do Teste de Conhecimentos Científicos sobre Corrente Elétrica.
Fonte: SILVEIRA *et al*, 1989.

Assim, os dados do Questionário de Conhecimentos Prévios (Quadro 5) e os coletados na EF (Quadro 10) mostram que o discurso utilizado para descrever os conceitos, mediante o uso de múltiplas formas de representação dos conceitos pelo produto educacional Entre o Mais e o Menos, indica mudanças conceituais sobre os conceitos científicos e modos cognitivos de explicação dos conceitos (PRAIN; WALDRIP, 2006).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que as concepções alternativas, ou conhecimentos prévios, apresentados pelos alunos estavam confusos, pois se utilizavam das palavras energia e eletricidade para definir a maioria dos conceitos. Com a proposta deste trabalho, estimulou-se a aprendizagem significativa dos conceitos sobre eletricidade, principalmente a formação de um discurso científico de cada conceito elétrico: corrente, resistência, tensão e potência elétrica. Através da aplicação da sequência didática, diversas estratégias foram aplicadas no decorrer das aulas a fim de manter o aluno motivado para a aprendizagem, assim como demonstrar de diferentes formas do mesmo conceito proporcionando ao aluno a ocorrência teórica e prática do significado estudado.

Durante a aplicação da sequência didática, os alunos demonstram significativa curiosidade, ao fato de serem questionados sobre a ocorrência dos fenômenos visualizados na prática e desafiados a explicar um fenômeno elétrico a partir de suas representações, na aplicação da abordagem POE junto à visualização do painel elétrico. Uma evolução é demonstrada entre o início e o final da aplicação da sequência didática, pelos alunos. Essa evolução ficou explícita nos índices apresentados para o ganho conceitual g , 0,70 para conhecimentos básicos e 0,30 para concepção científica sobre corrente elétrica, em que foi possível verificar um ganho maior do que o encontrado no ensino tradicional $g < 0,20$ (HAKE, 1988).

Os resultados apresentados nas variáveis MAE e EPE foram positivos. A análise destes dados demonstrou que o nível de Motivação para Aprender Eletricidade, MAE-i (3,27) e MAE-f (3,15), e Estratégia Pessoal de Estudo, EPE-i (4,00) e EPE-f (3,79), se manteve acima do ponto médio num curso universitário (3,00) e a correlação estas variáveis mostraram coerência e harmonia entre os ganhos conceituais explicitados pelo ganho geral G com as avaliações feitas em grupo, S , e as avaliações individuais, P .

As atividades propostas no Questionário de Conhecimentos Básicos e o Teste de Concepções Científicas sobre Corrente Elétrica, na comparação realizada pelo teste t de *Student*, apresentaram uma crescente confiança frente à Motivação para Aprender Eletricidade e Estratégias Pessoais de Estudo, com uma significância entre as atividades menor que 0,1%, o que demonstra que os alunos permaneceram

motivados durante o curso. Outro dado estatístico significativo está entre as variáveis de: Simulação e Prova, Simulação e Motivação para Aprender Eletricidade final, e Motivação para Aprender Eletricidade final e Estratégia de Estudo Pessoal final, com índices de correlação linear forte e grau de significância p (0,00), o que demonstra a importância de manter o aluno motivado durante sua aprendizagem. Além disso, foi possível constatar que o ganho geral é significativo nas atividades de Prova, e que de acordo com os valores distribuídos demonstra que mais de 50% dos alunos apresentaram ganho acima da média (0,50).

A forma de representação dos circuitos, inicialmente explícita pela maioria dos alunos, foi a representação da ligação de uma lâmpada como visto no cotidiano dos estudantes, um esquema elétrico utilizado em instalações elétricas. Estas representações foram feitas pelos alunos A07, A11, A23. Com algumas dificuldades, como a alocação de diversos fios, falta de polarização, os esquemas dos elementos de circuito foram representados como os veem na ligação da residência, ou seja, sem utilizar a simbologia específica da área de instalações ou circuitos elétricos, não convalidando uma representação elétrica voltada à análise dos circuitos elétricos.

Após a aplicação da sequência didática, os estudantes A07, A11, A13 e A23 demonstraram a representação de um circuito elétrico, utilizando-se da simbologia empregada em sala de aula, através da análise de circuitos na disciplina de Princípios de Eletricidade e Magnetismo. Logo, o uso da forma representacional simbólica de um circuito mostrou, após a instrução, um enriquecimento intelectual quanto à representação da ligação de uma lâmpada elétrica.

O ganho conceitual apresentado no discurso descritivo dos conceitos elétricos demonstrou que houve a mudança das concepções alternativas para um conceito cientificamente aceito. Esse ganho em concepções científicas encaminhou os alunos a realizar a interpretação dos circuitos elétricos simples em conjunto, ou seja, na sua representação esquemática, aplicação de fórmulas matemáticas e a compreensão de como os conceitos (corrente, resistência, tensão e potência elétrica) se comportam durante a ligação de um circuito elétrico.

Mesmo com a influência pedagógica da sequência didática, quando os alunos foram solicitados a re-representar circuitos de maior complexidade, com mais de 4 resistores, tiveram dificuldades durante a resolução de exercícios, principalmente na interligação das atividades de formação e tratamento do conteúdo (Laburú *et al*, 2011, p.8) com a conversão (atividade cognitiva). Isso ficou claro nos

registros de representação e na própria entrevista final com os alunos, como se refere aluno A13 a habilidade de operacionalização mecânica do ensino ao dizer que possui maior facilidade na realização dos cálculos e dificuldade na interpretação do circuito.

Com a pesquisa descobriu-se a dificuldade de representação e resolução dos circuitos elétricos simples, como nos questionamentos realizados no QAP, no Teste de Concepções Científicas sobre Corrente Elétrica e a Entrevista Final (EF) realizada ao final da instrução. Observamos na análise destes dados, que uma simples troca de representação em um circuito interferiu diretamente na análise demonstrada pelos alunos, principalmente pelos dizeres do aluno A11, o qual obteve o maior ganho geral. Para o aluno, permaneceu relevante a concepção de ordem dos elementos no circuito em série e que a alteração do sentido da corrente elétrica neste circuito afeta o brilho dissipado pela lâmpada. A utilização de todas essas estratégias contribuiu para a aprendizagem significativa dos conceitos elétricos, principalmente quanto ao discurso apresentado pelo grupo, após a aplicação final do questionário de conhecimentos básicos. Logo, os alunos se apresentaram interessados pela disciplina, buscaram bons resultados, mas, quando solicitados a desenvolver novas atividades, não querem se esforçar para atingir um objetivo (GOYA e BZUNECK, 2015). A análise qualitativa demonstrada não foi finalizada como se gostaria, sendo este processo finalizado em trabalhos futuros ao se elaborar artigos para revistas.

Ao final, percebeu-se que, mesmo apresentando um discurso cientificamente aceito do conceito elétrico, os alunos mostram dificuldades quanto à interligação da definição do conceito com o que ocorreria na prática da ligação do circuito, esquematizado a partir dos tipos de circuitos elétricos (série, paralelo e misto), ou seja, os conceitos em sua estrutura cognitiva e aplicá-los em uma representação esquemática. Sugere-se, assim, a programação de práticas pedagógicas em sala de aula que utilizem diversas estratégias, como o uso de multimodos e múltiplas representações, a fim de trabalhar o mesmo conteúdo de várias formas.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.
- CALLEGARI-JACQUES, Sídia M. **Biostatística: princípios e aplicações**. Artmed, Porto Alegre, 2003.
- COLL, C. **Aprendizagem escolar e construção de conhecimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- COSTA, M. J. N. ; RIBEIRO, J. W. ; GOES, U. T. T. ; LIMA, L. ; SILVA, R. D. S. E. . **Desenvolvimento da Aprendizagem Significativa de Eletricidade com o Auxílio Pedagógico de Simulação Computacional de Circuitos de Resistores Elétricos**. In: CBIE/WIE 2013 - 19 Workshop de Informática na Escola, 2013, Campinas. Anais do CBIE/WIE 2013. Campinas: Edição em CDROM, 2013. v. 1. p. 1-10.
- DORNELES, P. F. T.; ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v 28, n 4, p. 487-496, 2006.
- DUVAL, R. A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. **Educational Studies in Mathematics**, 61:103-131, 2006.
- DUVAL, R. **Semiosis y pensamiento humano: registros semióticos y aprendizajes intelectuales**, Universidad del Vale, Instituto de Educación y Pedagogía, Santiago de Cali, Colombia, 2004.
- FILHO, D. B. F.; JÚNIOR, J. A. S. **Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r)**. Revista Política Hoje, Vol. 18, n. 1, 2009.
- FINKELSTEIN, N. D.; ADAMS, W. K.; KELLER, C. J.; KOHL, P. B.; PERKINS, K. K.; PODOLEFSKY, N. S.; REID, S. When learning about the real world is better done virtually: a study of substituting computer simulations for laboratory equipment. **Physical Review Special Topics- Physics Educational Research** 1, 010103, 2005.
- GARCIA, J. J. & PALACIOS, F. J. P. “¿Cómo usan los profesores de Química las representaciones semióticas?” In: **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Ourense, Spain, v. 5 n. 2 .2006.
- GOYA, A.; BZUNECK, J. A.; GUIMARÃES, S. E. R. Crenças de eficácia de professores e motivação de adolescentes para aprender Física. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 12, n. 1, p. 51-67, 2008.
- _____ ; BZUNECK, J. A.; GOULART, I. A.. Uma análise quantitativa da motivação e estratégia de estudo em física. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 2, 2013.

_____. BZUNECK, J. A. A qualidade motivacional e uso de estratégias de aprendizagem no estudo de Física em cursos superiores. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 3, p. 519-535, 2015.

GRAVINA, M. H. & BUCHWEITZ, B. Mudanças nas Concepções Alternativas de Estudantes Relacionadas com Eletricidade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 16, 110-119, 1994.

HAKE, R.R, Am. J. **Phys.** 66, 6471 (1998).

HAKE, R. **American Journal of Physics** 66, 64 (2002).

LABURÚ, C. E.; GOUVEIA A. A.; BARROS, M. A. Estudo de circuitos elétricos por meio de desenhos dos alunos: uma estratégia pedagógica para explicitar as dificuldades conceituais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 26, n. 1, p. 24-47, 2009.

_____; BARROS, M. A; SILVA, O. H. M. Multimodos e múltiplas representações: fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 7-33, 2011.

LEMKE, Jay L. **Teaching all the languages of science: Words, symbols, images, and actions**, 2003. Disponível em: <<http://www-personal.umich.edu/~jaylemke/papers/barcelon.htm>>. Acesso em 15 set. 2015.

MARTINS, G. A.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. São Paulo: Saraiva, 2007.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo. v.24, n.2, p. 77-86, jun. 2002.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, 1999, 129 p.

_____. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 2006.

_____. MASINI, E. A. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel**. 2. ed. São Paulo: Centauro Editora, 2006.

_____. MASINI, E. A.S. **Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos**. São Paulo: Vetor Editora, 2008.

_____. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2011.

NEDELSKY, L. **Science Teaching and science testing**. Chicago University Press, 1961

OLIVEIRA, P.R.S. **A Construção Social do Conhecimento no Ensino-Aprendizagem de Química**. In: Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Bauru, SP, 2003.

PARO, B. Blog da Netquest. **A escala likert – coisas que todo pesquisador deveria saber**. Publicado em 11 maio 2012. Disponível em <<http://www.netquest.com/blog/br/a-escala-likert-coisas-que-todo-pesquisador-deveria-saber/>> . Acesso em 03 nov. 2016.

PRAIN, V.; WALDRIP, B. An exploratory study of teachers' and students' use of multimodal representations of concepts in primary science. **International Journal of Science Education**, London, v. 28, n. 15, p. 1843-1866, 2006.

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.

TAO, P.K.; GUNSTONE, R.F. Conceptual Change in Science through Collaborative Learning at the computer. **International Journal of Science Education**. v. 21(1), pp.39-57, 1999.

TYLER, R., PRAIN, V. & PETERSON, S. Representational issues in students learning about evaporation. **Research in Science Education**, 37:313-331, 2007.

VALADARES, J. A; MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa: sua fundamentação e implementação**. Coimbra: Edições Almedina, 2009, 133p.

WHITE, R. and GUNSTONE, R. **Probing Understanding**. The Falmer Press, 1992.

TRABALHOS PUBLICADOS E ACEITOS

Resumos expandidos publicados em anais de congressos

OLIVEIRA, P. B.; GOYA, A. Sequência didática “entre o mais e o menos”: proposta pedagógica no ensino de circuitos elétricos a partir de multimodos e múltiplas representações. In: III SEA - SIMPÓSIO DE ENSINO E APRENDIZAGEM: atualidades, prospectivas e desafios, 2016. Londrina – PR.

Resumos publicados em anais de congressos

1. OLIVEIRA, P. B.; GOYA, A. . Mapa Conceitual como Instrumento de Avaliação em um Curso Introdutório de Eletricidade. In: III SELITEC - Simpósio de Ensino, Linguagens e suas Tecnologias, 2016, Londrina. Tecnologia, Pesquisa e Ensino. Londrina: Unopar Editora, 2016. p. 142.

2. OLIVEIRA, P. B.; GOYA, A. Aplicação e uso de simulações no ensino de conceitos físicos de eletricidade.. In: I Seminário Nacional de Mestrados Profissionais da Área de Ensino. Do limão, uma limonada?, 2015, Goiânia. Caderno de Resumos, 2015.

3. OLIVEIRA, P. B.; GOYA, A. Motivações, Simulações e Desempenho no Ensino de Eletricidade. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2017

Artigos aceitos para publicação

1.OLIVEIRA, P. B.; GOYA, A. Mapa Conceitual como Instrumento de Avaliação em um Curso Introdutório de Eletricidade. Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas, 2017.

Apresentações de Trabalho

1.GOYA, A. ; OLIVEIRA, P. B. . Mapa Conceitual como Instrumento de Avaliação em um Curso Introdutório de Eletricidade. 2016. (Apresentação de Trabalho/Simpósio).

Em publicação - Capítulo Livro PPGEN sobre TICs - Conceitos de Eletrodinâmica trabalhados a partir da Teoria de Multimodos e Múltiplas Representações.

ANEXOS

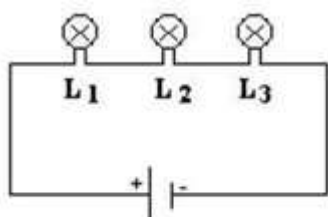
ANEXO A – TESTE CONCEPÇÕES CIENTÍFICAS SOBRE CORRENTE ELÉTRICA (SILVEIRA ET AL, 1989)

Neste anexo transcrevemos o teste aplicado para detecção de dificuldades dos alunos em relação a circuitos simples, com a permissão dos autores.

IMPORTANTE: NÃO FAÇA MARCAS NAS FOLHAS DE QUESTÕES, RESPONDA APENAS NA FOLHA DE RESPOSTAS ANEXA.

Em todas as questões deste teste* admite-se que as lâmpadas sejam iguais. Os brilhos das lâmpadas crescem quando a intensidade da corrente elétrica aumenta. A bateria representada tem resistência elétrica desprezível.

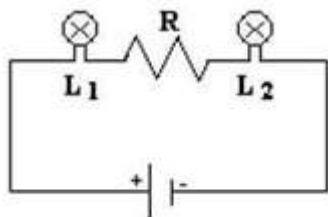
1) No circuito da Figura 1 pode-se afirmar que:



- a) L_1 brilha mais do que L_2 e esta mais do que L_3 .
- b) L_3 brilha mais do que L_2 e esta mais do que L_1 .
- c) as três lâmpadas têm o mesmo brilho.

Figura 1

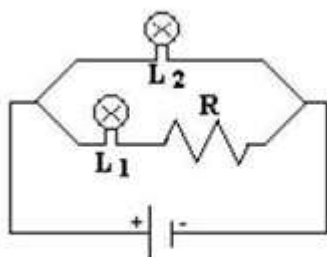
2) No circuito da Figura 2, R é um resistor. Neste circuito:



- a) L_1 e L_2 tem o mesmo brilho.
- b) L_1 brilha mais do que L_2 .
- c) L_2 brilha mais do que L_1 .

Figura 2

3) No circuito da Figura 3, R é um resistor. Neste circuito:



- a) L_1 tem o mesmo brilho L_2 .
- b) L_2 brilha mais do que L_1 .
- c) L_1 brilha mais do que L_2 .

Figura 3

* Teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuito simples (Silveira, Moreira & Axt, 1989).

4) No circuito da Figura 4, I é um interruptor aberto. Ao fechá-lo:

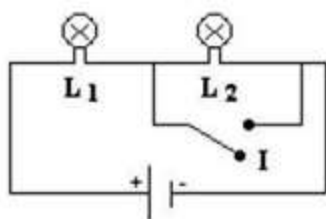


Figura 4

- a) aumenta o brilho de L_1 .
- b) o brilho de L_1 permanece o mesmo.
- c) diminui o brilho de L_1 .

5) Nos circuitos das figuras 5 e 6 a lâmpada L, o resistor R e a bateria são exatamente os mesmos. Nestas situações:

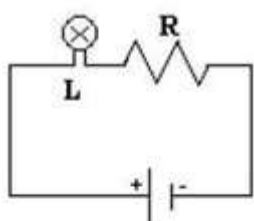


Figura 5

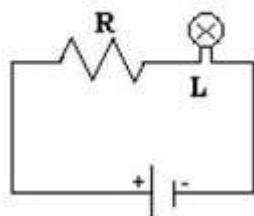


Figura 6

- a) L brilha mais no circuito da Figura 5.
- b) L brilha igual em ambos circuitos.
- c) L brilha mais no circuito da Figura 6.

6) No circuito da Figura 7, R é um resistor e I é um interruptor que está aberto. Ao fechar o interruptor:

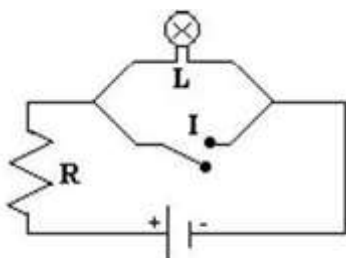


Figura 7

- a) L continua brilhando como antes.
- b) L deixa de brilhar.
- c) L diminui seu brilho mas não apaga.

O circuito da Figura 10 foi modificado pois se tirou a lâmpada L_3 . O novo circuito é, então, o da Figura 11.

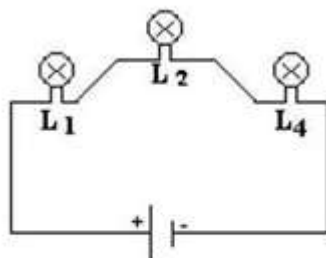


Figura 11

11) Quando se compara o brilho de L_1 nos circuitos das figuras 10 e 11 ele é:

- a) maior no circuito da Figura 11.
- b) menor no circuito da Figura 11.
- c) o mesmo nos dois.

12) Quando se compara o brilho de L_4 nos circuitos das figuras 10 e 11 ele é:

- a) maior no circuito da Figura 11.
- b) menor no circuito da Figura 11.
- c) o mesmo nos dois.

13) No circuito da Figura 12

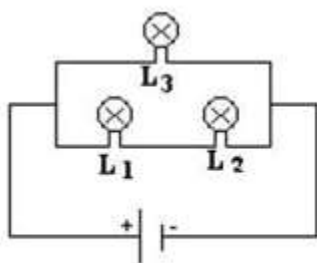


Figura 12

- a) L_1 brilha mais do que L_2 e do que L_3 .
- b) L_1 e L_2 têm o mesmo brilho que é menor do que o de L_3 .
- c) L_1 , L_2 e L_3 brilham igualmente.

14) No circuito da Figura 13, quando o interruptor é aberto, as lâmpadas L_3 e L_4 deixam de brilhar, embora L_2 brilhe. O que acontece com as lâmpadas L_1 e L_5 ?

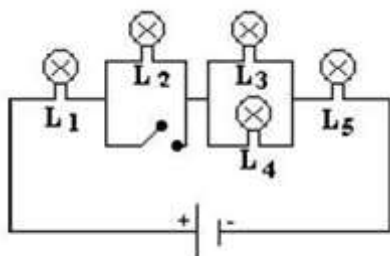


Figura 13

- a) nem L_1 nem L_5 brilham.
- b) L_1 brilha e L_5 não brilha.
- c) L_1 e L brilham.

ANEXO B - QUESTÕES EM ABERTO SOBRE MOTIVAÇÃO E ESTRATÉGIA DE ESTUDO

Nome ou pseudônimo: _____

1) Faça um comentário sobre a sua **motivação** para aprender Princípios de Eletricidade e Magnetismo até agora e no espaço correspondente para cada item, **dê uma nota para você entre 1 a 5**.

a) Sobre a sua **meta**: procurei entender bem os conteúdos ou simplesmente fiz o mínimo para tirar a nota suficiente.

Nota: _____

b) Sobre o seu **empenho**: esforcei-me em ler a teoria e resolver os problemas indicados pelo professor de Princípios de Eletricidade e Magnetismo ou esperei que ele passasse poucos exercícios e não pedisse nenhuma tarefa extra.

Nota: _____

c) Sobre a **importância** dada: procurei aprender o máximo ou me contentei em aprender o mínimo para não ser reprovado.

Nota: _____

d) Sobre o **sentido**: Por que devo estudar Princípios de Eletricidade e Magnetismo? Encontrei algum sentido, alguma justificativa para mim mesmo, para estudar Princípios de Eletricidade e Magnetismo?

Nota: _____

2) Faça um comentário sobre a sua **estratégia de estudo** na disciplina de Princípios de Eletricidade e Magnetismo até agora e no espaço correspondente para cada item, **dê uma nota para você entre 1 a 5**.

a) Procurei ter uma estratégia de estudo para esta disciplina (fiz esquemas ou diagramas, dividi a matéria em tópicos, escrevi as idéias principais, destaquei os problemas principais, consegui localizar e resolver as minhas dúvidas) ou simplesmente utilizei os exemplos dados em aula de maneira aleatória, procurando memorizar e torcer para que caísse aquela questão na prova.

Nota: _____

b) Quando fiz um trabalho pedido pelo professor, procurei fazer a relação entre o que estava fazendo com o que estava aprendendo nas aulas ou simplesmente procurei ver o que os meus colegas estavam escrevendo para que eu também pudesse escrever algo e o professor não me desse uma nota baixa.

Nota: _____

c) Eu tentei relacionar o que estava aprendendo em Princípios de Eletricidade e Magnetismo com o que vejo no dia a dia ou simplesmente só fiquei preocupado em memorizar bem o que o professor poderia pedir na prova.

Nota: _____

d) Faço um planejamento do meu tempo para estudar Princípios de Eletricidade e Magnetismo bem antes das provas e consigo seguir o que planejei, leio algo sobre a matéria a ser dada antes das aulas?

Nota: _____

ANEXO C - QUESTÕES FECHADAS SOBRE MOTIVAÇÃO E ESTRATÉGIA DE ESTUDO

Pseudônimo: _____

1- Quando se trata de estudar Princípios de Eletricidade e Magnetismo, sempre busco um jeito de deixar para mais tarde:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

2- Eu me esforço bastante com o objetivo de tirar nota boa em Princípios de Eletricidade e Magnetismo:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

3- Sou capaz de me privar da TV, computador ou outras diversões para dar conta dos estudos de Princípios de Eletricidade e Magnetismo:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

4- Acho difícil seguir à risca um horário para estudar Princípios de Eletricidade e Magnetismo:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

5- Faço com capricho as tarefas de casa descritas pelo professor de Princípios de Eletricidade e Magnetismo.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

6- Nas aulas de Princípios de Eletricidade e Magnetismo, tomo notas para usá-las quando for estudar depois.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

7- Costumo deixar para estudar Princípios de Eletricidade e Magnetismo apenas nas vésperas das provas.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

8- Normalmente ando em dia com as tarefas escolares de Princípios de Eletricidade e Magnetismo:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

9- Mesmo quando os conteúdos de Princípios de Eletricidade e Magnetismo são desinteressantes, eu me dedico a aprender tudo até dar conta:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

10- Em Princípios de Eletricidade e Magnetismo eu só quero ter desempenho de alta qualidade:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

11- Quando não faço alguma tarefa de Princípios de Eletricidade e Magnetismo prescrita, fico pensando em alguma desculpa:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

12- Quando vejo que uma matéria de Princípios de Eletricidade e Magnetismo é difícil, eu estudo só as partes mais fáceis:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

13- Eu faço todas as leituras exigidas pelo professor de Princípios de Eletricidade e Magnetismo:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

14- Quase para cada prova de Princípios de Eletricidade e Magnetismo eu acabo estudando afobado, por causa do curto tempo:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

15- Para os estudos de Princípios de Eletricidade e Magnetismo eu aproveito bem o tempo que tenho fora das aulas:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

16- Quando decido estudar Princípios de Eletricidade e Magnetismo, reservo um bom tempo para isso e não largo fácil:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Nada verdadeiro	um pouco verdadeiro	meio verdadeiro	bastante verdadeiro	totalmente verdadeiro

17- Vou estudando a matéria, mesmo que a prova de Princípios de Eletricidade e Magnetismo não esteja próxima.

(1) (2) (3) (4) (5)
Nada verdadeiro um pouco verdadeiro meio verdadeiro bastante verdadeiro totalmente verdadeiro

18- Eu estudo mais Princípios de Eletricidade e Magnetismo do que minha obrigação:

(1) (2) (3) (4) (5)
Nada verdadeiro um pouco verdadeiro meio verdadeiro bastante verdadeiro totalmente verdadeiro

19- Venho para as aulas de Princípios de Eletricidade e Magnetismo sem ter lido nada sobre a matéria a ser dada:

(1) (2) (3) (4) (5)
Nada verdadeiro um pouco verdadeiro meio verdadeiro bastante verdadeiro totalmente verdadeiro

20- Costumo ficar tanto tempo com meus amigos que acabo prejudicando os estudos de Princípios de Eletricidade e Magnetismo:

(1) (2) (3) (4) (5)
Nada verdadeiro um pouco verdadeiro meio verdadeiro bastante verdadeiro totalmente verdadeiro

APÊNDICES

APÊNDICE A - SEQUÊNCIA DIDÁTICA ENTRE O MAIS E O MENOS



CONCEITOS DE ELETRODINÂMICA TRABALHADOS A PARTIR DA TEORIA DE MULTIMODOS E MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES

Patrícia Beneti de Oliveira

Mestranda do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Sociais, Humanas e da Natureza, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina.

Contato: patriciabenedi@gmail.com

Alcides Goya

Doutor em Física pela Universidade Federal de Brasília; Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ciências Sociais, Humanas e da Natureza, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina. Contato:

alcidesgoya@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O conceito de eletricidade está associado ao cotidiano do aluno, pois qualquer equipamento eletroeletrônico que ele queira utilizar (celular, *notebook*, *tablete*, computador, televisão, etc.) necessita de energia elétrica. Desta forma, é importante fazer uso dos conceitos de física, relacionados a Eletrodinâmica, em sala de aula de forma não fragmentada, ou seja, apresentá-lo de forma integrada articulando novas informações com conhecimentos anteriores e, sempre que possível aplicado ao cotidiano do aluno.

Para esta sequência didática partimos do princípio de ter três momentos de aula, problematizando cada momento com questionamentos sobre os conceitos de Eletrodinâmica. Isto baseado na estratégia POE (predizer, observar, explicar), proposto por White e Gunstone (1992) e Tao e Gustone (1999), sendo o primeiro momento utilizado para instigar o aluno sobre o assunto, para desenvolver sua curiosidade, sobre os tipos de circuitos, serão questionamentos iniciais como por exemplo: O que faz com que uma lâmpada acenda? A partir das demonstrações de diversas configurações de circuitos no painel elétrico.

O segundo momento, serão apresentados os conteúdos teóricos sobre eletrodinâmica, entre eles: corrente, resistência, tensão e potência elétrica, lei de Ohm, assim como as associações de resistores, destacando as principais características de cada uma dessas associações em sala de aula, ou seja, utilizando-se de multimodos e múltiplas representações; esta entendida como a prática de representar um mesmo conceito ou processo científico de diferentes formas e, aquele como a forma de integração no discurso para representar os raciocínios e as explicações científicas (PRAIN e WALDRIP, 2006; LABURÚ et al, 2011).

O terceiro momento a interação de forma consciente, através da simulação, os tipos de circuitos e principalmente a atuação dos conceitos de Eletrodinâmica proposta em uma série de roteiros com demonstrações experimentais a serem executados juntamente com o uso do aplicativo de simulação Kit de Circuito DC, desenvolvido pelo projeto Tecnologia no Ensino de Física (PhET), da Universidade do Colorado, disponível em <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc>.

Sobre o uso de simulação, Brockington e Pietrocola (2003, p. 4) apontam a utilização deste recurso como sendo uma simulação “capaz de traduzir o que é ‘impossível’ de ser feito por palavras [...] as simulações são capazes de fazer a mediação entre o pensar e colocar o pensamento em ação”.

Hoje a simulação é valorizada como a mais importante das tecnologias na aprendizagem científica, pois trabalha com problemas complexos sendo necessário desenvolver a imaginação e a criatividade (SANMARTI, 2002). A possibilidade de programas diferentes possibilita diversificar as atividades e dar respostas às necessidades distintas dos alunos, sendo situações como estas que levam o professor a perceber a grande necessidade do uso de diferentes estratégias pedagógicas que desafiem o aluno na formação de um conhecimento significativo, entre elas a inserção de recursos didáticos que correlacionem simuladores e a aplicação de conteúdo de eletricidade.

1.1 OBJETIVOS GERAIS

Compreender os conceitos físicos da eletrodinâmica por meio de um ambiente instrucional de ensino de ciências centrado em multimodos e múltiplas representações da temática.

2 CONTEÚDO DA UNIDADE DIDÁTICA

O estudo da eletrodinâmica apresenta conceitos abstratos e de difícil compreensão, tais como: campo elétrico, corrente, tensão, d.d.p. (diferença de potencial), entre outros. Alguns questionamentos devem ser feitos a fim de problematizar o uso e aplicações da energia elétrica: como entender o conceito de energia elétrica? Como são interligados os equipamentos de uso diário em uma residência, de modo que todos desenvolvam com eficiência o seu funcionamento? Será que é possível interligar todos os equipamentos ao mesmo tempo de uma residência, e todos funcionarem adequadamente? Como, qual o tipo de circuito utilizado? O que faz com que uma lâmpada acenda? Por que ao se encontrar em baixo do chuveiro, no banho (em condições de temperatura ambiente) não levamos choque?

Nesta sequência de aulas será apresentado o estudo dos conceitos abordados em eletrodinâmica (corrente elétrica, resistência elétrica, tensão elétrica, potência elétrica) e sua atuação envolvendo aplicações práticas em laboratório e simulação, pois uma das formas de estudar estes conceitos é visualizando-os. Para isto serão abordados momentos de aula, problematizações a respeito de cada conceito e seu comportamento em circuitos elétricos.

Tal proposta consiste em apresentar algumas atividades da disciplina de Princípios de Eletricidade para estudantes do 2º ano do Ensino Superior em Engenharia na perspectiva do uso de multimodos com a intenção de realizar uma abordagem partindo de situações cotidianas do aluno, como a ligação de lâmpadas em sua residência, sendo oferecidas diversas possibilidades metodológicas para o professor desenvolver suas aulas.

Para iniciar as indagações sobre circuitos elétricos com os alunos, é utilizado um material que pode ser encontrado facilmente nas lojas de materiais elétricos. A montagem do material deverá proporcionar ligações em série, paralelo e misto.

Lista de material:

- Placa de MDF - 55 cm x 30 cm (material reciclado) *obs: pode ser realizada a compra de uma folha de eucatex, a preferência foi por economia ao utilizar a placa de MDF e também porque a mesma apresenta uma isolação em verniz.
- 5 tomadas externas
- plugs machos
- 1 lâmpada incandescente 7W (material reciclado)
- Lâmpadas incandescentes de 40W
- 1 lâmpada incandescente de 60W
- Bocais com tomada macho
- 1 interruptor externo
- Fio 1,5 mm²

A figura 1 demonstra a placa do painel elétrico montada, e os materiais que serão utilizados para a montagem dos diversos tipos de circuitos.



Figura 1: Materiais para construção e aplicação do painel elétrico

ESTRUTURA DAS AULAS**AULA 01 E 02 - Conceitos da Eletrodinâmica aplicado ao circuito série.****CONTEÚDOS**

- Diferença de Potencial (d.d.p)
- Circuito Divisor de Tensão
- Conceitos da Eletrodinâmica (corrente, resistência, tensão e potência elétrica)

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar um divisor de tensão
- Constatar o direcionamento da corrente em um circuito elétrico
- Compreender a variação do brilho da lâmpada, em função do aumento da resistência.
- Mostrar que a ocorrência dos conceitos aplicados ao circuito elétrico pode ser demonstrada matematicamente por meio da Lei de Ohm.
- Compreender o conceito de curto-circuito e circuito aberto.

METODOLOGIAS E ESTRATÉGIAS

O professor poderá iniciar a aula informando aos alunos que os conceitos de eletrodinâmica a serem estudados estão presentes no dia a dia e é demonstrado ao ligar uma luz, uma televisão, um *notebook*, um celular, entre outros equipamentos. Também poderá argumentar aos alunos o que faz com que a lâmpada acenda? Anotar os itens citados no quadro e discutir com os alunos a respeito de como, por exemplo, podem surgir na discussão os itens: interruptor, energia, fio e entre outros.

Após a anotação o professor poderá fazer uso dos itens citados para exemplificar os elementos anotados no quadro, e a partir, por exemplo, do interruptor indicar o mesmo no circuito e demonstrar que a função de interruptor faz com que o circuito ligue ou desligue, pensando significativamente no conceito o interruptor irá apresentar-se no circuito como curto-circuito e circuito aberto, respectivamente.

Além da compreensão do circuito elétrico, a contextualização dos conceitos de corrente, resistência, tensão e potência elétrica serão trabalhadas fazendo uso de contextos presentes no cotidiano do aluno, demonstrados principalmente pelo uso do painel elétrico em aula.

Sendo a energia elétrica uma forma de energia extremamente flexível, adaptada a prover uma grande e crescente gama de aplicações, consideramos ser relevante a conversa com os alunos sobre o que será estudado. No entanto, inicialmente não é preciso se preocupar com as respostas dos alunos. O que importa é que eles demonstrem interesse pela temática e participem das discussões.

Para efeitos de comparação nos demais circuitos a serem exemplificados para os alunos, deve-se fazer uso das mesmas lâmpadas de potências diferentes, alterando-se os tipos dos circuitos apresentados aos alunos.

Ao apresentar o circuito no painel elétrico, o professor poderá fazer uso de uma situação problema para iniciar os estudos de eletrodinâmica aplicada a circuitos elétricos em série.

Situação Problema: o circuito elétrico em série apresenta-se com uma interligação contínua, onde a entrada de alimentação conecta-se a primeira lâmpada, a saída desta lâmpada conecta-se a entrada de energia de outra lâmpada. Por sua vez a saída da segunda lâmpada conecta-se a entrada da terceira lâmpada e a saída desta última conecta-se a saída da alimentação. Desta forma, dizemos que o circuito está interligado em linha ou em sequência. Para o circuito apresentado, qual lâmpada demonstrará o maior brilho? Por quê? Se por acaso uma das lâmpadas queimar o que acontecerá, ao circuito? Como a corrente se comporta neste circuito? E qual o seu valor nominal?

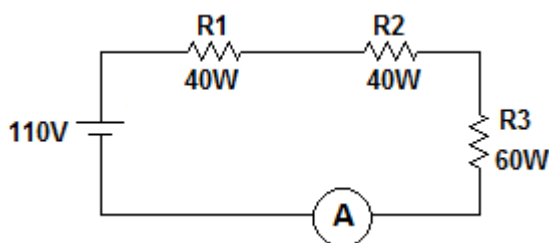


Figura 2 : Representação Esquemática do Circuito em Série.

Fonte: A autora.

Ao fazer uso de equipamentos presentes em sua residência, no seu dia a dia, o aluno não deflagra a física necessária para o funcionamento esperado como: mecânica (ao girar as hélices, pêndulo), elétrica (a corrente elétrica fornecida pela tomada), rendimento e trabalho (e suas perdas através do calor). Assim haverá a necessidade de trabalhar as grandezas elétricas e relacioná-las aos conceitos físicos e sua linguagem (representação matemática), a fim de que o aluno compreenda a aplicação prática do que é apresentado nas teorias e leis.

Desta arte, o aluno deverá fazer o uso de técnicas de análises providas de conhecimentos adquiridos nas disciplinas de física e matemática, a fim de identificar o melhor caminho a percorrer para resolver um problema. A partir dos estudos de circuitos elétricos, irá desaparecer a maneira de ter sempre uma “receita” para resolver o exercício, ou pensar sempre que esse tipo de problema será resolvido

desta ou daquela forma. A disciplina Princípios de Eletricidade e Magnetismo exige do aluno a necessidade de comparação e verificação do que está sendo proposto pelo circuito, além da interpretação para desenvolver a resolução adequada a solicitação apresentada pelo circuito.

Na apresentação do circuito série figura 2 poderá ser explicado aos alunos que, a potência demonstrada pelo brilho de cada lâmpada, depende de sua resistência interna e conseqüentemente da queda de tensão sobre a mesma. Desta forma, pela observação prévia no painel elétrico é possível demonstrar ao aluno que no circuito em série as lâmpadas de maior potência nominal emitem menos luz, isto porque, sua resistência apresenta-se como a menor do circuito. Lembrar que outros circuitos com valores de lâmpadas diferentes devem ser propostos aos alunos, a fim de compreensão desta análise citada.

Em segundo momento de aula, realizar a definição dos conceitos como corrente elétrica, resistência elétrica, tensão elétrica e potência elétrica do circuito utilizando-se das expressões matemáticas e representações do circuito equivalente:

$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N$ (para cálculo da resistência equivalente), utilizar-se da Lei de Ohm ($V = R \times I$ e suas variações) onde é possível encontrar os valores de tensão, resistência e corrente elétrica; e Potência Elétrica ($P = R \times I^2$ e suas variações).

Após abordar estes conceitos, sugerir aos alunos que utilizando estas equações apresentadas, desenvolvam o cálculo matemático e encontrem as grandezas questionadas inicialmente como: tensão elétrica, corrente elétrica apresentadas no circuito, e em cada valor de resistência respectivamente. Desta forma o entendimento técnico do circuito apresentado na figura 1, inicia-se com a determinação das resistências das lâmpadas:

Lâmpada de 40W:

$$R_1 = R_2 = \frac{110^2}{40} \approx 300\Omega$$

Lâmpada de 60W:

$$R_3 = \frac{110^2}{60} \approx 200\Omega$$

Resistência Equivalente do Circuito em série:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 = 800\Omega$$

Corrente elétrica no circuito série:

$$i = \frac{110}{800} \approx 138mA$$

Potência dissipada em cada lâmpada:Lâmpadas $R_1 = R_2$

$$P = R \cdot I^2 = 300 \cdot (138mA)^2 \approx 6W$$

Lâmpada R_3

$$P = R \cdot I^2 = 200 \cdot (138mA)^2 \approx 4W$$

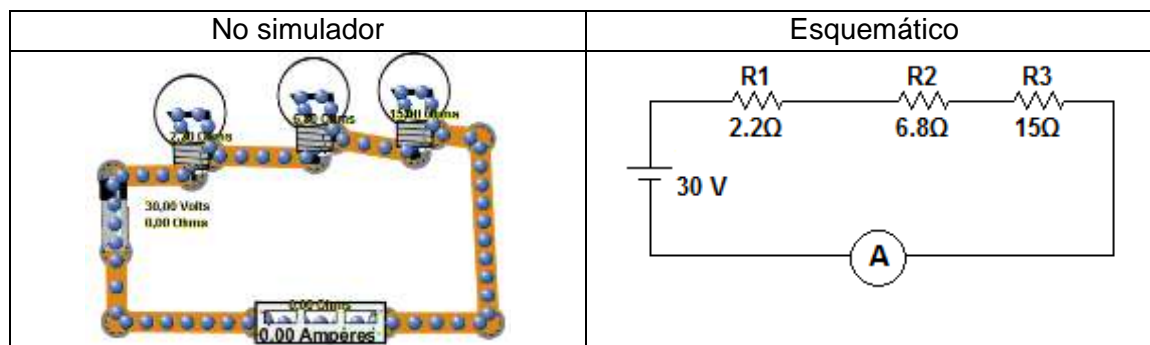
Propor aos alunos que discutam o porquê da lâmpada de maior potência apresenta-se com a menor resistência do circuito e não apresenta nenhuma luminosidade, como demonstrado no painel elétrico. Neste momento é importante retomar os conceitos de eletrodinâmica e circuito série.

Ressaltar, que devido ao circuito em série apresentar uma única corrente, por oferecer um único caminho a passagem desta corrente, sobre cada lâmpada ocorre uma queda de tensão. Desta forma, a tensão total de entrada se divide por todos os elementos conectados no circuito, assim cada lâmpada receberá uma parcela de tensão, dependendo do valor de sua resistência.

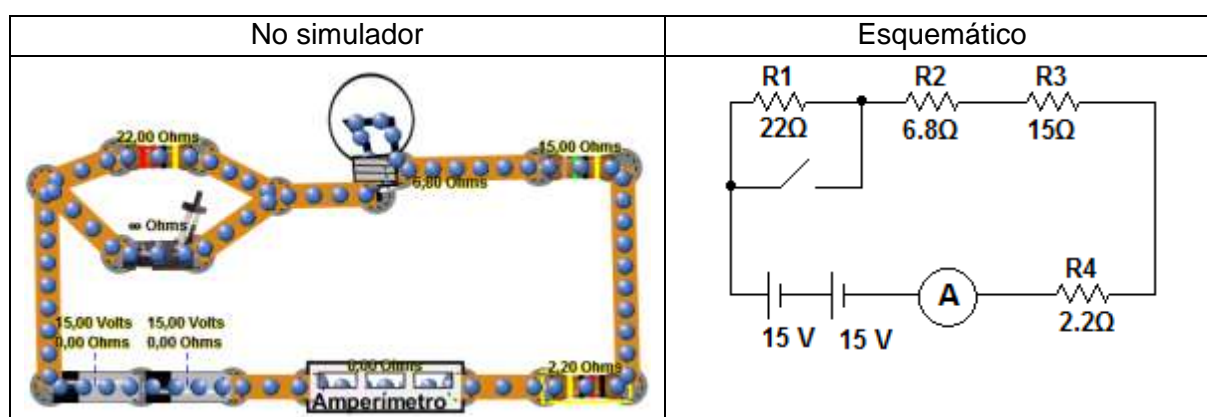
Apresentar o circuito também na forma de simulação, auxilia o aluno a visualizar diversas outras possibilidades de montagem dos circuitos, proporciona facilidade de alteração dos valores de resistência de cada lâmpada e inserção do circuito aberto e curto circuito, sem nenhum risco à vida ao aluno. O uso da simulação é possível demonstrar ao aluno o sentido da corrente real, e o sentido convencional utilizado para desenvolver os cálculos na análise dos circuitos elétricos. Desta forma, como sugestão propomos os dois circuitos série abaixo, para demonstração na simulação.

É importante ressaltar para o aluno, que os circuitos apresentados possuem apenas elementos resistivos. Desta forma, utilizamos a lâmpada e o resistor, ambos apresentando como característica o impedimento da passagem da corrente.

Observação: utilizamos no simulador os valores comerciais de resistores, pois o valor ôhmico traduz-se apenas até 100 ohms.

Quadro 01: Representação esquemática do circuito em série no simulador e esquemático

Fonte: A autora.

Quadro 02: Representação esquemática do circuito em série no simulador e esquemático, com interligação de um curto-circuito em paralelo com uma das resistências.

Fonte: A autora.

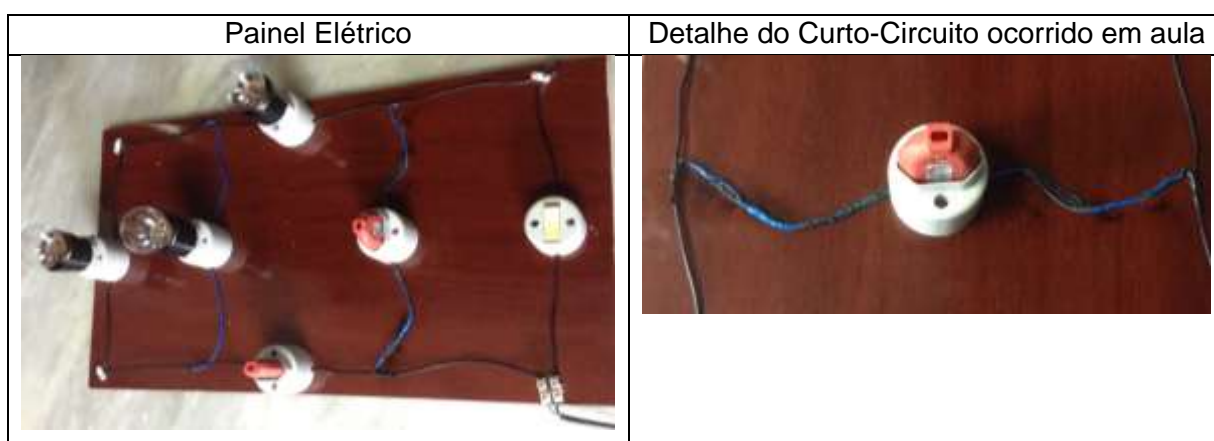
Ainda na simulação, fazendo uso do aplicativo Kit de Circuito DC, é possível alterar os valores de alimentação da fonte e, verificar como o circuito se comporta. A importância de se estudar circuitos elétricos e suas características, demonstra aos alunos uma nova dimensão de estudo: que os problemas não possuem mais uma única forma de solução, mas sim a necessidade de interpretar e propor a cada problema diversas maneiras de resolução, todas elas corretas. Como no exemplo dos circuitos escolhidos para iniciar os estudos de Eletrodinâmica.

O quadro 02 demonstra o uso do interruptor, que apresenta resistência desprezível, interligado em paralelo com uma lâmpada que possui resistência. A partir desta demonstração, ao fechar o interruptor temos um ramo que apresenta um curto-circuito, por onde a corrente possui maior facilidade de passagem. Desta forma, demonstrar ao aluno que a corrente irá passar pelo caminho de menor resistência, ou seja, pelo caminho mais fácil que oferece menor impedimento à passagem dos elétrons.

É importante demonstrar ao aluno como a corrente se comporta neste momento no circuito, na apresentação do curto-circuito (representado pela tomada, que permite a passagem da corrente elétrica, sem oferecer resistência, de um lado a outro) e a apresentação de circuito aberto (ao retirar uma das tomadas que provocam o curto-circuito, o circuito permanece aberto).

Durante a aplicação do painel elétrico, realizamos a simulação de um curto-circuito a fim de demonstrar aos alunos o perigo causado por esse tipo de conexão. O quadro 03 demonstra o estado final do circuito após o ocorrido. Neste momento, comente sobre os perigos de um circuito mal dimensionado, do cuidado que se deve ter ao trabalhar com energia elétrica e o valor máximo de corrente que o corpo humano suporta em torno de 3mA, antes de sofrer qualquer tipo de anormalidade provocado pelo contato com a corrente elétrica. Comparar este valor máximo de corrente com o valor de corrente encontrado no circuito e salientar ao aluno a importância de extrema atenção ao trabalhar com eletricidade.

Quadro 03: Painel elétrico e detalhe do curto-circuito



Fonte: A autora.

Após a apresentação do circuito e questionamentos fazendo uso da placa de circuito e teoria, a sequência segue com a aplicação de um roteiro de simulação direcionado principalmente na demonstração de um circuito em série e questionamentos apresentados aos alunos sobre os conceitos de tensão, corrente, resistência, potência elétrica, curto-circuito e circuito aberto, de forma a demonstrar ao aluno, através da simulação, o comportamento real do circuito série.

AULA 03 E 04: Conceitos da Eletrodinâmica aplicado ao circuito paralelo

CONTEÚDOS

- Diferença de Potencial (d.d.p)
- Circuito Divisor de Corrente
- Conceitos da Eletrodinâmica (corrente, resistência, tensão e potência elétrica)

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar um divisor de corrente
- Verificar que a diferença de potencial, em cada resistência interligada em paralelo, é o mesmo valor apresentado pela alimentação da fonte.
- A corrente total aumenta quando o valor de resistência equivalente diminui no circuito.
- A divisão da corrente apresentada no circuito paralelo depende dos valores ôhmicos de cada resistência.

METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS

Inicialmente poderá ser demonstrado no painel elétrico a ligação em paralelo, que é mais comum ao cotidiano, ou seja, faz uso de seus conhecimentos empíricos que são apresentados na residência do aluno. Aqui pode-se comentar sobre a forma de dissipação do calor, ou seja, a potência elétrica ativa. Fazer uso de lâmpadas de potências diferentes, com a intenção de que os alunos percebam que lâmpadas com maior potência nominal demonstram maior eficiência, assim possuem maior intensidade luminosa, conforme demonstrado na figura 3.

Ao questionar-se sobre a aplicação do circuito paralelo, um exemplo a ser abordado com os alunos é o uso deste circuito nas ligações elétricas de uma residência. Também é importante fazer uso do Painel de circuito elétrico em sala, a fim de instigar a curiosidade dos alunos a respeito deste circuito. As indagações poderão ser demonstradas, como introdução em momento oportuno de início dos estudos do circuito paralelo como: o que ocorre ao circuito para que todas as lâmpadas demonstrem brilho intenso? Qual o comportamento da corrente elétrica neste circuito?

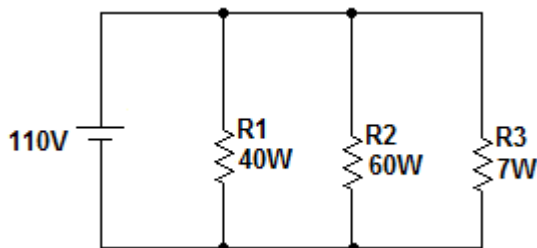


Figura 3 : Representação Esquemática do Circuito Paralelo

Deve-se demonstrar ao aluno, a importância e o porquê do uso do circuito em paralelo, o qual proporciona aos equipamentos a dissipação da potência total, pois recebem a mesma tensão fornecida pela fonte, desta forma é com este tipo de circuito elétrico que se obtêm um melhor rendimento dos aparelhos eletrônicos. Apresentar que ao retirar uma lâmpada conectada, não implica no desligamento das outras lâmpadas que permanecem funcionando corretamente. A partir destas observações, concluir o pensamento afirmando ao aluno que o tipo de circuito utilizado se equipara as ligações executadas em uma residência, ou seja, circuitos interligados em paralelo.

Caracteriza-se aqui um momento de discussão conceitual a respeito do circuito paralelo, principalmente na disposição dos elementos que compõe este circuito. Será importante uma diferenciação conceitual e lógica entre a aplicação do circuito paralelo e um circuito série. Boylestad (2012, p. 159) afirma “em geral, dois elementos, ramos ou resistores estão em paralelo se tiverem dois pontos em comum”

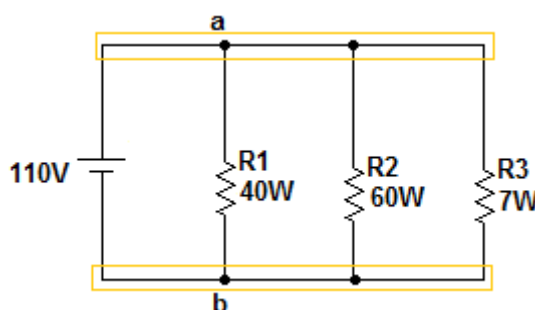


Figura 4 : Demonstração do ponto comum de interligação no circuito paralelo

A caracterização do circuito paralelo dispõe-se de resistências (equipamentos) interligados diretamente do polo positivo ao polo negativo da fonte de alimentação, conforme podemos observar na figura 4, onde demonstramos com uma marcação os pontos comuns de interligação a e b entre as lâmpadas.

Desta forma, todas as resistências receberão a mesma tensão fornecida pela fonte de alimentação do circuito, apresentando uma diferença no rendimento do circuito quando comparado ao circuito série, ou seja, significa compreender que se obtém menor luminosidade quando as resistências estão dispostas ou associadas em série, pois a tensão se divide.

É importante demonstrar neste momento a expressão matemática de simplificação do circuito em paralelo para um circuito simples, pois quando interligamos as resistências em paralelo, a resistência equivalente final do circuito será menor que em série, desta forma a partir da divisão da corrente, as resistências apresentarão um maior rendimento.

Aqui relembrar aos alunos o cálculo realizado na aula anterior para descobrir os valores das resistências de cada lâmpada.

Lâmpada de 40W:

$$R_1 = \frac{110^2}{40} \approx 300\Omega$$

Lâmpada de 60W:

$$R_2 = \frac{110^2}{60} \approx 200\Omega$$

Lâmpada de 7W:

$$R_3 = \frac{110^2}{70} \approx 1700\Omega$$

Após apresentar o cálculo da Resistência Equivalente do Circuito em paralelo:

$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$, desta forma para encontrar a resistência final do circuito

da figura 2, aplicamos:

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{300} + \frac{1}{200} + \frac{1}{1700}}$$

$$R_{eq} \approx 112\Omega$$

Comentar com os alunos, que para o cálculo da resistência equivalente no paralelo é importante observar no circuito qual o valor da menor resistência, pois conforme afirma Boylestad (2012, p. 162) “se a menor resistência de uma combinação em paralelo é muito menor que a dos outros resistores em paralelo, a resistência total será muito próxima do menor valor de resistência”, é o que podemos observar no circuito apresentado, onde a resistência equivalente ficou muito próxima da resistência da lâmpada de 60W.

Para o cálculo de corrente, demonstrar aos alunos que como no circuito em paralelo temos um ramo para cada lâmpada, teremos que calcular a corrente para cada uma. E importante, informar aos alunos que a soma destas proporcionará a corrente total. Para a aplicação no circuito em questão temos: $I_T = I_1 + I_2 + I_3$ ou

$$I_T = \frac{V_T}{R_{eq}}.$$

Recordar aos alunos que temos pelo menos dois raciocínios que podem ser aplicados na resolução deste problema. Para esta sequência didática abordaremos com o aluno, a resolução partindo do entendimento de que cada lâmpada está interligada diretamente sobre a diferença de potencial fornecida pela fonte de energia, do polo positivo ao polo negativo. Desta forma, sobre cada lâmpada também é proporcionado a diferença de potencial fornecida pela fonte. Aplicando a Lei de Ohm, encontramos a corrente que passa em cada lâmpada:

Cálculo de corrente para cada resistor

Corrente em R_1

$$I_1 = \frac{110}{300} \approx 367mA$$

Corrente em R_2

$$I_2 = \frac{110}{200} = 550mA$$

Corrente em R_3

$$I_3 = \frac{110}{1700} \approx 65mA$$

Corrente elétrica total para o circuito em paralelo

$$I_T = \frac{110}{112} \approx 982mA \text{ ou}$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 = 982mA$$

Desta forma, pelas representações matemáticas, demonstrar para o aluno o circuito divisor de corrente. Questioná-los a respeito do valor de corrente para cada lâmpada e o porque da ocorrência desta divisão. Explicar que quanto menor a resistência, menor será o impedimento a passagem da corrente elétrica. Lembrar aos alunos que a corrente sempre irá buscar percorrer caminhos em que encontre maior facilidade, por isso a lâmpada de 200 Ω apresenta a maior corrente, conseqüentemente é a que dissipa maior potência elétrica, conforme a demonstração do entendimento técnico do circuito.

Potência dissipada em cada lâmpada:

Lâmpadas R_1

$$P_1 = R \times I^2 = 300 \cdot (367mA)^2 \approx 40W$$

Lâmpadas R_2

$$P_2 = R \times I^2 = 200 \cdot (550mA)^2 \approx 60W$$

Lâmpada R_3

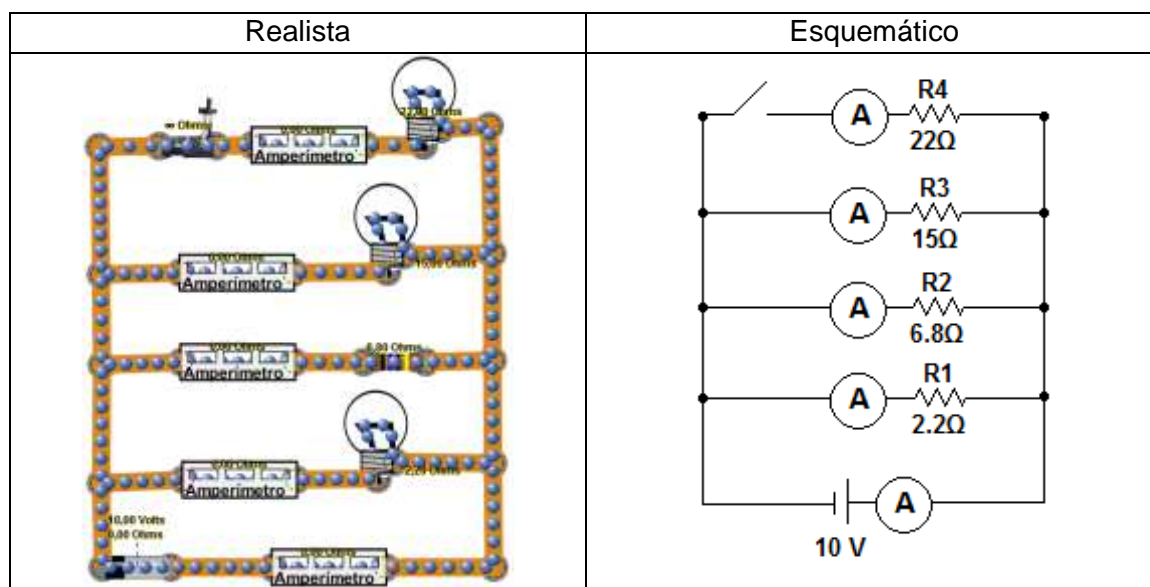
$$P_3 = R \times I^2 = 1700 \cdot (65mA)^2 \approx 7W$$

Potência total para o circuito em paralelo:

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 40 + 60 + 7 = 107W$$

Além disso, outra comprovação que devemos observar com o aluno é segundo Boylestad (2012, p.170) “em um circuito resistivo em paralelo, quanto maior o resistor, menor a potência absorvida”, questão que deve ser argumentada e discutida com os alunos no decorrer da análise do circuito em paralelo.

Para o momento de simulação, no Kit de Circuito DC foram apresentados os circuitos de forma realista e esquemática. Após foram feitas indagações em relatório disponibilizado por aluno, sobre a atuação dos conceitos de eletrodinâmica e também representações matemáticas com base no circuito apresentado no quadro 4.

Quadro 04: Representação esquemática aplicada na simulação do circuito paralelo.

Fonte: A autora.

Desta forma, inicialmente o aluno irá analisar o circuito inicial com a ligação de R_1 , R_2 e R_3 , principalmente quanto a divisão de corrente. Em segundo momento, o aluno irá fechar o interruptor e analisar o novo circuito resultante, recalculando todos os valores dos conceitos apresentados, principalmente corrente elétrica e resistência elétrica. Importante ressaltar ao aluno que o que ocorre na parte do circuito que se encontra em paralelo é o inverso do circuito série, ou seja, em série resistores adicionais de qualquer valor aumentam a resistência total. Lembrar que o valor dos resistores pode ser alterado em qualquer momento, proporcionando novas experiências aos alunos.

Neste momento, após a aula de simulação, seria interessante solicitar aos alunos a montagem no simulador de uma representação gráfica de um circuito misto com apresentação do curto-circuito. Ou seja, montar um circuito que permaneça misto, mesmo após a disposição de um ramo em curto-circuito (podendo ser apenas um fio, ou fazer uso de um interruptor fica a escolha do aluno), já os preparando para a próxima aula. O trabalho pode ser entregue via e-mail com um *print screen* de tela. Aqui é importante lembrar a aplicação da teoria de múltiplas representações.

AULA 05 E 06: Circuitos Misto

CONTEÚDOS

- Diferença de Potencial (d.d.p)

- Exemplos descritivos de circuitos em série e paralelo
- Conceitos da Eletrodinâmica (corrente, resistência, tensão e potência elétrica)

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

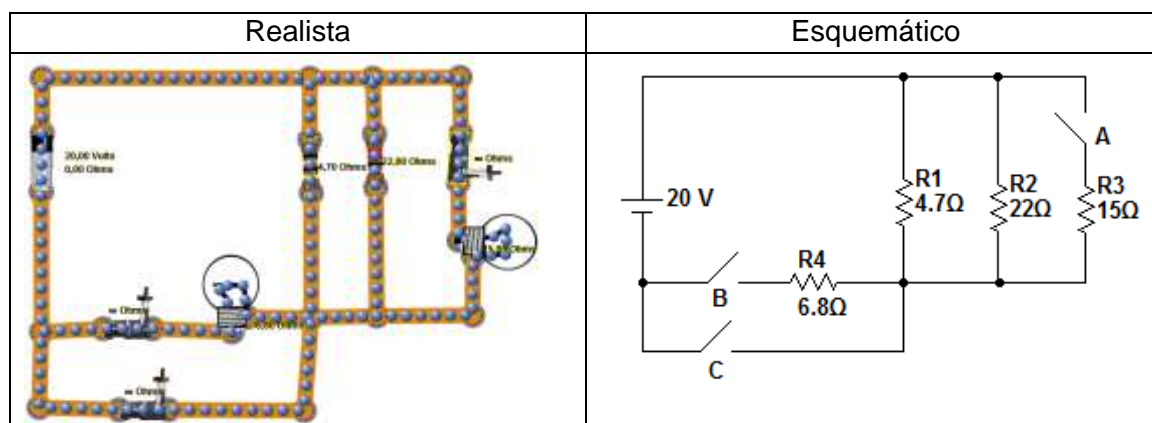
- Familiarizar-se com as características de um circuito série-paralelo
- Aprender a solucionar problemas relativos a tensão, corrente, resistência e potência de cada elemento individual ou de uma combinação de elementos
- Entender o impacto de circuitos abertos e curtos-circuitos no comportamento dos circuitos.

METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS

Relembrar ao aluno a importância de estudar os conceitos elétricos propostos em Eletrodinâmica. Comentar que é importante compreender as especificações indicadas nos aparelhos eletrônicos como tensão (V), corrente (A) e potência (W) pois entendendo o que são estas grandezas e como elas se comportam em um circuito elétrico um equipamento poderá ser utilizado por um tempo maior e de forma adequada.

O circuito misto ou série-paralelo como é conhecido, apresenta diversas representações gráficas que devem ser compreendidas logicamente pelos alunos. Principalmente quando necessário o redesenho do circuito, pois segundo Boylestad (2012, p.205) “as possibilidades para configurações em série-paralelo são infinitas”. Desta forma, mudando-se a ligação entre as lâmpadas, altera-se o seu funcionamento. Ou seja, o comportamento das resistências interligadas a este tipo de circuito, dependerá de sua configuração.

Percebe-se que a simulação auxilia o aluno nas comprovações matemáticas, a partir da demonstração dos valores medidos de corrente e tensão elétrica. Relembrar aos alunos que a potência será demonstrada na simulação pelo brilho de cada lâmpada. Desta forma iniciamos esta aula fazendo uso diretamente do aplicativo de simulação Kit de Circuito DC, pela resolução do circuito apresentado no quadro 05.

Quadro 05: Representação realista e esquemática do circuito misto

Fonte: A autora.

Para este circuito no questionário aplicado em aula, foram propostas condições de fechamentos dos interruptores sendo: 1) Fechar o interruptor B; 2) Fechar o interruptor B e A; 3) Fechar todos os interruptores. De acordo com cada item anterior, o circuito foi analisado nos conceitos estudados de Eletrodinâmica e propostos nesta sequência didática. A diferença de análise deste circuito, é que exigirão do aluno a percepção e familiarização com o tipo de circuito resultante após cada condição indicada.

Ou seja, quando o circuito irá se comportar em série e/ou paralelo, resultando no misto. Pois as técnicas de resolução matemáticas possuem algumas variações dependendo do circuito resultante em cada momento de análise.

Reforçar com o aluno neste momento, que a análise do circuito não segue uma “receita” única, a maneira de resolução depende muito de como o aluno “vê” o circuito. Claro, o professor deve indicar que a simplificação do circuito deve iniciar pela caracterização da distribuição de corrente. Na sequência, verificar quais lâmpadas e/ou resistores fazem parte do circuito.

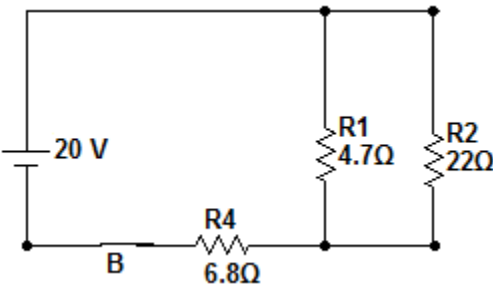
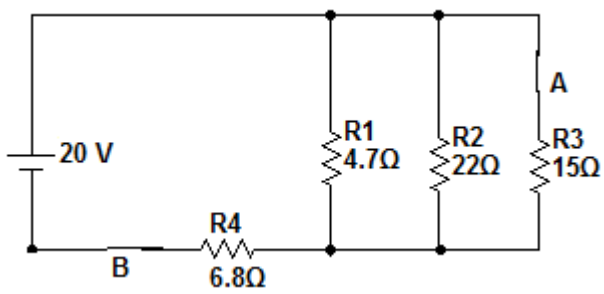
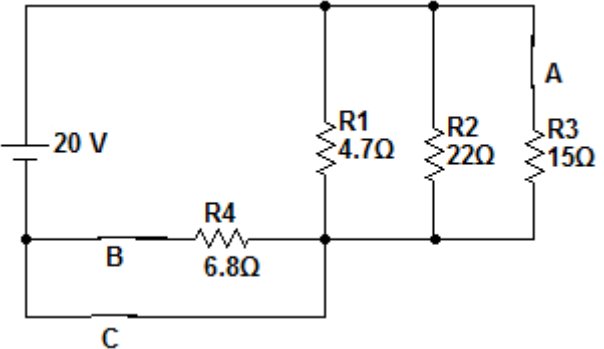
Lembrando que fizemos a opção pelo estudo com múltiplas representações, desta forma em quase todos os circuitos procuramos mesclar o uso de lâmpadas, resistores para que o aluno perceba cognitivamente que ambos apresentam as mesmas características e grandezas na análise de circuitos. Apenas o físico se difere.

Na apresentação deste circuito, optamos por não fornecer a localização do amperímetro a fim de proporcionar ao aluno a necessidade de compreensão de como fazer a medição de corrente neste circuito. Com o propósito de recordar como

funciona um amperímetro e de que forma o mesmo deve ser interligado ao circuito para realizar a medição de corrente elétrica.

Boylestad (2012) enumera duas técnicas de resolução de circuitos mistos: método de redução e retorno e, método do diagrama em blocos. Podemos pensar também em reduzir o circuito em direção a fonte de alimentação, desta forma seguindo as condições impostas, os circuitos se apresentariam da seguinte forma na redução:

Quadro 06: Circuito misto após apresentada a condição para iniciar a simplificação.

Condição	Simplificação
1) fechar o interruptor B;	 <p>O circuito apresenta-se como misto. Iniciando pelo cálculo do R_{eq} entre R_1 e R_2, logo após em série com R_4.</p>
2) Fechar o interruptor B e A;	 <p>O circuito apresenta-se com um paralelo entre R_1, R_2, R_3. Após em série com R_4.</p>
3) Fechar todos os interruptores.	

	Participam da composição deste circuito apenas os resistores em paralelo R_1 , R_2 e R_3 . O resistor R_4 não recebe corrente, pois em paralelo com o mesmo apresenta-se um curto-circuito.
--	---

Fonte: A autora.

Comentar com os alunos a forma de redução apresentada no quadro 6, e após a simulação resolver em sala com os alunos, cada momento descrito.

RECURSOS DIDÁTICOS

- Kit de Circuito DC (simulador), computador, painel elétrico (lâmpadas, tomadas, fios, interruptor), quadro de giz.

AVALIAÇÃO

Durante o processo de avaliação deve-se procurar saber um pouco dos conhecimentos prévios demonstrados por cada aluno sobre os conceitos a serem abordados no decorrer da disciplina. Também elencar as atividades que foram aplicadas, e avaliar percentualmente cada uma. Além de informar aos alunos que a avaliação será realizada de forma contínua, desta forma a participação nas aulas é de grande valia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do produto teve por finalidade proporcionar aos alunos uma aprendizagem dos conceitos de Eletrodinâmica (corrente elétrica, resistência elétrica, tensão elétrica e potência elétrica), através da aplicação da teoria de multimodos e múltiplas representações e estratégia POE.

A partir dos métodos adotados, foram propostas as atividades desta sequência didática, as quais tiveram por objetivo mediar o estudo dos conceitos de várias maneiras ao aluno. As atividades de aprendizagem fazendo o uso de momentos iniciais de indagação e questionamento a partir do uso do painel elétrico, onde de forma lúdica foi possível que os alunos observassem o comportamento das lâmpadas nos vários tipos de circuitos. Após a discussão dos conceitos foram

abordados em sala de aula, de forma teórica, com o objetivo de demonstrar aos alunos a conceituação e representação matemática na resolução dos circuitos, visto que, não temos uma “receita” pronta para aplicar e resolver o circuito, mas sim uma necessidade objetiva de se interpretar e analisar o circuito em sua disposição a fim de definir o raciocínio lógico a ser aplicado para a resolução.

REFERÊNCIAS

BOYLESTAD, R. L. **Introdução à análise de circuitos**. Tradução de Daniel Vieira e Jorge Ritter. São Paulo: Person Prentice Hall, 2012.

BROCKINTON, G.; PIETROCOLA, M. Recursos computacionais disponíveis na internet para o ensino de física moderna e contemporânea. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 3., 2003, Bauru. **Anais...** Bauru, SP: ABRAPEC, 2003.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A; SILVA, O. H. M. Multimodos e múltiplas representações: fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 7-33, 2011.

PRAIN, V.; WALDRIP, B. An exploratory study of teachers' and students' use of multimodal representations of concepts in primary science. **International Journal of Science Education**, London, v. 28, n. 15, p. 1843-1866, 2006.

SANMARTI, N. **Didáctica de las ciencias en educación secundaria obligatoria**. Madrid: SÍNTESIS S.A., 2002.

TAO, P.K.; GUNSTONE, R.F. Conceptual Change in Science through Collaborative Learning at the computer. **International Journal of Science Education**. v. 21(1), pp.39-57, 1999.

WHITE, R. and GUNSTONE, R. **Probing Understanding**. The Falmer Press, 1992.

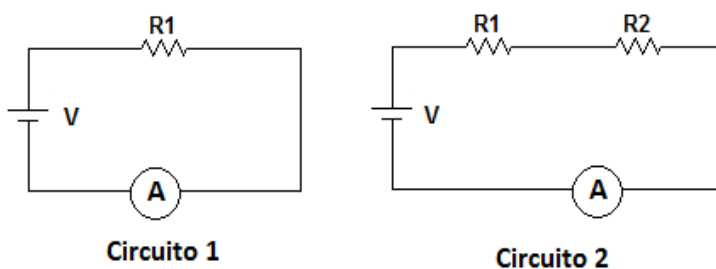
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS BÁSICOS

- 1) A partir de seus conhecimentos descreva sobre:
 - a) Corrente elétrica
 - b) Tensão Elétrica
 - c) Resistência Elétrica
 - d) Potência Elétrica

- 2) Represente (em forma de desenho ou esquema) a ligação de uma lâmpada elétrica

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE PRÉVIA

Analise as questões abaixo a partir da figura



- 1) Qual a sua expectativa em relação ao brilho da **lâmpada R1** do **circuito 1** em comparação ao brilho das **lâmpadas R1 e R2 do circuito 2**.
- 2) No circuito 1, o que faz a lâmpada acender?
- 3) Com uma caneta, desenhe no circuito 1 e 2 como a corrente flui.
- 4) O sentido da corrente, interfere no brilho das lâmpadas no circuito 2?
- 5) Se adicionarmos mais lâmpadas ao CIRCUITO 2, o que ocorre? Descreva.
- 6) Em eletricidade, como chamamos os tipos de circuitos apresentados: Circuito 1 e Circuito 2.

APÊNDICE D – ROTEIRO SIMULAÇÃO

1 – Acesse o link e baixe o aplicativo do site da Universidade do Colorado.
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/circuit-construction-kit-dc

ATENÇÃO: O APLICATIVO SÓ FUNCIONA EM WIN 7 OU INFERIOR.

2 – O trabalho com o software é bem simples, basta seguir a instrução inicial, clicar em cima do fio por exemplo, segura o botão do mouse pressionado e arrasta para a tela.

DICA: DEIXEM A JANELA DO SOFTWARE MAXIMIZADO, ASSIM AUMENTA A ÁREA DE DESENHO.

- Para realizar as interligações é só aproximar um elemento do outro, assim os mesmos ficam unidos pela conexão representada em forma de círculo ao extremo de cada componente.


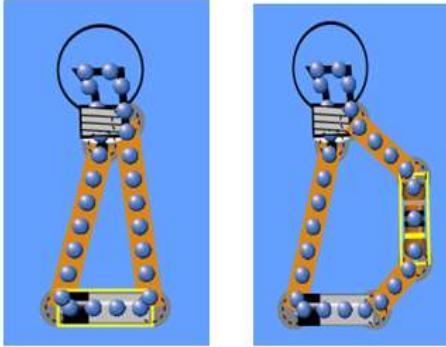
- Para alterar o valor de tensão / resistência, basta clicar com o botão direito do mouse sobre o elemento, e solicitar a alteração desejada.

- Para desconectar, você pode clicar com o botão direito sobre a conexão e escolher desconectar, ou clicar sobre o elemento e DELETAR.

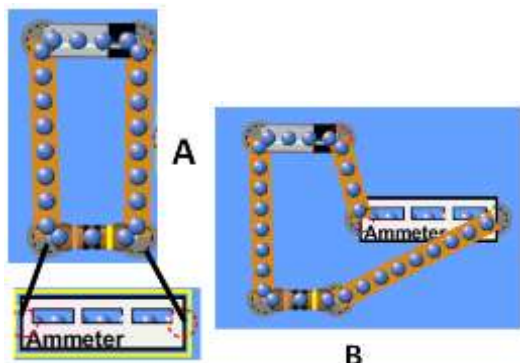
Na Tela Abaixo temos a barra de elementos para desenho dos circuitos, é só clicar e arrastar para a tela. Ao lado temos as ferramentas Voltímetro e Amperímetro. O Voltímetro quando selecionado aparece em tela, o amperímetro aparece como último na barra de desenho.



Desenhe os circuitos abaixo e responda as questões que seguem:

CIRCUITO 1	CIRCUITO 2
	
<p>Se você aumentar a tensão da bateria, qual a mudança percebida na lâmpada? Por quê?</p> <p>Obs: Para lhe ajudar, não esqueça de esclarecer o por quê</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Será brilhante, porque as linhas amarelas são mais brilhantes e maiores. b) Será menos brilhante, porque as linhas amarelas são menores, por isso menor brilho c) Não há nenhuma mudança, porque a lâmpada utiliza apenas a energia extra sem alterar o brilho. 	<p>Se você construir o circuito A e, em seguida, adicionar um resistor como no circuito B, a luz:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Mais brilhante b) Menos brilhante Não haverá mudança no brilho <p>Explique o por quê?</p>

CIRCUITO 3



Qual circuito demonstra a maneira correta de interligar um amperímetro?

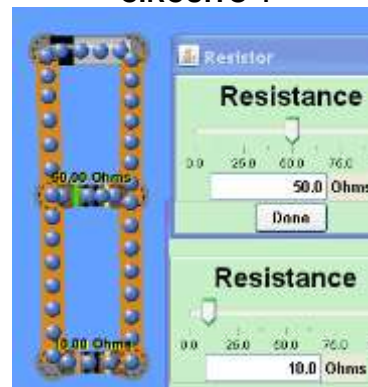
Anote os valores utilizados para o circuito:

Fonte (tensão) =

Resistor (ohms) =

Corrente (ampère) =

CIRCUITO 4



Qual resistor tem a maior corrente?

- A. 50 Ω
- B. 10 Ω
- C. Eles tem a mesma corrente?

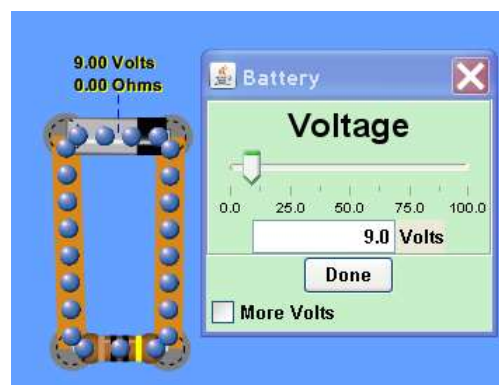
CIRCUITO 5



Qual resistor tem a maior corrente?

- A. O primeiro resistor abaixo da fonte
- B. O ultimo resistor
- C. Eles tem a mesma corrente?

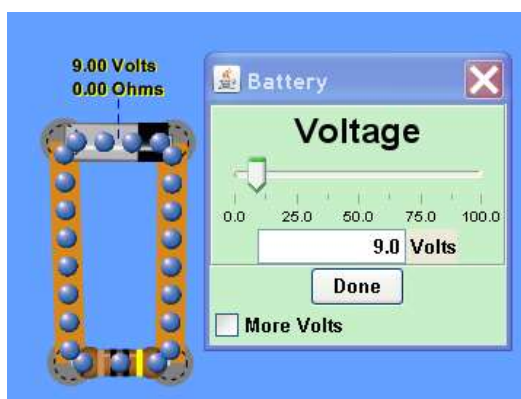
CIRCUITO 6



O que acontece se a tensão da bateria é aumentada para 25 volts ?

- A) A tensão através da resistência aumentará
- B) A tensão através da resistência vai diminuir
- C) A tensão da resistência não muda

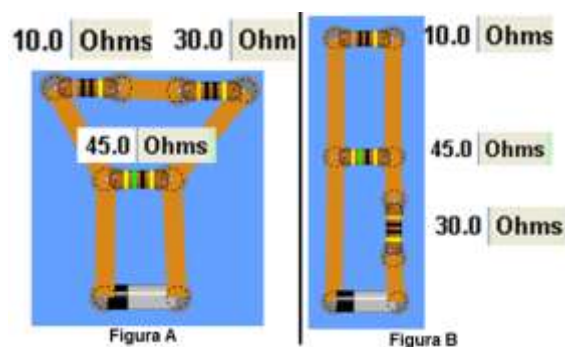
CIRCUITO 7



O que acontece se a tensão da bateria é aumentada para 25 volts ?

- A) A corrente através do resistor irá aumentar
- B) A corrente através do resistor irá diminuir
- C) A corrente da resistência não muda

CIRCUITO 8



Qual o valor total para a resistência dos circuitos?

Figura A

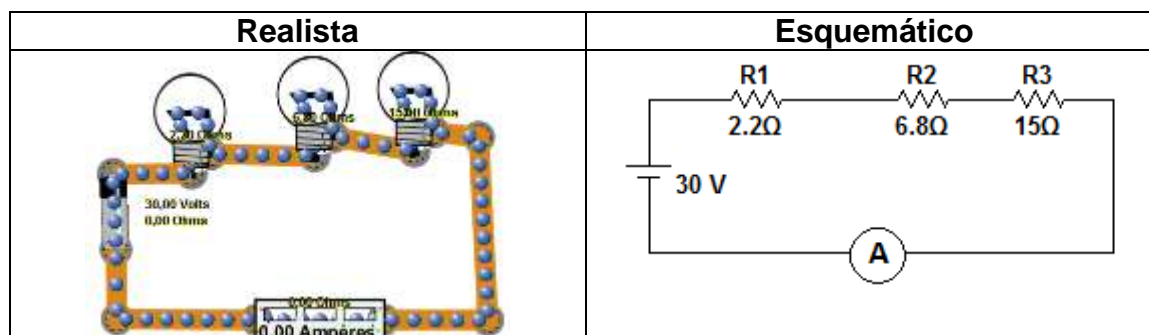
- A. 6.4 Ω
- B. 21 Ω
- C. 38 Ω
- D. 75 Ω

Figura B

- A. 6.4 Ω
- B. 21 Ω
- C. 38 Ω
- D. 75 Ω

APÊNDICE E – QUESTIONÁRIOS APLICADOS DURANTE A SIMULAÇÃO

Atividade de Simulação 1 Circuito em Série 01



- A. Verifique os circuitos realista e esquemático e construa o circuito usando o simulador.
- B. O circuito está formado por 3 resistências: $2,2\Omega$; $6,8\Omega$; 15Ω respectivamente ,1 bateria de 30 volts e fios. ***aqui os fios se apresentam com resistividade mínima**
- C. Arraste cada material e conecte aproximando seus extremos, sempre com o botão esquerdo do mouse pressionado.
- D. Responda os questionamentos a seguir:

1 – Com o auxílio do voltímetro, realize as medições de queda de tensão sobre cada resistência/lâmpada. Lembre-se o voltímetro em relação a resistência, deve ser ligado em paralelo.

Corrente medida (A) _____

Valores registrados pelo simulador			
	Resistência R1	Resistência R2	Resistência R3
Valor Ôhmico (Ω)			
Tensão Elétrica (V)			

2 – Após a simulação do item 1, e anotado os respectivos valores registrados pelo simulador, demonstre a resolução por cálculos, utilizando a **Lei de Ohm**, dos itens: **corrente, queda de tensão e potência**.

**Anote os valores calculados na tabela abaixo correspondente.

Para Potência dissipada utilize: $P = R \times I^2$ em cada lâmpada.

Resistência Equivalente	Tensão Elétrica	Potência Elétrica

Corrente elétrica calculada (A) _____

Valores calculados a partir da Lei de Ohm			
	Resistência R1	Resistência R2	Resistência R3
Valor Ôhmico (Ω)			
Tensão Elétrica (V)			
Potência Elétrica (W)			

3 – Com o simulador e os cálculos realizados, agora responda:

- Você concorda com a potência visualizada na simulação comparando com os valores calculados?

- Como a potência é demonstrada na simulação?

3 – Clique com o botão direito em cima da resistência de $2,2 \Omega$ e, altere a sua resistência para 30Ω . Anote os respectivos valores registrados pelo simulador.

Corrente medida (A) _____

Valores registrados pelo simulador			
	Resistência R1	Resistência R2	Resistência R3
Valor Ôhmico (Ω)			
Tensão Elétrica (V)			

4 - Após a simulação do item 3, demonstre a resolução por cálculos, utilizando a **Lei de Ohm**, dos itens: **corrente, queda de tensão e potência**.

**Anote os valores calculados na tabela abaixo correspondente.

Para Potência dissipada utilize: $P = R \times I^2$ em cada lâmpada.

Resistência Equivalente / Corrente	Tensão Elétrica	Potência Elétrica

Corrente elétrica calculada (A) _____

Valores calculados a partir da Lei de Ohm			
	Resistência R1	Resistência R2	Resistência R3
Valor Ôhmico (Ω)			
Tensão Elétrica (V)			
Potência Elétrica (W)			

5 – Descreva sua interpretação sobre o fenômeno observado, a partir da simulação e dos cálculos apresentados.

6 – Com o circuito em funcionamento, removendo uma das lâmpadas, o que acontece? Justifique conceitualmente o fenômeno observado.

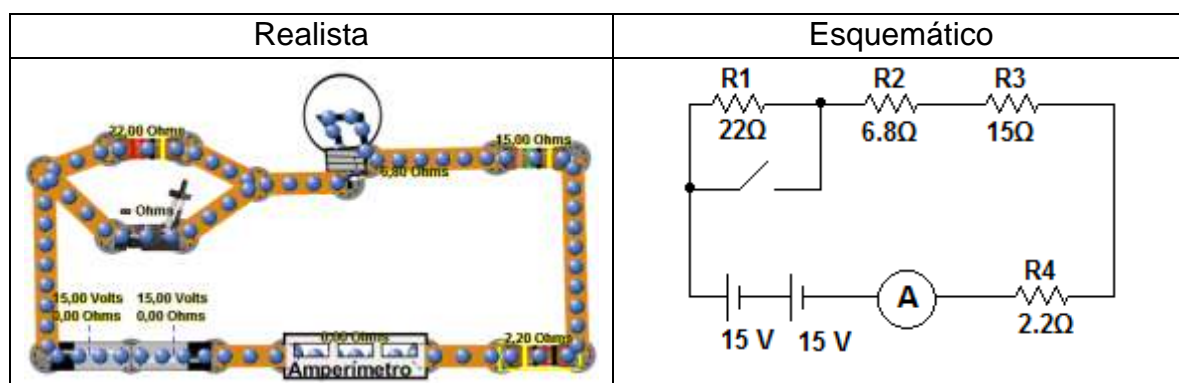
7 – Retorne os valores do circuito no simulador, para o apresentado na figura do início deste roteiro.

Utilize o quadro Avançado → Mostrar (ao lado direito do aplicativo) e aumente a resistividade do fio, até a corrente modificar o valor de 1,25A para 0,95A.

- Qual o valor da Resistência Total?

- Comente a alteração no circuito, e demais fenômenos observados.

Atividade de Simulação 2 Circuito em Série 02



A. O circuito é formado por 4 resistores: 22Ω ; $6,8\Omega$, 15Ω ; $2,2\Omega$ respectivamente, 2 bateria/fonte de 15 volts, 1 interruptor de resistência desprezível, 1 amperímetro.

***aqui os fios se apresentam com resistividade mínima.**

B. Responda os questionamentos a seguir:

****Para resolver as questões 1 e 2, o interruptor deve permanecer aberto****

1 - Demonstre a resolução por cálculos, utilizando a **Lei de Ohm**, dos itens: **corrente**, **queda de tensão** e **potência**.

****Anote os valores calculados na tabela abaixo correspondente.**

Para Potência dissipada utilize: $P = R \times I^2$ em cada lâmpada.

Resistência	Equivalente	Tensão Elétrica	Potência Elétrica
Corrente			

Corrente elétrica calculada (A) _____

Valores calculados a partir da Lei de Ohm				
	Resistência R1	Resistência R2	Resistência R3	Resistência R4
Valor Ôhmico (Ω)				
Tensão Elétrica (V)				
Potência Elétrica (W)				

2 - Com o auxílio do voltímetro, realize as medições de queda de tensão sobre cada resistência/lâmpada. Lembre-se o voltímetro em relação a resistência, deve ser ligado em paralelo.

Corrente medida (A) _____

Valores registrados pelo simulador				
	Resistência R1	Resistência R2	Resistência R3	Resistência R4
Valor Ôhmico (Ω)				
Tensão Elétrica (V)				

****ATENÇÃO!!! Para as questões abaixo, o interruptor deve permanecer fechado****

3 - Ao fechar o interruptor, qual o tipo de circuito apresentado?

4 - Qual o valor da resistência equivalente? Por quê? (Justifique conceitualmente)

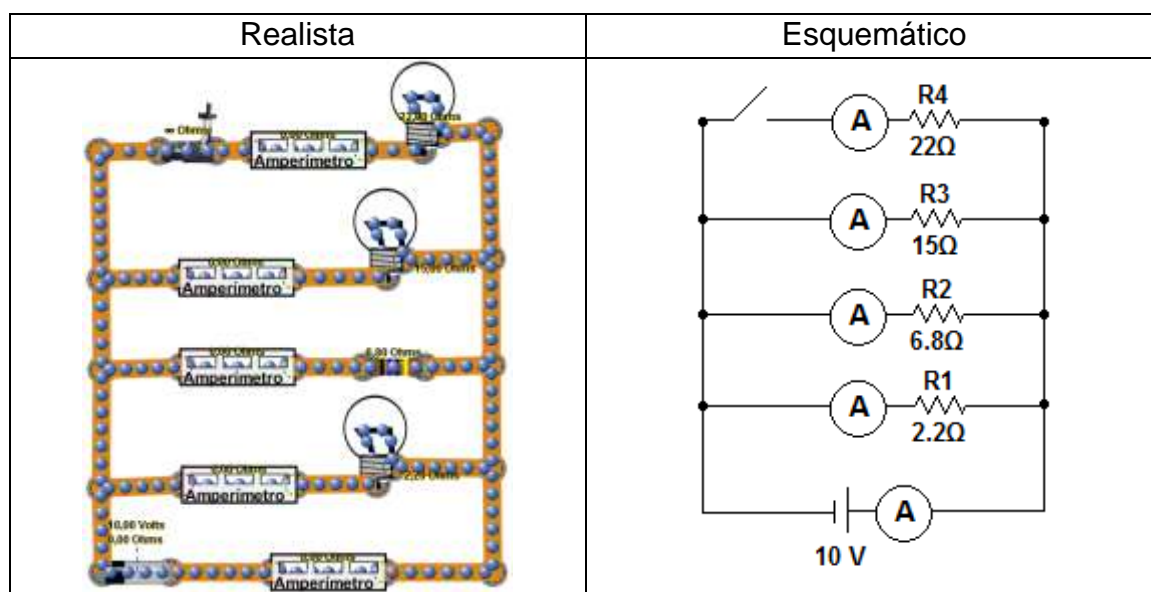
5 – Com o auxílio do voltímetro, realize as novas medições de queda de tensão sobre cada resistência/lâmpada. Lembre-se o voltímetro em relação a resistência, deve ser ligado em paralelo.

Corrente medida (A) _____

Valores registrados pelo simulador				
	Resistência R1	Resistência R2	Resistência R3	Resistência R4
Valor Ôhmico (Ω)				
Tensão Elétrica (V)				

a) Justifique conceitualmente as variações apresentadas na medição (e cálculos correspondentes) do circuito com o interruptor aberto e em seguida fechado, com base na variação da resistência equivalente.

Atividades de Simulação 3 Circuito Paralelo 03



- A. O circuito é formado por 4 resistores: $2,2\Omega$; $6,8\Omega$, 15Ω ; 22Ω respectivamente, 1 bateria/fonte de 10 volts, 1 interruptor de resistência desprezível, 5 amperímetros.
- B. Simule o circuito, inicialmente com o interruptor aberto.
- C. Responda os questionamentos a seguir:

1 – Qual o valor da resistência equivalente do circuito? E da corrente total do circuito? (mantendo o interruptor aberto). Demonstre, também, desenhos que apresente a simplificação do circuito, de acordo, com a estratégia de cálculo aplicado (produto pela soma, ou o inverso da resistência)

Resistência Equivalente	Corrente Total	Simplificação do circuito

2 – Com o auxílio do voltímetro e amperímetro, realize as medições de queda de tensão sobre cada resistência/lâmpada. Lembre-se o voltímetro em relação a resistência, deve ser ligado em paralelo. E o amperímetro deve ser ligado em série.

a) Tensão e corrente em cada resistor

R1=_____ Tensão medida_____ Corrente_____..

R2=_____ Tensão medida_____ Corrente_____..

R3=_____ Tensão medida_____ Corrente_____..

R4=_____ Tensão medida_____ Corrente_____..

b) Tensão Total _____ Corrente total_____..

4 – Feche o interruptor. O que acontece com a resistência equivalente do circuito? Por que? Demonstre com novos cálculos.

5 – Após fechar o interruptor, o que acontece com o valor de corrente sobre os resistores? Por que?

6 – E a corrente total, sofre alguma alteração? Por que?

7 – Altere o valor da resistência da primeira lâmpada após a bateria para 10 ohms. Explique o fenômeno observado.

8 – Após a ligação do interruptor, e a alteração da resistência da etapa 7, o valor da queda de tensão sobre as resistências permanece:

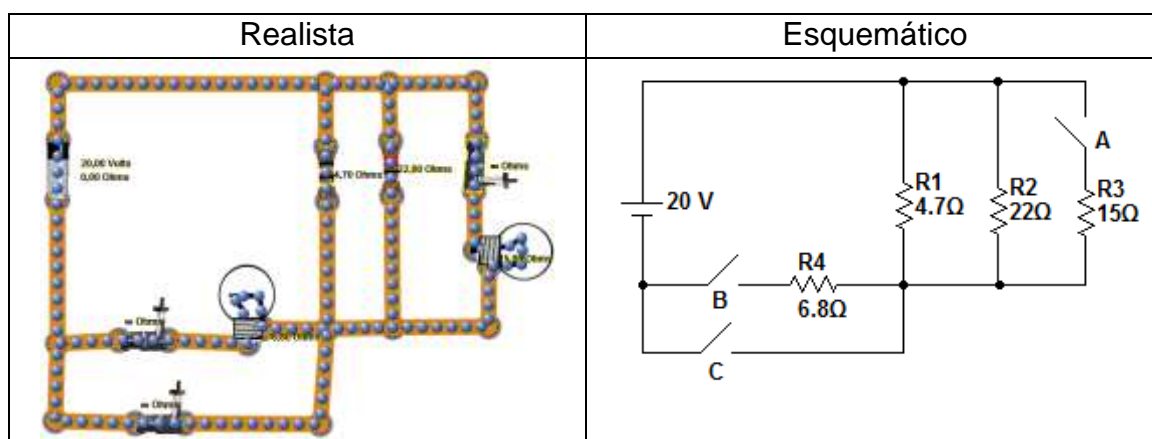
- a) Menor
- b) Igual
- c) Maior

9 – Desconecte o interruptor. O que acontece a corrente total? Por que?

10 – Qual o valor máximo de diferença de potencial, ao qual este circuito pode ser ligado? Por que? (aumente gradativamente o valor da fonte de tensão).

11 – Descreve o que ocorre se interligar uma fonte com um valor superior ao limite encontrado na etapa 10.

Atividades de Simulação 4 Circuito Paralelo 02



- A. O circuito é formado por 4 resistores: $2,2\Omega$; $6,8\Omega$, 15Ω ; 22Ω respectivamente, 1 bateria/fonte de 10 volts, 1 interruptor de resistência desprezível
- B. Simule o circuito, inicialmente com todos os interruptores abertos.
- C. Responda os questionamentos a seguir:

1 – Com o interruptor B fechado, quantos resistores se encontram em paralelo e/ou em série?

2 – Apresente os cálculos e o esquemático do circuito para a Resistência Equivalente.

3 – Realize os cálculos de queda de tensão e corrente para os resistores que apresentam-se ligados até o momento.

4 – Com os interruptores A e B fechados, apresentem o cálculo para a Resistência Equivalente do Circuito.

5 – Qual o valor da corrente, nos ramos que participam do circuito? Demonstre os cálculos.

6 – Observe a diferença de brilho entre as lâmpadas. Explique o porquê deste fenômeno.

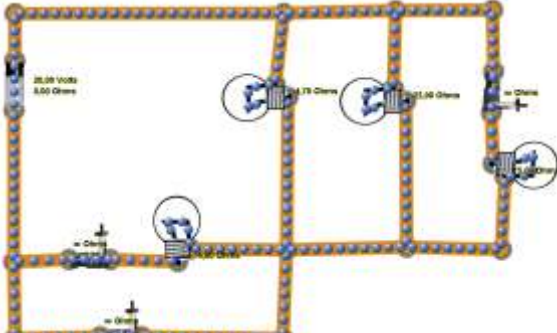
7 – Com os interruptores A, B e C fechados, descreva o fenômeno que ocorre sobre a resistência R4.

8 – Por que a Resistência R3 demonstra um maior brilho, neste momento?

9 – Qual o valor da resistência equivalente do circuito, e a corrente que circula em cada ramo. (apresente os cálculos e compare com os valores medidos).

10 – Como realizar a medição da corrente total do circuito. Demonstre realizando o circuito esquemático.

11 – Troque os resistores por lâmpadas de mesmo valor ôhmico. Desenhe o esquemático ao lado.

Realista	Esquemático
	

Ao alterar os resistores por lâmpadas, apresentou-se alteração no brilho das lâmpadas já ligadas (resistores R3 e R4).

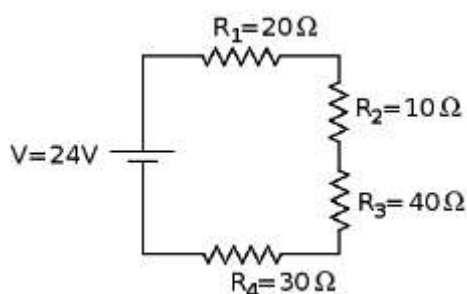
12 – Abra todos os interruptores. Feche-os conforme a sequência aplicada.
Comente:

Sequência	Quais lâmpadas brilham?	Por quê?	Há lâmpada que apresente maior intensidade de brilho? (sim/não). Qual?	Por quê?
Feche o interruptor B.				
Feche o interruptor A e B.				
Feche o interruptor C				

Apêndice F – PROVA 1 (P1)

QUESTÃO 1

Analise o circuito abaixo esquematizado:



****Todas as questões que solicitarem a justificativa, e não for apresentada, será realizada correção parcial da questão. ****

a) Este é um circuito em série ou em paralelo? Justifique sua resposta.

b) Calcule a resistência equivalente. (apresentar cálculos)

c) Calcule a intensidade da corrente total que sai da bateria. (apresentar cálculos)

d) Qual o valor da corrente que passa em cada resistor? Justifique sua resposta.

e) Calcule a potência total do circuito. (apresentar cálculos)

f) Calcule a queda de tensão em cada resistor. (apresentar cálculos)

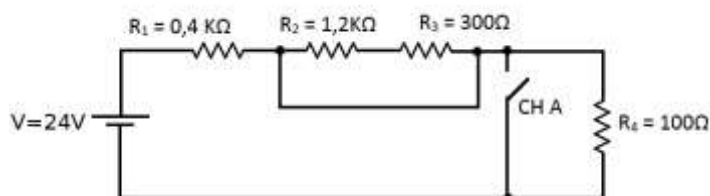
g) Calcule a potência dissipada em cada resistor. (apresentar cálculos).

h) Qual das resistências apresenta uma maior potência? Por quê? Justifique sua resposta.

i) Caso a resistência R4 apresentasse um defeito, e chegasse a queimar, o que aconteceria ao circuito? Justifique sua resposta.

QUESTÃO 2

Analise o circuito abaixo esquematizado.



****Todas as questões que solicitarem a justificativa, e não for apresentada, será realizada correção parcial da questão. ****

a) Este é um circuito em série ou em paralelo? Justifique sua resposta.

b) Calcule a resistência equivalente. (apresentar cálculos)

c) Calcule a intensidade da corrente total que sai da bateria. (apresentar cálculos)

d) Qual o valor da corrente que passa em cada resistor? Justifique sua resposta.

e) Calcule a potência total do circuito. (apresentar cálculos)

f) Calcule a queda de tensão em cada resistor. (apresentar cálculos)

g) Calcule a potência dissipada em cada resistor. (apresentar cálculos).

h) Qual resistência apresenta maior dissipação de potência? Por quê? Justifique sua resposta.

i) Com a chave A aberta, caso a resistência R4 apresente um defeito, o que aconteceria ao circuito? Justifique sua resposta.

j) Ao fechar a chave A, quais resistências permanecem interligadas ao circuito? Faça o desenho do circuito esquemático para esta questão.

k) Ao fechar a chave A, qual o valor da resistência equivalente. (apresentar cálculos). Justifique sua resposta.

l) Qual o valor da corrente total, após fechar a chave A? Justifique sua resposta.

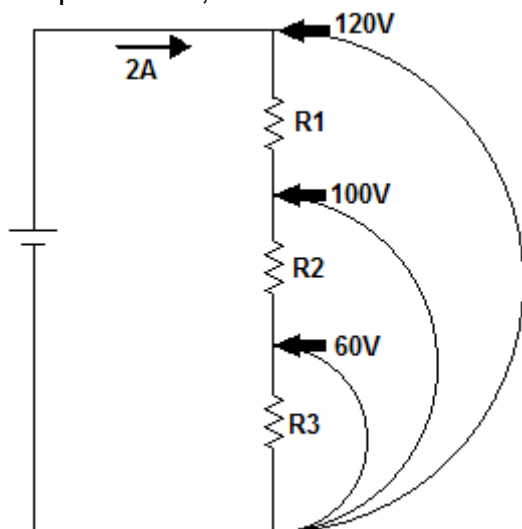
m) Caso a resistência R3 apresente um problema em seu funcionamento e queime, o que aconteceria ao circuito? Justifique sua resposta

n) Comente sobre os fenômenos (curto-circuito, circuito aberto, corrente e potência) observados neste circuito.

APÊNDICE G – PROVA 2 (P2)

QUESTÃO 1

A partir do circuito indicado, complete os valores solicitados, utilizando-se da análise de circuitos pela Lei de Ohm e Potência. Desenvolva os cálculos em folha complementar, identificando-os corretamente.



Resistência Equivalente: _____

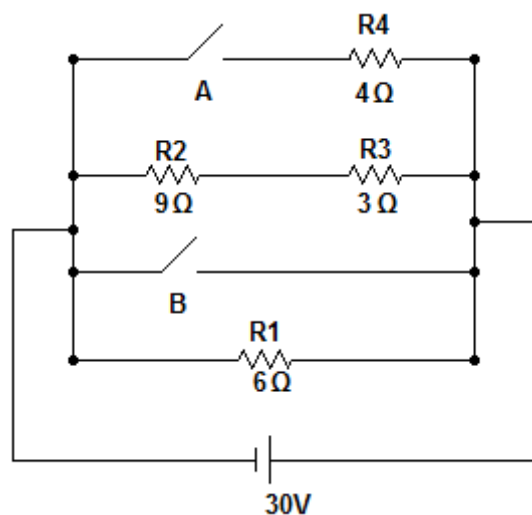
Tensão Total: _____

Corrente Total: _____

	Tensão (V)	Corrente (A)	Resistência (Ω)	Potência (W)
R1				
R2				
R3				

QUESTÃO 2

Analise o circuito a seguir e responda os questionamentos. Desenvolva os cálculos em folha complementar, identificando-os corretamente.



a) Conforme a disposição atual do circuito, ou seja, com as chaves abertas, redesenhe o circuito.

a.1) Complete a tabela abaixo, após sua análise e cálculos.

Resistência Equivalente: _____

Tensão Total: _____

Corrente Total: _____

	Tensão (V)	Corrente (A)	Resistência (Ω)	Potência (W)
R1				
R2				
R3				
R4				

b) Redesenhe o circuito após o fechamento da CHAVE A.

b.1) Complete a tabela abaixo, após fechar a CHAVE A, a partir de sua análise e cálculos.

Resistência Equivalente: _____

Tensão Total: _____

Corrente Total: _____

	Tensão (V)	Corrente (A)	Resistência (Ω)	Potência (W)
R1				
R2				
R3				
R4				

b.2) Ao fechar a chave A. O que ocorre na observação dos conceitos (corrente, resistência, tensão e potência)? Explique.

c) Redesenhe o circuito após o fechamento da CHAVE B.

c.1) Complete a tabela abaixo, após fechar a CHAVE B, a partir de sua análise e cálculos.

Resistência Equivalente: _____

Tensão Total: _____

Corrente Total: _____

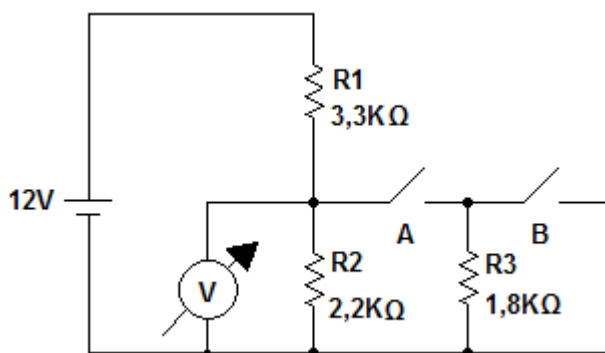
	Tensão (V)	Corrente (A)	Resistência (Ω)	Potência (W)
R1				
R2				
R3				
R4				

c.2) Fechar a chave B. O que ocorre na observação dos conceitos (corrente, resistência, tensão e potência)? Explique.

d) É necessário ao fechar a chave B, abrir a chave A, para análise do circuito? sim ou não? Justifique.

QUESTÃO 3

No circuito a seguir, calcule os valores indicados pelo voltímetro conforme solicitado. Desenvolva os cálculos em folha complementar, identificando-os corretamente.



a) Calcule principalmente o valor demonstrado pelo voltímetro, ao fechar a CHAVE A. Após complete a tabela com os valores encontrados.

Valor do VOLTÍMETRO: _____

Resistência Equivalente: _____

Tensão Total: _____

Corrente Total: _____

	Tensão (V)	Corrente (A)	Resistência (Ω)	Potência (W)
R1				
R2				
R3				

b) Calcule principalmente o valor demonstrado pelo voltímetro ao fechar a CHAVE A e CHAVE B. Após complete a tabela com os valores encontrados.

Valor do VOLTÍMETRO: _____

Resistência Equivalente: _____

Tensão Total: _____

Corrente Total: _____

	Tensão (V)	Corrente (A)	Resistência (Ω)	Potência (W)
R1				
R2				
R3				

APÊNDICE H – ENTREVISTA FINAL (EF)

Entrevista com o aluno A13

P: Qual é a sua maior dificuldade?

A13: Minha dificuldade é na hora de fazer a interpretação, porque na hora a conta eu consigo fazer. (Ela tenta interpretar o circuito inteiro).

P: Você consegue identificar o circuito em série, paralelo e misto?

A13: Sim. Neste eu tinha que ver qual brilhava mais (refere-se ao circuito 1 do questionário do questionário presente no Anexo A). A primeira brilha mais, ela pega a queda de voltagem primeiro, e o que sobra fica para os outros resistores.

P: E para o circuito 2, qual a sua análise?

A13: Penso que a L1 irá consumir a maior tensão, assim brilhará mais que L2.

P: Qual o tempo que dispõe para o estudo em casa?

A13: Dedico tardes de estudo, e alterno as matérias. Sempre tive muita dificuldade em Física, é uma coisa que não entra na minha cabeça. A parte de cálculo vai, mas tem coisas que eu não consigo entender de jeito nenhum.

P: De forma geral, o que você achou da simulação?

A13: Me ajudou bastante a compreender, pois quando você (professora) começou a passar a matéria estava como um bicho de 7 cabeças, na primeira aula quando colocou as fórmulas não entendi nada, mas quando foi para a simulação me ajudou a, sei lá, a abrir a cabeça. Foi o que me ajudou a ir bem na primeira prova, e foi a partir de então que comecei a pensar, pesquisar mais, a ver mais vídeo aula, mais voltado para a disciplina.

P: Você achou que a simulação mostrou algo que lhe atrapalhou os estudos?

A13: Acho que foi assim, que na simulação foi meio igual ao que eu fazia nos cálculos, eu sempre fui voltada para os cálculos e aqui se eu olhar (figura 1, exercício 1) haveria uma queda de tensão e as outras iriam brilhar menos. Agora, ao final entendo que a diferença de brilho entre as lâmpadas irá depender da corrente e da construção de cada lâmpada.

P: E com relação ao exercício 13, como realizaria a análise?

A13: O circuito 13 é um circuito em paralelo, então a voltagem que iria passar seria a mesma para os ramos. O brilho das lâmpadas não é igual e a voltagem (corrente) será dividida. Então L1 iria brilhar mais que L2, e L3 por ela não precisar dividir a voltagem iria brilhar mais que L1 e L2.

P: Você compreende o que acabou de dizer?

A13: Mais ou menos, eu fui meio pela lógica. Tenho dificuldade em entender o que está acontecendo com o circuito olhando como um todo.

P: Pois bem, explique os circuitos da questão 5, eles são circuitos iguais?

A13: Dependendo, são.

P: Por quê?

A13: Se fosse pelo L, acho na figura 5 ele iria brilhar mais do que na figura 6. Porque se for pensar, a corrente vai do polo positivo para o negativo, então a queda de voltagem no primeiro L será maior. Acho que quando todos estão olhando muito para os cálculos não conseguindo compreender todo o circuito, por pensar só no cálculo. A queda de tensão no L, e depois no R, ou seja, o R vai ter o que sobrar.

P: A representação ajudou a compreender o circuito?

A13: O desenho está fácil de entender, mas o problema é interpretar ele.

Entrevista com o aluno A11.

P: A partir da visualização do circuito presente na questão 5, o que você pode me dizer?

A11: Nesta figura 5, eu posso enxergar que L brilha mais no circuito da figura 5, porque posso estar errado em questão do brilho, mas a corrente é igual para os dois, mas a tensão muda, certo? Eu posso estar errado em função do brilho, pelo menos na conta, teria uma diferença da ddp do R estar na frente e ele estar atrás, para depois chegar na lâmpada.

P: Você consegue perceber que os dois circuitos são iguais?

A11: A única coisa que eu fiz aqui foi relacionar a tensão ao brilho, acho que pela lâmpada estar primeiro, ela vai brilhar mais do que estar depois.

P: Você observou que no começo ele falava que as lâmpadas eram iguais?

A11: Sim.

P: E para o exercício 13, você pode definir este circuito?

A11: Professora aqui ele é um circuito paralelo. O que eu pensei foi, aqui neste ramo é um série (L1 e L2), irá virar um resistor equivalente, se as três lâmpadas são iguais, e esse aqui irá virar um equivalente, a corrente que vai passar para cá (L3)... calma aí... deixa eu ver as alternativas aqui... no caso as lâmpadas, que estão em série tem o mesmo brilho que é menor que L3.

P: E você tem prática? Já mexeu com estes circuitos antes?

A11: Não professora, só na sua aula. No início, eu não tinha conhecimento nenhum de eletricidade. Eu não sabia nada, no segundo momento eu tinha propriedade para colocar.

P: E no circuito apresentado na questão 2? Qual sua análise?

A11: Professora, nesse circuito vejo um circuito em série e que L1 irá ter o maior brilho, pois está logo no início do circuito e, como L2 esta após um resistor ela apresentará menor brilho.

Entrevista com o aluno A29

P: Você tem tempo para estudar a minha disciplina?

A29: Mais ou menos, tem dia que trabalho por conta, não tenho um tempo fixo para estudar devido ao trabalho.

P: E como você se vê na disciplina?

A29: Não dá para dizer que eu melhorei 100% mas deu para entender o conteúdo.

P: Quais técnicas, você está utilizando para estudar?

A29: Procuro ver umas vídeo aulas no youtube, as técnicas utilizadas para resolver os circuitos, para conseguir visualizar.

P: E o que você tem a dizer a respeito do circuito 5?

A29: É um circuitos simples, está em série.

P: Os dois circuitos são iguais, da figura 5 e da figura 6?

A29: Não, porque pelo fato da resistência e da lâmpada estarem invertida.

P: O brilho que a lâmpada irá desenvolver, como será neste dois circuitos?

A29: Neste primeiro circuito a lâmpada irá desenvolver um maior brilho, no segundo circuito não.

P: Porque?

A29: Porque (circuito 1) ela está exposta a uma carga positiva da fonte, acho que é isso.

P: E qual destas alternativas chega a essa conclusão?

A29: Tenho certeza que é a letra A.

P: O que você tem a dizer no exercício 13, como que você vê? Explica para mim como que você analisa este circuito?

A29: L1 e L2 estão em série, em paralelo com L3. A lâmpada L3 vai receber o brilho maior, porque a corrente procura o caminho mais fácil.

P: Porque?

A29: Porque como está em paralelo, a corrente procura o caminho mais fácil para passar. E a L1 e a L2 irá dividir o brilho, e irão brilhar menos que o L3.

P: No exercício 2 o que você tem a me dizer?

A29: Tem circuito que é mais fácil você visualizar, e tem circuito que é mais difícil, tem hora que você bate o olho e já sabe. Com relação ao circuito 2, creio que L1 irá brilhar mais que L2.

P: Porque?

A29: Pelo sentido da corrente. Creio que L1 irá brilhar mais que L2. Porque a corrente é a mesma para todas, é pelo fato de que a lâmpada L1 irá consumir uma tensão. A resposta será letra A.

Entrevista com o aluno A8

P: Como você tem estudado?

A8: Bem pouco na pós aula, no final de semana tudo que dá.

P: Você chegou a utilizar de vídeo aula?

A8: Sim, não peguei nenhum livro, mas vi algumas vídeo aulas.

P: A respeito das nossas discussões em aula, o que você tem a dizer do circuito presente na questão 2?

A8: Aqui temos dois circuitos em série, correto? Eu imaginei que a corrente seria a mesma para todos. Só que aqui ele irá se dividir. Assim L1 irá brilhar mais que L2.

P: E sobre a questão 5?

A8: L brilha mais na figura 5.

P: Porque?

A8: Porque a tensão chega primeiro na lâmpada. O resistor como sendo o primeiro também irá receber mais tensão no segundo circuito.

P: Os dois circuitos são iguais?

A8: Não, porque vai modificar o lado, e muda a queda de tensão.

P: E no circuito da questão 13?

A8: Aqui na verdade eu achava que L3 iria brilhar mais, mas não teria que ser o caminho mais fácil, digamos assim. E L1 e L2 terão o menor brilho.

P: O circuito da questão 13 foi mais fácil de entender que da figura 5?

A8: Sim, na minha cabeça sim, não sei explicar o porquê.

P: A simulação lhe ajudou?

A8: Sim ajudou, deu uma clareada boa. Ajudou a ter noção de onde vai, de cada coisa, não sei explicar muito bem.

P: Você chegou a utilizar a simulação em casa?

A8: Não, tudo o que eu sei é da aula mesmo, porque em casa não dá tempo.