



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
FLUMINENSE



Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física  
Sociedade Brasileira de Física  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

**VIVIANE PEIXOTO PEPE**

**APLICAÇÃO DO MÉTODO SALA DE AULA INVERTIDA AO ENSINO DE  
ELETRODINÂMICA EM NÍVEL MÉDIO**

Campos dos Goytacazes/RJ  
2020, 1º Semestre



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
FLUMINENSE



Viviane Peixoto Pepe

## APLICAÇÃO DO MÉTODO SALA DE AULA INVERTIDA AO ENSINO DE ELETRODINÂMICA EM NÍVEL MÉDIO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Pierre Schwartz Augé

Campos dos Goytacazes/RJ  
2020, 1º Semestre

Biblioteca Anton Dakitsch  
CIP - Catalogação na Publicação

P421a Pepe, Viviane Peixoto  
Aplicação do Método Sala de Aula Invertida ao Ensino de  
Eletrodinâmica em Nível Médio. / Viviane Peixoto Pepe - 2020.  
202 f.: il. color.

Orientador: Dr. Pierre Schwartz Augé

Dissertação (mestrado) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia Fluminense, Campus Campos Centro, Curso de Mestrado  
Nacional Profissional em Ensino de Física, Campos dos Goytacazes, RJ,  
2020.  
Referências: f. 125 a 128.

1. Eletrodinâmica. 2. Sala de Aula Invertida. 3. Aprendizagem  
Significativa. I. Augé, Dr. Pierre Schwartz, orient. II. Título.

APLICAÇÃO DO MÉTODO SALA DE AULA INVERTIDA AO ENSINO DE  
ELETRODINÂMICA, NO ENSINO MÉDIO

Viviane Peixoto Pepe

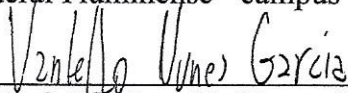
Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 14 de abril de 2020.

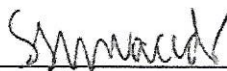
Banca Examinadora:



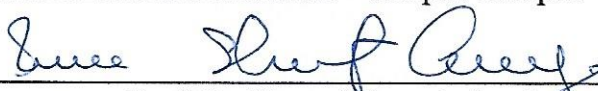
Prof.<sup>a</sup> Dr. Wander Gomes Ney  
Doutor em Física - CBPF  
Instituto Federal Fluminense - campus Campos - Centro



Prof. Dr. Vantelfo Nunes Garcia  
Doutor em Física – UFF  
Instituto Federal Fluminense - campus Campos - Centro



Prof. Dr.<sup>a</sup>. Suzana da Hora Macedo  
Doutora em Informática Educação – UFRGS  
Instituto Federal Fluminense - campus Campos - Centro



Prof. Dr. Pierre Schwartz Augé  
Doutor em Educação - UFF  
Orientador e Presidente da Banca Examinadora  
Instituto Federal Fluminense - campus Campos - Centro

## **DEDICATÓRIA**

À Deus por me permitir lutar pelos meus ideais com fé e perseverança e se fazer presente em todas as circunstâncias de minha vida e à minha família que encontra-se sempre apta a me dar todo suporte e apoio necessário.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus, pelo dom da vida e pelas oportunidades e graças que concedestes. Em segundo lugar agradeço:

A todos da minha família, pelo encorajamento e incentivo, em especial ao meu marido, minha mãe, meu pai e minha filha, que me deram suporte para lutar em prol dos meus sonhos, além do constante apoio na superação dos obstáculos impostos.

Aos meus colegas Dilcineia, Clotildes, Flávia, Ronald, Vanessa, Tiago, Pablo, João Pedro, e Rayana pela parceria e amizade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido por meio da disponibilização das bolsas.

Aos meus alunos que contribuem diretamente, no incentivo pelo aprimoramento e na excelente absorção de minha proposta, em especial aos alunos do 3º ano/Ensino Médio da instituição de ensino em que foi realizada a pesquisa. Em especial, aos alunos Marcelo, José Roberto, Heitor, Guilherme Luiz, Isabela Santos, Mariah, Kauê que foram incansáveis, me dando apoio e força quando mais precisava.

A todos os professores do MNPEF pelos ensinamentos e incentivos.

Em especial ao meu orientador, professor Pierre, pelo carinho e pela dedicação que me deu desde o início deste trabalho. Minha eterna gratidão.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para realização desse trabalho.

## RESUMO

### APLICAÇÃO DO MÉTODO SALA DE AULA INVERTIDA AO ENSINO DE ELETRODINÂMICA, EM NÍVEL MÉDIO

Viviane Peixoto Pepe/

Orientador: Dr. Pierre Schwartz Augé

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

O presente trabalho tem como objetivo, fazer apreensões, quanto à aprendizagem, diante da aplicação de um material didático diferenciado sobre eletrodinâmica, utilizando como principal estratégia didática a 'sala de aula invertida'. Diante disso, o conteúdo sobre eletrodinâmica foi escolhido por tratar-se de um assunto com considerável nível de abstração e formalismo matemático, o qual foi abordado por meio de uma sequência didática que se dividiu em doze momentos. Nesta sequência, foram adotados como instrumentos didáticos: vídeos, jogos, simuladores, questionários investigativos, aulas experimentais, questões de vestibulares, mapas conceituais e dinâmicas, a fim de promover uma aprendizagem significativa, segundo a Teoria da Aprendizagem de Ausubel. Em seu aspecto metodológico, a presente pesquisa foi desenvolvida a partir de um estudo de caso, tendo como público-alvo, alunos do 3º ano do Ensino Médio de uma escola privada do município de Campos dos Goytacazes/RJ. Para realização da fundamentação teórica, elaboração da sequência didática e análise dos dados empíricos, aplicados por meio de questionários semiestruturados, considerou-se a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) com suporte das tecnologias digitais para aplicação do método Sala de Aula Invertida (SAI). A partir da análise dos resultados, pode-se concluir que o material instrucional foi eficaz, no sentido de despertar nos alunos maior interesse e motivação, além de torna-los protagonistas no processo de aprendizagem. Alunos outrora desmotivados para aprendizagem da física, pela participação passiva no processo de construção do conhecimento, se mostraram dispostos e instigados a contribuir de forma ativa no processo, apresentando indícios de uma maior facilidade na interpretação das leis físicas presentes nos processos tecnológicos, no contexto da eletrodinâmica.

Palavras-chave: TDIC.Sala de Aula Invertida. Aprendizagem Significativa. Eletrodinâmica.

## **ABSTRACT**

### **APPLICATION OF THE INVERSE CLASSROOM METHOD TO THE TEACHING OF ELECTRODYNAMICS, AT THE SECONDARY LEVEL**

Viviane Peixoto

Advisor: Dr. Pierre Schwartz Augé

Master's Dissertation presented to the Graduate Program of the Federal Institute of Education, Science and Technology Fluminense campus Campos-Centro, in the National Professional Master's Degree in Physics Teaching (MNPEF), as part of the requirements for obtaining the title of Master in Physics Teaching.

The present work has as objective, to make apprehensions, regarding the learning, before the application of this different didactic material on electrodynamics, using as 'inverted classroom' as the main didactic strategy. In view of this, the content on electrodynamics was chosen because it is a subject with a considerable level of abstraction and mathematical formalism, which was approached by means of a didactic sequence that was divided into twelve moments. In this sequence, videos, games, simulators, investigative questionnaires, experimental classes, vestibular questions, conceptual and dynamic maps were adopted as didactic tools in order to promote significant learning, according to Ausubel's Learning Theory. In its methodological aspect, this research was developed from a case study, having as target audience, students of the 3rd year of high school in a private school in Campos dos Goytacazes/RJ. In order to carry out the theoretical foundation, elaboration of the didactic sequence and analysis of the empirical data - applied by means of semi-structured questionnaires - the Theory of Meaningful Learning (TAS) was considered with the support of the digital technology for the application of the Reverse Classroom Method (SAI). From the analysis of the results, it can be concluded that the instructional material was effective, in the sense of arousing greater interest and motivation in the students, besides making them protagonists in the learning process. Students who were once unmotivated to learn physics, through passive participation in the process of knowledge construction, were willing and instigated to contribute actively in the process, showing signs of greater ease in the interpretation of physical laws present in technological processes, in the context of electrodynamics.

Keywords: TDIC. Reverse Classroom. Significant Learning. Electrodynamics.

Campos dos Goytacazes/RJ  
2020, 1º Semestre



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Sistema de dois corpos carregados ligados por um fio condutor (corrente)...	22
<b>Figura 2</b> – A corrente (fluxo da densidade de corrente).....	23
<b>Figura 3</b> – Representação de um resistor.....	25
<b>Figura 4</b> – Representação gráfica da diferença de potencial em função da intensidade de corrente num condutor ôhmico.....	27
<b>Figura 5</b> – Representação de resistor, gerador e receptor.....	30
<b>Figura 6</b> – Representação de um circuito em série.....	30
<b>Figura 7</b> – Representação de um circuito em paralelo.....	31
<b>Figura 8</b> – Aplicação das Leis de Kirchhoff.....	32
<b>Figura 9</b> – Vídeo-aula com conceitos iniciais de eletrodinâmica.....	42
<b>Figura 10</b> – Simulador 1: Representação da 1ª Lei de Ohm.....	44
<b>Figura 11</b> – Representação do jogo interativo <i>Kahoot</i> sobre conceitos básicos de corrente e resistência.....	45
<b>Figura 12</b> – Vídeo-aula 3: Como construir mapas conceituais.....	46
<b>Figura 13</b> – Exemplo de modelo de mapa conceitual.....	46
<b>Figura 14</b> – Representação do <i>QuizOnline</i> sobre eletrodinâmica.....	48
<b>Figura 15</b> – Mapa mental considerado inadequado.....	52
<b>Figura 16</b> – Exemplos de mapas que foram considerados adequados.....	53
<b>Figura 17</b> – Resposta do aluno F.....	58
<b>Figura 18</b> – Resposta do aluno P.....	59
<b>Figura 19</b> – Resposta do aluno P em outra questão.....	59
<b>Figura 20</b> – Resposta do Aluno C.....	60
<b>Figura 21</b> – Processo de estruturação e preenchimento do roteiro de um grupo.....	63
<b>Figura 22</b> – Processo de estruturação e preenchimento do roteiro de outro grupo.....	63
<b>Figura 23</b> – Processo de estruturação e preenchimento do roteiro do terceiro grupo.....	64
<b>Figura 24</b> – Grupo apresenta associação em série.....	64
<b>Figura 25</b> – Grupo com medições insatisfatórias.....	65
<b>Figura 26</b> – Respostas do grupo 1.....	66
<b>Figura 27</b> – Respostas do grupo 2.....	67
<b>Figura 28</b> – Análise do Simulador PHET.....	68
<b>Figura 29</b> – Resposta do aluno F, que não concluiu.....	69

<b>Figura 30</b> – Resposta do aluno G, que não interpretou.....	70
<b>Figura 31</b> – Resposta do aluno P.....	70
<b>Figura 32</b> – Resposta bem sucedida do aluno E.....	71
<b>Figura 33</b> – Resposta mal sucedida do aluno B.....	72
<b>Figura 34</b> – Pódio do jogo <i>Kahoot</i> – Primeira Lei de Ohm.....	73
<b>Figura 35</b> – Resposta da terceira questão do aluno I.....	74
<b>Figura 36</b> – Resposta da sexta questão do aluno I.....	74
<b>Figura 37</b> – Mapa conceitual colaborativo.....	77
<b>Figura 38</b> – Elaboração do mapa conceitual: Grupos 2 e 3.....	81
<b>Figura 39</b> – Elaboração do mapa conceitual: Grupo 1.....	82
<b>Figura 40</b> – Mapa conceitual do grupo 1.....	83
<b>Figura 41</b> – Mapa conceitual do grupo 2.....	83
<b>Figura 42</b> – Resposta do aluno I.....	84
<b>Figura 43</b> – Resposta correta de um aluno.....	85
<b>Figura 44</b> – Resposta equivocada de um aluno.....	85
<b>Figura 45</b> – Resposta correta de um aluno referente à pergunta 3.....	86
<b>Figura 46</b> – Resposta equivocada de um aluno referente à pergunta 3.....	87
<b>Figura 47</b> – Organização do seminário.....	88
<b>Figura 48</b> – Apresentação de seminário grupo 1.....	88
<b>Figura 49</b> – Resposta com erro.....	89
<b>Figura 50</b> – Resposta mal interpretada.....	90
<b>Figura 51</b> – Resposta correta.....	90
<b>Figura 52</b> – Resposta correta referente à pergunta 2.....	91
<b>Figura 53</b> – Resposta correta referente a pergunta 3.....	91
<b>Figura 54</b> – Resposta errada referente a pergunta 3.....	92
<b>Figura 55</b> – Resposta errada referente a pergunta 4.....	92
<b>Figura 56</b> – Resposta correta referente a pergunta 4.....	93
<b>Figura 57</b> – Resposta correta referente a pergunta 5.....	93
<b>Figura 58</b> – Resposta correta referente a pergunta 6.....	94
<b>Figura 59</b> – Resposta errada referente a pergunta 6.....	94
<b>Figura 60</b> – Resposta incompleta referente a pergunta 7.....	94
<b>Figura 61</b> – Resposta completa, do aluno C.....	95
<b>Figura 62</b> – Resposta completa de um aluno referente a pergunta 8.....	95
<b>Figura 63</b> – Resposta incompleta de um aluno referente a pergunta 8.....	96

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Respostas dos alunos à pergunta 9.....	96
<b>Gráfico 2</b> - Respostas dos alunos à pergunta 10.....	97
<b>Gráfico 3</b> - Resultado da questão 1 da avaliação de conhecimento.....	112
<b>Gráfico 4</b> - Resultado da questão 5 da avaliação de conhecimento.....	113
<b>Gráfico 5</b> - Resultado da questão 6 da avaliação do conhecimento.....	114

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	12
2.1 Teoria da Aprendizagem Significativa.....	12
2.2 Novas Tecnologias no Ensino de Ciências.....	17
2.3 Os Métodos Ativos de Ensino e a Sala de Aula Invertida.....	19
2.4 Eletrodinâmica.....	21
2.4.1 Tensão Elétrica ou Diferença de Potencial Elétrico.....	22
2.4.2 Corrente Elétrica.....	22
2.4.3 Potência.....	24
2.4.4 Energia Consumida.....	24
2.4.5 Resistência Elétrica e Leis de Ohm.....	25
2.4.6 Circuito Elétrico: associação de resistores.....	30
2.4.7 Leis de Kirchhoff .....	31
2.4.8 Os Principais Instrumentos Elétricos de Mediação .....	33
2.4.9 Dispositivos de Segurança.....	33
2.4.10 Capacitores.....	34
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	37
3.1 A Pesquisa.....	37
3.1.1 Lócus da Pesquisa.....	38
3.1.2 Instrumentos.....	39
3.2 O Ensino.....	39
<b>4 PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	41
<b>5 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO</b> .....	49
<b>6 ANÁLISE DOS DADOS</b> .....	98
6.1 Considerações Iniciais sobre os Dados Coletados.....	98
6.2 Considerações Iniciais sobre os Dados Coletados.....	99

<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>121</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>125</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>129</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os alunos que ingressam no Ensino Médio, etapa final da Educação Básica, trazem consigo uma visão muito particular do mundo que os rodeia, tendo a curiosidade de saber como interagir e explorar mais efetivamente diferentes possibilidades que permitam facilitar a compreensão de conhecimentos considerados abstratos. Na educação do século XXI, as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), apresentam-se como alternativas que podem corroborar no desenvolvimento de habilidades e competências essenciais para atuação no mundo pós-moderno. Entretanto, especificamente no ensino de Física, tais habilidades entram em confronto com os enfoques didáticos tradicionais, ainda tão utilizados na sala de aula, causando o desinteresse por parte dos alunos (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002).

Diante das transformações que ocorreram no âmbito científico-tecnológico no início do século XX, as aulas meramente expositivas, com alunos passivos e comumente inibidos a qualquer ação interativa, divergem do perfil dos discentes atuais, os quais, em sua maioria, estão constantemente conectados à internet, almejando interatividade, dinamismo, ubiquidade, entre outras particularidades que transcendem as relações presenciais, quando espaços virtuais.

De acordo com Wieman (2004) - pesquisador renomado na área de Física, o qual já conquistou o Prêmio Nobel de Física no ano de 2001 – nos últimos 500 anos:

[...] a ciência avançou rapidamente por se basear em testes experimentais das teorias e das práticas. O ensino de ciências, entretanto, por se guiar principalmente pela tradição e dogma, permaneceu em grande parte medieval. A sociedade moderna necessita muito mais. Nossa diversificada população de estudantes merece uma educação de ciências capaz de dotá-los de uma apreciação significativa dos métodos e capacidades da ciência e das amplamente úteis habilidades de resolução de problemas. (WIEMAN, 2004, apud BORGES, 2006).

Uma proposta para amenizar esse possível paradoxo se encontra na proposta didática de inversão da sala de aula, também chamada de sala de aula invertida ou *Flipped Classroom* (FC). Segundo Tarnopolsky (2012), a sala de aula invertida trata-se de um dos modelos intrínsecos ao Ensino híbrido que, por sua vez, combina momentos de aprendizagem *on-line* e *off-line*, tendo seu conceito desenvolvido a partir de experiências *e-learning*<sup>1</sup>. Portanto, como modalidade do Ensino Híbrido, a sala de aula invertida emerge como técnica usada por professores tradicionais para melhorar o engajamento dos estudantes (CHRISTENSEN; HORN; STAKER, 2013). Tal proposta prevê o acesso ao conteúdo pelos alunos antes da aula e o uso dos primeiros minutos em sala para esclarecimentos de dúvidas, de modo a sanar

---

<sup>1</sup> Genericamente, o *e-learning* abrange aprendizagem baseada na *web* ou aprendizagem baseada no computador (LIMA; CAPITÃO, 2003).

possíveis equívocos antes dos conceitos serem aplicados nas atividades em classe (BERGMANN; SAMS, 2012; 2016). A ideia central é que os alunos entrem em contato com o conteúdo previamente e o tempo disponível em aula seja utilizado para que os alunos estudem, interagindo ativamente com seus colegas e professor.

Como ferramenta de estímulo ao aprendizado, pode-se fazer uso de aplicativos como, por exemplo, *Quis online* chamado *Kahoot*, que é uma plataforma de aprendizado baseada em jogos de diferentes modalidades, incluído um *quiz game*<sup>2</sup> disponível *on-line* no qual podem ser adicionadas perguntas pelo professor que são convertidas em um jogo com pontuação, interação e ranqueamento (COSTA *et al.*, 2017; DELLOS, 2015).

Face ao exposto, levanta-se o seguinte questionamento, objeto central de investigação da presente pesquisa: quais apreensões podem ser realizadas diante de uma sequência didática com enfoque no método de ensino conhecido como 'sala de aula invertida', para a aprendizagem de temas relacionados à eletrodinâmica no nível médio da Educação Básica?

Vinculado à questão-problema, o objetivo geral deste trabalho é fazer apreensões, quanto à aprendizagem, diante da aplicação desse material didático diferenciado sobre eletrodinâmica, utilizando como principal estratégia didática a 'sala de aula invertida'. Como desdobramento do objetivo geral, os objetivos específicos são: i) elaborar um produto educacional e aplicar em sala de aula; ii) construir o conhecimento em torno de temas em eletrodinâmica; iii) refletir sobre as potencialidades de métodos alternativos de ensino, principalmente relacionados às novas tecnologias.

Destarte, a literatura tem explorado nos últimos vinte anos, as potencialidades e peculiaridades do uso de novas tecnologias para o ensino de Ciências (COSTA *et al.*, 2017; DELLOS, 2015; NOGUEIRA *et al.*, 2000). Com o propósito de corroborar para o desenvolvimento de novas abordagens metodológicas com o auxílio das TDIC, a partir dos objetivos apontados anteriormente, optou-se por uma abordagem didática definida como 'sala de aula invertida' (BERGMANN; SAMS, 2012; 2016; CHRISTENSEN; HORN; STAKER, 2013). A fim de sustentar teoricamente tal abordagem, esta pesquisa ocorre sob orientação teórica com foco nas teorias de aprendizagem (POZO, 1998), em especial, a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980; MOREIRA, 2011; 1999; POZO, 1998).

A 'sala de aula invertida' é entendida neste trabalho como uma abordagem pedagógica fundamentada nos princípios de métodos ativos porque, conforme a literatura retrata, não há

---

<sup>2</sup> Disponível em: <https://kahoot.com/>

um método específico a ser replicado, nem procedimentos a seguir. É na realidade uma mudança de concepção nas formas de ensinar e aprender em que a atenção é voltada para o estudante e para o processo de aprendizagem (BERGMANN; SAMS, 2012, 2016; FLN, 2014).

Quanto à metodologia de pesquisa, a investigação usa referenciais de pesquisa qualitativa. Tal perspectiva abarca uma grande variedade de denominações, sendo o estudo de caso o viés mais apropriado para a presente investigação. Neste sentido, o estudo de caso concentra-se na observação minuciosa de um contexto, um indivíduo, uma fonte documental ou um acontecimento específico (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 89). Para coleta dos dados, foram utilizadas técnicas como a observação participante, entrevistas, questionários semiestruturados e resolução de questões. Desta forma, para a análise empírica dos dados concebidos a partir de um “estudo de caso de observação” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 90), adotou-se a análise descritiva e interpretativa (MOREIRA; ROSA, 2016) sob a luz do referencial teórico. Por fim, ressalta-se que o produto educacional trata-se de uma sequência didática com auxílio de TDIC aliado ao método ‘sala de aula invertida’, tendo a eletrodinâmica e suas vertentes como conteúdo basilar para a construção significativa do conhecimento. Para tanto, o produto educacional foi aplicado e validado em uma turma de 3º ano do Ensino Médio de uma escola particular localizada no município de Campos dos Goytacazes-RJ.

A dissertação está estruturada em 7 capítulos. O capítulo 2 fala sobre a fundamentação teórica: teorias cognitivas da aprendizagem, o uso de novas tecnologias e de métodos ativos de aprendizagem, em específico, a ‘sala de aula invertida’.

Diante do exposto, a presente dissertação está estruturada em 7 capítulos, sendo o capítulo 1 referente a introdução da pesquisa. No capítulo 2, apresenta-se a fundamentação teórica do estudo realizado, a fim de ressaltar conceitos e discussões acerca das teorias cognitivas de aprendizagem, bem como o uso de TDIC aliado aos métodos ativos de aprendizagem com ênfase na ‘sala de aula invertida’, além de abordagens específicas sobre o ensino de eletrodinâmica. O capítulo 3 é dedicado à metodologia da pesquisa, com o objetivo de respaldar o caráter qualitativo da investigação, o critério de escolha dos investigados, as observações da professora-pesquisadora em sala de aula e o roteiro de questões e entrevistas. No capítulo 4, descreve-se o produto educacional e, em seguida, no capítulo 5, também são descritos os processos de aplicação do produto educacional em sala de aula. O capítulo 6, por sua vez, apresenta a análise empírica dos dados coletados em confronto com o objeto de investigação sob à luz do referencial teórico. Por fim, no capítulo 7, expõe-se as considerações finais da presente pesquisa.



## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Neste capítulo apresenta-se a fundamentação teórica da pesquisa que norteia os estudos das principais temáticas que circundam este trabalho, sendo elas: i) teorias cognitivas da aprendizagem; ii) uso de TDIC na educação; iii) métodos ativos de ensino e; iv) aportes teóricos sobre eletrodinâmica.

### **2.1 Teoria da Aprendizagem Significativa**

Diante dos avanços propiciados pelo advento da internet e popularização dos recursos digitais, a interatividade tem sido cada vez mais requerida entre os nativos digitais. Para Zabala (1998) em contraposição aos anseios desta nova geração, a aula expositiva tem se tornado um instrumento didático pouco interessante e restrito ao processo de ensino em espaços formais de aprendizagem. Desta forma, acredita-se que os métodos tradicionais de ensino em que se concentram exposições didáticas maçantes e que negligenciam a interação, têm sido apontados como um dos principais obstáculos para uma aprendizagem que possa encantar o aluno e inseri-lo como protagonista da construção de seu conhecimento (ZABALA, 1998).

Nesta perspectiva, aponta-se para teorias de aprendizagem que possam inspirar novas abordagens didáticas em sala de aula, assim como fora dela. Dessa forma, a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, caracterizada como cognitivista, parte da ideia de que existe uma explicação teórica para o processo de aprendizagem. Para Ausubel (1963, p. 217) “[...] a aprendizagem está relacionada a organização e integração do material em uma estrutura cognitiva, sendo essa a maneira mais adequada para se aprender”. Ela foi construída visando as práticas escolares, na tentativa de dar o suporte necessário à aprendizagem de conceitos, princípios e teorias, não deixando de relacionar com os conhecimentos que o aluno já possui (AUSUBEL, 1978). Desta forma, todos os conhecimentos já organizados na estrutura cognitiva do aluno e que, de alguma maneira, auxiliem no processo de aprendizagem, Ausubel (1963) denomina de subsunçor.

Portanto, de acordo com Moreira (1999), a estrutura cognitiva é formada pelo conjunto de subsunçores, o novo conhecimento será assimilado e armazenado através de uma relação não arbitrária e substantiva com conteúdo de maior relevância previamente detido pelo indivíduo. Em outras palavras, o conhecimento prévio será o ponto de partida para que novas informações se integrem, favorecendo a construção de uma aprendizagem significativa. A palavra substantiva remete a não-literal e a palavra não-arbitrária significa que a interação se

dá com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do aluno e não apenas com qualquer ideia prévia que ele detém.

Por exemplo, para introduzir os conceitos das leis de Ohm para um aluno, onde a corrente elétrica em um circuito é diretamente proporcional à tensão, só haverá aprendizagem significativa se o mesmo já possuir subsunçores dos conceitos de corrente elétrica, tensão, resistência, diretamente e inversamente proporcional, já que para uma aprendizagem significativa, a interação entre conhecimentos prévios e os novos conhecimentos é fundamental. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva.

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 32 apud CORDEIRO, 2003, p. 23), ressaltam que para que ocorra aprendizagem significativa, algumas condições fundamentais são apontadas.

A aprendizagem receptiva significativa implica a aquisição de novos conceitos. Exige tanto uma disposição para a aprendizagem significativa como a apresentação ao aluno de material potencialmente significativo. Esta última posição pressupõe, por sua vez, que o material de aprendizagem por si só pode ser relacionado a qualquer estrutura cognitiva apropriada (que possua um sentido 'lógico'), de forma não arbitrária (plausível e não aleatória) e substantiva (não literal), e que as novas informações podem ser relacionadas a(s) ideia(s) básica(s) relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aluno.

Portanto, a aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação ancora-se “[...] em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende. Enquanto ela ocorre, conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados em decorrência de sucessivas interações” (AUSUBEL, 1978, p. 190). Nesta perspectiva, o autor supracitado menciona a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, as quais podem ser explicadas da seguinte forma:

- **Diferenciação progressiva** – As ideias mais gerais e mais inclusivas da disciplina devem ser apresentadas inicialmente para serem aprofundadas progressivamente. Em termos de detalhe e especificidade é mais fácil para o ser humano captar aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido, do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas.
- **Reconciliação integrativa** – As ideias de estrutura cognitiva são relacionáveis, fazendo com que essa estrutura se reorganize, promovendo novos significados para os conteúdos, fazendo relações entre as ideias. O conteúdo deve não só proporcionar a diferenciação progressiva, mas também: explorar, explicitamente, relações entre

proposições e conceitos, chamar atenção para diferenças e similaridades importantes e reconciliar inconsistências reais ou aparentes com as ideias gerais já assimiladas.

Portanto, quando a aprendizagem ocorre de maneira significativa temos que diferenciar progressivamente significados dos novos conceitos adquiridos com a finalidade de tornar perceptíveis as diferenças entre eles. Entretanto, é preciso também proceder a reconciliação integradora, pois se apenas ocorrer a diferenciação dos significados, pode-se perder todos os elementos concebidos como diferentes. Contudo, se somente se o sujeito integrar os significados indefinidamente, pode-se perceber todos os elementos de forma igualitária. Portanto, os dois processos são simultâneos e necessários à construção cognitiva, mas parecem ocorrer com intensidades distintas.

Ressalta-se, ainda, que a diferenciação progressiva está mais relacionada à aprendizagem significativa subordinada, que é mais comum. Já a reconciliação integradora está mais relacionada à aprendizagem significativa superordenada que ocorre com menos frequência. “Na aprendizagem subordinada, a ideia nova está hierarquicamente subordinada a ideia preexistente. Na aprendizagem superordenada, um conceito ou proposição mais geral e inclusivo é adquirido e assimilado, permitindo o surgimento de novos conceitos” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 137).

Destarte, é possível adotar diferentes instrumentos didáticos como alternativa aos métodos tradicionais de ensino e avaliação, estando em sintonia com a teoria de Ausubel. Como proposta de instrumento didático, Novak e Cañas (2010) indicam os mapas conceituais, sendo estes:

[...] ferramentas gráficas para a organização e representação do conhecimento. Eles incluem conceitos, geralmente dentro de círculos ou quadros de alguma espécie, e relações entre conceitos, que são indicadas por linhas que os interligam. As palavras sobre essas linhas, que são palavras ou frases de ligação, especificam os relacionamentos entre dois conceitos (NOVAK e CAÑAS, 2010, p. 10).

Moreira e Rosa (1986, p.18) definem que, “não há regras fixas ou modelos rígidos para traçar um mapa conceitual. O importante é que ele evidencie as relações e as hierarquias entre os conceitos”. Para que os estudantes compreendam o processo de construção de um mapa conceitual é importante que os primeiros mapas que estes venham a construir sejam sobre temas comuns do cotidiano dos alunos. Isto permitirá a compressão dos conceitos envolvidos e a identificação das relações entre o conhecimento e a vivência dos alunos, podendo acarretar na facilitação da aprendizagem (NOVAK e CAÑAS, 2010, p. 12).

Além disso, por ser uma ferramenta muito flexível, o mapa conceitual pode ser utilizado em diversas etapas do processo de ensino e aprendizagem com diferentes finalidades, como

identificar os conhecimentos prévios sobre um tema, técnica didática, recurso de aprendizagem e instrumento de avaliação (MOREIRA, 2012 apud MOREIRA e BUCHWEITZ, 1993).

Desta forma, por meio dos mapas conceituais, os alunos podem expressar a estrutura do conhecimento adquirido a respeito de um determinado tema. Neste sentido, os mapas conceituais permitem ao aluno ilustrar através da colocação e organização dos conceitos suas relações, bem como o entendimento sobre determinado conteúdo, além de poder ser utilizada para identificar o que foi apreendido, assim como, a evolução e o aprimoramento após várias outras etapas do processo de ensino e aprendizagem. Portanto, permite transparecer o que o aluno não aprendeu de forma satisfatória em algum momento do processo de ensino e aprendizagem. Sendo então, uma ferramenta válida para uma etapa avaliativa.

Assim, se a estrutura cognitiva de um indivíduo, em uma determinada área, for analisada como a organização conceitual de seus conhecimentos, os mapas conceituais podem ser explorados como instrumentos para representar a estrutura cognitiva do aluno (MOREIRA, 2006). Logo, acredita-se que os mapas conceituais serão ferramentas de grande utilidade tanto para sondagem do conhecimento prévio do aprendiz quanto para a identificação de aprimoramento e evolução em sua estrutura cognitiva durante o processo.

## **2.2 Novas Tecnologias no Ensino de Ciências**

Com o avanço tecnológico, a educação obteve uma gama enorme de opções como o emprego de computadores e aplicativos para o desenvolvimento de atividades laboratoriais e jogos que corroboram para a promoção da motivação na construção do conhecimento (ARAUJO; ABIB, 2003). Neste cenário, a fim de oportunizar práticas pedagógicas diferenciadas, condizentes aos interesses e anseios dos alunos nessa era digital, o professor precisa se atualizar e buscar novas metodologias de ensino e instrumentos que possibilitem a materialização do conhecimento abstrato.

Neste contexto, em que os alunos de hoje trazem consigo uma visão diferenciada do mundo que os rodeia, com o desenvolvimento acelerado dos recursos tecnológicos, explorar essas habilidades pode tornar o processo de aprendizagem mais eficiente e estimulante. Entretanto, na maior parte das escolas, em especial nas aulas de Física, os conteúdos ainda são apresentados de forma tradicional, causando o desinteresse por parte dos alunos (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002).

Dessa forma, aulas puramente expositivas, com alunos passivos e comumente inibidos a qualquer ação interativa, diverge do perfil dos alunos atuais, que em sua maioria estão

constantemente conectados ao ‘mundo virtual’, com acesso fácil à informação e habituados a ambientes interativos, sejam eles virtuais ou presenciais.

Uma possível correção a essa dissonância se encontra na inversão da sala de aula, ou ‘sala de aula invertida’ que configura um método ativo com raízes no ensino híbrido conhecido como *blendedlearning* ou *b-learning* (BERGMANN; SANS, 2016). Com objetivo de tornar as aulas mais atraentes e dinâmicas, além de possibilitar que os alunos assumam o papel de agentes ativos no processo da construção do conhecimento, a ‘sala de aula invertida’ foca o processo de ensino no aluno, que se torna o protagonista de sua própria aprendizagem deixando de exercer o papel de agentes passivos.

Neste cenário, a relação entre o ensino e a aprendizagem necessita ser dialógica e pode ser mediada pelas TDIC de forma aberta e híbrida, com intervenções de acordo com as dificuldades dos alunos. Essa prática pedagógica deve ser permeada pela pesquisa, de maneira a propiciar que os alunos desenvolvam autonomia cognitiva e de investigação (VALENTE, 2015). Como ferramenta pedagógica para estímulo e motivação ao aprendizado, o uso de aplicativos, como o *Quizonline* chamado *Kahoot* e a utilização de outras TDIC proporcionam, junto ao interesse em aprender, a construção do conhecimento de forma lúdica e interativa (BERGMANN; SANS, 2016).

Assim, as estratégias que promovem aprendizagem ativa podem ser definidas como atividades que ocupam os alunos em uma tarefa, no mesmo momento em que os leva a pensar sobre o estão fazendo. Contudo, é importante ressaltar que a tecnologia vem contribuir, sendo uma ferramenta que acompanha e facilita a aprendizagem, mas não substitui a figura do professor.

Algumas instituições de ensino têm substituído as aulas tradicionais de forma gradativa ou acrescentado métodos mais ativos, dinâmicos e motivadores. As ferramentas tecnológicas permitem que os temas abordados em forma de videoaula, por exemplo, possibilitem ao aluno visualizações posteriores em momentos mais oportunos e de melhor contexto para assimilação. No entanto, algumas adaptações são necessárias para que o novo contexto educacional seja inserido na construção do conhecimento.

Por exemplo, em termos de aprendizagem significativa, as novas tecnologias quando utilizadas de maneira crítica e com o devido planejamento, podem fornecer amplas possibilidades para obtenção de materiais didáticos que sirvam como organizador prévio. Para Masini e Moreira (2001), para promover a aprendizagem significativa é preciso estabelecer inicialmente uma organização prévia dos conceitos, através de organizadores prévios cuja função principal é manipular a estrutura cognitiva, facilitando a aprendizagem significativa e,

assim, ultrapassar a fronteira entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele precisa saber. Segundo (MOREIRA, 2006, p. 137)

Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem em si. [...] Eles podem tanto fornecer “ideias âncora” relevantes para a aprendizagem significativa do novo material, quanto estabelecer relações entre ideias, proposições e conceitos já existentes na estrutura cognitiva e aqueles contidos no material de aprendizagem.

Segundo Dorneles, Araújo e Veit (2006), a eletricidade é uma das áreas da Física que possui mais estudos referentes a dificuldades de aprendizagem. Estes estudos incluem dificuldades conceituais, concepções alternativas, uso indiscriminado da linguagem coloquial e raciocínios ‘errôneos’ que os alunos costumam apresentar no estudo de circuitos elétricos simples. A proposta didática aqui sugerida tem como finalidade incentivar os alunos na construção de conhecimento significativo em uma área tida como problemática para o aprendizado. O trabalho desenvolvido baseia-se na utilização das TDIC, com vídeos e simulações interativas como ferramentas de apoio ao processo de ensino aprendizagem dos alunos.

### **2.3 Os Métodos Ativos de Ensino e a Sala de Aula Invertida**

Diante da renovação do ensino em pleno século XXI, refletir sobre o impacto das tecnologias na educação, bem como as suas consequências, se faz necessário a fim de não adotar as TDIC como mero instrumentos vazios de sentido e aplicabilidade puramente técnica. Na Física, especificamente, por se tratar de uma ciência de situações abstratas nas quais os alunos podem ter dificuldades em assimilar e contextualizar conteúdos, novas abordagens didáticas aliadas ao uso crítico das TDIC, podem ser poderosas estratégias de ensino contemporâneo.

Neste sentido, segundo Moreira (2013, p. 3), o conteúdo de eletrodinâmica não é de fácil compreensão, pois:

O ensino da Física na educação contemporânea é desatualizado em termos de conteúdos e tecnologias, centrado no docente, comportamentalista, focado no treinamento para as provas e aborda a Física como uma ciência acabada, tal como apresentada em um livro de texto.

Nesta perspectiva, surge o método ativo de ensino chamado ‘sala de aula invertida’, onde tudo que era visto de forma linear, agora passa a ser compreendido de maneira virtual ou não, porém, sempre interativa e dinâmica (BERGMANN; SAMS, 2016). Neste contexto, novas possibilidades surgem cada vez mais eficientes de se trabalhar o processo de ensino *on-line*,

proporcionando ambientes e processos mais adequados para que o aluno percorra esse caminho de aprendizagem de forma mais dinâmica, prazerosa e motivadora.

Ainda de acordo com Bergmann e Sans (2016), a ‘sala de aula invertida’ é um método ativo de ensino que pode ser viabilizado por meio do uso das tecnologias digitais ou analógicas, tendo como proposta a inovação e o aprimoramento do ensino na educação formal. Na mesma direção, Mattar (2012) ressalta que o grande objetivo desse processo de ensino é inserir o aluno como protagonista em seu processo de aprendizagem. Assim, o discente pode ter a autonomia necessária para adquirir novos conhecimentos e habilidades quando lhe for mais conveniente, através do uso de tecnologias propícias para tal em que o próprio aluno decide quando, como e onde irá aprender. Somado a isso, poderá interagir com colegas e discutir de forma presencial os principais conceitos e ideias aprendidos durante todo esse processo e colocá-los em prática, a partir de atividades diversas, estimulando também o trabalho em equipe (MATTAR, 2012). Além disso, um ponto positivo e muito relevante está no fato de que o professor deixa de ser o detentor do conhecimento e passa a ser o mediador que direciona, orienta e guia, enquanto o aluno passa a ser ativo na busca do conhecimento e das informações.

Na ‘sala de aula invertida’ o tempo em classe é utilizado para aprofundar temas, criar oportunidades de aprendizagem mais enriquecedoras e maximizar as interações face a face com o objetivo de garantir a compreensão e a síntese do conteúdo trabalhado. Dessa forma, o método auxilia os alunos no desenvolvimento da capacidade de reflexão e da habilidade de elaborar boas perguntas. O quadro a seguir ilustra algumas atividades que podem ser exploradas em sala e fora dela.

**Quadro 1** – Estrutura do funcionamento da SAI

<b>Sala de Aula</b>	<b>Fora da Sala de Aula</b>
Questões e Respostas	Videoaula
Jogos: <i>QuizOnline</i>	Leituras
Aulas Práticas	Questões em ambiente virtual
Dinâmica de grupo	Lista de Atividades
Mapas Conceituais	Simulados

Fonte: Autoria própria.

De acordo com Bergman e Sans (2016) alguns alunos não terão uma compreensão total do conteúdo explicado e vários outros podem não ter feito apreensões de algo que foi dito. No entanto, em sala de aula, mesmo que o aluno diga que não compreendeu e peça que retorne a explicação, não há um botão de “pausa”, bem como não há o botão “voltar” um trecho para

rever o assunto. Comumente, ao fazer as tarefas de casa, as dúvidas surgem e no momento não há presença do professor para saná-las. Neste sentido a ‘sala de aula invertida’ pode ajudar a otimizar ou prevenir esses desafios, partindo da ideia de que o aluno assista previamente às principais explicações gravadas ou sugeridas pelo professor ou estude o material indicado pelo mesmo, seja através de leitura de reportagens, artigos ou até mesmo assistindo videoaulas. O encontro presencial passa a ser a oportunidade para esclarecer dúvidas, realizar atividades, trocar conhecimentos e fixar a aprendizagem.

O sucesso da Sala de Aula Invertida na educação básica e superior, em escolas e universidades de diversos países do mundo, incluindo instituições de referência como Harvard e MIT, confirma que esse modelo chegou para revolucionar a relação dos alunos com o conhecimento (BERGMANN; SAMS, 2016, p. 22).

Por fim, Bergmann e Sans (2012, p. 56) afirmam que “[...] na medida em que o professor renuncia ao controle do processo de aprendizagem, o aluno assume as rédeas, e o processo de educação se transforma em uma conquista a ser empreendida por seus próprios méritos e esforços”.

## **2.4 Eletrodinâmica**

Medeiros (2002) acredita que o ensino baseado apenas em aulas expositivas pode dificultar tanto a aprendizagem dos alunos quanto o ensino dos conceitos de Física. Esta dificuldade pode se justificar pelo fato da disciplina lidar com conceitos - em grande parte com alto grau de abstração e complexidade - utilizando a representação matemática como único modelo explicativo. Nestas situações o grau de abstração é tão elevado que até mesmo extrapola a capacidade de compreensão de jovens aprendizes na fase da adolescência (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002). Isso pode ocasionar, na maioria das vezes, tédio e também uma certa aversão pelo estudo da Física (SOEGENG, 1998; TRAMPUS; VELENJE, 1996).

Diante disso, como uma das variáveis da Física, a Eletrodinâmica estuda o movimento das cargas elétricas. Sendo assim, parte-se do princípio de que os conceitos primordiais da Eletrostática (interações das cargas elétricas em repouso) já são conhecidos, dentro dos quais a Eletrodinâmica é estruturada. O estudo da Eletrodinâmica envolve, em grande parte, fenômenos elétricos vivenciados pelas pessoas em seu cotidiano. Contudo, esta foi desenvolvida a partir da compreensão de três grandezas: corrente elétrica, diferença de potencial elétrico ou tensão elétrica e resistência elétrica



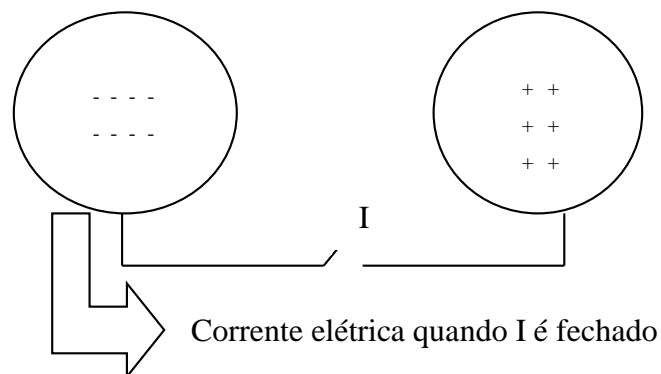
### 2.4.1 Tensão elétrica ou diferença de potencial elétrico

A diferença de energia potencial elétrica por unidade de carga, que existe entre quaisquer dois pontos, é o fator primordial para que as cargas se movimentem de maneira espontânea de um lado para o outro. Essa diferença é conhecida como tensão elétrica, ou diferença de potencial (DDP). Sua unidade de medida no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o Volt, originando o termo voltagem para descrever a mesma grandeza e o instrumento de medida é o voltímetro.

### 2.4.2 Corrente elétrica

Devido a DDP criada entre dois pontos, as cargas se movimentam naturalmente. O movimento ordenado (sobreposto ao caótico) das cargas elétricas no interior de um condutor é chamado de corrente elétrica. Vale ressaltar que nem todo movimento de carga elétrica pode ser considerado corrente elétrica. Exemplo disso, temos a movimentação dos elétrons livres no interior de um condutor metálico em diversas direções aleatoriamente, não existindo um fluxo ordenado de cargas com um único sentido definido.

**Figura 1** – Sistema de dois corpos carregados ligados por um fio condutor (corrente)



Fonte: Autoria própria

Entretanto, existem casos cuja compreensão adequada exige que o movimento seja descrito da forma como realmente acontece (HALLIDAY; HESNICK; WALKER, 1994). Exemplo disto é a análise do comportamento de alguns componentes semicondutores. A corrente elétrica ( $i$ ), que passa por uma seção reta de um condutor pode ser definida como a

carga elétrica ( $dq$ ), que passa pela seção em um intervalo de tempo ( $dt$ ) (HALLIDAY; HESNICK; WALKER, 1994).

$$i = \frac{dq}{dt}. \quad (1)$$

A unidade de corrente é o ampère (A), no SI, em homenagem ao francês André Marie Ampère, que pode ser definido como um Coulomb por segundo,  $1A = 1C/1s$ . A corrente elétrica por unidade de área transversal define o módulo do vetor densidade de corrente  $J$ .

$$J = \frac{i}{A}. \quad (2)$$

Existe uma relação importante entre a densidade de corrente e a velocidade de deriva  $V_d$ , no ponto de vista microscópico. Dado um condutor de comprimento,  $L$ , com a área da seção reta  $A$ , como ilustrado na figura 2. Considere que existam 'n' elétrons por unidade de volume, esta é a densidade de portadores do material. Portanto, a densidade de cargas no condutor será 'n.e', e a carga total no segmento de condutor será

$$\Delta q = n \cdot e \cdot A \cdot L. \quad (3)$$

O intervalo de tempo que o elétron percorrerá o condutor será definido por:

$$\Delta t = \frac{L}{V_d}. \quad (4)$$

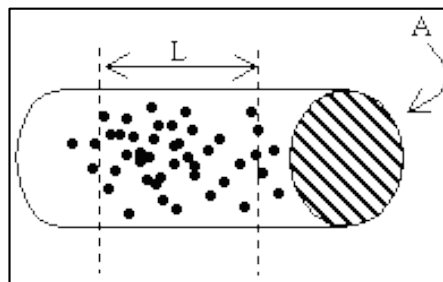
Onde,  $V_d$  corresponde a velocidade de deriva. Dessa forma, da definição de corrente, obtém-se:

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = n \cdot e \cdot A \cdot V_d. \quad (5)$$

Da definição de densidade de corrente, obtém-se:

$$J = n \cdot e \cdot V_d. \quad (6)$$

**Figura 2** - A corrente (fluxo da densidade de corrente)



Fonte: IF UFRGS, [https://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/mod06/m\\_s02.html](https://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/mod06/m_s02.html)

### 2.4.3 Potência

Os equipamentos elétricos transformam energia elétrica em outras formas de energia úteis. Por exemplo, uma lâmpada transforma energia elétrica em térmica e luminosa; um ferro elétrico transforma energia elétrica em térmica; um motor elétrico transforma energia elétrica em energia mecânica, etc. (MÁXIMO; ALVARENGA, 2006). A taxa com a qual a energia elétrica é convertida em outra forma útil de energia é denominada potência elétrica ( $P$ ) (HEWITT, 2015). Podendo ser definida matematicamente da seguinte forma:

$$P = \frac{E}{t}. \quad (7)$$

Ou empiricamente por:

$$P = U \cdot i. \quad (8)$$

Onde  $E$  é a energia elétrica;  $t$  é o tempo;  $U$  é a ddp.

### 2.4.4 Energia Consumida

Todo aparelho que utiliza a eletricidade para funcionar consome uma quantidade de energia elétrica. Para calcular este consumo basta saber a potência do aparelho e o tempo de utilização do mesmo. Para que a energia gasta seja compreendida de uma forma mais prática pode-se definir outra unidade de medida, que embora não seja adotada no SI, é mais conveniente. Essa unidade é o **quilowatt-hora (kWh)**.

$$E = Pot \cdot \Delta t. \quad (9)$$

Onde  $E$  é a energia consumida em Wh,  $Pot$  é a potência em W e  $\Delta t$  corresponde o tempo de funcionamento. Como a unidade precisa estar em kWh para obter o cálculo do custo equivalente ao consumo de energia, é preciso dividir por 1000. Para obter o custo basta multiplicar o valor da tarifa pelo consumo mensal em kWh.

$$Custo = tarifa \cdot E \quad (10)$$

### 2.4.5 Resistência elétrica e leis de ohm

A intensidade de corrente elétrica imposta a um circuito, além da ddp fornecida pela fonte de tensão, também depende da resistência elétrica que o condutor oferece ao fluxo de carga (HEWITT, 2015). Logo, resistência é a capacidade que um determinado corpo tem de se opor à passagem de corrente elétrica, mesmo quando existe uma diferença de potencial

aplicada. Seu cálculo é dado pela Primeira Lei de Ohm, medida em ohm e representado pela letra ômega ( $\Omega$ ), segundo o Sistema Internacional de Unidades (SI). Quando em um circuito, um condutor tem a função de introduzir uma certa resistência é denominado resistor, sendo representado conforme Figura 3, a seguir.

**Figura 3** - Representação de um resistor



Fonte: BORGES, 2013, [http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2013/06/cursos-do-blog-eletricidade\\_19.html](http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2013/06/cursos-do-blog-eletricidade_19.html)

O movimento ordenado de cargas elétricas que constitui a corrente elétrica, aceleradas pela ddp  $U_{AB}$  (entre os pontos A e B de um condutor), realizarão colisões contra os átomos ou moléculas do condutor, havendo, então, uma oposição oferecida pelo fio à passagem da corrente elétrica através dele. Esta oposição poderá ser maior ou menor, dependendo da natureza do condutor que foi ligado entre A e B. Evidentemente a corrente  $i$  no condutor será maior ou menor dependendo desta oposição (MÁXIMO; ALVARENGA, 2006).

Desta forma, a oposição à passagem de corrente em um condutor, ou seja, a resistência elétrica, vem a ser definida pela **Primeira Lei de Ohm** que postula que um condutor ôhmico (resistência constante), mantido à temperatura constante, a intensidade ( $i$ ) de corrente elétrica será proporcional à diferença de potencial (ddp) aplicada entre suas extremidades. Essa lei pode ser representada matematicamente como:

$$R = \frac{U}{i}. \quad (11)$$

Onde ( $R$ ) é a resistência elétrica oferecida pelo condutor; ( $U$ ) é a ddp ou tensão elétrica que o condutor está submetido; e ( $i$ ) é a corrente elétrica que o percorre o condutor. Os fatores que influenciam na resistência de um dado condutor são: sua espessura, seu comprimento, o material de que ele é constituído e a temperatura em que ele se encontra. A espessura é inversamente proporcional a intensidade da resistência, assim fios de maior espessura têm menor resistência que os fios de menor espessura; assim como o comprimento dos fios é diretamente proporcional a intensidade de resistência. Logo, fios mais compridos possuem maior resistência que os curtos e fios de cobre têm menor resistência que fios de aço com as mesmas dimensões. Quanto à temperatura, o aumento desta significa um aumento na agitação dos átomos e moléculas no interior do condutor, dessa forma, haverá um aumento da oposição ao fluxo de carga. Portanto, para a maioria dos condutores, um aumento da temperatura significa um aumento da resistência, desta forma, a temperaturas muito baixas, a resistência

praticamente deixa de existir para alguns materiais, os quais recebem a denominação específica de supercondutores (HEWITT, 2015). Esses fatores que influenciam a resistência de um condutor podem ser resumidos e representados matematicamente pela Segunda Lei de Ohm:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}. \quad (12)$$

Onde:

**R**: resistência ( $\Omega$ );

**$\rho$** : resistividade do condutor (depende do material e de sua temperatura, medida em  $\Omega \cdot m$ );

**L**: comprimento (m);

**A**: área de secção transversal ( $m^2$ ).

A densidade de corrente  $J$  em um condutor depende do campo elétrico  $E$  e das propriedades do material. Para certos materiais, em especial os metais, em uma dada temperatura,  $J$  é quase diretamente proporcional a  $E$ , e a razão entre os módulos de  $E$  e  $J$  permanece constante – Lei de Ohm. Define-se a resistividade do material como a razão entre o módulo do campo elétrico e o módulo da densidade de corrente.

$$\rho = \frac{E}{J}. \quad (13)$$

O valor da resistividade nem sempre é constante, pois ela aumenta com a temperatura. Isso ocorre porque o calor causa aumento na agitação molecular, ocasionando colisões no interior do condutor, o que aumenta a resistência do material. A relação entre a temperatura e a resistividade elétrica é dada pela expressão:

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha (t - t_0)]. \quad (14)$$

Onde  $\rho_0$  é a resistividade do material a uma temperatura inicial  $t_0$ , que normalmente é  $20^\circ\text{C}$ . Para uma corrente fluir em um meio material, as cargas precisam ser ‘empurradas’ e a velocidade com que uma carga se move em resposta a um determinado ‘empurrão’, depende da natureza do material. Para a maioria das substâncias a densidade de corrente ( $J$ ) é proporcional à força por unidade de carga ( $f$ ) (GRIFFITHS, 2011).

$$J = \sigma \cdot f. \quad (15)$$

Onde  $\sigma$ , fator de proporcionalidade, é uma constante e varia de um material para outro, denominada condutividade do meio. A força que move as cargas para constituir uma corrente pode ter várias naturezas, mas no caso específico de um condutor conectado a uma fonte de tensão, ela é de origem eletromagnética (GRIFFITHS, 2011).

$$J = \sigma (E + vxB). \quad (16)$$

O segundo termo que determina a força pode ser desprezado, já que normalmente a velocidade das cargas é pequena, não influenciando os cálculos, onde  $E$  é o campo elétrico.

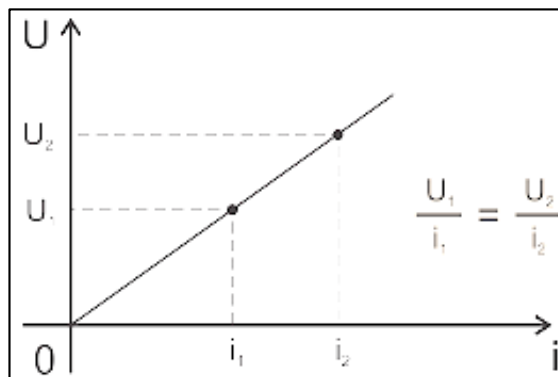
$$J = \sigma \cdot E, \text{ (Lei de Ohm)} \quad (17)$$

Segundo Halliday e Resnick (2016, p. 149), a lei de Ohm é definida originalmente para um determinado componente de um circuito, da seguinte forma: “Um componente obedece à lei de Ohm se a corrente que o atravessa varia linearmente com a diferença de potencial aplicada ao componente, para qualquer valor de diferença de potencial”.

Desta forma, condutor ôhmico é aquele para o qual, a expressão 11 resultará sempre no mesmo valor de R, independentemente do valor absoluto e da polaridade da tensão U aplicada aos seus terminais (HALLIDAY; HESNICK; WALKER, 1994).

$$R = \frac{U_1}{i_1} = \frac{U_2}{i_2} = \dots = \frac{U_n}{i_n}. \quad (18)$$

**Figura 4** - Representação gráfica da diferença de potencial em função da intensidade de corrente num condutor ôhmico



Fonte: BORGES, 2013, [http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2013/06/cursos-do-blog-eletricidade\\_19.html](http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2013/06/cursos-do-blog-eletricidade_19.html)

Intrínsecas às abordagens sobre resistência elétrica e leis de ohm, os resistores, geradores e receptores, são dispositivos que constituem um circuito elétrico. O funcionamento dos mesmos, baseia-se na transformação de energia.

O resistor é um dos principais componentes nos circuitos elétricos e são encontrados no mercado para os mais variados valores de resistência. Esses dispositivos eletrônicos têm a função de transformar energia elétrica em energia térmica (calor), por meio do efeito joule, que é o calor gerado devido a passagem de corrente elétrica por um resistor.

Os geradores, são utilizados normalmente para fornecer a energia elétrica necessária ao funcionamento do circuito. São dispositivos que transformam qualquer tipo de energia em energia elétrica e são os responsáveis por fornecê-la e mantê-la, podendo ser de corrente contínua (pilhas e baterias) ou corrente alternada (energia fornecida pelas empresas).

Todo trabalho realizado por um gerador elétrico sobre as cargas eleva a energia potencial elétrica das mesmas, logo, o trabalho descreve a energia que é transferida pela bateria às cargas. Já a força eletromotriz do gerador é a relação entre estas grandezas físicas sendo representada matematicamente abaixo, onde  $\varepsilon$  é a força eletromotriz e  $\tau$  é o trabalho realizado pela fonte sobre a carga  $q$ .

$$\varepsilon = \frac{\tau}{q}. \quad (19)$$

Desta forma, como o trabalho ( $\tau$ ) possui dimensão de energia (E), temos a potência (P) fornecida por um gerador:

$$P = \varepsilon \cdot \frac{q}{\tau}. \quad (20)$$

Substituindo pela corrente  $i$ :

$$P = \varepsilon \cdot i. \quad (21)$$

A potência total ( $P_t$ ) fornecida por um gerador é igual à soma da potência útil ( $P_u$ ) utilizada no circuito com a potência dissipada no interior do gerador ( $P_d$ ), representada matematicamente:

$$P_t = P_u + P_d. \quad (22)$$

Substituindo, temos a equação do gerador:

$$U = \varepsilon - ri. \quad (23)$$

De acordo com a expressão (23), concluímos que em um gerador real, parte da tensão - força eletromotriz ( $\varepsilon$ ) é dissipada na resistência interna do gerador ( $r.i$ ), quando a corrente elétrica circula por ele e a outra parte é utilizada no circuito (U)- ddp entre os terminais.

Podemos ainda, através da expressão (23), observar que quando a resistência interna do gerador é desprezível, esse pode ser considerado um gerador ideal e a força eletromotriz é igual a ddp entre seus terminais. O mesmo se observa se a corrente for nula, ou seja, se a resistência for muito elevada ou ainda se os terminais do gerador não estiverem conectados.

Os geradores podem ser ligados em série ou em paralelo, dependendo do objetivo. Em uma associação de geradores em série, a tensão (ddp) resultante dessa associação será igual à soma das tensões produzidas nos (n) geradores da série. Como o gerador é um componente polarizado, em uma associação em série devem ser ligados o terminal negativo de um gerador ao positivo do outro, caso a polaridade de um destes seja invertida, este passará a se comportar como um receptor. Já em uma associação de geradores em paralelo para que o funcionamento seja perfeito, faz-se necessário que os mesmos sejam idênticos, ou melhor, que possuam a mesma força eletromotriz ( $\varepsilon$ ) e a mesma resistência interna ( $r$ ); e que sejam conectados todos os polos positivos de um lado e negativos do outro; se alguma dessas premissas não for

obedecida, um ou mais geradores irão se comportar como receptor. Numa associação de geradores em paralelo, a tensão (U) do gerador equivalente é igual à tensão fornecida por qualquer um dos geradores individualmente, da mesma forma, a corrente produzida, a partir da associação, será igual à que seria produzida por apenas um dos geradores normalmente.

Dessa forma, quanto mais geradores houver associados em paralelo, menor será a corrente fornecida por cada gerador e, conseqüentemente, maior será a durabilidade de cada um destes componentes.

A associação de geradores mais utilizada é em série, principalmente quando o objetivo é ampliar a tensão. Por exemplo: comumente, em brinquedos e controle remotos, se utilizar duas pilhas de 1,5 V cada, para se obter a tensão necessária para o funcionamento adequado do objeto, que é de 3,0 V.

Outro elemento presente nos circuitos elétricos são os receptores elétricos, utilizados para converter energia elétrica em outro tipo de energia, não necessariamente calor. Um bom exemplo desse dispositivo é o motor elétrico, que transforma energia elétrica em energia mecânica. Inversamente ao processo que ocorre no gerador, no receptor são as cargas elétricas que realizam trabalho, perdendo energia elétrica, que é transformada em outro tipo de energia.

Assim, para o receptor, define-se uma grandeza física análoga à força eletromotriz (fem), a chamada força contra - eletromotriz (fcem).

$$\varepsilon' = \frac{\tau}{q}. \quad (24)$$

Onde  $\varepsilon'$  é a força contra-eletromotriz e  $\tau$  é o trabalho realizado pela carga q. Para o receptor, a potência total é a potência fornecida pelo gerador, ou seja, é a potência útil do gerador:

$$P_t(\text{receptor}) = P_u(\text{gerador}) = U \cdot i. \quad (25)$$

Assim, temos:

$$P_u(\text{receptor}) = \varepsilon' \cdot i. \quad (26)$$

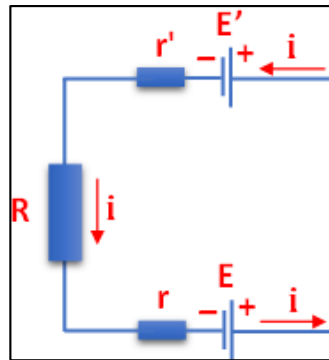
$$P_d(\text{dissipada}) = r \cdot i^2 \quad (27)$$

Substituindo as equações, temos a expressão que representa a equação do receptor:

$$U = \varepsilon' + r \cdot i, \text{ (equação do receptor)} \quad (28)$$

De acordo com a expressão (27), concluímos que a ddp total, oferecida pelo gerador (U) será a ddp útil ( $\varepsilon'$ ), efetivamente utilizada pelo receptor mais a ddp dissipada pela resistência interna (r.i).



**Figura 5** - Representação de resistor, gerador e receptor

Fonte: FISMÁTICA,

[http://www.fismatica.com.br/Fisica/Site/Eletromagnetismo/Eletrrodinamica/Eletrrodinamica\\_Circuito\\_Gerador\\_Receptor\\_Resistor.html](http://www.fismatica.com.br/Fisica/Site/Eletromagnetismo/Eletrrodinamica/Eletrrodinamica_Circuito_Gerador_Receptor_Resistor.html)

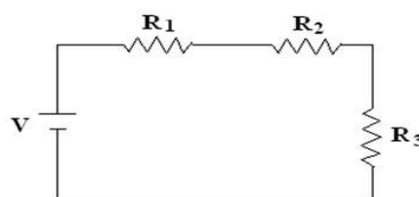
#### 2.4.6 Circuito elétrico: associação de resistores

Cotidianamente, pessoas lidam com diferentes situações em que necessitam conectar dois ou mais aparelhos elétricos utilizando apenas um circuito. Nesse tipo de ligação os resistores estão ligados por uma associação de resistores. Essa associação pode ser dada basicamente por dois tipos: série e paralelo.

Em uma ligação em série, os resistores são percorridos por uma mesma corrente elétrica  $i_{\text{total}} = i_1 = i_2 = i_3$ , enquanto que a diferença de potencial entre cada um dos resistores sofrerá variação conforme o valor da resistência de cada um dos resistores, obedecendo a 1ª Lei de Ohm.

Para encontrar o valor da resistência equivalente ( $R_{\text{eq}}$ ) em um circuito em série, basta somar o valor de cada uma das resistências ( $R$ ). Assim, tem-se:

$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (29)$$

**Figura 6** - Representação de um circuito em série

Fonte: HELERBROCK, <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/associacao-resistores.htm>

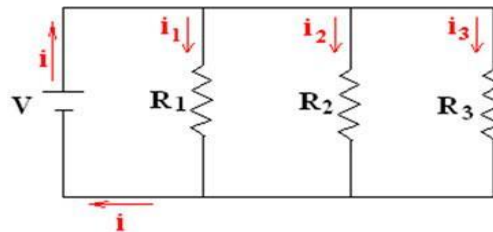
Já nos resistores ligados em paralelo, a diferença de potencial ( $U$ ) é a mesma para cada um deles, pelo fato de estarem ligados entre os mesmos pontos do circuito.

$$U = U_1 = U_2 = U_3. \quad (30)$$

Para encontrar o valor da resistência equivalente ( $R_{eq}$ ) em um circuito em paralelo, tem-se:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \left(\frac{1}{R_1}\right) + \left(\frac{1}{R_2}\right) + \left(\frac{1}{R_3}\right). \quad (31)$$

**Figura 7** - Representação de um circuito em paralelo



Fonte: HELERBROCK, *on-line*.

#### 2.4.7 Leis de Kirchhoff

Quando em um circuito elétrico existe mais do que uma fonte de tensão e mais do que um resistor, geralmente são necessárias outras leis, além da lei de Ohm, para sua resolução. As Leis de Kirchhoff são empregadas em circuitos elétricos mais complexos, estando em série ou em paralelo. Estas leis adicionais propiciam uma maneira geral e sistemática de análise de circuitos. Elas são duas, a saber: i) Primeira lei de Kirchhoff ou lei das Correntes; ii) Segunda lei de Kirchhoff ou lei das Tensões. Antes de detalhar cada uma das leis, é importante entender as definições de nó, ramo e malha de acordo com Moraes e Teixeira (2006).

- Nó: é um ponto onde três (ou mais) condutores são ligados.
- Ramo: é o segmento condutor que conecta dois nós.
- Malha: é qualquer caminho condutor fechado entre dois ou mais nós.

##### ➤ Primeira Lei de Kirchhoff (Lei dos nós)

A primeira lei de Kirchhoff para os circuitos elétricos é denominada lei dos nós. Segundo Moraes e Teixeira (2006, p. 46) ela pode ser resumida no seguinte enunciado: “Em qualquer nó, a soma das correntes que o deixam (aquelas cujas apontam para fora do nó) é igual a soma das correntes que chegam até ele”.

A Lei é uma consequência da conservação da carga total existente no circuito. Isto é uma confirmação de que não há acumulação de cargas nos nós. O sinal da corrente que entra é diferente do sinal da corrente que sai do nó.

$$\sum_n \cdot i_n = 0. \quad (32)$$

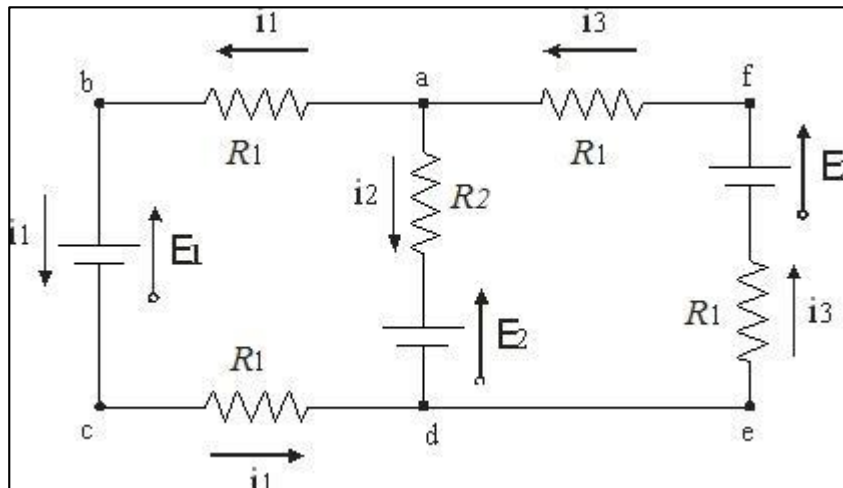
➤ **Segunda Lei de Kirchhoff (Lei das malhas)**

A soma algébrica das forças eletromotrizes (fem) em qualquer malha é igual a soma algébrica das quedas de potencial ou dos produtos  $i \cdot R$  contidos na malha.

$$\sum_k E_k = \sum_n R_n \cdot i_n. \quad (33)$$

Ou seja, o que a lei das malhas diz é que a soma das diferenças de potencial, tensões e quedas de tensões, em um circuito fechado é igual a zero.

**Figura 8 - Aplicação das Leis de Kirchhoff**



Fonte: RIBEIRO, <https://www.infoescola.com/electricidade/leis-de-kirchhoff/>

De acordo com a figura 8, aplicando a 1ª lei de Kirchhoff (Lei dos Nós) tem-se:

$$i_1 + i_2 = i_3. \quad (34)$$

Aplicando a 2ª Lei de Kirchhoff (Lei das Malhas): partindo do ponto 'a', percorrendo a malha abcda no sentido anti-horário, encontra-se:

$$-i_1 R_1 - E_1 - i_1 R_1 + E_2 + i_2 R_2 = 0, \quad (35)$$

ou

$$2i_1 R_1 - i_2 R_2 = E_2 - E_1. \quad (36)$$

Se percorrer a malha adefa no sentido horário tem-se:

$$+i_3 R_1 - E_2 + i_3 R_1 + E_2 + i_2 R_2 = 0. \quad (37)$$

As leis de Kirchhoff podem ser aplicadas a um circuito para identificar a corrente em qualquer um dos seus ramos, o sentido da corrente, a resistência de um determinado resistor, a fem de um gerador ou sua resistência interna, assim como a fem de um receptor ou a sua resistência interna.

#### 2.4.8 Os principais instrumentos elétricos de mediação

A fim de medir as grandezas elétricas, os instrumentos elétricos de medição podem ser classificados como de bancada, analógicos ou digitais, porém, com diferentes graus de precisão, sendo os principais: i) Voltímetro: usado para medir a voltagem ( ddp ou tensão), este instrumento possui duas ponteiros que necessitam ser ligados em paralelo, pois são capazes de medir a diferença de potencial (ddp) entre dois pontos. Já que na associação em paralelo, a ddp é a mesma nos terminais. Além disso, possui como característica uma impedância de entrada elevada; ii) Amperímetro: tal instrumento é usado como medida da corrente elétrica, também conhecida como amperagem. O amperímetro é composto por duas ponteiros que, por sua vez, precisam ser ligados em série, a fim que a corrente transite no interior do instrumento. Sua principal característica é a impedância de entrada baixa. iii) Ohmímetro: adotado para medir resistência elétrica (em ohms), também constituído por duas ponteiros. Para fazer a medição é necessário que o componente seja parcialmente desconectado do circuito, além de não ser conectado a circuitos energizados; iii) Multímetro: com o avanço digital, os instrumentos elétricos de medição analógicos estão sendo gradativamente substituídos pelos multímetros digitais, devido sua praticidade, precisão e maiores funcionalidades que reúnem a função de voltímetro, ohmímetro e amperímetro.

#### 2.4.9 Dispositivos de segurança

Segundo Moraes e Teixeira (2006, p. 44), os dispositivos de segurança “[...] são dispositivos que protegem o circuito elétrico. Ao serem atravessados por uma corrente de intensidade maior do que aquela que o circuito suporta, interrompem a corrente, protegendo os demais elementos do circuito”. Sendo assim, tem-se como consequência a preservação de outros elementos que compõem o circuito.

Destarte, os exemplos mais usuais de dispositivos de segurança são, os fusíveis e os disjuntores. O primeiro, é originado por material de chumbo e estanho que se unem quando atravessados por uma corrente elétrica mais elevada que a capacidade do circuito, tendo como principal objetivo, proteger a instalação. Sua ligação feita em série funciona como o elo fraco, que se quebra quando ocorre um curto circuito ou uma sobrecarga.

Os fusíveis mais comuns são: i) Fusível de rosca: constitui-se por uma liga de estanho e é comumente adotado em áreas residenciais por meio do relógio de medição elétrica e no quadro de distribuição; ii) Fusível de cartucho: este, por sua vez, é habitualmente usado em

aparelhos sonoros, sendo constituído por um tubo de papelão, tendo em sua composição fio interno e, em algumas situações, areia. Ressalta-se que para um bom funcionamento do fusível, torna-se necessário sua substituição sempre que usado em demasia, a fim de evitar possíveis queimas.

Já os disjuntores, adotados em circuitos elétricos residenciais, são chaves especiais que impedem automaticamente a passagem da corrente elétrica quando sua intensidade é maior que o valor máximo suportado pela instalação. Portanto, ao interromper a corrente elétrica em casos de curto circuito ou sobrecarga, o disjuntor incorpora mesma função dos fusíveis. Contudo, tem-se como diferença a reutilização.

O disjuntor constitui-se por um interruptor simples, conectado a uma lâmina bimetálica ou a um eletroímã. Sendo assim, o disjuntor nada mais é que uma simples solução para a descarga elétrica que pode ser fatal. Ressalta-se, ainda, que tais interruptores funcionam por meio de efeitos térmico, magnético ou ambos.

Dessa forma, os disjuntores térmicos são originados por uma lâmina bimetálica que ao ser percorrida por uma corrente mais elevada que sua projeção, tende a se encurvar e abrir o circuito. Em contrapartida, os disjuntores magnéticos são chaves que internamente possuem eletroímã. Sendo assim, quando uma corrente elevada passa pela bobina do eletroímã, é produzido um abrupto campo magnético possível de abrir o circuito. Já os disjuntores termomagnéticos, adotam os dois princípios, térmico e magnético, simultaneamente.

#### 2.4.10 Capacitores

Capacitor ou condensador é um dispositivo utilizado nos circuitos elétricos com o objetivo de armazenar cargas elétricas e, conseqüentemente, energia potencial elétrica, ou simplesmente energia elétrica. Ele é constituído basicamente por dois condutores separados por um isolante. Os condutores são chamados armaduras ou placas do capacitor e são carregados, um positivamente e o outro negativamente. O isolante do capacitor é chamado de dielétrico, que é uma substância isolante que possui alta capacidade de resistência ao fluxo de corrente elétrica, podendo ser o próprio ar, vidro, parafina, mica, porcelana, papel ou um outro isolante (MORAES; TEIXEIRA, 2006).

Para carregar um capacitor, basta que seus terminais sejam conectados aos polos de um gerador. Desta forma, é denominada capacitância  $C$  a propriedade que os capacitores têm de armazenar cargas elétricas na forma de campo eletrostático. Sendo assim, a capacitância é

medida através do quociente entre a quantidade de carga (Q) e a diferença de potencial (V) existente entre as placas do capacitor, sendo representada matematicamente como:

$$C = \frac{Q}{V}. \quad (38)$$

No Sistema Internacional de Unidades, a unidade de capacitância corresponde ao farad (F). Entretanto, essa é uma medida muito grande e que para fins práticos são utilizados valores expressos em microfarads ( $\mu\text{F}$ ), nanofarads (nF) e picofarads (pF). A capacitância de um capacitor de placas paralelas, ao ser colocado um material dielétrico entre suas placas, é diretamente proporcional à área das placas do capacitor (A) e inversamente proporcional à distância entre elas (d), podendo ser determinado da seguinte forma:

$$C = \frac{k\epsilon_0 A}{d}. \quad (39)$$

Onde:

$\epsilon_0$  é a permissividade do espaço;

A é a área das placas;

d é a distância entre as placas do capacitor.

Os capacitores podem ser associados em série ou em paralelo, dependendo da finalidade. Na associação em série a armadura negativa do capacitor está ligada a armadura positiva do capacitor seguinte. Quando os capacitores são ligados em série a carga da associação é igual para todos os capacitores.

$$Q = \text{constante}$$

Portanto a diferença de potencial elétrico é expressa em cada capacitor por:

Se,

$$C = \frac{Q}{V}.$$

Isolando “V”, temos que;

$$V_1 = \frac{Q}{C_1}, \quad (40)$$

$$V_2 = \frac{Q}{C_2}, \quad (41)$$

$$V_3 = \frac{Q}{C_3}. \quad (42)$$

Como,

$$V = V_1 + V_2 + V_3,$$

percebe-se que:

$$\frac{Q}{C_{eq}} = \left(\frac{Q}{C_1}\right) + \left(\frac{Q}{C_2}\right) + \left(\frac{Q}{C_3}\right). \quad (43)$$

Portanto a capacitância equivalente ( $C_{eq}$ ) é dada por:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}. \quad (44)$$

Na associação de capacitores em paralelo as armaduras negativas do capacitor são ligadas entre si, assim como as armaduras positivas do capacitor. Quando os capacitores são ligados em paralelo a ddp da associação é a mesma para todos os capacitores.

$$V = \text{constante}$$

Portanto a carga em cada capacitor é expressa por:

Se,

$$C = \frac{Q}{V}.$$

Isolando “Q”, tem-se que:

$$Q_1 = C_1 \cdot V, \quad (45)$$

$$Q_2 = C_2 \cdot V, \quad (46)$$

$$Q_3 = C_3 \cdot V, \quad (47)$$

Como,

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3,$$

percebemos que:

$$C_{eq} \cdot V = C_1 \cdot V + C_2 \cdot V + C_3 \cdot V. \quad (48)$$

Portanto a capacitância equivalente ( $C_{eq}$ ) é dada por:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n. \quad (49)$$

### 3 METODOLOGIA

O presente capítulo apresenta o viés metodológico adotado pela presente dissertação. Discorre-se, primeiramente, o contexto da pesquisa, ressaltando seus sujeitos e instrumentos metodológicos de coleta de dados empíricos. Em seguida, apresentam-se alguns aportes teóricos sobre as características dos instrumentos didáticos adotados na sequência didática, bem como descreve-se o roteiro de atividades que a compõem.

#### 3.1 A Pesquisa

A metodologia de pesquisa utilizada possui viés qualitativo. Para Patton (1986) apud<sup>3</sup> Alves (1991), existem três características que são consideradas como bases importantes dos estudos qualitativos: i) visão holística, ou seja, valorização do contexto para a compreensão de um evento; ii) abordagem indutiva, ou seja, o pesquisador parte de observações mais livres para destacar as relevâncias; iii) investigação naturalista, ou seja, apesar da importância do investigador, há uma minimização de sua intervenção no contexto

Em contrapartida, Moreira e Rosa (2016) apontam três metodologias principais nas abordagens qualitativas: a etnografia, o estudo de caso e a pesquisa-ação. A etnografia tem como principal objetivo descrever elementos de uma cultura, por exemplo, uma tribo indígena.

O estudo de caso, por sua vez, trata-se da observação minuciosa de um contexto, um indivíduo, uma fonte documental ou um acontecimento específico (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 89). Podem ser subdivididos em três tipos principais: estudos de caso de organizações, estudos de caso de observação e histórias de vida (Ibid., p. 90-93). Técnicas específicas de coleta de dados são utilizadas como, por exemplo, a observação participante e entrevistas.

A pesquisa-ação ou investigação-ação tem como objetivo principal atuar/melhorar alguma prática, evidenciando menos a geração de conhecimentos. O investigador atua principalmente para influenciar o processo de tomada de decisão de um grupo em prol da mudança social (Ibid., p. 266; 292).

Dito isto, a presente investigação pode ser categorizada como um estudo de caso de observação (BOGDAN; BIKLEN, 1994), de natureza descritiva e interpretativa (MOREIRA; ROSA, 2016, p. 14). Nos estudos de caso de observação é possível utilizar uma técnica de recolhimento de dados denominada “observação participante” (BOGDAN; BIKLEN, 1994), ocasião em que o observador compartilha ativamente das atividades propostas ao grupo e

---

<sup>3</sup> PATTON, M. *Qualitative evaluation methods*. Beverly Hills, Sage Publ., 1986.



recolhe informações abundantes do processo a ser descrito e analisado. Há uma possibilidade de entrevista denominada “conversa o continuada” (GASKELL, 2003, p. 69), oportunidade em que o investigador mant m um diálogo constante com os sujeitos participantes.

Portanto, neste estudo de caso de observa o, o enfoque da pesquisa restringe-se a um grupo específico, sendo este, uma turma do Ensino Médio de uma institui o escolar privada, tendo como objetivo investigar a aprendizagem sobre eletrodinâmica por meio do método ‘sala de aula invertida’, aliado a diferentes instrumentos didáticos aplicados em uma sequência didática.

### 3.1.1 Lócus da Pesquisa

A pesquisa proposta foi realizada em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio de uma institui o de ensino básico privado localizada no município de Campos dos Goytacazes/RJ. Para tanto, foi firmada uma reunião com o Diretor Geral e equipe pedagógica da referida institui o de ensino, a fim de explicar todas as etapas da pesquisa e possibilidades de aplica o. Ressalta-se que a escolha desta institui o particular de ensino para realiza o da pesquisa está vinculada   acessibilidade e flexibilidade da pesquisadora nesta institui o, pois atua como professora de Física no referido colégio. Além disso, a institui o de ensino em que foi aplicada a presente pesquisa, proporciona e incentiva o uso de diferentes TDIC e metodologias de ensino que inserem o aluno como protagonista do seu conhecimento. Além de adotarem um material didático digital, ambiente virtual de aprendizagem, plataforma adaptativa, entre outros recursos pertencentes   editora da Rede de Escolas, na qual a institui o de ensino em que foi realizada a pesquisa, incentiva   ado o de outras TDIC gratuitas.

Além disso, em reuniões pedagógicas da escola já foram socializados em diferentes anos letivos, a dificuldade que os alunos possuem em Física devido sua abstra o. Outro fator relevante, associa-se ao fato dos alunos terem acesso contínuo às TDIC, estando familiarizados   abordagens didáticas que estimulem o uso de diferentes tecnologias digitais. Tal fato, exige um maior preparo do professor, o qual precisa acompanhar os avanços tecnológicos e explorar possibilidades de aulas mais dinâmicas e criativas que despertem o interesse dos alunos aliando a teoria   prática.

### 3.1.2 Instrumentos

Foram consideradas as observações/anotações efetuadas pela professora/pesquisadora durante a aplicação da proposta didática, principalmente relativas ao engajamento cognitivo dos alunos no processo de aprendizagem conceitual e procedimental, sem desmerecer os vieses atitudinais relevantes.

Além disso, fazem parte do instrumental de coleta de dados as questões presentes ao longo da sequência didática, principalmente focadas nos conteúdos relativos aos conceitos pertinentes, assim como aos questionários aplicados.

## 3.2 O Ensino

Tendo em vista as tecnologias atuais e objetivando o engajamento do aluno como protagonista do processo de aprendizagem, a utilização da sala de aula invertida torna-se um método valioso na construção do conhecimento e no despertar do interesse e da motivação dos alunos que hoje dispõem de recursos mais dinâmicos e interativos, não sendo estimulados apenas por uma aula tradicional, onde o professor é o agente ativo e a peça fundamental no processo de ensino.

A sala de aula invertida tem o objetivo de transformar os métodos tradicionais de ensino, invertendo o processo. Uma importante vantagem deste método é que o aluno recebe conteúdos da aula por meio virtual com vídeos, textos, entre outras hipermídias e, assim, tem tempo de estudar e absorver o assunto em momentos mais oportunos, permitindo que as aulas presenciais sejam ressignificadas ao promover discussões em grupo indo direto ao ponto no esclarecimento de dúvidas. Dessa forma, o aluno deixa de ser o agente passivo e se torna agente ativo na construção e reconstrução do conhecimento enquanto que o professor passa a ser o mediador (BERGMANN; SANS, 2016; MORAN, 2015). Para Moran (2014, p. 22) a dinâmica da aula invertida compreende “[...] concentrar no ambiente virtual o que é informação básica e deixar para a sala de aula as atividades mais criativas e supervisionadas”.

Segundo Bergmann e Sams (2016), os professores que desejam inverter sua sala de aula podem utilizar vídeos produzidos por terceiros ou mesmo produzi-los. Ao optar por utilizar vídeos de terceiros, é muito importante a qualidade, além de que sejam pertinentes ao conteúdo que será estudado, cabendo ao professor realizar a conferência destes vídeos, assim como avaliá-los.

Diante disso, as sequências didáticas aqui propostas constituem-se no produto educacional deste trabalho (Apêndice A), aplicado em uma turma de 3º ano do Ensino Médio da instituição de ensino básico privada situada em Campos dos Goytacazes/RJ, no segundo trimestre de 2019, com o uso do método de ensino sala de aula invertida. Ressalta-se, que durante a aplicação da sequência didática a turma já havia tido o contato com o conteúdo de eletrostática, que se torna base fundamental para construção do conhecimento sobre a eletrodinâmica.

Desta forma, a sequência proposta estruturou-se da seguinte maneira:

- a) Questionamentos sobre conceitos de eletrodinâmica associados a situações cotidianas e questionários de sondagem de conhecimento;
- b) Atividade em casa: os alunos assistirão vídeos ou realizarão as atividades com o simulador, resolverão listas de exercícios e registrarão suas observações e/ou dúvidas em seus cadernos;
- c) Orientação do professor para a realização de cada atividade via rede social digital, *Facebook*;
- d) Discussão em sala de aula: nesta etapa, para melhor entendimento dos conteúdos, serão realizadas aulas práticas experimentais, jogos (*QuizOnline*), acompanhamento de outros vídeos, simulações para fins conclusivos, construção de mapas conceituais a serem apresentados, dentre outros;
- e) Em pequenos grupos, os alunos postarão suas ideias no Facebook, que permanecerá aberto para outras discussões.

## 4 O PRODUTO EDUCACIONAL

Este item refere-se à descrição das etapas do produto educacional. Cada etapa corresponde a um passo investigativo, cujo conjunto pode ser chamado de roteiro do produto. Além disso, pode-se englobar uma aula ou duas de 50 min.

O produto educacional foi pensado sob a ótica de posturas didáticas ativas, em específico, a sala de aula invertida (BERGMANN; SAMS, 2016). Teorias de aprendizagem, com viés epistemológico construtivista, também foram levadas em consideração (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980; MOREIRA, 1999). Em seguida são descritos os momentos investigativos que compõem a estrutura do produto educacional.

### ➤ 1º Momento de investigação (2h/aula): questionário inicial

Neste primeiro momento, são lançados questionamentos de situações cotidianas para fins de sondagem dos conhecimentos prévios/alternativos relacionados à eletrodinâmica (ANDRADE *et al.*, 2018; BARBOSA; PAULO; RINALDI, 1999), bem como inserção do tema para os alunos, tendo em vista que os mesmos já possuem conhecimentos relacionados à eletrostática. Em seguida, propõe-se um questionário (Apêndice A).

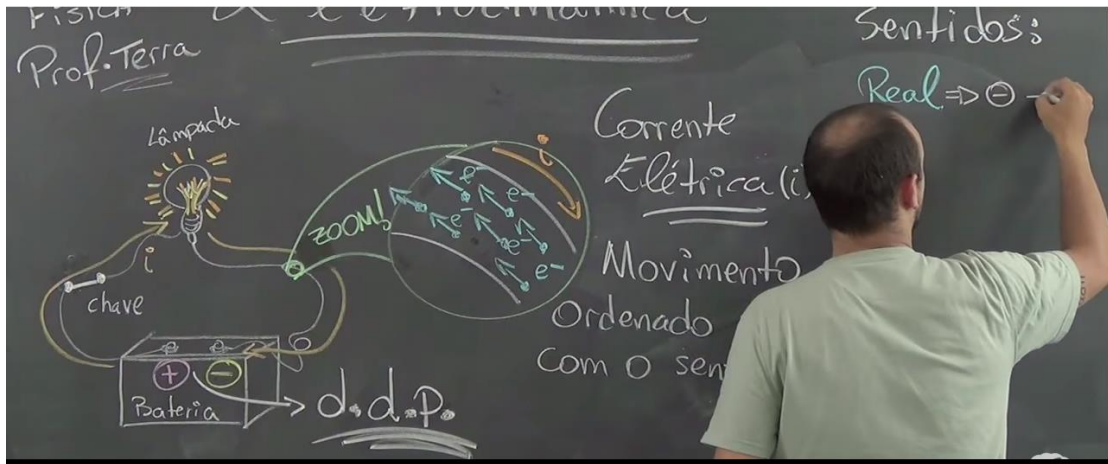
### ➤ 2º Momento de investigação (1 h/aula): Mapa mental/vídeo-aula

Agora que os alunos estão instigados a pensar no tema eletrodinâmica, fazendo as devidas conexões com a eletrostática, já estudado anteriormente, a partir do uso da palavra eletrodinâmica, propõe-se a construção colaborativa de um mapa mental (MOREIRA, 2006), onde cada um terá que colaborar citando uma palavra que relacione ao tema proposto (Apêndice A). O Mapa Mental “[...] constitui um resumo visual que permite ao aluno buscar o conceito central e os conceitos advindos deste e como eles se conectam. O aluno terá também uma compreensão maior do assunto e também das dúvidas que podem aparecer durante a construção do mapa” (MARQUES *et al.*, 2016, p.3). Através do mapa construído, o professor terá como observar a compreensão do aluno sobre um determinado tema, através da análise de como ele conecta e cria as hierarquias entre os conceitos.

Os questionamentos iniciais e o mapa mental têm como objetivo instigá-los a uma resposta mais específica no âmbito da física, visando uma vídeo-aula (duração 27:04) que será sugerida pelo professor para fins de afloramento dos subsunçores e também como organizador

prévio (MOREIRA, s. d., p. 4), visando a introdução do conteúdo. A vídeo-aula é sugerida para ser assistida em casa (Figura 9).

**Figura 9** -Vídeo-aula com conceitos iniciais de eletrodinâmica



Fonte: Youtube, <https://www.youtube.com/watch?v=EaUKawWYLA4>

Ao assistir o vídeo, o aluno será estimulado a realizar a conexão dos conhecimentos adquiridos no trimestre anterior sobre eletrostática, a partir dos conceitos iniciais alternativos da eletrodinâmica, em especial, a corrente elétrica e diferença de potencial.

➤ **3º Momento de investigação (2 h/aula): aula presencial e questões**

Nesse momento, sugere-se iniciar a aula com os alunos dispostos em círculo a fim de introduzir uma dinâmica de grupo para fins de relato do que foi apreendido sobre a temática da vídeo-aula e sanar algumas supostas dúvidas. Com essa dinâmica, espera-se que muitos consigam reformular as respostas que foram dadas aos questionamentos iniciais de sondagem e inserção do assunto em questão.

Em seguida, os alunos serão incentivados a responderem um questionário com conceitos simples de corrente elétrica e tensão associados ao conteúdo já visto de eletrostática (Apêndice A). Esse momento é importante para que seja feito a conexão dos conhecimentos, estabelecendo uma diferenciação progressiva (MOREIRA, 1999a).

Além disso, incentiva-se a proposição de situações-problemas similares ao exposto na vídeo-aula para avaliar a construção da aprendizagem. Para casa, a fim de enriquecer o processo de aprendizagem, serão propostas atividades do livro didático e um pequeno vídeo “Eletricidade 3 – entre o mais e o menos” (duração 5:09) (Apêndice A).

Acredita-se que com o vídeo, o aluno irá desenvolver ideias mais concretas a respeito de circuitos elétricos observados em nosso cotidiano e conseguirão realizar conexões com as perguntas iniciais sobre eletrodinâmica.

➤ **4º Momento de investigação (2 h/aula): laboratório**

Nesse momento, os alunos irão se reunir no laboratório de ciências para que a turma, dividida em pequenos grupos, construa pequenos circuitos com materiais simples, com objetivo de aplicarem o conhecimento que aprenderam.

Após a montagem do circuito e realização dos procedimentos experimentais (1h/aula) (Apêndice A), os grupos irão elaborar um relatório científico e apresentar para os colegas e professor.

➤ **5º Momento de investigação (2 h/aula): aula expositiva dialogada/simulação/atividades**

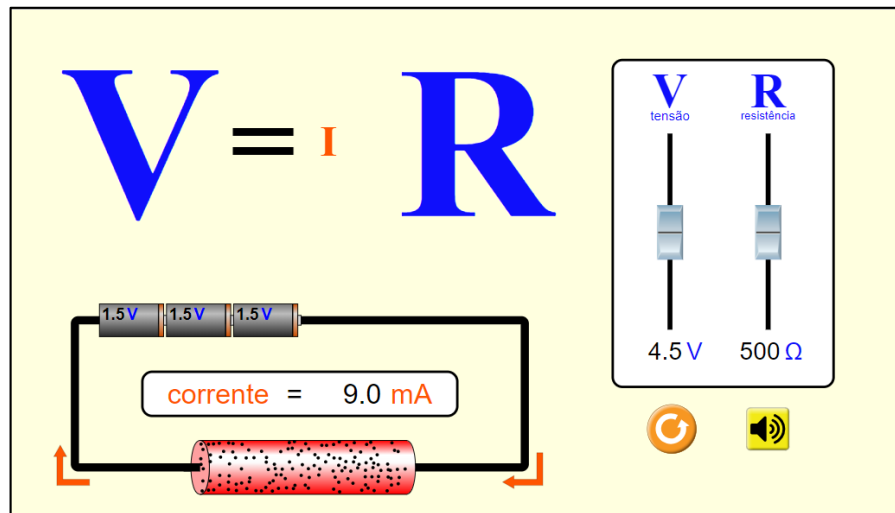
Esse momento será marcado por uma aula expositiva dialogada com *slides* explicativos sobre tipos de associações de resistores (Apêndice A). Em seguida, alguns exemplos cotidianos serão utilizados para fins de identificação. O aluno precisa conhecer a diferença entre esses tipos de associações. Alguns problemas serão resolvidos em sala, como ferramenta avaliativa.

Ainda nesse momento, será estabelecida a relação entre os conceitos estudados - corrente, tensão (ddp) e resistência - baseados em questionamentos a fim de instigar o aluno a uma participação ativa. Para tanto, será proposto através do aplicativo simulador, *Phet*<sup>4</sup>, a elaboração dessa relação através da representação matemática da 1ª Lei de Ohm (Figura 10).

---

<sup>4</sup> Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)

**Figura 10** - Simulador 1: Representação da 1ª Lei de Ohm



Fonte: *Phet*, [https://phet.colorado.edu/sims/html/ohms-law/latest/ohms-law\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/ohms-law/latest/ohms-law_pt_BR.html)

Como tarefa a ser realizada em casa, serão disponibilizadas lista de questões de vestibular e ENEM relacionadas a 1ª Lei de Ohm e circuitos elétricos (Apêndice A). Os alunos precisaram levar dispositivos eletrônicos próprios para aula seguinte, cientes de que foram avaliados através de atividades adaptativas oferecidas pela plataforma da editora adotada pela escola. Segundo Jacobsen, autor do *blog* da Biblioteca Central da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, as plataformas adaptativas:

[...] foram desenvolvidas com inteligência computacional que por trás do ambiente virtual de aprendizado, com conteúdos agrupados e entregues das mais diversas formas, possui um algoritmo capaz de sugerir ao aluno a forma como ele tende a aprender melhor – se por vídeo, texto, atividades interativas ou outras – e, o que é mais revolucionário, os próximos passos que o aluno deve dar para adquirir o conhecimento que precisa. [...] A cada aluno a ferramenta irá oferecer sugestões personalizadas, conforme o tempo que gasta em cada atividade, o tipo de exercício que prefere fazer, o tipo de erro que costuma cometer e outros fatores. Quanto mais o estudante se dedica à plataforma, mais a ferramenta aprende sobre ele e mais específicas são as sugestões.

Neste cenário, ao centrar na realidade da escola onde a presente pesquisa foi aplicada, a adoção de uma plataforma adaptativa pela escola tem como objetivo ajudar estudantes do ensino médio, bem como seus educadores e pais no processo de aprendizagem e gestão pedagógica. O projeto foi construído em conjunto com as escolas da rede de ensino privada, sendo desenvolvida e testada nos anos de 2016 e 2017, onde a instituição de ensino em que foi realizada a presente pesquisa, unidade de Campos dos Goytacazes/RJ, foi uma das escolas que participaram do projeto piloto. A Plataforma engloba ferramentas sob medida para cada aluno construir o seu conhecimento, possuindo um ambiente diagnóstico para aprimorar o trabalho

docente, assim como uma área especial para os pais e responsáveis acompanharem o desempenho dos seus filhos, entre outros recursos diferenciados.

➤ **6º Momento de investigação (2 h/aula): dinâmica com jogos/simulação**

Reserva-se este momento para possíveis dúvidas e resoluções de algumas questões sugeridas para casa. Em seguida, propõe-se a contextualização do efeito joule e, logo após os alunos de forma individual, irão participar de uma avaliação dinâmica através do Jogo: *QuizOnline – Kahoot*<sup>5</sup>(Figura 11), a fim avaliar os conceitos de corrente, seus efeitos e resistência elétrica (Apêndice A).

**Figura 11** - Representação do jogo interativo *Kahoot* sobre conceitos básicos de corrente e resistência



Fonte: *Kahoot*, <https://create.kahoot.it/details/corrente-e-resistencia/921eae23-87ce-4d72-8607-3b035545136d>

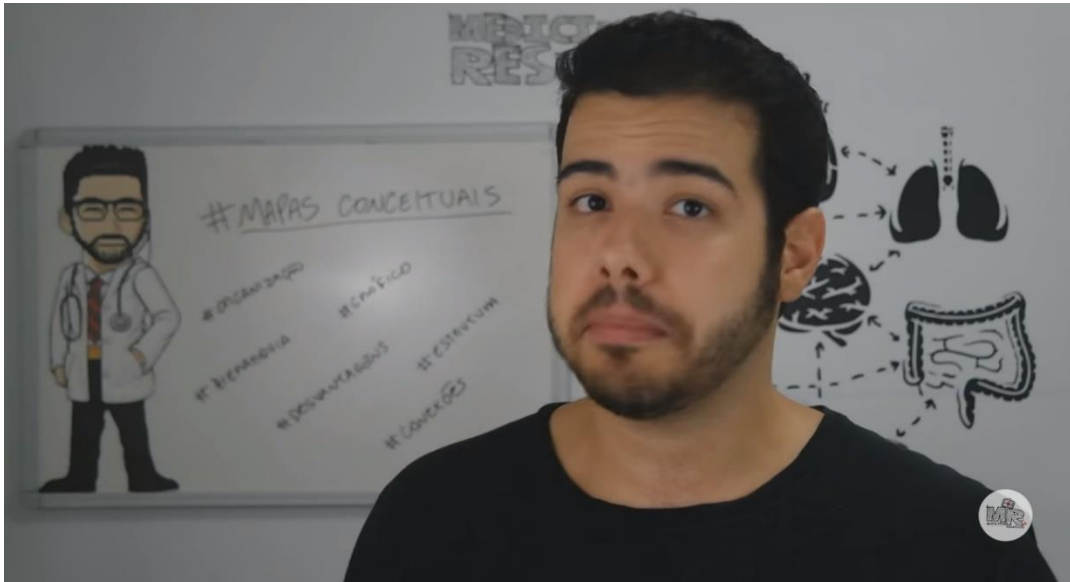
Ainda nesse momento, através do aplicativo de simulação *Phet*, sugere-se a apresentação de alguns fatores que influenciam a resistência elétrica de um condutor, além da corrente elétrica e tensão (ddp). Esse simulador fará a relação desses fatores através da representação matemática da 2ª Lei de Ohm. Em seguida, sugere-se a resolução de questões sobre Leis de Ohm, no livro digital da atividade interativa.

Para casa, propõe-se uma vídeo-aula sobre como construir um mapa conceitual e esboçar as principais ideias envolvidas e assimiladas (Figura 12) e outro vídeo sobre as Leis de Kirchhoff <<https://www.youtube.com/watch?v=5q0ss9G8Xlc>>, bem como as questões relacionadas ao vídeo.

<sup>5</sup> Disponível em: [www.kahoot.com](http://www.kahoot.com)



**Figura 12** - Vídeo-aula 3: Como construir mapas conceituais



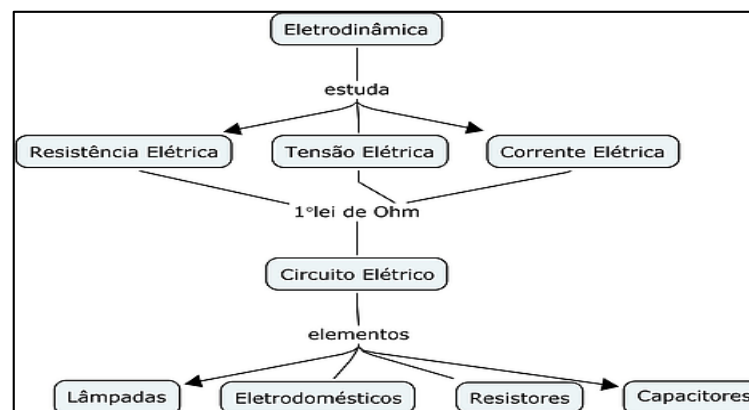
Fonte: Youtube, <https://www.youtube.com/watch?v=7yUNpAOvew8>

➤ **7º Momento de investigação (2 h/aula): mapa conceitual**

Neste momento, propõe-se iniciar com uma explicação de como fazer um mapa conceitual simples (Figura 13), sugerindo um tema central, que será realizado em conjunto. Os alunos deverão elaborar um mapa conceitual com ideias gerais sobre conceitos abrangentes relacionados ao estudo em questão.

As palavras sugeridas podem ser: Carga Elétrica, Corrente Elétrica, Tensão, Resistência, Resistividade, Temperatura, Comprimento, Sessão Transversal, Condutor, Leis De Ohm.

**Figura 13** - Exemplo de modelo de mapa conceitual



Fonte: LOPES (2015)

➤ **8º Momento de investigação (2 h/aula): aula expositiva dialogada/texto**

Neste momento, uma aula será reservada para abordagem expositiva através de *slides* sobre potência elétrica e capacitores. Em seguida, propõe-se a discussão a respeito das contas de energia que serão comparadas e serão estimulados questionamentos investigativos a respeito da influência da potência no consumo e no custo mensal de energia numa perspectiva de reconciliação integradora (MOREIRA, s. d., p. 4; 1999a).

Por fim, será proposta a leitura de um texto da Associação Brasileira de Educação Financeira (ABEF) sobre a importância de economizar energia, a fim de montar um resumo apontando as principais ideias abordadas no texto e citar algumas sugestões para minimização do problema associado ao custo elevado de energia e tarifas alteradas em períodos de picos (integrar o assunto sobre as bandeiras).

➤ **9º Momento de investigação (2 h/aula): mapa conceitual amplo/questões**

Neste momento, propõe-se organizar os alunos em grupos para montar um mapa conceitual amplo com todos os conceitos de eletrodinâmica estudados, onde poderão utilizar o primeiro mapa conceitual que foi construído como referência.

Ainda em grupo, os alunos responderão problemas propostos que foram cobrados no ENEM. Em seguida, será destinado um tempo para apresentação dos mapas conceituais, a fim de proporcionar a interação entre os grupos.

Para casa, os alunos precisarão elaborar um seminário em pequenos grupos, que será apresentado no último encontro. Para essa apresentação, os grupos terão que fazer uso da criatividade para explicar o conteúdo de eletrodinâmica em um experimento criado por eles.

Os alunos precisarão trazer para sala de aula um dispositivo móvel próprio (*tablet* ou *notebook*), para serem avaliados por meio do *Kahoot*.

➤ **10º Momento (2 h/aula): avaliação Quiz/questões**

Neste momento, propõe-se a introdução da aula com uma atividade interativa onde cada aluno estará conectado à internet oferecida pela escola, usando o seu dispositivo pessoal. Por meio do *Kahoot*, serão adotadas questões objetivas disponibilizadas via *web*.

**Figura 14** - Representação do *QuizOnline* sobre eletrodinâmica



Fonte: Kahoot, <https://play.kahoot.it/#/?quizId=00ad3a03-8d52-4a56-99da-c753093b3080>

➤ **11º Momento (2 h/aula): Seminário**

Momento destinado as apresentações dos seminários dos grupos divididos no 9º momento. Posterior à apresentação, será realizada uma dinâmica para conclusão do conteúdo.

➤ **12º Momento de investigação (2 h/aula): Avaliação**

Momento destinado a sondagem do conhecimento, sendo proposto por uma atividade individual para fins de avaliação do conteúdo abordado no decorrer do trimestre e, em seguida, uma avaliação informal do método 'Sala de Aula Invertida', utilizado no processo de construção do conhecimento.

## 5 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO

O produto educacional foi aplicado em uma instituição privada de ensino básico, localizada no município de Campos dos Goytacazes/RJ, em uma turma de 3º ano do Ensino Médio. Tal aplicação englobou um período de 6 semanas entre os meses de maio e junho de 2019. A turma era constituída por 26 alunos, em sua maioria oriundos da escola citada e pertencentes à classe social média, tendo assim, fácil acesso às tecnologias digitais. Além disso, em relação a organização do ano letivo da referida instituição, segue o sistema trimestral de ensino, ou seja, é dividido em três etapas ao decorrer do ano.

A turma foi selecionada levando em consideração o fato da professora/pesquisadora lecionar nesta escola e por ser a única turma de 3º ano de Ensino Médio na escola. Outro fator relevante associa-se ao fato da escola, bem como toda rede de ensino na qual pertence, possuir um forte incentivo pedagógico ao uso de TDIC e proporcionar um ambiente propício para estes tipos de prática pedagógica, o que se torna difícil em outras escolas com realidades educacionais distintas. Portanto, esta sequência didática é sugerida para aplicação em escolas que possuem recursos mínimos como datashow, internet de alta velocidade para acesso simultâneo, alunos com dispositivos móveis e laboratório de informática com computadores em bom estado.

Destarte, ao iniciar o processo de aplicação do produto educacional (Apêndice A), houve uma conversa sobre a importância da participação de todos os alunos junto às atividades das ferramentas propostas, cujas respostas seriam avaliadas com pontuação específica para a etapa vigente<sup>6</sup>. Ressaltou-se ainda que haveria uma avaliação de caráter qualitativo, focada na participação atitudinal durante a intervenção como um todo. Houve um esclarecimento de que tal evento faria parte da dissertação de mestrado do docente/pesquisador.

O produto educacional (Apêndice A) foi apresentado à turma ao longo dos 12 momentos de investigação, compostos de atividades e questões que são os instrumentos de coleta de dados para a pesquisa. Além disso, as observações da professora/pesquisadora também foram consideradas.

Ressalta-se, ainda, que a fim de preservar a identidade dos alunos, esta pesquisa adotou as nomenclaturas, Aluno A, B C, D ... Z, referindo-se aos nomes dos alunos em suas respostas e indagações.

---

<sup>6</sup> Como a escola se organiza em trimestre, cada trimestre é denominado como etapa, sendo assim: Etapa 1 correspondente ao primeiro trimestre; Etapa 2 correspondente ao segundo trimestre, e; Etapa 3 correspondente ao terceiro trimestre. O produto educacional foi aplicado na segunda etapa, sendo pontuado como avaliação processual, ou seja, avaliado durante todo o processo de construção do conhecimento da segunda etapa do ano letivo.

O primeiro momento de investigação (Apêndice A) contemplou um questionário de coleta das concepções alternativas de forma individual e uma representação sobre o método que foi utilizado como ferramenta, a sala de aula invertida. Tal coleta é considerada uma das etapas principais, já que o novo conhecimento poderá vir a se inserir na estrutura cognitiva do aprendiz a partir dos subsunçores, permitindo que ocorra uma aprendizagem significativa (MOREIRA, 2012).

O questionário é composto por nove questões e tem como objetivo verificar as concepções alternativas sobre noções em eletrodinâmica. Esta atividade teve a duração de 30 minutos. De uma maneira geral, a turma já caracterizava e definia de forma coerente o conceito de eletrodinâmica, baseando-se na etapa anterior durante o ensino da eletrostática. Logo, do ponto de vista da Física, não houve interpretações equivocadas quanto a isso, exceto para um único aluno, conforme pode ser notado nas respostas de algumas das questões propostas.

Na questão 1 (*Já estudamos e aplicamos conceitos de eletrostática. Em que se basearia o estudo da eletrodinâmica?*), refletindo a respeito do que já haviam estudado em eletrostática, quando foi trabalhada a diferença entre esta e a eletrodinâmica, a maioria dos alunos responderam de forma clara, objetiva e correta focando na ideia de ser o estudo das cargas elétricas em movimento. Porém, 5 alunos demonstraram não associar nada do que já havia visto anteriormente. Dentre as principais respostas imprecisas estão as seguintes:

*“Enquanto me movimento, as cargas elétricas se agitam também.”*

(Aluno A);

*“Carga elétrica são íons, ou seja, excesso de prótons ou elétrons e a eletrodinâmica é o estudo desses íons.”* (Aluno B);

*“Não consigo ver nenhuma relação.”* (Aluno C);

*“Carga é simplesmente energia e a eletrodinâmica é a ação da força e da energia.”* (Aluno D);

*“Talvez a carga elétrica fosse chamada de eletrodinâmica.”* (Aluno E).

Na questão 2 (*Baseado em sua intuição, onde poderíamos observar a presença da eletrodinâmica em nosso cotidiano? Ao seu redor, na sala de aula, em casa ...*), todos conseguiram associar os equipamentos elétricos/eletrônicos do cotidiano. Não havendo nenhuma dúvida a respeito.

Na questão 4 (*O que é preciso, para o Datashow, ar condicionado e computador funcionarem?*), diversas respostas distintas puderam ser observadas, como:

*“É necessário energia elétrica para movimentar as cargas elétricas presentes nos aparelhos.”* (Aluno A);

*“É preciso que as cargas se movimentem a fim de gerar carga elétrica para fazer os equipamentos funcionarem.”* (Aluno B).

Ressalta-se que a maior parte dos alunos respondeu que basta ter energia elétrica ou corrente elétrica.

Na questão 6 (*Todos os aparelhos que precisam de energia para funcionar geram um mesmo gasto? O que será que interfere?*), e na questão 7 (*Existe alguma relação entre o tempo de funcionamento de um equipamento que precisa de energia com o custo que ele gera, no mês?*), todos deram respostas satisfatórias.

Na questão 8 (*Porque devemos substituir lâmpadas incandescentes por lâmpadas de led ou fluorescentes?*), todos os alunos falaram da economia gerada. Alguns se aprofundaram mais comentando sobre efeito joule como, por exemplo, o Aluno F que respondeu:

*“Além das lâmpadas fluorescentes serem mais econômicas, a energia é mais ‘aproveitada’, pois nas lâmpadas incandescentes ocorre o efeito joule (energia em forma de calor), gastando mais. Já na led, ocorre um processo químico e físico”* (Aluno F).

Na pergunta investigativa oral (*Você consegue relacionar eletrostática com eletrodinâmica?*), a maioria dos alunos - refletindo a respeito do que já haviam estudado e lembrando que a diferença entre eletrostática e eletrodinâmica já havia sido mencionada - responderam de forma clara, objetiva e correta, apenas aluno respondeu que não conseguia relacionar. Além disso, algumas respostas não foram ideais como, por exemplo:

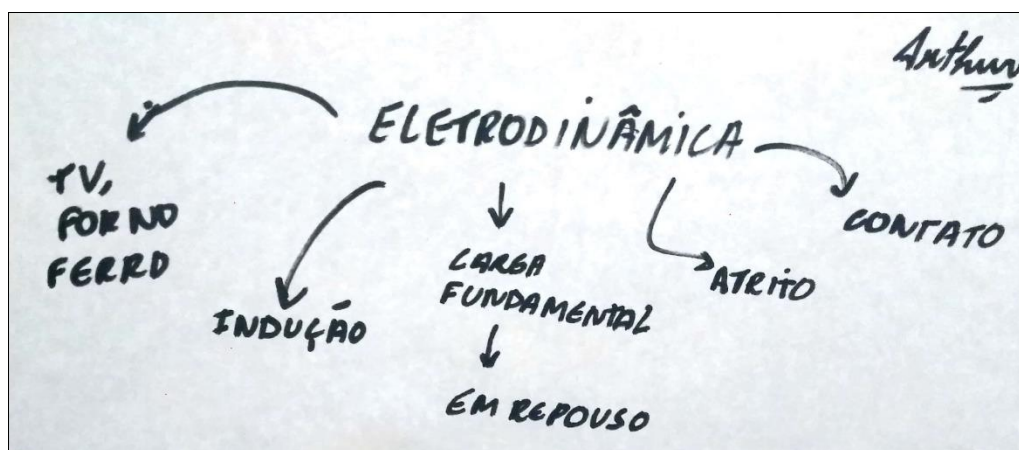
*“Quando você usa aparelho é eletrodinâmica, quando você não usa é eletrostática.”* (Aluno D);

*“Eletrostática é a energia e eletrodinâmica é a ação que é feita sobre a energia.”* (Aluno A).

Ainda nesse momento, alguns dispositivos elétricos foram apresentados a fim de verificação de conhecimento, tanto em relação à identificação, quanto as funções e objetivos de utilidade. Esta atividade foi conduzida por diálogo, professor e alunos, de forma interativa e teve uma duração de 40 minutos, ficando notório que muitos dispositivos, como pilha, lâmpada, circuito elétrico simples era de conhecimento de todos. Enquanto apenas 4 alunos souberam identificar e explicar a aplicação do multímetro. Nenhum aluno identificou os resistores e o capacitor. Porém, durante a breve exposição dialogada conseguiram relacionar os resistores com os aparelhos utilizados com a finalidade de aquecer, por exemplo, como citaram: chuveiro elétrico, sanduicheira, ferro de passar roupa.

O **segundo momento de investigação**, consistiu na elaboração de um mapa mental, que como já definido anteriormente, corresponde a diagramas nos quais o conhecimento é organizado de forma a encadear o pensamento (MOREIRA, 2011). De uma maneira geral, apenas um aluno elaborou um mapa mental considerado inadequado, devido a erros conceituais (Figura 15).

**Figura 15** - Mapa mental considerado inadequado



Fonte: Autoria própria

Os demais alunos conseguiram, através do mapa (Figura 16), organizar de maneira satisfatória os conhecimentos prévios e os conceitos adquiridos após a breve aula dialogada durante apresentação dos diversos dispositivos eletrônicos.

**Figura 16** - Exemplos de mapas que foram considerados adequados



Fonte: Autoria própria.

Os questionamentos e o mapa mental tiveram como objetivo verificar a aprendizagem dos alunos, a partir de uma vídeo-aula que foi sugerida para casa a fim de propiciar um contato inicial com o conteúdo introdutório de eletrodinâmica. Após a vídeo-aula, os alunos



responderam algumas questões para instigar a dinâmica em sala. Como todas as tarefas de casa, a avaliação foi feita com base na interação individual na aula seguinte.

Na pergunta 1 (*Gostou? O que te chamou mais a atenção?*), todos os alunos responderam ter gostado do vídeo, com a ponderação de apenas um, que apesar de ter achado interessante, preferia ter visto o conteúdo através da aula tradicional com a professora. Dentre as respostas, vale destacar:

*“Excelente! A clareza que nos conduz a uma aprendizagem de forma tão rápida.”* (Aluno F);

*“Muito bom. Consegui aprender sem precisar copiar tanta coisa do quadro ou sair lendo várias páginas do livro.”* (Aluno A);

*“Bom. Gostei muito de aprender assistindo vídeo. Pois, vejo quantas vezes julgo necessário.”* (Aluno B);

*“Interessante. Mas, prefiro a professora explicando de forma contextualizada.”* (Aluno G);

*“Muito bom. Aprendendo sem muito esforço e sofrimento.”* (Aluno C).

Na pergunta 2 (*Anote aqui suas principais dúvidas para a próxima aula*), apenas um aluno respondeu não ter dúvidas, pois o vídeo transmitia muita clareza e objetividade: *“Não tenho dúvidas em nada. O vídeo é bem objetivo e claro.”* (Aluno H). Outras respostas:

*“Não entendi a aplicação do capacitor, onde uso? Onde temos ele em nosso cotidiano? Na sala, por exemplo?”* (Aluno I);

*“Se corrente elétrica é o movimento ordenado dos elétrons, como ele sairia do positivo para o negativo?”* (Aluno A);

*“Não consigo ver em nada que me cerca, o emprego do capacitor. O que acontece se eu tiver um circuito sem capacitor?”* (Aluno B).

Na pergunta 3 (*Após a vídeo-aula do professor Terra, de que maneira você explicaria o conceito de corrente elétrica*), todos souberam explicar o conceito da corrente elétrica. Eis alguns exemplos:

*“Como o movimento ordenado dos elétrons.”* (Aluno H);

*“Movimento ordenador dos elétrons, devido uma tensão elétrica. Precisa-se de um condutor para que ela flua.”* (Aluno L).

Ainda na pergunta 3 (*Por que temos dois sentidos da corrente elétrica?*), apenas dois alunos responderam a respeito. Os demais, não conseguiram formular respostas:

*“Temos o sentido real e o convencional.”* (Aluno H);

*“O sentido real é o movimento dos elétrons do polo negativo para o positivo. Já o convencional é o sentido do campo elétrico, que sai do positivo para o negativo.”* (Aluno M).

Na pergunta 4 (*O que você entende por capacitores (citado na questão do UFSCAR)?*), destacam-se algumas respostas:

*“Dispositivo para armazenar cargas elétricas, só não sei para que.”*  
(Aluno N);

*“Dispositivos usados para armazenar carga elétrica e converter corrente alternada em corrente contínua.”* (Aluno O).

O **terceiro momento de investigação** consistiu na dinâmica de integração dos temas da tarefa de casa (vídeo-aula). Alguns alunos permaneceram com dúvidas quanto à identificação e função dos capacitores, entretanto, tais dúvidas foram esclarecidas pelos próprios colegas, durante a interação.

Posterior a conclusão do raciocínio, assuntos mais específicos foram aprofundados, instigando e retornando aos resistores apresentados na primeira aula e transmitindo um *slideplayer*<sup>7</sup> sobre o código de cores dos resistores, aula expositiva dialogada referente à

---

<sup>7</sup> Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/1613530>

corrente elétrica e resistência (*slides*) e questionário investigativo de aprendizagem sobre o assunto da aula. Em seguida, as perguntas com algumas respostas.

Na pergunta 1 (*Gostou da aula? O que te chamou mais a atenção?*), 96% dos alunos relataram ter gostado muito por sanar muitas dúvidas e tornar mais ‘claro’ certos conceitos. O aluno que mais se destacou, respondeu:

*“O que mais me chamou atenção foi que com apenas uma aula da professora, praticamente tudo ficou claro na minha cabeça. Pois, com as conversas e o vídeo, muitas dúvidas já foram esclarecidas. Sem a eletrodinâmica, não imagino como seria nossas vidas.”* (Aluno P).

Um único aluno respondeu não ter gostado. Relatando que nenhum assunto pertinente a eletrodinâmica, chamaria atenção dele, uma vez que basta saber que os equipamentos funcionam e pronto:

*“Não irei trabalhar com nada que interesse o motivo pelo qual funciona.”* (Aluno A).

Na pergunta 2 (*Explique o que seria o efeito joule. Existe alguma vantagem? Comente situações cotidianas em que visualize a necessidade de tal efeito*), todos os alunos conseguiram responder claramente o que seria o efeito joule e aplicações no cotidiano. Entretanto, ao indagar sobre se existia alguma vantagem, dois alunos não souberam responder.

*“Sei que efeito joule existe devido à passagem da corrente elétrica no resistor. Mas, não consigo ver vantagem uma vez que consome mais energia”* (Aluno B);

*“O movimento dos elétrons de maneira ordenada (corrente) gera aquecimento. Esse calor gerado é o que chamamos de efeito joule que não traz nenhum benefício.”* (Aluno C).

Dentre as diversas respostas distintas, vale ressaltar uma que transpareceu uma compreensão ‘ideal’, apesar de todas as demais terem sido satisfatórias:

*“Sabendo que efeito joule é uma energia dissipada “perdida” em forma de calor devido à passagem de corrente elétrica, no condutor. Ou seja, transformação de energia elétrica em energia térmica. Vários*

*aparelhos precisam do efeito joule, como: aquecedor, forno elétrico, secador, torradeira, entre outros que tem como finalidade, aquecer!”*  
(Aluno G).

Na pergunta 3 (*A intensidade da resistência possui alguma relação com a corrente elétrica? Qual?*), 19% dos alunos (5) não tiveram ideia do que responder. São elas:

*“A corrente elétrica é diretamente proporcional a resistência. Logo, quanto maior a resistência, maior a quantidade de corrente elétrica.”* (Aluno E);

*“A resistência elétrica facilita a passagem de corrente elétrica, gerando efeito joule.”* (Aluno F);

*“Não faço ideia”* (Aluno P);

*“Acredito que a resistência e a corrente elétrica caminham juntas. A corrente elétrica gera a resistência.”* (Aluno I);

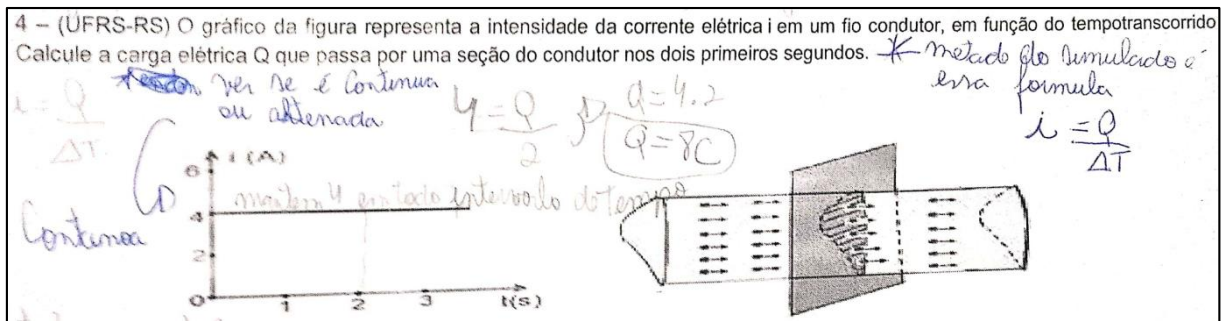
*“Acho que uma coisa não depende da outra.”* (Aluno J).

Os demais responderam de forma satisfatória como, por exemplo:

*“Sim. Como a resistência elétrica é a medida de oposição a passagem de corrente elétrica, quanto maior a resistência, menor a corrente elétrica. Alguns materiais oferecem maior resistência a passagem de corrente elétrica, que outros  
R.”* (Aluno P).

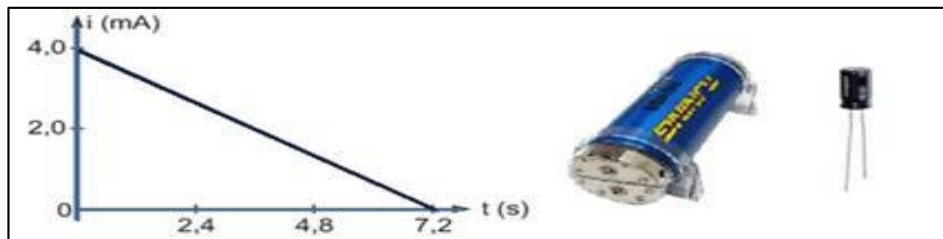
Na pergunta 4 (*UFRS-RS) O gráfico da figura representa a intensidade da corrente elétrica  $i$  em um fio condutor, em função do tempo transcorrido  $t$ . Calcule a carga elétrica  $Q$  que passa por uma seção do condutor nos dois primeiros segundos.*), todos os alunos conseguiram aplicar a fórmula corretamente, conforme alguns das respostas dadas (Figura 17).

**Figura 17 - Resposta do aluno F**



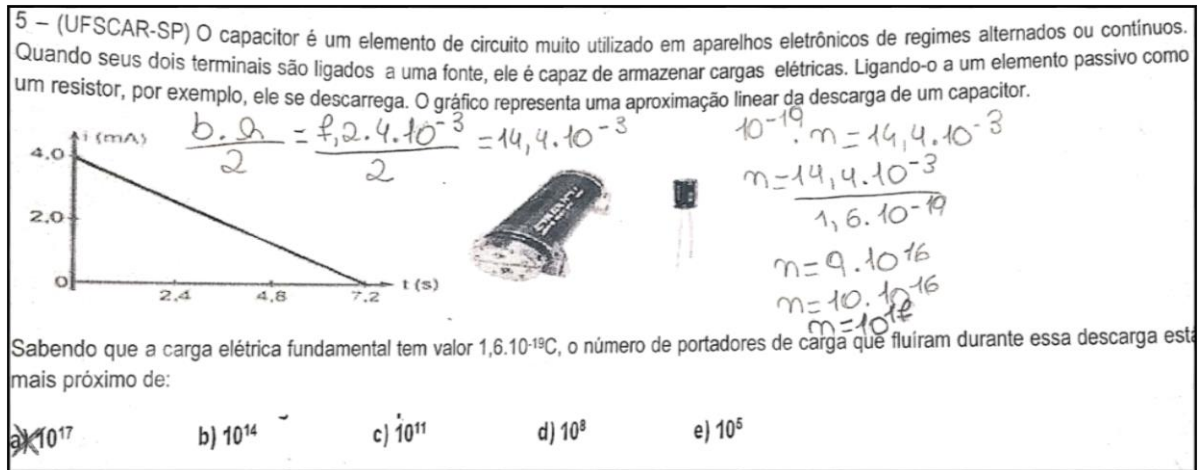
Fonte: Autoria própria.

Na pergunta 5 (UFSCAR-SP) O capacitor é um elemento de circuito muito utilizado em aparelhos eletrônicos de regimes alternados ou contínuos. Quando seus dois terminais são ligados a uma fonte, ele é capaz de armazenar cargas elétricas. Ligando-o a um elemento passivo como um resistor, por exemplo, ele se descarrega. O gráfico representa uma aproximação linear da descarga de um capacitor.



Sabendo que a carga elétrica fundamental tem valor  $1,6 \cdot 10^{-19}C$ , o número de portadores de carga que fluíram durante essa descarga está mais próximo de:), todos os alunos tiveram respostas corretas. A Figura 19 ilustra uma resposta.

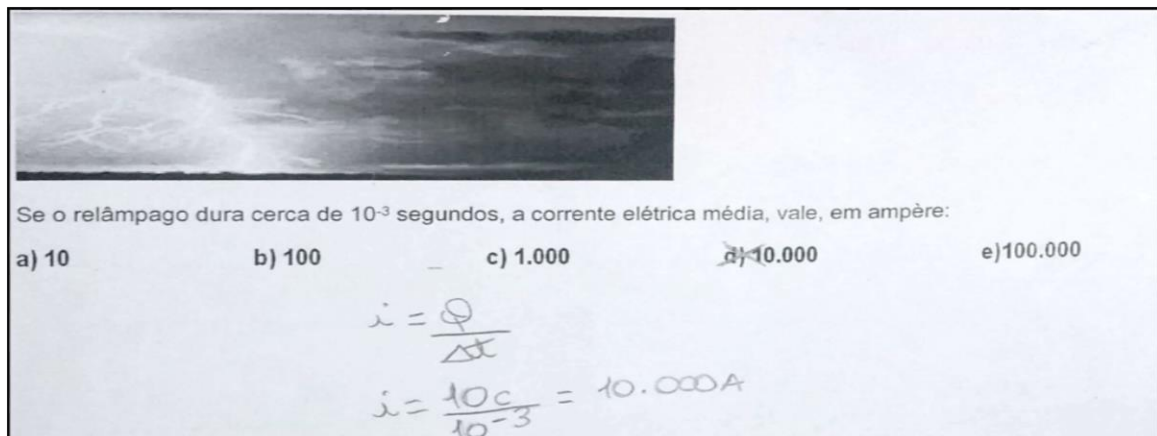
**Figura 18 - Resposta do aluno P**



Fonte: Autoria própria.

Na pergunta 6 (PUC-MG) Em um relâmpago, a carga elétrica envolvida na descarga atmosférica é da ordem de 10 coulombs. Se o relâmpago dura cerca de  $10^{-3}$  segundos, a corrente elétrica média, vale, em ampère:), todos os alunos tiveram respostas corretas. A Figura 19 ilustra uma resposta.

**Figura 19 - Resposta do aluno P em outra questão**



Fonte: Autoria própria.

Para casa, a fim de enriquecer o processo de aprendizagem, foi proposta uma vídeo-aula: “ENEM – 1ª Lei de Ohm: Associação de resistores”<sup>8</sup> (duração 18:01) e, em seguida, deveriam responder duas questões interativas<sup>9</sup> para verificação de aprendizagem. Todos os alunos conseguiram obter êxito nas respostas após assistirem ao vídeo indicado e aos micro-

<sup>8</sup> Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=8Q\\_6GWFN5V4&t=183s](https://www.youtube.com/watch?v=8Q_6GWFN5V4&t=183s)

<sup>9</sup> Disponível em: <https://vivianepepe.wixsite.com/website/atividades-1>

vídeos propostos em cada questão. A Figura 20 ilustra uma das respostas obtidas através do ambiente virtual de aprendizagem da escola de aplicação da pesquisa:

**Figura 20 - Resposta do Aluno C**

### 1. Intensidade da corrente

A intensidade da corrente elétrica é a quantidade de carga que atravessa uma secção do condutor em certo tempo. Quanto maior a quantidade de carga, maior será a intensidade da corrente.

Veja na animação a seguir a intensidade da corrente elétrica.

[Técnica de aprendizagem](#)



**Intensidade da corrente**

Classifique as afirmações a seguir como certas ou erradas:

C  E A unidade de medida da intensidade de corrente elétrica é o coulomb.

C  E Em um circuito elétrico, a passagem de um maior número de elétrons em certo tempo indica uma intensidade da corrente maior.

C  E A quantidade de carga elétrica não influencia na intensidade da corrente.

C  E Se for duplicado o tempo de funcionamento de um circuito e mantida a quantidade de cargas elétricas que circulam por ele por segundo, não haverá variação na intensidade da corrente elétrica.

Resultado: 100 ↻

---

### 2. Resistência elétrica

Qualquer material apresenta certa dificuldade para transmitir corrente elétrica: se é pequena, dizemos que são materiais condutores, se é grande, dizemos que são materiais isolantes. A dificuldade apresentada por um material para a passagem dos elétrons pelo seu interior é a resistência elétrica e se expressa em ohms ( $\Omega$ ).

Observe a apresentação a seguir para entender o que é a resistência elétrica. Classifique as afirmações a seguir como certas ou erradas:

[Técnica de aprendizagem](#)



**Resistência elétrica**

Associe cada característica com o aumento ou diminuição da resistência, tendo em consideração o fato de eles se referirem a um mesmo material.

Aumento do comprimento

Diminuição do diâmetro

Resistores associados em paralelo

Menor comprimento

Resistores associados em série

Aumento do diâmetro

Menor resistividade

Resultado: 100 ↻

Aumento da resistência

Aumento da resistência

Diminuição da resistência

Diminuição da resistência

Aumento da resistência

Diminuição da resistência

Diminuição da resistência

Fonte: Autoria própria.

Com relação ao vídeo sobre associação de resistores e circuito elétrico, indicado para casa, algumas perguntas foram feitas a fim de verificar conexão dos conceitos e se houve assimilação.

Na pergunta 1 (*O que achou do vídeo? O que lhe chamou mais a atenção?*), diversas respostas chamam a atenção:

*“Gostei. Me chamou atenção os exemplos usados pelo professor no vídeo.”* (Aluno Q);

*“Achei o vídeo muito interessante, pois a metodologia usada pelo professor é inovadora e de maneira que facilita a assimilação do conteúdo por parte do aluno.” (Aluno C);*

*“Achei o vídeo super legal e o que mais me chamou a atenção foi a explicação sobre o fio das lâmpadas da árvore de natal e dos resistores em série e em paralelo.” (Aluno L);*

*“Achei interessante. O efeito joule e a forma com que a eletricidade se transforma em calor.” (Aluno P).*

Na pergunta 2 (*Quais os principais elementos de um circuito elétrico?*), dentre as diversas respostas, não totalmente erradas (20% não responderam devidamente), vale ressaltar:

*“Voltímetro, amperímetro e condutores.” (Aluno P);*

*“Os principais elementos de um circuito elétrico são: resistores, condutores, capacitores, linhas de transmissão e fonte de tensão – ddp.” (Aluno R);*

*“Os principais elementos de um circuito elétrico são: condutores elétricos (fio) e resistores.” (Aluno I).*

A maioria das respostas (80%) pode ser considerada adequada, fazendo a devida conexão com a 1ª Lei de Ohm, explicada no vídeo, relacionando tensão, corrente e resistência. Eis alguns exemplos:

*“Os principais elementos de um circuito elétrico são: Fonte de tensão (ddp), fio condutor para passagem da corrente elétrica e resistor.” (Aluno F);*

*“Os elementos são: condutores (fios) – passagem da corrente, resistores elétricos, fonte de energia (tensão).” (Aluno M).*

Na pergunta 3 (*Qual a diferença entre associação em série e em paralelo? Consegue visualizar em seu cotidiano os dois tipos de associação?*), dentre as diversas respostas, notou-se que a diferença entre associação em série com a associação em paralelo, relacionando com a corrente elétrica e a tensão, não foi adequadamente assimilada: apenas 1 aluno conseguiu um resultado satisfatório. Mas, estruturalmente, todos conseguiram compreender que no circuito



em série a corrente tem apenas um caminho a percorrer, enquanto que no circuito em paralelo, existem mais opções de caminhos. Algumas respostas foram selecionadas:

*“No circuito em série, a corrente percorre por um único sentido, assim, se uma lâmpada se queimar, todo circuito será prejudicado, não permitindo que as outras lâmpadas se acendam. Já em paralelo, a corrente terá mais de um caminho para percorrer, assim, uma lâmpada se queimando não afetará as demais. Consigo visualizar geradores, capacitores no ar condicionado, por exemplo.”* (Aluno M);

*“A associação em série, a resistência é colocada uma na frente da outra e os resistores dependem um do outro. Em paralelo, cada resistor está em um fio e um não depende do outro. Podemos ver nas luzes de natal, na fiação de casa (paralelo).”* (Aluno R);

*“Associação em série ocorre quando os resistores estão em um mesmo fio. Já na paralela, ocorre quando os resistores estão em fios diferentes e a corrente tem mais de um caminho para percorrer.”* (Aluno P).

A resposta mais de acordo com o esperado foi feita por apenas um aluno, diz:

*“Na associação em série, todos os resistores são ligados de forma a ter apenas um caminho para a corrente percorrer, sendo assim, a corrente é a mesma em todos. Já na associação em paralelo, os resistores são ligados tendo caminhos distintos. Nesse caso, a tensão é a mesma em todos os resistores.”* (Aluno N).

O **quarto momento de investigação** caracterizou-se por uma aula experimental no laboratório de ciências, com a turma dividida em 4 grupos com 6 integrantes cada, já que haviam faltado dois alunos.

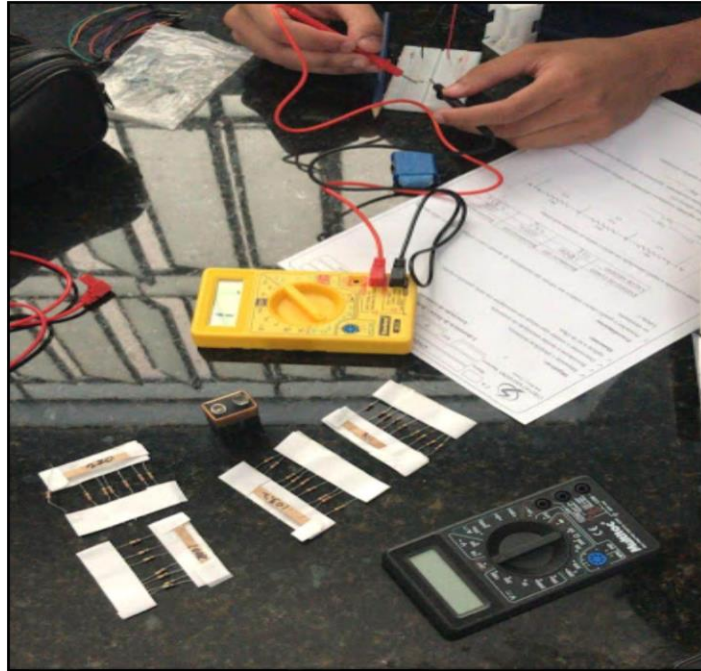
A princípio, os grupos assistiram a um vídeo de como utilizar os instrumentos de medidas <sup>10</sup>como amperímetro, voltímetro, e multímetro. Com a disponibilização de vários materiais (resistores, ohmímetro, amperímetro, voltímetro, fios e baterias) e roteiro a ser seguido e preenchido, os grupos iniciaram as montagens dos circuitos: um em série e outro

---

<sup>10</sup> Disponível: <https://www.youtube.com/watch?v=GBzOsVU3TUc>

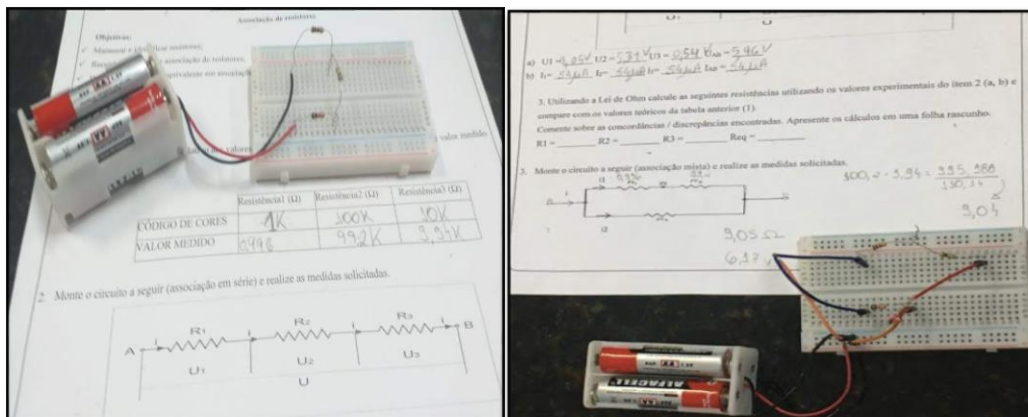
misto, conforme as Figuras (21, 22 e 23), que ilustram alguns dos roteiros já preenchidos e o processo de estruturação dos experimentos.

**Figura 21** - Processo de estruturação e preenchimento do roteiro de um grupo



Fonte: Autoria própria.

**Figura 22** - Processo de estruturação e preenchimento do roteiro de outro grupo



Fonte: Autoria própria.

**Figura 23** - Processo de estruturação e preenchimento do roteiro do terceiro grupo



Fonte: Autoria própria.

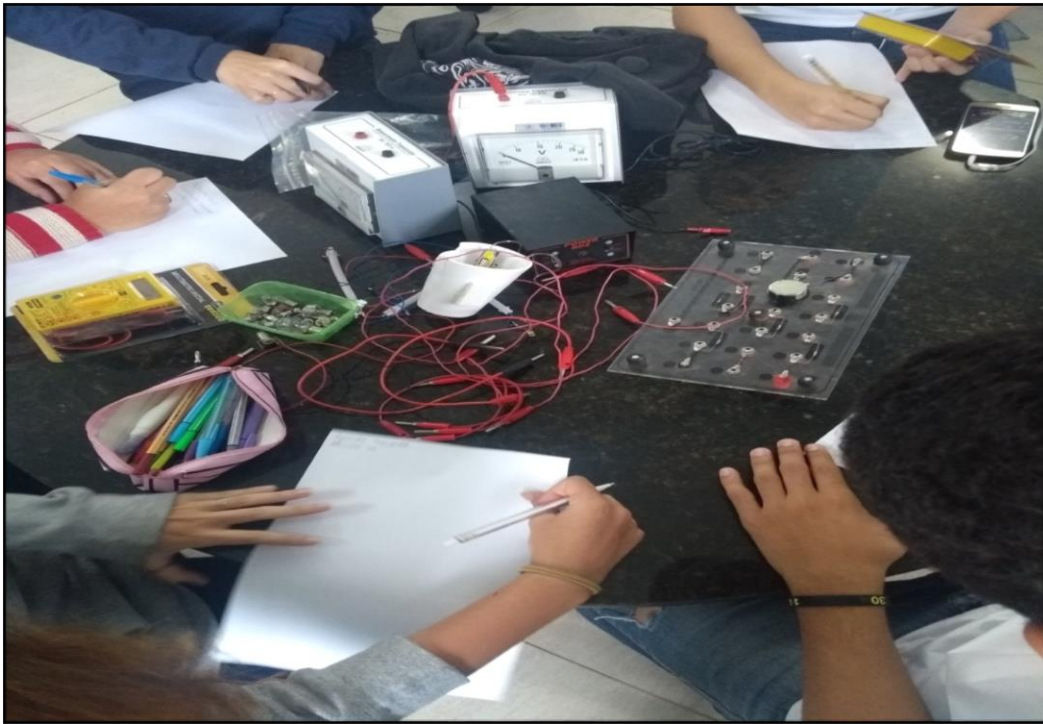
Após montagens, medições e preenchimento dos roteiros, os grupos apresentaram aos demais membros da turma e a professora, os resultados obtidos e o funcionamento dos experimentos. Nesse momento, apenas dois dos quatro grupos, conseguiram fazer as montagens devidamente, conforme sugeria o roteiro preparado pela professora. Os outros dois grupos não conseguiram fazer a montagem do circuito com as associações em série e em paralelo, conforme ilustra a Figura 24. Desses, apenas um grupo não conseguiu fazer as medições de forma satisfatória.

**Figura 24** - Grupo apresenta associação em série



Fonte: Autoria própria.

**Figura 25** - Grupo com medições insatisfatórias



Fonte: Autoria própria.

Independente dos grupos que não obtiveram êxito com os objetivos atingidos, para casa, foi sugerido a elaboração de um relatório científico seguindo os mesmos padrões do relatório modelo disponibilizado no decorrer da etapa anterior para trabalho sobre eletrostática.

O **quinto momento de investigação** foi iniciado pela entrega dos relatórios científicos, para fins de avaliação do conhecimento e conclusão do conteúdo, através de uma aula expositiva dialogada sobre associação de resistores (*slides*).

Os relatórios científicos estavam todos seguindo o padrão solicitado, conforme eles já faziam anteriormente para todas as aulas práticas de conteúdos anteriores. Fica nítido que até mesmo os grupos que não obtiveram êxito na montagem dos circuitos, bem como as devidas medições, souberam explicar, inclusive, o motivo pelo qual não conseguiram alcançar o objetivo. Durante a aula experimental, a interação entre os grupos e até mesmo com a professora, se fez presente em todo o momento, contribuindo positivamente para o desenvolvimento do relatório.

Foram apresentados, na aula expositiva dialogada, exemplos cotidianos para identificação dos tipos de associação e alguns circuitos investigativos de aprendizagem sobre o assunto da aula, para ser feito em grupos de 4 integrantes. Em seguida, os circuitos com algumas

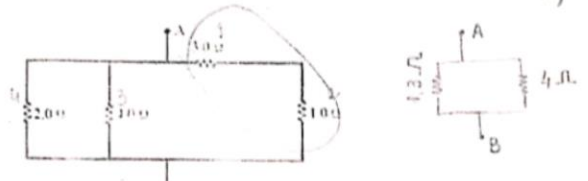
respostas dos grupos (Figuras 26 e 27). Todos conseguiram resolver a resistência equivalente dos circuitos mistos.

Figura 26 - Respostas do grupo 1

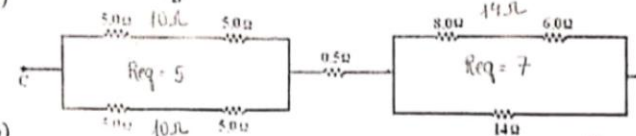
Assunto: Associação de Resistores

1 - (UFB) Em cada uma das associações abaixo, calcule a resistência do resistor equivalente entre os pontos especificados:

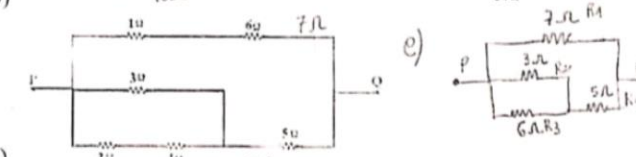
a)  $R_{eq} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = \frac{4 \cdot 2}{6} = \frac{8}{6} = 1,3 \Omega$




b)  $R_{eq} = 5 + 0,5 + 7 = 12,5 \Omega$



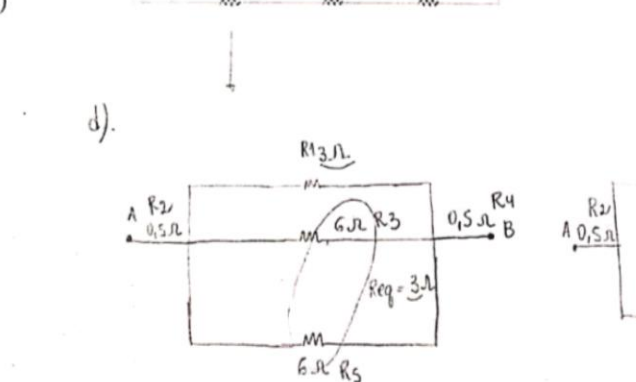
c)  $R_{eq} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{3 \cdot 6}{9} = \frac{18}{9} = 2 \Omega$



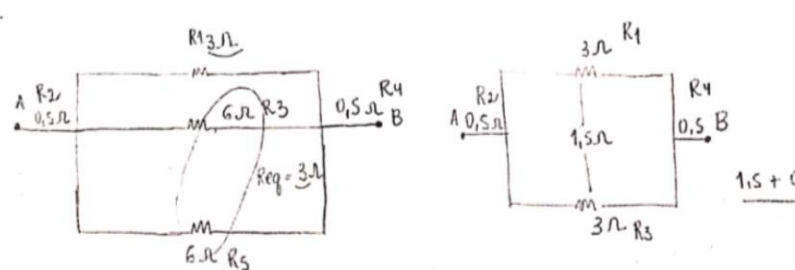
d)  $R_{eq} = \frac{7}{2} = 3,5 \Omega$



e)  $R_{eq} = 3 \Omega$



d).  $R_{eq} = 3 \Omega$



$1,5 + 0,5 + 0,5 = 2,5 \Omega$

Fonte: Autoria própria.

Figura 27 - Respostas do grupo 2

Assunto: Associação de Resistores

1 - (UFPA) Em cada uma das associações abaixo, calcule a resistência do resistor equivalente entre os pontos especificados:  
 $V = R \cdot I$

**a)**

**b)**

**c)**

**d)**

**a)**  $R_{eq} = 3 + 1 = 4 \Omega$   
 $R_{eq} = \frac{2 \cdot 4}{2 + 4} = \frac{8}{6} = 1,3 \Omega$   
 $R_{eq} = \frac{1,3 \cdot 4}{1,3 + 4} = \frac{5,2}{5,3} = 1 \Omega //$

**b)**  $R_{eq} = 5 + 5 = 10 \div 2 = 5 \Omega$   
 $R_{eq} = 14 \div 2 = 7 \Omega$   
 $R_{eq} = 5 + 0,5 + 7$   
 $R_{eq} = 12,5 \Omega //$

**c)**  $R_{eq} = 2 + 4 = 6 \Omega$   
 $R_{eq} = \frac{3 \cdot 6}{3 + 6} = \frac{18}{9} = 2 \Omega$   
 $R_{eq} = 1 + 6 = 7 \Omega$   
 $R_{eq} = 2 + 5 = 7 \Omega$   
 $R_{eq} = \frac{7 \cdot 7}{7 + 7} = \frac{49}{14} = 3,5 \Omega //$

**d)**  $R_{eq} = 1 + 1 + 1 = 3 \Omega$   
 $R_{eq} = 3 + 4 = 7 \Omega$   
 $R_{eq} = 4 + 3 = 7 \Omega$   
 $R_{eq} = 2 + 2 + 2 = 6 \Omega$   
 $R_{eq} = \frac{7 \cdot 7}{7 + 7} = 3,5 \Omega$   
 $R_{eq} = 2,5 + 3,5 = 6 \Omega$   
 $R_{eq} = \frac{3 \cdot 6}{3 + 6} = \frac{18}{9} = 2 \Omega$   
 $R_{eq} = \frac{2 \cdot 6}{2 + 6} = \frac{12}{8} = 1,5 \Omega$   
 $R_{eq} = 0,5 + 1,5 + 0,5 = 2,5 \Omega$

Fonte: Autoria própria.

Ainda neste momento, os grupos trabalharam com o aplicativo de simuladores *Phet* aprofundando os conceitos de tensão, resistência e corrente elétrica no contexto da Primeira Lei de Ohm, e também analisando a proporção de variação entre eles (direta e inversamente proporcionais). Nesse momento, foi observada uma interatividade significativa e muitas análises construtivas foram feitas pelos alunos. De forma que durante o manuseamento do aplicativo por cada grupo, várias conclusões foram relatadas de imediato. A Figura 28, demonstra a aplicação da análise do simulador Phet.

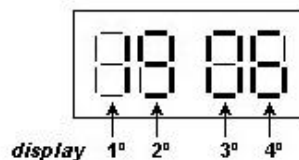
**Figura 28 - Análise do Simulador PHET**



Fonte: Autoria própria.

Para casa foi proposta uma lista de questões de vestibular a fim de praticar os conceitos trabalhados nos simuladores. Em seguida, as perguntas com algumas respostas.

Na pergunta 1 ((UERJ) *A maioria dos relógios digitais é formada por um conjunto de quatro displays, compostos por sete filetes luminosos. Para acender cada filete, é necessária uma corrente elétrica de 10 miliampères. O primeiro e o segundo displays do relógio ilustrado a seguir indicam as horas, e o terceiro e o quarto indicam os minutos.*




Admita que esse relógio apresente um defeito, passando a indicar, permanentemente, 19 horas e 06 minutos. A pilha que o alimenta está totalmente carregada e é capaz de fornecer uma carga elétrica total de 720 coulombs, consumida apenas pelos displays. O tempo, em horas, para a pilha descarregar totalmente é igual a:), apenas três alunos não conseguiram responder, observando nem sequer uma tentativa. Os demais fizeram. Quatro alunos afirmaram ter pesquisado na *internet* como proceder. Enquanto que no restante, um aluno iniciou corretamente e não concluiu, outro não soube interpretar, errando e o restante apresentou os devidos cálculos, conforme observados na figuras 29, 30 e 31.

**Figura 29** - Resposta do aluno F, que não concluiu

1 - (UERJ) A maioria dos relógios digitais é formada por um conjunto de quatro displays, compostos por sete filetes luminosos. Para acender cada filete, é necessária uma corrente elétrica de 10 miliamperes.

O primeiro e o segundo displays do relógio ilustrado a seguir indicam as horas, e o terceiro e o quarto indicam os minutos.



Admita que esse relógio apresente um defeito, passando a indicar, permanentemente, 19 horas e 06 minutos. A pilha que o alimenta está totalmente carregada e é capaz de fornecer uma carga elétrica total de 720 coulombs, consumida apenas pelos displays. O tempo, em horas, para a pilha descarregar totalmente é igual a:

a) 0,2  $i = 20 \cdot 10$

b) 0,5  $i = 200 \text{ mA}$

c) 1,0  $Q = 720 \text{ C}$

d) 2,0  $i = \frac{AQ}{\Delta t}$

$\Delta t = \frac{AQ}{i}$

$\Delta t = \frac{720}{200 \cdot 10^{-3}}$

$\Delta t = 3,6 \cdot 10^3$

$\Delta t = 3600 \text{ h}$

não tem opção

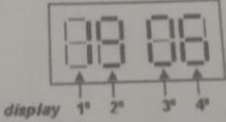
Fonte: Autoria própria.



**Figura 30** - Resposta do aluno G, que não interpretou

1 - (UERJ) A maioria dos relógios digitais é formada por um conjunto de quatro displays, compostos por sete filetes luminosos. Para acender cada filete, é necessária uma corrente elétrica de 10 miliampères.

O primeiro e o segundo displays do relógio ilustrado a seguir indicam as horas, e o terceiro e o quarto indicam os minutos.



Admita que esse relógio apresente um defeito, passando a indicar, permanentemente, 19 horas e 06 minutos. A pilha que o alimenta está totalmente carregada e é capaz de fornecer uma carga elétrica total de 720 coulombs, consumida apenas pelos displays. O tempo, em horas, para a pilha descarregar totalmente é igual a:

a) 0,2  
b) 0,5  
c) 1,0  
d) 2,0

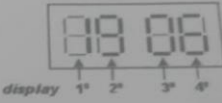
$t = \frac{Q}{i}$   
 $i = \frac{720}{10 \cdot 10^{-3}} = 72 \cdot 10^3 \text{ A}$   
 $1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$   
 $x = \frac{72 \cdot 10^3 \cdot 3600}{1000} = 259200 \text{ h}$

Fonte: Autoria própria.

**Figura 31** - Resposta do aluno P

1 - (UERJ) A maioria dos relógios digitais é formada por um conjunto de quatro displays, compostos por sete filetes luminosos. Para acender cada filete, é necessária uma corrente elétrica de 10 miliampères.

O primeiro e o segundo displays do relógio ilustrado a seguir indicam as horas, e o terceiro e o quarto indicam os minutos.



Admita que esse relógio apresente um defeito, passando a indicar, permanentemente, 19 horas e 06 minutos. A pilha que o alimenta está totalmente carregada e é capaz de fornecer uma carga elétrica total de 720 coulombs, consumida apenas pelos displays. O tempo, em horas, para a pilha descarregar totalmente é igual a:

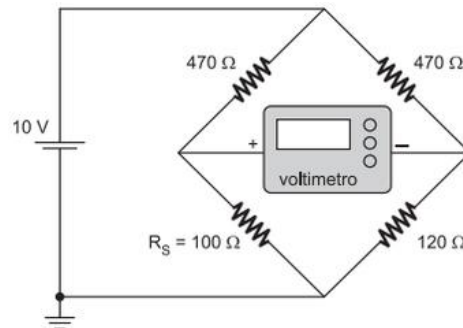
a) 0,2  
b) 0,5  
c) 1,0  
d) 2,0

$i = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 200 \cdot 10^{-3} \text{ A}$   
 $t = \frac{720}{200 \cdot 10^{-3}} = 36 \cdot 10^2 \text{ s}$   
 $T = 1 \text{ h}$

Fonte: Autoria própria.

Na pergunta 2 ((ENEM 2013) Medir temperatura é fundamental em muitas aplicações, e apresentar a leitura em mostradores digitais é bastante prático. O seu funcionamento é

baseado na correspondência entre valores de temperatura e de diferença de potencial elétrico. Por exemplo, podemos usar o circuito elétrico apresentado, no qual o elemento sensor de temperatura ocupa um dos braços do circuito ( $R_S$ ) e a dependência da resistência com a temperatura é conhecida.



Para um valor de temperatura em que  $R_S = 100 \Omega$ , a leitura apresentada pelo voltímetro será de:), os mesmos três alunos citados na pergunta 1 não apresentaram cálculos, não manifestando nenhum tipo de tentativa. Quanto aos demais, todos relataram ter pesquisado a resolução na *internet*, o que era permitido, conforme Figura 32. Vale destacar, que apenas dois alunos, que mesmo diante da pesquisa, permaneceram com dificuldades de compreensão, conforme a Figura 33.

**Figura 32** - Resposta bem sucedida do aluno E

Para um valor de temperatura em que  $R_S = 100 \Omega$ , a leitura apresentada pelo voltímetro será de

A) +6,2 V.  
 B) +1,7 V.  
 C) +0,3 V.  
 D) -0,3 V.  
 E) -6,2 V.

①  $V = R \cdot i_1$   
 $10 = 570 \cdot i_1$   
 $i_1 = \frac{10}{570} \text{ A}$

②  $V = R \cdot i_2$   
 $10 = 590 \cdot i_2$   
 $i_2 = \frac{10}{590} \text{ A}$

$V_S = R_S \cdot i_1$   
 $V_S = 100 \cdot \frac{1}{57}$   
 $V_S = 1,75 \text{ V}$

$V_B - V_D = 1,75 - 2,03$   
 $= -0,3 \text{ V}$

$V_D = 120 \cdot \frac{1}{59}$   
 $V_D = 2,03 \text{ V}$

Fonte: Autoria própria.

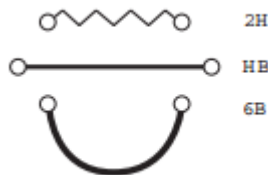
**Figura 33** - Resposta mal sucedida do aluno B

Para um valor de temperatura em que  $R_S = 100 \Omega$ , a leitura apresentada pelo voltímetro será de

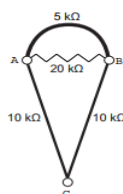
A)  $+6,2 \text{ V}$ .  
 B)  $+1,7 \text{ V}$ .  
 C)  $+0,3 \text{ V}$ .  
 D)  $-0,3 \text{ V}$ .  
 E)  $-6,2 \text{ V}$ .

Fonte: Autoria própria.

Na pergunta 3 (ENEM 2016) *Por apresentar significativa resistividade elétrica, o grafite pode ser utilizado para simular resistores elétricos em circuitos desenhados no papel, com o uso de lápis e lapiseiras. Dependendo da espessura e do comprimento das linhas desenhadas, é possível determinar a resistência elétrica de cada traçado produzido. No esquema foram utilizados três tipos de lápis diferentes (2H, HB e 6B) para efetuar três traçados distintos.*



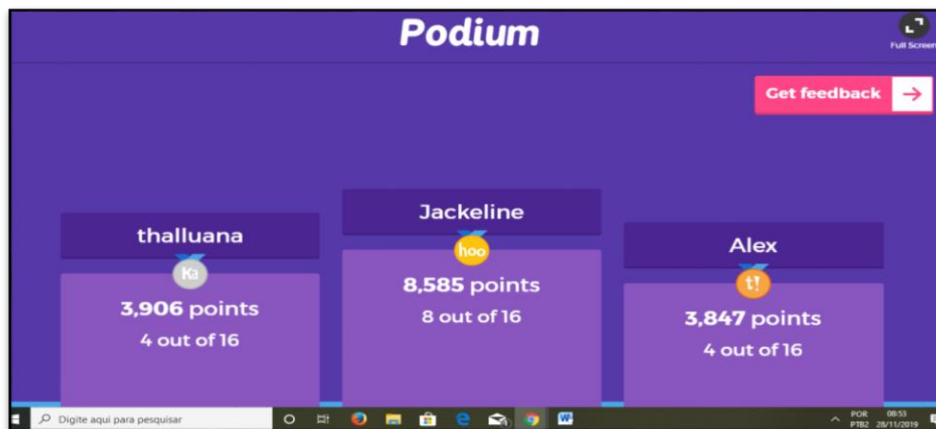
*Munido dessas informações, um estudante pegou uma folha de papel e fez o desenho de um sorvete de casquinha utilizando-se desses traçados. Os valores encontrados nesse experimento, para as resistências elétricas  $R$ , medidas com o auxílio de um ohmímetro ligado nas extremidades das resistências, são mostrados na figura. Verificou-se que os resistores obedeciam à Lei de Ohm.*



Na sequência, conectou o ohmímetro nos terminais A e B do desenho e, em seguida, conectou-o nos terminais B e C, anotando as leituras  $R_{AB}$  e  $R_{BC}$ , respectivamente. Ao estabelecer a razão  $R_{AB} / R_{BC}$ , qual resultado o estudante obteve?), excetuando-se os mesmos três alunos que não tentaram, os demais manifestaram muita dificuldade na resolução dessa questão, mesmo consultando o passo a passo da resolução na *internet*, não conseguiram compreender a montagem dos circuitos nos terminais AB e BC. Relataram ter sido a questão mais complexa, portanto, de maior dificuldade, a qual será analisada no capítulo posterior.

O **sexto momento de investigação**, foi iniciado com a resolução dos problemas do ENEM e vestibulares, propostos para casa, já que houve dúvidas em todos os problemas. No entanto, a questão considerada de maior nível de complexidade, foi a terceira. Após ter sanado todas as dúvidas, a aula teve continuidade com uma contextualização sobre o tema *efeito joule*, onde foi identificado pelos alunos, de forma unânime, as diversas aplicações cotidianas, sem demonstrarem nenhum tipo de dificuldade de assimilação. Em seguida, a turma foi avaliada através do jogo *Kahoot*<sup>11</sup> com conteúdo de corrente elétrica, efeitos da corrente e aplicação da Primeira lei de Ohm. O jogo estimulou uma recapitulação de todo conteúdo visto, de maneira lúdica e reflexiva, além de proporcionar a percepção da necessidade de melhor administração do tempo de resolução. Os três primeiros, do pódio, contemplaram uma barra de chocolate, um bombom e 3 balas, respectivamente, de acordo com a colocação de cada um (Figura 34).

**Figura 34** - Pódio do jogo *Kahoot* – Primeira Lei de Ohm



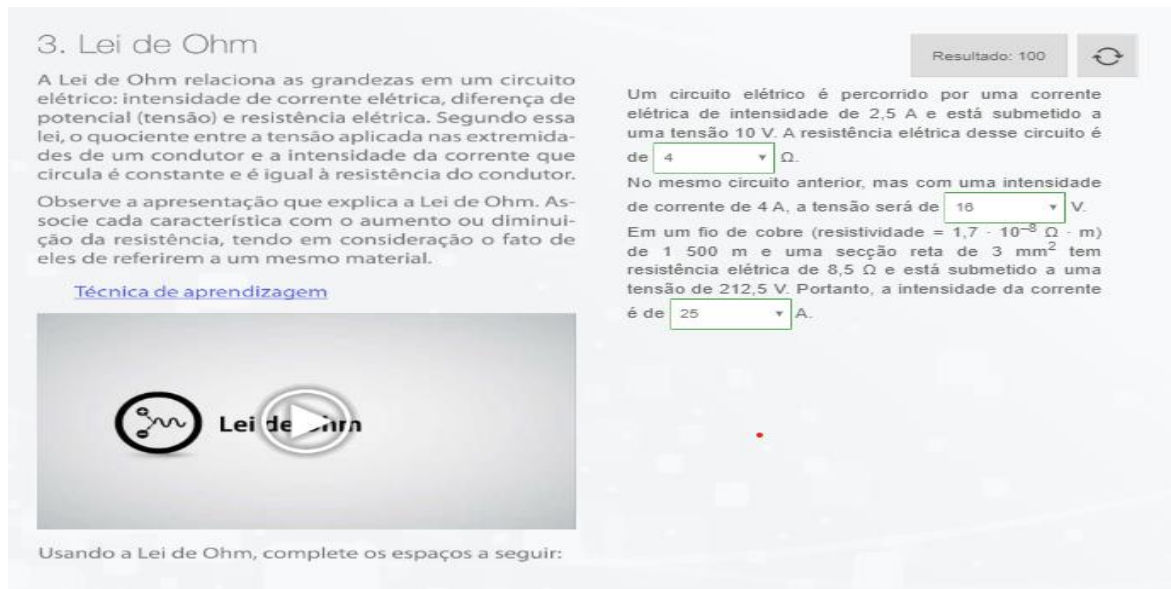
Fonte: *Kahoot*, <https://play.kahoot.it/#/gameover?quizId=cb9686fb-d4db-484e-a517-e43f220ec86b>

Ainda neste momento, a turma dividida em grupos trabalhou com aplicativo de simulação *Phet*, apresentando alguns fatores que influenciam a resistência elétrica de um

<sup>11</sup> Disponível em: <https://play.kahoot.it/#/?quizId=cb9686fb-d4db-484e-a517-e43f220ec86b>

condutor, além da corrente elétrica e tensão (ddp). Com o simulador, fizeram a relação desses fatores através da representação matemática da 2ª Lei de Ohm. Os grupos conseguiram, de forma interativa, compartilhar dos conhecimentos de forma bastante significativa. Em seguida, abriram o livro digital da Edebê, para responderem questões interativas sobre a aplicação da 2ª Lei de Ohm, conforme as Figuras 35 e 36.

**Figura 35 - Resposta da terceira questão do aluno I**



3. Lei de Ohm

A Lei de Ohm relaciona as grandezas em um circuito elétrico: intensidade de corrente elétrica, diferença de potencial (tensão) e resistência elétrica. Segundo essa lei, o quociente entre a tensão aplicada nas extremidades de um condutor e a intensidade da corrente que circula é constante e é igual à resistência do condutor. Observe a apresentação que explica a Lei de Ohm. Associe cada característica com o aumento ou diminuição da resistência, tendo em consideração o fato de eles de referirem a um mesmo material.

[Técnica de aprendizagem](#)

Usando a Lei de Ohm, complete os espaços a seguir:

Um circuito elétrico é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade de 2,5 A e está submetido a uma tensão 10 V. A resistência elétrica desse circuito é de  Ω.

No mesmo circuito anterior, mas com uma intensidade de corrente de 4 A, a tensão será de  V.

Em um fio de cobre (resistividade =  $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ ) de 1 500 m e uma seção reta de  $3 \text{ mm}^2$  tem resistência elétrica de 8,5 Ω e está submetido a uma tensão de 212,5 V. Portanto, a intensidade da corrente é de  A.

Resultado: 100

Fonte: Ambiente virtual de aprendizagem da escola<sup>12</sup>

**Figura 36 - Resposta da sexta questão do aluno I**



6. Atividade final

Escolha as palavras corretas para preencher as seguintes lacunas:

As grandezas envolvidas na Lei de Ohm são a , a diferença de potencial e a resistência elétrica. A intensidade da corrente elétrica que circula por um circuito depende da quantidade de cargas por unidade de .

A resistência de um material depende da resistividade, do comprimento e da área da seção reta do material. A unidade usada para representar a resistência é o .

A Lei de Ohm determina que a razão entre a diferença de potencial e a  é constante.

Os aparelhos elétricos sempre dissipam parte da energia elétrica em razão da(o) .

Resultado: 90

Fonte: Ambiente virtual de aprendizagem da escola

<sup>12</sup> Ressalta-se que as atividades do ambiente virtual adotado pela escola são restritas aos usuários que compram o material didático digital de uso obrigatório da escola. Portanto, o acesso às atividades não é permitido para consulta ou visualização de usuários não autorizados.

Para casa foram propostas duas videoaulas, como construir mapas conceituais<sup>13</sup> e Leis de Kirchhoff<sup>14</sup> e um questionário para organizar os conhecimentos adquiridos, afim de sondagem avaliativa. Como todas as tarefas de casa, a avaliação também foi feita com base na interação individual na aula seguinte.

Na pergunta 1 (*O que achou dos vídeos? O que lhe chamou mais a atenção?*), todos os alunos responderam ter gostado dos vídeos, com a ponderação de apenas três alunos. Um afirmou não ter visto por falta de tempo e imprevistos ocorridos. Dois relataram não ter visto utilidade alguma. Eis alguns comentários:

*“Um mapa conceitual até que é uma forma interessante de organizar as ideias. Porém, quando não se tem domínio do conteúdo, não saímos do lugar.”* (Aluno N);

*“Não usarei essa Lei de Kirchhoff para nada em minha vida. A construção do mapa até que é uma metodologia interessante para fazer resumos.”* (Aluno B).

Já os demais, que pontuaram apenas aspectos positivos, vale destacar:

*“Já fazia mapa mental como forma de resumir conteúdos estudados, mas percebi que o mapa conceitual é ainda mais completo, devido as palavras de ligação que dão ainda mais sentido ao raciocínio. Quanto as Leis de Kirchhoff, elas são utilizadas para encontrar as intensidades das correntes em circuitos elétricos que não podem ser reduzidos a circuitos simples.”* (Aluno F);

*“A princípio, achei a lei de kirchhoff muito louca, assisti novamente e consegui assimilar de forma a ficar muito mais claro, tudo. E o vídeo sobre Construção do mapa conceitual, achei o máximo. Talvez um pouco complicado na primeira vez mas, acredito que nos ajudará muito a concluir o raciocínio sobre um tema.”* (Aluno C).

---

<sup>13</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=7yUNpAOvew8>

<sup>14</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5q0ss9G8Xlc>

Na pergunta 2 (*Qual o entendimento a respeito da lei dos nós e lei das malhas?*), além dos três mencionados acima, notou-se que 50% dos alunos não conseguiram adquirir um conhecimento claro e objetivo. Apenas a outra metade da turma conseguiu transparecer êxito na aquisição do conhecimento apenas com a videoaula. Algumas respostas:

*“Entendi que nó é o encontro de três ou mais ramos do circuito e que as duas leis são usadas em circuitos simples e complexos onde ocorre conservação de energia e carga. Mas, como aplicar, não tenho certeza que entendi.”* (Aluno C);

*“Não entendi os cálculos que são feitos da corrente elétrica. Porque a soma das correntes tem que dar 0 sempre? Entendi que a primeira Lei esta relacionada a corrente e a segunda com tensão. Não entendi mais nada. Como esses cálculos são feitos, ainda não entendi.”* (Aluno H);

*“Em um nó, a soma das correntes que entram é igual a soma das correntes que saem. Já as malhas, que na verdade é um percurso fechado, a tensão que entra é igual a tensão que sai.”* (Aluno M).

Na pergunta 3 (*Qual a relação entre o sentido da corrente e o sinal na lei das malhas?*), apenas 50 % da turma souberam explicar com clareza. Eis algumas respostas:

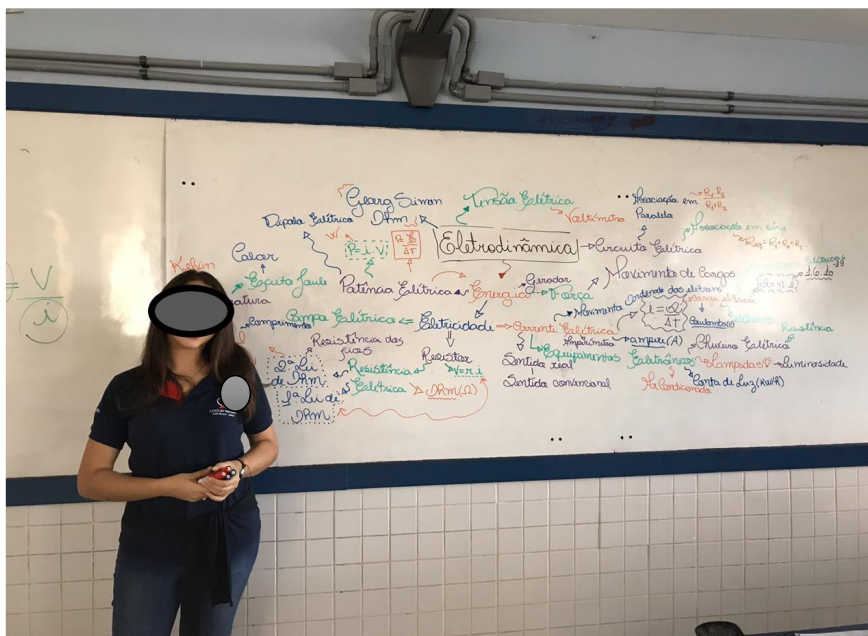
*“O sentido (horário ou anti-horário não é padrão) deve ser estipulado e, mediante esse sentido, aplicar a segunda lei – lei das malhas, que deve obedecer o sentido previamente estipulado.”* (Aluno B);

*“Não consegui compreender mesmo escutando 3 vezes o vídeo. Muito complexo!”* (Aluno F).

O **sétimo momento de investigação** foi marcado por uma explanação rápida e sucinta a respeito da construção do mapa conceitual para posterior confecção do mapa colaborativo, onde cada aluno, em ordem alfabética, teria que dar sua contribuição na construção do mapa, que teve como tema central: ELETRODINÂMICA. Foi um instrumento avaliativo, pois foi possível através dele identificar a percepção individual ou até mesmo de um grupo acerca de um dado conhecimento, de modo que cada aluno teria não só que acrescentar uma palavra como

também fazer a ligação com outra, mantendo a coerência conceitual, também era permitido fazer trocas, cada um em sua vez, sempre que julgasse necessário, conforme figura 37.

**Figura 37 -** Mapa conceitual colaborativo



Fonte: Autoria própria.

Ainda nesse momento, foi abordado o conteúdo previamente estudado por meio de uma videoaula sugerida para casa, porém não assimilado de forma satisfatória. Visto que na dinâmica interativa sobre os questionários, ficou perceptível a necessidade de uma explicação mais aprofundada. Fator que justifica a ausência desse assunto no mapa construído por eles, na primeira aula desse momento. Para casa foi sugerido um áudio sobre capacitores bem como uma pergunta, para fins de dinâmica na aula seguinte.

Na pergunta (*Procure escrever sobre tudo que você entendeu sobre capacitores. Coloque também suas dúvidas, pois o professor irá tire-las na próxima aula*), todos os alunos demonstraram total clareza no conceito, função e aplicação dos capacitores no cotidiano. Dentre todas as respostas satisfatórias, vale destacar:

*“São dispositivos utilizados para armazenar carga elétrica. Os mais comuns são construídos por placas condutivas e separadas por um material isolante. A maioria dos circuitos elétricos faz uso desse dispositivo. Quando ligado em uma ddp, um campo elétrico se forma entre as duas placas fazendo com que acumule carga em seus*



*terminais. Os capacitores apresentam diversas aplicações, desde um aparelho de som a um retificador de corrente elétrica.” (Aluno P);*

*“São componentes eletrônicos que armazenam energia, como faz também uma bateria, porém as baterias armazenam mais energia e não descarregam tão facilmente. Um capacitor carrega rápido, mas também descarrega rapidamente.” (Aluno M)*

*“A principal função de um capacitor é acumular cargas elétricas em um circuito para posteriormente descarregar estas mesmas cargas. O capacitor é um dispositivo elétrico que tem a capacidade de armazenar energia elétrica sob a forma de um campo eletrostático, fato esse denominado de capacitância.” (Aluno N).*

O oitavo momento de investigação foi iniciado com uma dinâmica interativa com a sala em círculo, onde alguns alunos foram convidados a lerem a resposta da atividade de casa após escutarem o áudio sugerido. Desta forma, foi possível detectar que o nível de assimilação do conteúdo foi satisfatório. Concluiu-se com uma aula expositiva através de slides, sobre capacitores: suas características, representação e associações. Em seguida, ainda em círculo, os alunos responderam duas questões básicas.

Pergunta1: *(Uepa) A desfibrilação é a aplicação de uma corrente elétrica em um paciente por meio de um equipamento (desfibrilador) cuja função é reverter um quadro de arritmia ou de parada cardíaca. Uma maneira de converter uma arritmia cardíaca em um ritmo normal é a cardioversão, que se dá mediante a aplicação de descargas elétricas na região próxima ao coração do paciente, graduadas de acordo com a necessidade, conforme o quadro abaixo.*

*Os desfibriladores usuais armazenam até 360 J de energia potencial elétrica, alimentados por uma diferença de potencial de 4000 V. Considerando uma situação na qual haja necessidade de usar um desfibrilador em uma criança de 40 kg, o valor da capacitância do capacitor do desfibrilador na segunda desfibrilação, em  $\mu\text{F}$ , será igual a:*

Pergunta 2: *(PUC-MG) Se dobrarmos a carga acumulada nas placas de um capacitor, a diferença de potencial entre suas placas ficará:*

- a) inalterada.*
- b) multiplicada por quatro.*
- c) multiplicada por dois.*

*d) dividida por quatro.*

*e) dividida por dois.*

Durante os 15 minutos cedidos para copiar as questões e respondê-las, o professor se movimentou pelo centro do círculo, sondando a agilidade de raciocínio e analisando quem ainda apresentava dificuldades. Notou-se que poucos foram os alunos que recorreram ao colega do lado e mesmo os que fizeram, na maioria dos casos, foi por questão de verificação. Apenas dois alunos precisaram da intervenção do professor nas duas questões propostas. Os demais chegaram as respostas esperadas.

Ainda nesse momento, após a conclusão da atividade, foi feita uma abordagem expositiva através de *slides* sobre potência e energia elétrica para posterior discussão a respeito de custos de certos equipamentos, bem como a necessidade de usar de maneira racional, a energia. Para fins de verificação de aprendizagem, duas questões foram fornecidas para que eles copiassem e respondessem:

*Pergunta 1: Sobre um resistor de 100  $\Omega$  passa uma corrente de 3 A. Se a energia consumida por este resistor foi de 2Kwh, determine aproximadamente quanto tempo ele permaneceu ligado à rede.*

*Pergunta 2: (IFSP) Ao entrar em uma loja de materiais de construção, um eletricista vê o seguinte anúncio:*

**ECONOMIZE: Lâmpadas fluorescentes de 15 W têm a mesma luminosidade (iluminação) que lâmpadas incandescentes de 60 W de potência.**

*De acordo com o anúncio, com o intuito de economizar energia elétrica, o eletricista troca uma lâmpada incandescente por uma fluorescente e conclui que, em 1 hora, a economia de energia elétrica, em kWh, será de:*

O mesmo processo foi observado e os mesmos dois alunos precisaram da mediação do professor. Porém logo conseguiram aplicar a fórmula de maneira a obterem o resultado correto. Para casa, dois textos foram sugeridos: texto sobre a importância da economia de energia elétrica para o meio ambiente<sup>15</sup> e dicas de como economizar energia<sup>16</sup>. Em seguida, deveriam fazer um resumo sobre os textos e responder questões direcionadas. Apenas seis alunos fizeram

<sup>15</sup> Disponível em: [http://www.abef.org/a\\_importancia\\_de\\_eco\\_energ.htm?](http://www.abef.org/a_importancia_de_eco_energ.htm?)

<sup>16</sup> Disponível em: <http://www.ceres.coop.br/use-a-energia-eletrica-com-eficiencia-e-seguranca/>

o resumo dos textos, os demais disseram que não viram necessidade, uma vez que já havíamos discutido sobre tal assunto na aula anterior.

Quanto às questões, vinte e dois alunos fizeram, porém, quatro alegaram não terem tido tempo. Dos que fizeram, todos obtiveram respostas adequadas.

Na pergunta 1 (*Qual a principal importância em economizar energia elétrica?*), algumas respostas foram destacadas:

*“Economizando energia, economizamos também a água e dessa forma colaboramos com o ambiente.”* (Aluno A);

*“A necessidade de construir mais hidrelétricas, depende da quantidade de energia utilizada. Gerando mais destruição de florestas e várias outras mudanças tanto ambientais quanto sociais.”* (Aluno G).

Na pergunta 2 (*Qual a relação do horário de verão com a economia de energia elétrica?*), eis os destaques:

*“Não vejo uma relação significativa. Já que no verão, apesar de precisarmos acender lâmpadas mais tarde e tal, usamos o ar condicionado com maior frequência até mesmo nas tardes de calor insuportável e as lâmpadas hoje em dia, quase não geram alto custo como antigamente. Tanto que nem teremos horário de verão em 2019.”* (Aluno L);

*“Se falarmos na questão de utilizarmos menos a luz artificial, por termos a luz natural sendo aproveitada por um tempo maior, principalmente em horário de pico, seria uma vantagem legal em termos de economia. Mas, não sei se geraria uma economia expressiva diante dos eletrodomésticos que passam a ser mais utilizados, como ventiladores, ar condicionado.”* (Aluno I).

Na pergunta 3 (*Você consegue associar o tipo de lâmpada indicado com sua potência e energia consumida? Detalhe!*), são registradas algumas respostas:

*“Houve a necessidade de substituição das lâmpadas incandescentes com potências entre 60W e 100W por lâmpadas mais econômicas, como*

*as fluorescentes e hoje recomenda-se a substituição por leds.” (Aluno L);*

*“Quanto maior for a potência do equipamento, maior será a energia consumida por ele. Haja visto que a energia consumida depende diretamente da potência e tempo de funcionamento:  $E = P \cdot t$ .” (Aluno K).*

Na pergunta 4 (*Por que uma geladeira em estado inadequado, com borrachas ruins, gera maior consumo de energia elétrica?*), eis algumas respostas:

*“Porque ela terá mais trabalho para manter a temperatura interna. Da mesma forma, no verão, quando a geladeira abre maior número de vezes, gera maior consumo de energia.” (Aluno O);*

*“O motor precisa trabalhar mais para manter o objetivo dela e assim consome maior energia. O correto seria manter a borracha de vedação sempre em perfeito estado.” (Aluno R).*

O **nono momento de investigação** foi marcado pela divisão da turma em grupos. Dois alunos haviam faltado, logo houve a formação de 3 grupos para elaboração do mapa conceitual de tudo que foi abordado sobre eletrodinâmica (Figuras 38 e 39).

**Figura 38** - Elaboração do mapa conceitual: Grupos 2 e 3



Fonte: Autoria própria.

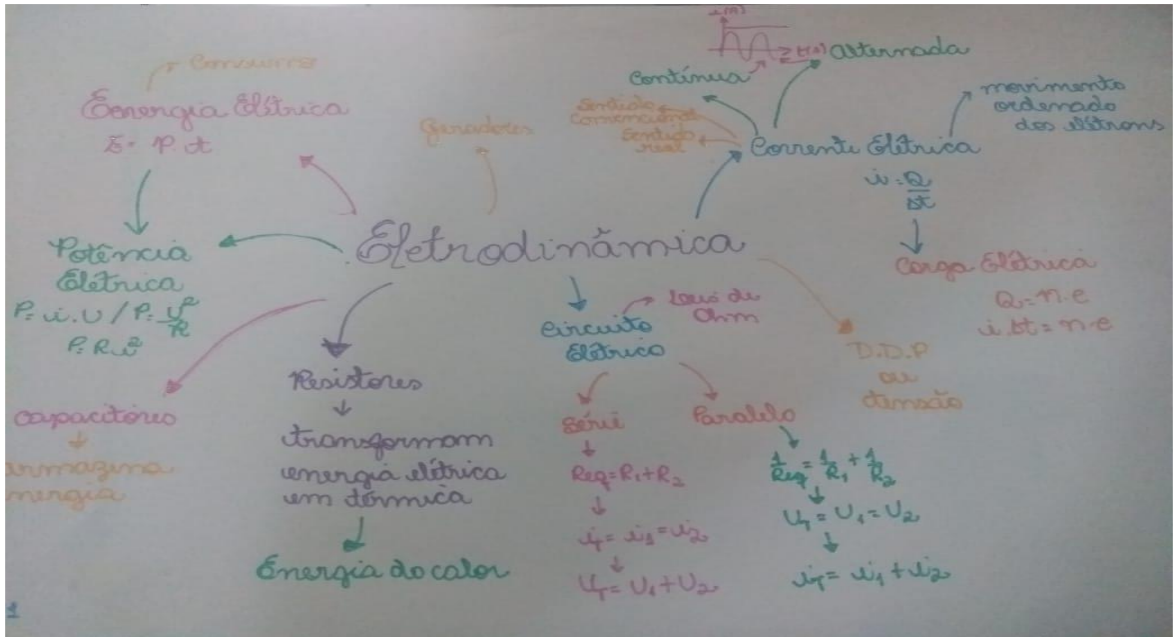
**Figura 39** - Elaboração do mapa conceitual: Grupo 1



Fonte: Autoria própria.

Os grupos puderam se basear no mapa conceitual elaborado pela turma anteriormente, quando o professor verificava se estava ocorrendo a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa de forma individual e coletiva. Dentre os mapas elaborados, a Figura 40 ilustra o grupo que mais forneceu informações acerca da construção dos alunos em relação ao conjunto de conceitos. Porém, na estrutura, verificou-se que não compreenderam a diferença entre mapa mental e conceitual.

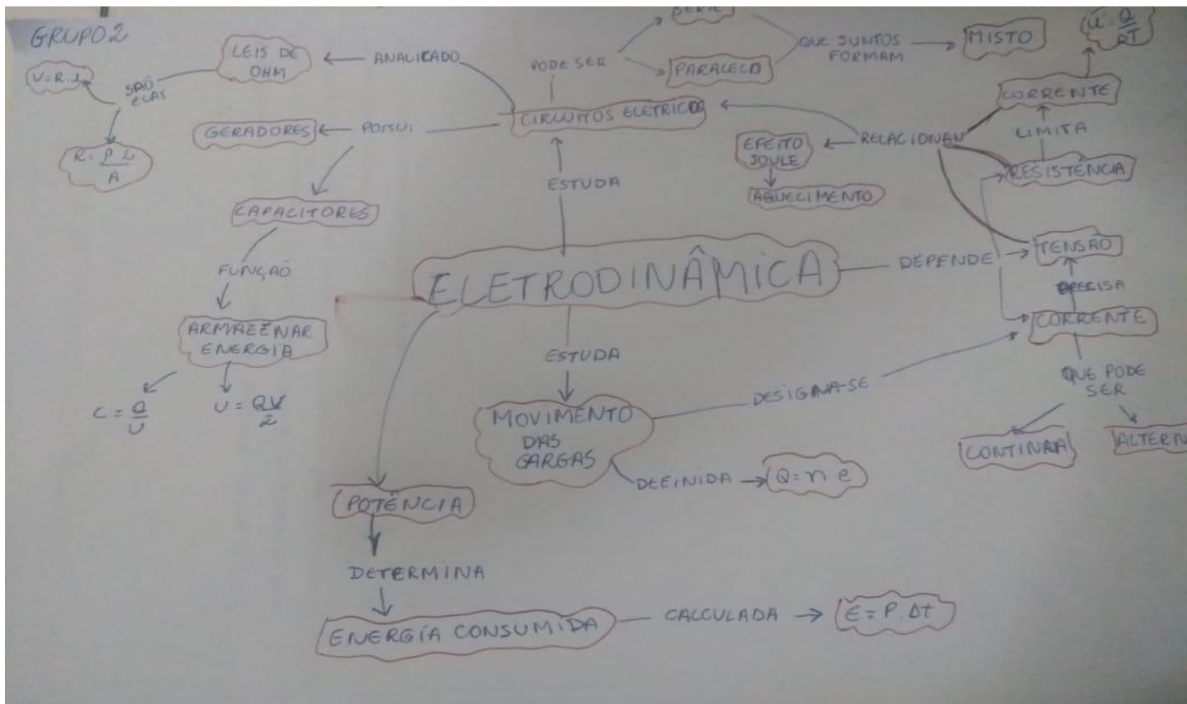
Figura 40 - Mapa conceitual do grupo 1



Fonte: Autoria própria.

Já a Figura 41, retrata conhecimento correto, a tentativa de elaboração de um mapa conceitual, fazendo uso das palavras de ligação, porém, não se verificou interligações entre conceitos, demonstrando conhecimentos desarticulados.

Figura 41 - Mapa conceitual do grupo 2

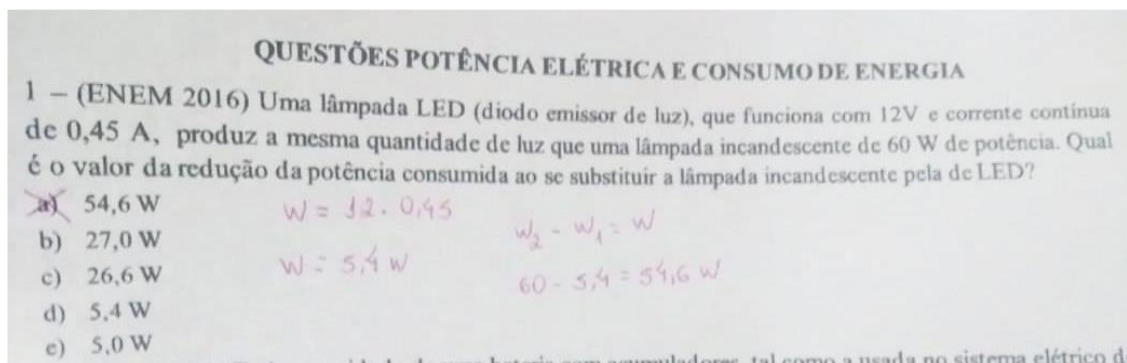


Fonte: Autoria própria.

Ainda nesse momento, os grupos resolveram alguns problemas de ENEM, propostos de forma que cada um fez o seu, porém, trocaram ideias com os membros do grupo.

Na Pergunta 1 (ENEM 2016) Uma lâmpada LED (diodo emissor de luz), que funciona com 12V e corrente contínua de 0,45 A, produz a mesma quantidade de luz que uma lâmpada incandescente de 60 W de potência. Qual é o valor da redução da potência consumida ao se substituir a lâmpada incandescente pela de LED?), todos os alunos obtiveram respostas corretas. A Figura 42 ilustra uma resposta:

**Figura 42 - Resposta do aluno I**



Fonte: Autoria própria.

Na Pergunta 2 ((ENEM 2017) A capacidade de uma bateria com acumuladores, tal como a usada no sistema elétrico de um automóvel, é especificada em ampère-hora (Ah). Uma bateria de 12V e 100 Ah fornece 12 J para cada coulomb de carga que flui através dela.

Se um gerador, de resistência interna desprezível, que fornece uma potência elétrica média igual a 600 W, fosse conectado aos terminais da bateria descrita, quanto tempo ele levaria para recarregá-la completamente?

Neste questionamento, três alunos não responderam, dois cometeram o mesmo erro e os demais acertaram. A Figura 43 ilustra uma resposta certa e a Figura 44 ilustra uma das respostas erradas.

**Figura 43** - Resposta correta de um aluno

2 – (ENEM 2017) A capacidade de uma bateria com acumuladores, tal como a usada no sistema elétrico de um automóvel, é especificada em ampère-hora (Ah). Uma bateria de 12V e 100 Ah fornece 12 J para cada coulomb de carga que flui através dela.

Se um gerador, de resistência interna desprezível, que fornece uma potência elétrica média igual a 600 W, fosse conectado aos terminais da bateria descrita, quanto tempo ele levaria para recarregá-la completamente?

a) 0,5 h  
b) 2 h  
c) 12 h  
d) 50 h  
e) 100 h

$12 \text{ J/C} - 12 \text{ V}$   
 $u = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$

$P = u \cdot I$   
 $P = \frac{Q}{\Delta t} \cdot V$

$t = \frac{VQ}{P} \rightarrow \frac{12 \cdot 100}{600}$   
 $t = \frac{12}{6} = 2 \text{ h}$

Fonte: Autoria própria.

**Figura 44** - Resposta equivocada de um aluno

2 – (ENEM 2017) A capacidade de uma bateria com acumuladores, tal como a usada no sistema elétrico de um automóvel, é especificada em ampère-hora (Ah). Uma bateria de 12V e 100 Ah fornece 12 J para cada coulomb de carga que flui através dela.

Se um gerador, de resistência interna desprezível, que fornece uma potência elétrica média igual a 600 W, fosse conectado aos terminais da bateria descrita, quanto tempo ele levaria para recarregá-la completamente?

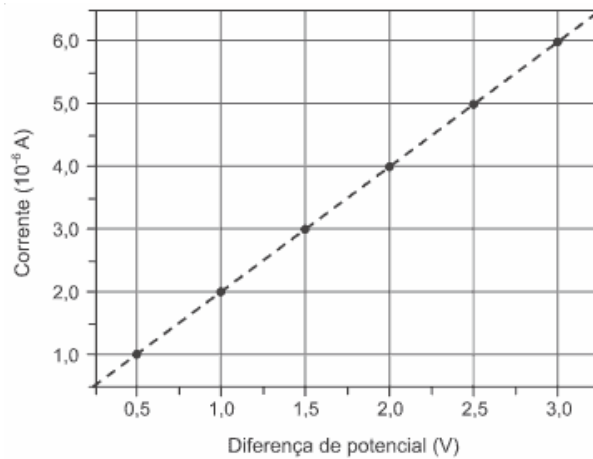
a) 0,5 h  
b) 2 h  
c) 12 h  
d) 50 h  
e) 100 h

$600 : 12 = 50$

Fonte: Autoria própria.

A pergunta 3, diz que: (ENEM 2017) *Dispositivos eletrônicos que utilizam materiais de baixo custo, como polímeros semicondutores, têm sido desenvolvidos para monitorar a concentração de amônia (gás tóxico e incolor) em granjas avícolas. A polianilina é um polímero semicondutor que tem o valor de sua resistência elétrica nominal quadruplicado quando exposta a altas concentrações de amônia. Na ausência de amônia, a polianilina se comporta como um resistor ôhmico e a sua resposta elétrica é mostrada no gráfico.*





O valor da resistência elétrica da polianilina na presença de altas concentrações de amônia, em ohm, é igual a:

Nesta questão, dois alunos não responderam, cinco cometeram o mesmo erro, por falta de atenção, e os demais acertaram. A Figura 45 ilustra uma resposta certa e a Figura 46 ilustra uma das respostas erradas.

**Figura 45** - Resposta correta de um aluno referente à pergunta 3

3 - (ENEM 2017) Dispositivos eletrônicos que utilizam materiais de baixo custo, como polímeros semicondutores, têm sido desenvolvidos para monitorar a concentração de amônia (gás tóxico e incolor) em granjas avícolas. A polianilina é um polímero semicondutor que tem o valor de sua resistência elétrica nominal quadruplicado quando exposta a altas concentrações de amônia. Na ausência de amônia, a polianilina se comporta como um resistor ôhmico e a sua resposta elétrica é mostrada no gráfico.

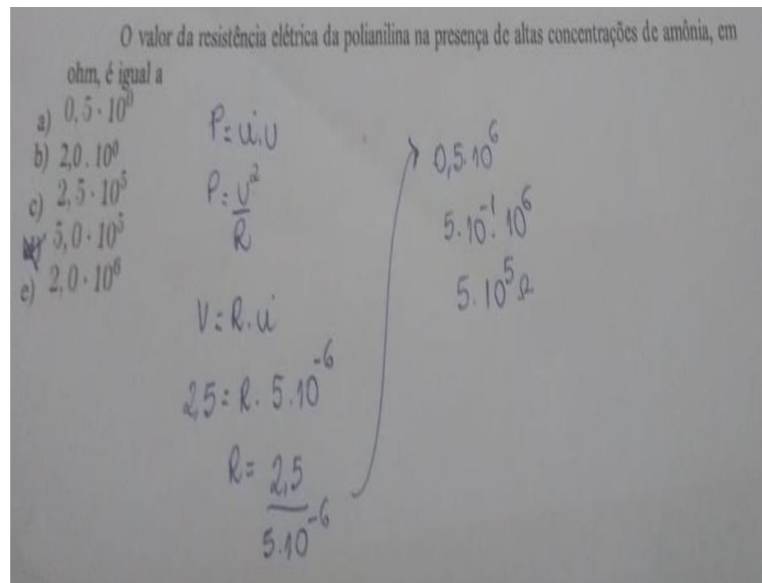
O valor da resistência elétrica da polianilina na presença de altas concentrações de amônia, em ohm, é igual a

a)  $0,5 \cdot 10^0$   
 b)  $2,0 \cdot 10^0$   
 c)  $2,5 \cdot 10^5$   
 d)  $5,0 \cdot 10^5$   
 e)  $2,0 \cdot 10^6$

$R = \frac{V}{i}$   
 $R = \frac{3,0}{6 \cdot 10^{-6}}$   
 $R = 0,5 \cdot 10^6 \times 4 = 2 \cdot 10^6$

Fonte: Autoria própria

**Figura 46** - Resposta equivocada de um aluno referente à pergunta 3



Fonte: Autoria própria.

Para casa, os grupos tiveram que organizar um seminário sobre eletrodinâmica para apresentação no penúltimo encontro.

O **décimo momento de investigação** contemplou uma aula dinâmica e interativa, no laboratório, utilizando uma abordagem ativa e lúdica como ferramenta de ensino, o jogo *Kahoot*. Os alunos, em dupla, responderam questões <sup>17</sup>sobre eletrodinâmica de modo geral.

Notou-se um resultado excelente, pois as duplas disputaram acirradamente pelo primeiro lugar no ‘pódio’, com diferença pequena entre as pontuações.

Em seguida, os grupos pré-estabelecidos para apresentação dos seminários se reuniram no laboratório para organizar e estruturar a apresentação da aula seguinte. Muitos grupos já haviam rascunhado as ideias do que fariam, iniciando assim o processo de confecção de circuitos elétricos para fins demonstrativos durante as apresentações, conforme Figura 47.

<sup>17</sup> Disponível em: <https://play.kahoot.it/#/gameblock?quizId=6994fa32-d5b6-487f-a27a-c104235667ba>

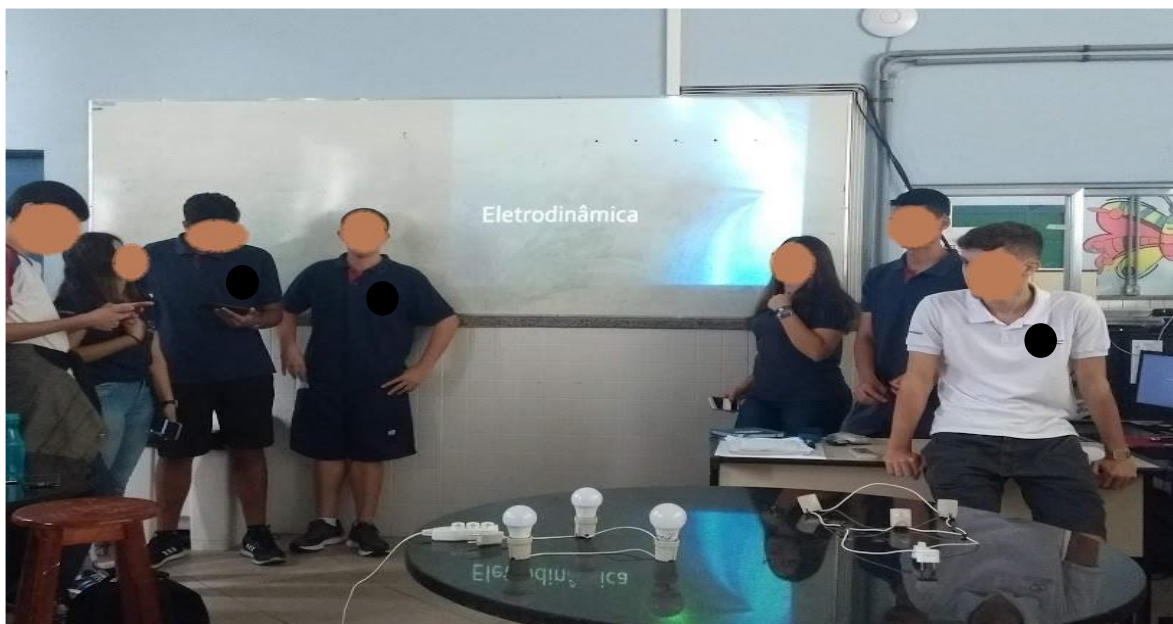
**Figura 47 - Organização do seminário**



Fonte: Autoria própria.

O **décimo primeiro momento de investigação** foi marcado pelas apresentações dos seminários (Figura 48) e uma dinâmica de conclusão de conteúdo de forma interativa. Além disso, a professora-pesquisadora mediou e instigou os alunos através de problematizações para que eles pudessem relacionar os conceitos com o dia-a-dia.

**Figura 48 - Apresentação de seminário grupo 1**

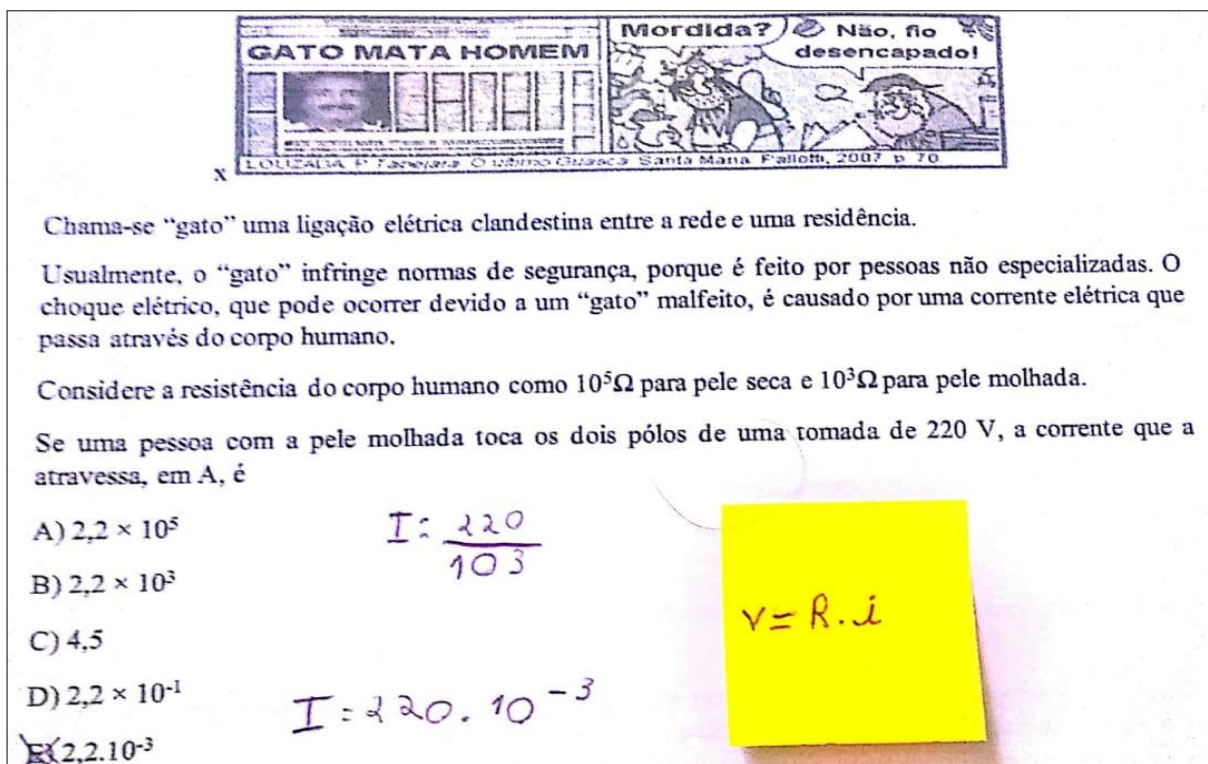


Fonte: Autoria própria.

O **décimo segundo momento de investigação** foi marcado por uma atividade individual, de teor avaliativo, abordando todo conteúdo trabalhado no decorrer do trimestre e, em seguida, uma avaliação informal do método ‘Sala de Aula Invertida’, utilizado no processo de construção do conhecimento.

Na pergunta 1, nenhum aluno deixou de responder, entretanto, quatro alunos aplicaram corretamente a 1ª Lei de Ohm sem interpretar, ou seja, não sabiam qual resistência usar, fazendo dois cálculos independentes. Dois alunos fizeram os cálculos perfeitamente, mas erraram a opção de marcar por não terem feito corretamente a notação científica. Três alunos fizeram os cálculos corretamente, porém, usaram a resistência errada por não interpretar corretamente. Assim, 65% da turma conseguiram facilmente aplicar a fórmula, interpretar e trabalhar com a notação científica. Alguns exemplos de respostas encontram-se em seguida nas Figuras 49, 50 e 51.

**Figura 49 - Resposta com erro**



Chama-se “gato” uma ligação elétrica clandestina entre a rede e uma residência.

Usualmente, o “gato” infringe normas de segurança, porque é feito por pessoas não especializadas. O choque elétrico, que pode ocorrer devido a um “gato” malfeito, é causado por uma corrente elétrica que passa através do corpo humano.

Considere a resistência do corpo humano como  $10^5 \Omega$  para pele seca e  $10^3 \Omega$  para pele molhada.

Se uma pessoa com a pele molhada toca os dois pólos de uma tomada de 220 V, a corrente que a atravessa, em A, é

A)  $2,2 \times 10^5$   
 B)  $2,2 \times 10^3$   
 C) 4,5  
 D)  $2,2 \times 10^{-1}$   
 E)  $2,2 \cdot 10^{-3}$

$I = \frac{220}{10^3}$


$I = 220 \cdot 10^{-3}$

$V = R \cdot i$

Fonte: Autoria própria.

Figura 50 - Resposta mal interpretada

1- (UFSM-RS)



X LOUZADA, P. Tabeirata. O último Guasca. Santa Maria. Pallott, 2007. p. 70

Chama-se “gato” uma ligação elétrica clandestina entre a rede e uma residência.

Usualmente, o “gato” infringe normas de segurança, porque é feito por pessoas não especializadas. O choque elétrico, que pode ocorrer devido a um “gato” malfeito, é causado por uma corrente elétrica que passa através do corpo humano.

Considere a resistência do corpo humano como  $10^5 \Omega$  para pele seca e  $10^3 \Omega$  para pele molhada.

Se uma pessoa com a pele molhada toca os dois pólos de uma tomada de 220 V, a corrente que a atravessa, em A, é

~~A)  $2,2 \times 10^5$~~   $i = \frac{220}{10^5}$

B)  $2,2 \times 10^3$   $i = 220 \cdot 10^{-5}$


C) 4,5  $i = 2,2 \cdot 10^2 \cdot 10^{-5}$

D)  $2,2 \times 10^{-1}$   $i = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ A}$

E)  $2,2 \cdot 10^{-3}$

Fonte: Autoria própria.

Figura 51. Resposta correta



X LOUZADA, P. Tabeirata. O último Guasca. Santa Maria. Pallott, 2007. p. 70

Chama-se “gato” uma ligação elétrica clandestina entre a rede e uma residência.

Usualmente, o “gato” infringe normas de segurança, porque é feito por pessoas não especializadas. O choque elétrico, que pode ocorrer devido a um “gato” malfeito, é causado por uma corrente elétrica que passa através do corpo humano.

Considere a resistência do corpo humano como  $10^5 \Omega$  para pele seca e  $10^3 \Omega$  para pele molhada.

Se uma pessoa com a pele molhada toca os dois pólos de uma tomada de 220 V, a corrente que a atravessa, em A, é

A)  $2,2 \times 10^5$   $I = \frac{2,2 \cdot 10^2}{10^3}$

B)  $2,2 \times 10^3$

C) 4,5  $I = 2,2 \cdot 10^{-1}$

~~D)  $2,2 \times 10^{-1}$~~

E)  $2,2 \cdot 10^{-3}$

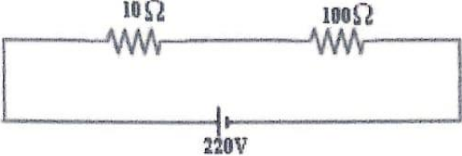
Fonte: Autoria própria.

Na pergunta 2, todos os alunos aplicaram corretamente a 1ª Lei de Ohm e souberam calcular a resistência equivalente, identificando ser uma associação em série. Um exemplo de resposta é ilustrado na Figura 52.

**Figura 52** - Resposta correta referente à pergunta 2

2 - A diferença de potencial entre os extremos de uma associação em série de dois resistores de resistências  $10\Omega$  e  $100\Omega$  é  $220V$ . Qual é a diferença de potencial entre os extremos do resistor de  $10\Omega$ ?

$R_T = 10 + 100$   
 $R_T = 110$   
 $I = \frac{220}{110} \Rightarrow I = 2A$



$V = 10 \cdot 2$   
 $V = 20V$

Fonte: Autoria própria.

Na pergunta 3, do total de 26 alunos, 65% abordaram corretamente os conceitos de resistência equivalente e souberam aplicar ao circuito analisando a 1ª Lei de Ohm. Dois alunos deixaram em branco e os demais marcaram errado, conforme exemplo ilustrado na Figura 53, correspondente à resposta correta e na Figura 54, correspondente à resposta errada.

**Figura 53** - Resposta correta referente a pergunta 3

Considerando o funcionamento do circuito dado, a lâmpada 1 brilhará mais quando a chave estiver na posição

A) B, pois a corrente será maior nesse caso.  
 B) B, pois a potência total será maior nesse caso.  
 C) A, pois a resistência equivalente será menor nesse caso.  
 D) B, pois o gerador fornecerá uma maior tensão nesse caso.  
 E) A, pois a potência dissipada pelo gerador será menor nesse caso.

Fonte: Autoria própria.

**Figura 54 - Resposta errada referente a pergunta 3**

Considerando o funcionamento do circuito dado, a lâmpada 1 brilhará mais quando a chave estiver na posição

A) B, pois a corrente será maior nesse caso.

B) B, pois a potência total será maior nesse caso.

C) A, pois a resistência equivalente será menor nesse caso.

D) B, pois o gerador fornecerá uma maior tensão nesse caso.

E) A, pois a potência dissipada pelo gerador será menor nesse caso.

Fonte: Autoria própria.

Na pergunta 4, apenas sete alunos chegaram ao resultado final, com êxito, cinco alunos não tentaram responder, oito alunos erraram por não interpretarem a necessidade de calcular a área de cada cômodo para identificar a lâmpada certa e seis alunos erraram por terem somado apenas as potências dos eletrônicos, sem pensar nas lâmpadas. As Figuras 55 e 56 ilustram raciocínio ideal e inadequado por falta de interpretação.

**Figura 55 - Resposta errada referente a pergunta 4**

protege-la.

A escolha das lâmpadas é essencial para obtenção de uma boa iluminação. A potência da lâmpada deverá estar de acordo com o tamanho do cômodo a ser iluminado. O quadro a seguir mostra a relação entre as áreas dos cômodos (em  $m^2$ ) e as potências das lâmpadas (em W), e foi utilizado como referência para o primeiro pavimento de uma residência.

Área do Cômodo ( $m^2$ )	Potência da Lâmpada (W)		
	Sala/copa/cozinha	Quarto, varanda e corredor	Banheiro
Até 6,0	60	60	60
6,0 a 7,5	100	100	60
7,5 a 10,5	100	100	100

3000  
120  
500  
200  
200  
30  
-----  
4070

Obs.: Para efeitos dos cálculos das áreas, as paredes são desconsideradas.

Fonte: Autoria própria.

Figura 56 - Resposta correta referente a pergunta 4

A escolha das lâmpadas é essencial para obtenção de uma boa iluminação. A potência da lâmpada deverá estar de acordo com o tamanho do cômodo a ser iluminado. O quadro a seguir mostra a relação entre as áreas dos cômodos (em m<sup>2</sup>) e as potências das lâmpadas (em W), e foi utilizado como referência para o primeiro pavimento de uma residência.

Área do Cômodo (m <sup>2</sup> )	Potência da Lâmpada (W)		
	Sala/copa /cozinha	Quarto, varanda e corredor	Banheiro
Até 6,0	60	60	60
6,0 a 7,5	100	100	60
7,5 a 10,5	100	100	100

Handwritten calculations on the left:  
 $\begin{matrix} 100 \\ 100 \\ 60 \\ 60 \\ 200 \\ 500 \\ 50 \\ 3000 \\ 120 \\ 200 \\ \hline 4390 \end{matrix}$

Handwritten calculations on the right:  
 $\begin{matrix} 1,5 \\ \times 2,1 \\ \hline 3,15 \\ 3,15 \\ \hline 4 \\ 1,5 \\ \times 0,9 \\ \hline 1,35 \end{matrix}$

Obs.: Para efeitos dos cálculos das áreas, as paredes são desconsideradas.

Fonte: Autoria própria.

Na pergunta 5, apenas um aluno não tentou fazer, um tentou mas não conseguiu, dezoito alunos responderam corretamente, identificando as associações em séries e paralelas e, os seis restantes erraram no cálculo da resistência equivalente do circuito. A Figura 57 ilustra uma das respostas corretas.

Figura 57 - Resposta correta referente a pergunta 5

5 - Calcule a intensidade da corrente equivalente, em ampères, do circuito abaixo:

Handwritten options on the left:  
 A) 2  
 B) 3  
 C) 5  
 D) 1,75  
 E) 0,28

Handwritten calculations and notes:  
 $I = 11V$   
 $R_T = 5,5 \Omega$   
 $I = 2A$   
 $\frac{1}{4} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} = \frac{4}{4}$

Fonte: Autoria própria.



Na pergunta 6, 77% dos alunos (20) aplicaram a fórmula da 2ª Lei de Ohm perfeitamente, mas esqueceram de transformar a unidade da secção transversal. Apenas um aluno não tentou e cinco alunos responderam adequadamente. A Figura 58 retrata esse erro por desconsiderar a unidade e a Figura 59 ilustra a forma adequada de resolução.

**Figura 58** - Resposta correta referente a pergunta 6

6 - Um fio de cobre, cuja área da secção transversal é igual a  $20 \text{ mm}^2$ , quando submetido a uma tensão de  $32 \text{ V}$ , é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade  $8 \text{ A}$ . Se o comprimento do fio é igual a  $800 \text{ m}$ , qual o valor da resistividade, em  $\Omega\text{m}$ ?

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \rightarrow \frac{32}{8} = \rho \cdot \frac{800}{2 \cdot 10^{-5}} \rightarrow \rho = \frac{4}{4 \cdot 10^7} \quad \rho = 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$$

Fonte: Autoria própria.

**Figura 59** - Resposta errada referente a pergunta 6

6 - Um fio de cobre, cuja área da secção transversal é igual a  $20 \text{ mm}^2$ , quando submetido a uma tensão de  $32 \text{ V}$ , é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade  $8 \text{ A}$ . Se o comprimento do fio é igual a  $800 \text{ m}$ , qual o valor da resistividade, em  $\Omega\text{m}$ ?

$$R = \frac{V}{i} \quad R = 4 \Omega$$

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad 4 = \frac{\rho \cdot 800}{20}$$

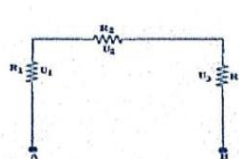
$$\rho = \frac{4 \cdot 20}{800} = 0,1 \Omega \cdot \text{m}$$

Fonte: Autoria própria.

Na pergunta 7, todos os alunos calcularam a resistência equivalente do circuito em série. Apenas cinco alunos não calcularam a ddp em cada resistor, encontrando somente a resistência equivalente e a corrente total fornecida, conforme Figuras 60 e 61

**Figura 60** - Resposta incompleta referente a pergunta 7

7 - Os pontos A e B da figura são os terminais de uma associação em série de três resistores de resistências  $R_1 = 1\Omega$ ,  $R_2 = 3\Omega$  e  $R_3 = 5\Omega$ . Estabelece-se entre A e B uma diferença de potencial  $U = 18\text{V}$ . Determine a resistência equivalente entre os pontos A e B; calcule a intensidade da corrente e a ddp em cada resistor.



$$R_T = 1 + 3 + 5$$

$$R_T = 9 \Omega$$

$$I = \frac{18}{9}$$

$$I = 2 \text{ A}$$

$$V_{R1} = 2 \text{ V}$$

$$V_{R2} = 6 \text{ V}$$

$$V_{R3} = 10 \text{ V}$$

Fonte: Autoria própria.

**Figura 61** - Resposta completa, do aluno C

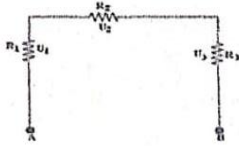
7 - Os pontos A e B da figura são os terminais de uma associação em série de três resistores de resistência  $R_1 = 1\Omega$ ,  $R_2 = 3\Omega$  e  $R_3 = 5\Omega$ . Estabelece-se entre A e B uma diferença de potencial  $U = 18V$ . Determine a resistência equivalente entre os pontos A e B; calcule a intensidade da corrente e a ddp em cada resistor.

$$i = \frac{V}{R}$$

$$i = \frac{18}{1+3+5}$$

$$i = \frac{18}{9}$$

$$i = 2A$$



with ner

Fonte: Autoria própria.

Na pergunta 8, todos souberam aplicar devidamente a fórmula que envolve potência e energia consumida. Porém, onze alunos não concluíram, calculando a diferença de custo mensal, conforme exemplo ilustrado na Figura 62. O restante 48% dos alunos souberam aplicar a fórmula e interpretaram o que foi solicitado na questão devidamente, conforme exemplo exposto nas Figuras 62 e 63.

**Figura 62** - Resposta completa de um aluno referente a pergunta 8

8- (PUCCampinas2016) Há alguns anos a iluminação residencial era predominantemente feita por meio de lâmpadas incandescentes. Atualmente, dando-se atenção à política de preservação de bens naturais, estas lâmpadas estão sendo trocadas por outros tipos de lâmpadas muito mais econômicas, como as fluorescentes compactas e de LED. Numa residência usavam-se 10 lâmpadas incandescentes de 100 W que ficavam ligadas em média 5 horas por dia. Estas lâmpadas foram substituídas por 10 lâmpadas fluorescentes compactas que consomem 20 W cada uma e também ficam ligadas em média 5 horas por dia. Adotando o valor R\$ 0,40 para o preço do quilowatt-hora, qual a economia que esta troca proporciona em um mês de trinta dias?

$$P = \frac{100 \cdot 5 \cdot 30}{1000}$$

$$P = \frac{15000}{1000}$$

$$P = 15 \text{ kWh} \times 10$$

$$P = 150 \text{ kWh} \times 0,40 = 60,00$$

$$P = \frac{20 \cdot 5 \cdot 30}{1000}$$

$$P = \frac{3000}{1000}$$

$$P = 3 \text{ kWh} \times 10$$

$$P = 30 \text{ kWh} \times 0,40 = 12,00$$

Economia  
 $60,00 - 12,00$   
 R\$ 48,00

with ner

Fonte: Autoria própria.

**Figura 63** - Resposta incompleta de um aluno referente a pergunta 8

8- (PUCCampinas2016) Há alguns anos a iluminação residencial era predominantemente feita por meio de lâmpadas incandescentes. Atualmente, dando-se atenção à política de preservação de bens naturais, estas lâmpadas estão sendo trocadas por outros tipos de lâmpadas muito mais econômicas, como as fluorescentes compactas e de LED. Numa residência usavam-se 10 lâmpadas incandescentes de 100 W que ficavam ligadas em média 5 horas por dia. Estas lâmpadas foram substituídas por 10 lâmpadas fluorescentes compactas que consomem 20 W cada uma e também ficam ligadas em média 5 horas por dia. Adotando o valor R\$ 0,40 para o preço do quilowatt-hora, qual a economia que esta troca proporciona em um mês de trinta dias?

Situação 1

$$P = 10 \cdot 100 \cdot 5$$

$$P = 5000 \text{ W} = 5 \text{ kWh}$$

$$5 \cdot 0,4 = \text{R\$ } 2,00 //$$

Situação 2

$$P = 10 \cdot 20 \cdot 5$$

$$P = 1000 \text{ W} = 1 \text{ kWh}$$

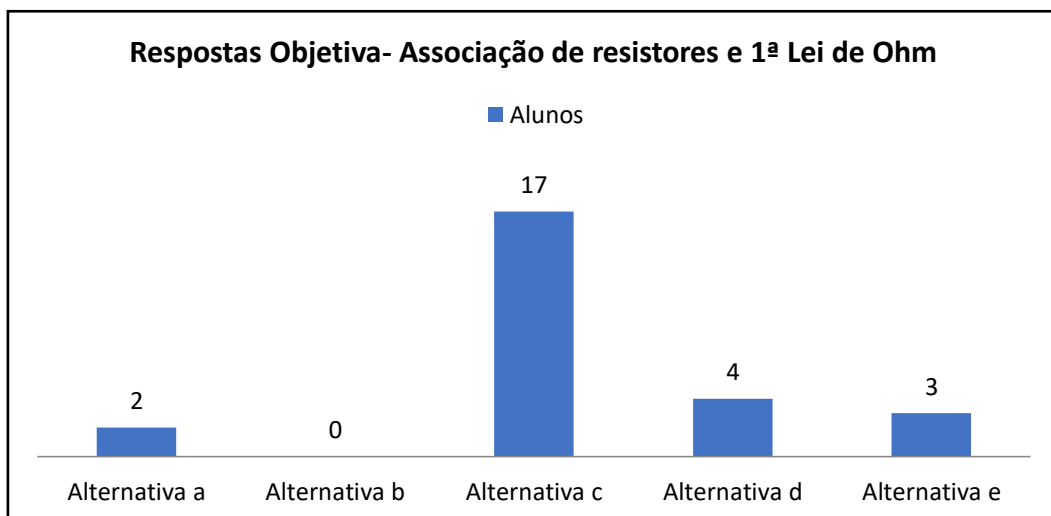
$$1 \cdot 0,4 = \text{R\$ } 0,40$$

Scanned with CamScanner

Fonte: Autoria própria.

Na pergunta 9, dezessete alunos marcaram a letra “c”, quatro alunos marcaram a letra “d”, dois alunos marcaram a letra “a” e três alunos marcaram a letra “e”, conforme esboça o Gráfico 1.

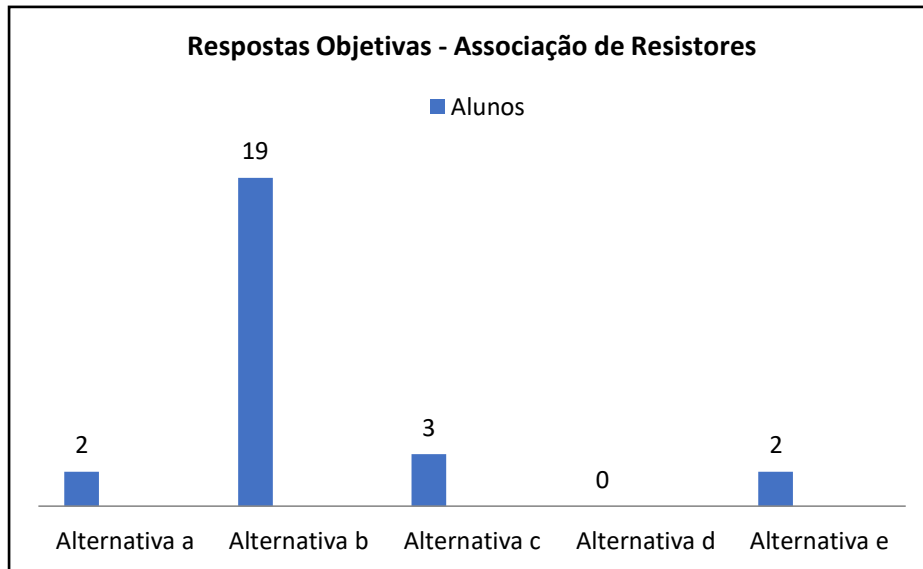
**Gráfico 1** - Respostas dos alunos à pergunta 9.



Fonte: Autoria própria.

Na pergunta 10, dezenove alunos marcaram a letra “b”, três alunos marcaram a letra “c”, dois alunos marcaram a letra “a” e dois alunos marcaram a letra “e”, conforme esboça o Gráfico 2.

**Gráfico 2** - Respostas dos alunos à pergunta 10.



Fonte: Autoria própria.

## 6 ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo são feitas as análises dos dados da pesquisa à luz do referencial teórico presente no segundo capítulo, tendo como foco principal o objeto de investigação.

### 6.1 Considerações Iniciais sobre os Dados Coletados

No contexto geral, o produto pedagógico foi avaliado de forma satisfatória pelos alunos que transpuseram adquirir postura motivadora, interativa e evolutiva tanto na questão atitudinal, quanto na aprendizagem. O envolvimento e a participação dos alunos se fizeram presentes em cada momento, amenizando o nível de abstração que o estudo da Física muitas vezes transmite ao aluno, principalmente, proveniente de um ensino exclusivamente tradicional. Inicialmente, com a proposta do tema e a sondagem dos conhecimentos prévios, os alunos se mostraram bastante instigados, sobretudo no que se refere à participação individual e a importância dada ao que eles já sabiam. Desta forma, perceberam através da interação entre colegas e professor, que possuíam bastante conhecimento sobre o conteúdo abordado, notando também a participação ativa no processo de construção do conhecimento.

Não houve rejeição ao método aplicado, devido ao fato de se tratar de uma forma regularmente praticada nesta escola, no decorrer do Ensino Médio, sobretudo, nas aulas de Física, sendo valorizado por eles por ser uma abordagem pedagógica fundamentada nos princípios de métodos ativos.

Vale destacar que algumas adaptações foram feitas na estruturação do produto em relação aos anos anteriores, como inserção de mais vídeo-aulas e construção do mapa conceitual. No decorrer do processo, os alunos demonstraram inquietação no quesito construção de mapa conceitual através de falas e poucos relataram não ter necessidade de muitas questões de vestibular para praticar. Ao mesmo tempo, dentre os pontos positivos, citaram a dinâmica interativa que estimula e instiga a pesquisar. As vídeo-aulas, por sua vez, foram evidenciadas pelos alunos como um bom instrumento para resolução de dúvidas e que os tornam mais ativos, chegando às aulas mais interessados. Já os jogos, os levaram a disputas saudáveis e, por isso, os tornaram mais dedicados e dispostos, assim como os simuladores que facilitaram a compreensão de fórmulas e conceitos, minimizando o grau de abstração.

Ausubel (1963) evidencia que a aprendizagem está vinculada à integração e organização do material em uma estrutura cognitiva, sendo essa, a maneira mais adequada para se aprender do seu ponto de vista. Neste sentido, acredita-se que produto educacional tenha sido relevante.

Um outro fato importante a se registrar, foi o comentário do professor de Geografia, que relatou que os alunos estavam tão entusiasmados e engajados com a interatividade que, ainda na aula dele, já trocavam informações e brincavam, como uma forma de preparo para vencer o jogo, demonstrando que junto à competitividade estava a ânsia em adquirir e aprimorar conhecimento.

Ao analisar as respostas e observações orais dos alunos, a princípio, numa leitura "flutuante" (BARDIN, 2016, p. 75), consubstanciando essas impressões à teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel (1963), identificou-se a evolução dos alunos ao longo das aulas. Logicamente, neste momento de pré-análise, a leitura ainda é intuitiva e muito aberta.

No sentido de sistematizar a análise dos resultados e ofertar um caráter mais objetivo à investigação, optou-se por categorizar em cinco temáticas mais explicitadas nesta pesquisa, que serão apontadas mais adiante. Segundo Bardin (2016; p. 147) “a categorização é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e, em seguida, por agrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos”.

Sendo assim, boas categorias devem ter qualidades como exclusão mútua, homogeneidade, pertinência, objetividade/fidelidade e produtividade (Ibid.; p. 149-150). Neste sentido, guiados por essas premissas, as seguintes categorias são postas em relevo a partir das respostas dos alunos às questões propostas pelas observações docentes e pela estrutura do produto educacional: i) aprendizagem (incluindo as concepções prévias, a diferenciação progressiva, reconciliação integradora e consolidação); ii) abordagem de ensino (simulação/vídeos, experimentos/jogos) e; iii) atitude.

## **6.2 Dialogando com os Referenciais Teóricos**

Neste item são apresentadas as categorias de análise elencadas anteriormente e submetidas a uma análise à luz do referencial teórico proposto no capítulo 2.

- **Aprendizagem**

Segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa desenvolvida por David Ausubel, “o mais importante fator isolado que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe. Determine isto e ensine-o de acordo” (AUSUBEL apud NOVAK, 1981, p. 9). Ou seja, para o professor direcionar qual a melhor abordagem para inserir um novo conhecimento à estrutura cognitiva do aluno, faz-se necessário sondar as concepções prévias (sejam as intuitivas ou as

aprendidas na escola) que o aprendiz detém acerca do tema que será abordado. Assim, a compreensão se torna possível, sendo armazenada como conhecimento que pode servir de ancoradouro para futuras informações.

Nesta perspectiva, após a aplicação do questionário de sondagem de conhecimentos prévios, composto por 9 questões, analisou-se que os alunos já detinham um significativo índice de conhecimento sobre o tema eletrodinâmica. Inclusive, diferenciavam com clareza o tema discutido na etapa anterior, eletrostática. Alguns alunos não tiveram respostas adequadas, possibilitando a identificação de algumas concepções não precisas, como: i) Concepção 1: eletrodinâmica relaciona eletricidade com dinâmica; ii) Concepção 2: Diferente de eletrostática, a eletrodinâmica estuda circuitos elétricos, enquanto que eletrostática analisa os equipamentos eletrônicos de forma isolada.

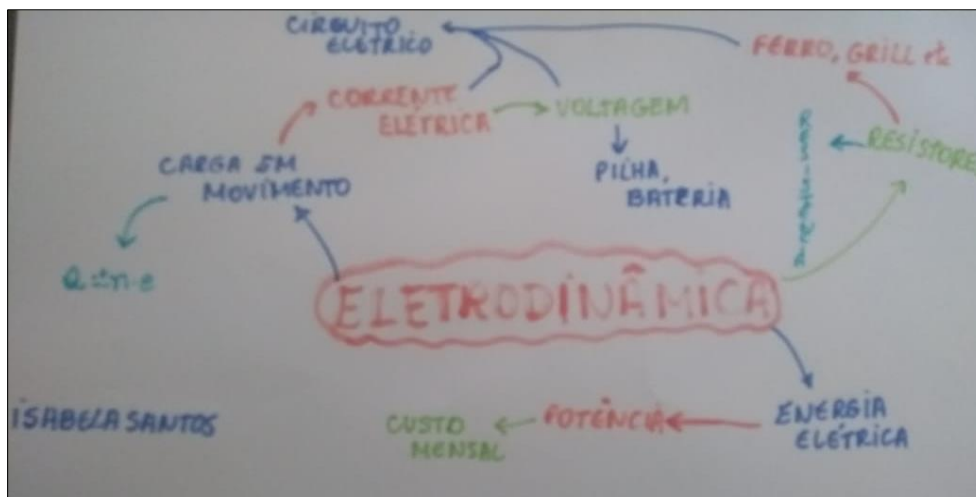
Os demais alunos relacionaram de forma clara e objetiva. A maioria soube relacionar o tema às situações cotidianas, a tecnologia que nos rodeia. O aluno H, por exemplo, além de relatar que eletrodinâmica estuda o movimento das cargas elétricas, acrescentou que ao nosso redor temos a presença de diversas situações envolvendo eletrodinâmica, como instalações elétricas e funcionamento de equipamentos. O aluno J, por sua vez, constatou que eletrostática estuda as cargas em repouso enquanto que eletrodinâmica estuda as cargas em movimento e norteou que a eletrodinâmica está presente em nosso cotidiano a todo instante, através dos eletrônicos.

Posteriormente, o processo de construção do conhecimento foi iniciado a partir da interação entre alunos e instigação da professora-pesquisadora. Nesta direção, a sequência didática proposta no produto educacional (Apêndice A) se mostrou bastante promissora no processo de construção atitudinal e de construção do conhecimento conceitual. Isto ocorreu não só durante as atividades, avaliações, jogos, mapas, simulações e experimentos, como também comentários proferidos pelos alunos em aulas de outras disciplinas e até mesmo com a própria professora-pesquisadora. Portanto, a sequência didática mostrou-se como um grande diferencial no papel do aluno como protagonista e do professor como mediador/estimulador.

Além disso, os mapas que inicialmente foram mentais - apenas como ferramentas na construção de diagramas nos quais o conhecimento foi organizado de forma a encadear o pensamento (MOREIRA, 2011) - foram gradativamente sendo aprimorados. Desta forma, houve a evolução para mapas conceituais, nos quais a hierarquia, a organização dos conceitos, a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa se fizeram presentes, permitindo uma análise satisfatória e qualitativa no que tange uma aprendizagem potencialmente significativa. Essa evolução pode ser verificada com exemplos dos primeiros mapas (mentais), também uma

ferramenta de levantamento de conhecimentos prévios, conforme Figura 64, que mostra relação entre os conceitos de forma promissora, uma vez que ainda verificava apenas a organização dos subsunçores.

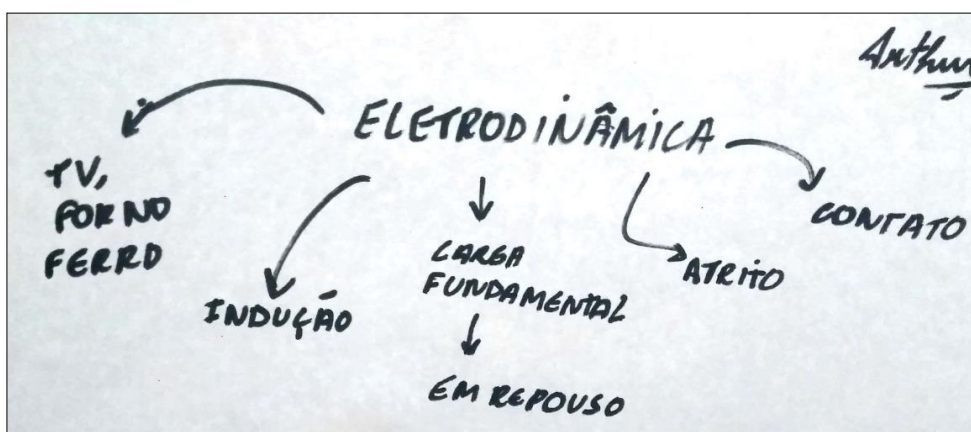
**Figura 64** - Mapa mental das concepções prévias



Fonte: Autoria própria.

Um único aluno demonstrou não apresentar nenhuma estrutura cognitiva adequada com relação ao tema proposto, conforme Figura 65. Faz-se necessário ressaltar que o mesmo apresenta total desinteresse em todas as disciplinas de exatas e que apresentou laudo médico que relata Transtorno de Déficit de Atenção (TDA).

**Figura 65** - Mapa mental inadequado



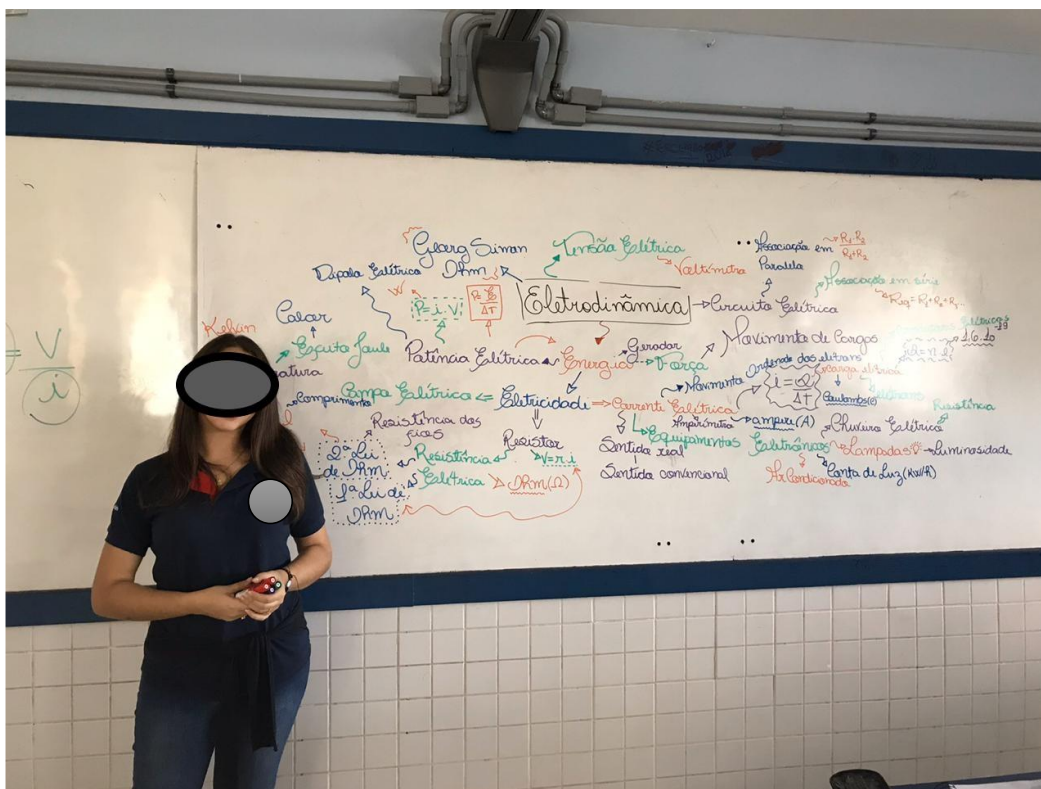
Fonte: Autoria própria.

Já o mapa colaborativo (Figura 66), elaborado com a participação de todos os alunos, aplicado após algumas aulas de abordagem do conteúdo, ilustrou a diferenciação progressiva



e reconciliação integrativa. Ressalta-se que apesar dos alunos não terem feito uso devido na estrutura do mapa, com os conectivos relacionando os conceitos, conforme foram orientados por intermédio de uma vídeo-aula proposta para casa e uma rápida explanação feita pela professora-pesquisadora. O processo de elaboração foi baseado na participação individual em ordem alfabética, podendo o aluno não só pôde relacionar conceitos novos, como também alterar o que outro colega já relacionou, caso não julgue ideal.

**Figura 66 - Mapa colaborativo da turma**



Fonte: Autoria própria

A formulação de proposições na elaboração dos mapas, bem como a inserção de um termo de ligação usado para esclarecer a relação conceitual dessa proposição, é o que torna os mapas conceituais ferramentas valiosas para verificação de aprendizagem. Apesar do mapa colaborativo possuir muitas proposições significativas e válidas, além de ramificações na organização dos conceitos, partindo dos mais generalistas para os mais específicos, a ausência do termo de ligação, o tornou ainda inadequado mesmo sendo bastante satisfatório, pois conseguiram evidenciar relações e hierarquia entre conceitos (MOREIRA; ROSA, 1986). Como exemplo de proposições válidas é possível elencar:

- **Proposição 1:** Eletrodinâmica se relaciona com energia, eletricidade que, por sua vez, se relaciona com resistor (que possui resistência), corrente elétrica (movimento ordenado dos elétrons, medido por um amperímetro, que possui sentido real e convencional, unidade: ampère (A) e fórmula), campo elétrico, equipamentos eletrônicos (exemplos: chuveiro elétrico, lâmpadas, ar condicionado);
- **Proposição 2:** Eletrodinâmica associada a circuito elétrico que pode ser em série (resistência equivalente) e em paralelo (resistência equivalente);
- **Proposição 3:** Eletrodinâmica associado a energia, eletricidade, resistor que apresenta resistência que se relaciona com as Leis de Ohm (fórmulas).

A fim de servir como fonte de coleta na verificação de aprendizagem pertinentes dos discentes, eles responderam questões de ENEM e vestibular, além de questões propostas pelo próprio material didático da escola, presentes no ambiente virtual de aprendizagem da escola, conforme ressaltado anteriormente.

O produto educacional possui diversos momentos que encontram ressonância com o constructo teórico Ausubeliano denominado diferenciação progressiva (AUSUBEL,1978). O primeiro momento de apresentação de teoria foi o momento de investigação 1. Nesta etapa os alunos tiveram, durante a apresentação dos dispositivos eletrônicos, uma breve aula dialogada a fim de instigá-los. Na aula seguinte, a fim de organizar os conhecimentos, construíram um mapa mental (MOREIRA, 2011), conforme mencionado anteriormente, ocasião em que fez-se notório o início da etapa de diferenciação progressiva ao organizarem de maneira satisfatória os conhecimentos prévios e os conceitos adquiridos após a breve aula dialogada.

Em consonância a esse momento e fazendo uso do método ‘Sala de Aula Invertida’, onde o aluno é o protagonista no processo de aprendizagem, uma vídeo-aula com conceitos introdutórios de eletrodinâmica foi sugerida para casa, associada a um questionário de análise direcionador para posterior dinâmica interativa na aula seguinte. Foi possível identificar, além de uma atitude positiva dos alunos (AUGÉ, 2004), em sua maioria, uma interação cognitiva bastante produtiva, revelando que a abordagem didática utilizada (vídeo-aula) foi bem aceita, como também a potencialidade de uma diferenciação progressiva foi identificada. Houve uma explicitação dos conhecimentos prévios após assistirem a aula *on-line*, favorecendo a introdução teórica inicial.

Na pergunta 3 do questionário: *Após a vídeo-aula do professor Terra, de que maneira você explicaria o conceito de corrente elétrica?* É possível citar algumas respostas que revelam uma interação positiva com a teoria:

*“Movimento ordenado dos elétrons, devido uma tensão elétrica. Precisa-se de um condutor para que ela flua.”* (aluno I);

*“O condutor elétrico, quando submetido a uma fonte de tensão passa a ter os elétrons se movimentando ordenadamente. Esse movimento é chamado de corrente elétrica.”*(aluno M)

Já na pergunta 5 do questionário: *O que você entende por capacitores (citado na questão do UFSCAR)?* Foi notório ainda uma certa dificuldade por parte de 58% da turma, o equivalente a 15 alunos que apesar de compreenderem o conceito, relataram não associarem a aplicabilidade, conforme pode-se observar em algumas respostas dadas, notando deficiência na construção conceitual. Entretanto, com a dinâmica interativa, dispensaram a necessidade da intervenção da professora-pesquisadora. Eis alguns exemplos de respostas imprecisas:

*“Dispositivo para armazenar cargas elétricas, só não sei para que.”*  
(aluno N);

*“Entendo que serve para armazenar cargas e que converte corrente elétrica alternada em contínua. Só não sei onde utilizamos. Tem em todos aparelhos?”* (aluno T).

Faz-se necessário ressaltar que essas respostas foram formuladas antes mesmo de uma aula teórica expositiva, ministrada pela professora-pesquisadora. Foram respostas baseadas apenas na video-aula, conceitos prévios e aula interativa de instigação sobre o tema que fora discutido inicialmente para sua apresentação.

Após a aula expositiva/dialogada, ministrada no terceiro momento da investigação, em conjunto com um breve *slideplayer* sobre resistores, observou-se uma grande satisfação dos alunos no que tange a compreensão acerca do tema proposto e a importância do seu papel nesse processo de construção, propiciando mudança comportamental com alunos mais dedicados e interessados, já que tiveram papel ativo durante toda etapa de construção conceitual, como observado nas respostas dadas ao questionário aplicado neste momento após a aula expositiva e o *slideplayer*. Vale destacar algumas respostas à pergunta 1: *Gostou da aula? O que te chamou mais a atenção?*

*“O que mais me chamou a atenção foi que com apenas uma aula da professora, praticamente tudo ficou claro na minha cabeça. Pois, com as conversas e o vídeo, muitas dúvidas já foram esclarecidas. Sem a eletrodinâmica, não imagino como seria nossas vidas.”* (Aluno N);

*“O interessante é que aprendemos tanta coisa em um tempo curto e sem ser aquela ‘parada’ chata de escrever, escrever sem nada entender. A eletrodinâmica já faz parte de nosso cotidiano, utilizamos diariamente, sabemos como funciona e não sabíamos que na verdade era a parte da física eletrodinâmica que explica tudo aquilo. O que mais chamou minha atenção foi conseguir entender em tempo recorde já que sou debilitado de raciocínio (rsrs).”* (Aluno R).

Em suma, 96% dos alunos relataram ter gostado muito por sanar muitas dúvidas e tornar mais claro certos conceitos.

Interessante relatar que na pergunta 2 (*Explique o que seria o efeito joule. Existe alguma vantagem? Comente situações cotidianas em que visualize a necessidade de tal efeito.*), um aluno mencionou que na primeira aula, durante a investigação dos conhecimentos prévios, após ter apresentado os equipamentos a professora-pesquisadora fez muitas perguntas e deixou sem respostas e dentre essas perguntas havia uma que o marcou: *O que tem em certos eletrodomésticos usados com objetivo de aquecer, como sanduicheira, ferro de passar roupa...etc?* O aluno responde:

*“Professora, eu pensei no chuveiro elétrico que quando pára de funcionar, temos que trocar a resistência. Daí pensei, só pode ser a resistência! Mas, achei que estaria falando bobagem. No decorrer de nossas aulas e após os slides, tive a certeza de que não sou burro (kkkk). Estava pensando certo!”* (Aluno K).

Nesse momento, fez-se notório a evolução nas falas dos alunos, diante de alguns comentários registrados pela professora-pesquisadora, no primeiro momento, como:

*“Professora, sabemos que a eletrodinâmica está relacionada a todos os equipamentos, mas o que acontece depois que colocamos eles na*

*tomada que faz funcionar, é complicado. Deve ser algo muito complexo.” (Aluno G).*

O mesmo responde essa questão, citada anteriormente, de uma forma muito satisfatória apontando uma capacidade interessante de aplicação do conhecimento teórico (diferenciação progressiva) e demonstrando muito entusiasmo, durante a dinâmica de interação:

*“Tudo faz sentido. Na tomada temos tensão elétrica, que por sua vez organiza o movimento dos elétrons no condutor e passa pelo receptor, onde essa energia será transformada em outro tipo, seja sonora, luminosa e sempre térmica, que seria o efeito joule. Então o efeito joule é útil no ferro, por exemplo. Certo?” (Aluno G).*

Na pergunta 3 (*A intensidade da resistência possui alguma relação com a corrente elétrica? Qual?*), 81% dos alunos conseguiram relacionar de maneira satisfatória, sendo que um aluno lembrou que no primeiro momento de investigação de conhecimentos prévios, a professora-pesquisadora comentou sobre o resistor, enquanto apresentava os dispositivos eletrônicos. No momento, quando o aluno perguntou o que seriam aquelas faixas coloridas e por que não eram iguais, a professora-pesquisadora perguntou se alguém saberia respondê-la. Apenas um aluno disse que as faixas estariam relacionadas com a intensidade de cada resistor. Neste momento, a professora-pesquisadora apenas sorriu. Então, o aluno destacou a possibilidade de que o outro colega estava correto na afirmativa e ainda acrescentou que as faixas determinam não só o valor da resistência como também funciona como uma espécie de código, onde cada cor representa um algarismo além da potência e, em alguns resistores, a porcentagem de imprecisão no valor de sua resistência (tolerância). Além disso, o aluno relatou como o próprio nome diz, *“a resistência é a medida de oposição à passagem de corrente, logo, são inversamente proporcionais. Quanto maior a resistência, menor a intensidade de corrente elétrica”* (Aluno I).

Vale ressaltar algumas respostas evolutivas que apontam progressão conceitual dos alunos, como:

*“Determinados materiais podem apresentar maior ou menor resistência e, com isso, dificultar mais ou menos a passagem de corrente elétrica. Isso mostra que no chuveiro elétrico, por exemplo, se*

*não tiver resistência, nenhuma corrente elétrica precisará passar por ele, pois ele não terá a função de aquecimento.” (Aluno T);*

*“Não estava errado com minha concepção naquele momento em que a Sra nos apresentou os resistores, apenas não tinha ideia de quanto maior fosse à intensidade dessa resistência, menor seria a passagem de corrente elétrica. Eu imaginava que cada resistor tem sua resistência, mas não qual a finalidade dela. Interessante!” (Aluno C).*

Na pergunta 4, todos os alunos apontaram compreensão na relação entre corrente elétrica e a quantidade de carga que atravessa o condutor no intervalo de tempo, desenvolvendo e aplicando a fórmula sem dificuldades. Vale salientar que os momentos de diferenciação progressiva, aplicação de temas gerais, são intercambiáveis com a reconciliação integrativa, temas mais específicos integrados aos temas gerais (MOREIRA, 2011).

Um outro momento, não menos importante, em que a diferenciação progressiva se faz notória, foi na análise do questionário aplicado após a videoaula proposta para casa, sobre associação de resistores e primeira Lei de Ohm, no terceiro momento, e em consonância com o quarto momento da investigação, pois não houve aula interativa com a professora-pesquisadora sobre o vídeo proposto, mas sim uma aula experimental em grupo. De forma que a interação já foi feita na prática proposta. Enquanto os grupos desenvolviam os trabalhos, a professora-pesquisadora se fez presente na mediação e sondagem, se havia ainda dúvidas quanto ao vídeo sobre associação de resistores, intervindo sempre que necessário.

Vale ressaltar que o produto educacional é rico em momentos de aplicação contextualizada dos conteúdos teóricos gerais, possibilitando uma interação cognitiva e atitudinal não desprezíveis. Os momentos de diferenciação progressiva são uma característica bastante evidente do material instrucional, gerando várias ocasiões de forte engajamento entre os alunos e os temas propostos. Tais momentos também entram em ressonância com a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud (1990), que defende que a evolução conceitual é situacional e específica e domínio, ou seja, depende da aplicação concreta e dos conteúdos específicos. Assim, o material tem forte potencial de proporcionar uma aprendizagem consistente.

No decorrer do quarto momento, os 20% dos alunos (5 alunos) que não conseguiram determinar os principais elementos de um circuito elétrico, na tarefa para casa, estavam inseridos em diferentes grupos que, com a interação, passaram a compreender com clareza.

Destacando o comentário de um dos alunos que durante a mediação da professora-pesquisadora relatou que no vídeo para casa ele não conseguiu definir os elementos, mas só em receber os materiais para confecção do circuito, conseguiu se lembrar do vídeo e compreender, ficando claro a função de cada elemento, bem como sua interdependência. Outra fala que vale ressaltar refere-se ao comentário de um aluno que relatou empolgadamente que montar um circuito elétrico é muito simples, pois basta ter um gerador, que no caso pode ser uma ‘pilha’, o fio que seria o caminho para a corrente elétrica e os resistores, que podem estar ligados de formas distintas como exemplo do ‘pisca-pisca’ de natal e até mesmo as instalações elétricas.

Bem, apesar dos momentos de diferenciação progressiva serem eminentemente associados às abordagens gerais introdutórias, é possível também associá-las às abordagens mais específicas. No entanto, no desenrolar da trama conceitual, quando os assuntos vão se especificando e é preciso fazer *links* com as temáticas gerais, o constructo ausubeliano denominado reconciliação integrativa vai ganhando espaço (AUSUBEL,1978; MOREIRA, 2011). Os próximos parágrafos são mais dedicados a esse constructo.

No decorrer da montagem dos experimentos, por exemplo, a interação entre os componentes dos grupos aponta que, com o auxílio do vídeo proposto para casa, eles já conseguiam compreender que os resistores, quando associados de forma a terem apenas um caminho, estariam em série, logo a corrente não teria como ser diferente, relacionando então que o instrumento usado para medir a corrente elétrica de um resistor, também precisaria estar em série ao mesmo, no caso, o amperímetro.

Uma dúvida interessante de um grupo aponta índices de reconciliação integrativa e a importância do cooperativismo no processo de construção da aprendizagem. A dúvida registrada pela professora-pesquisadora foi a seguinte: “*Se no circuito em paralelo, como nas instalações residenciais e comerciais, a corrente possui caminhos independentes para percorrer, a corrente elétrica não será a mesma em todos os resistores, como seria se estivessem ligados em série (com um único caminho). Então o que irá definir a intensidade dessa corrente?*” (Aluno C). Outro integrante do grupo, responde: “*A corrente dependerá do valor da resistência e da tensão ao qual está submetida*” (Aluno J). O aluno M acrescenta “*que pode ser calculada através da 1ª Lei de Ohm que relaciona tensão, corrente e resistência*”.

A aula prática finalizada com a apresentação dos grupos para a turma permitiu diagnosticar um indício de aprendizagem significativa em 50% da turma, o equivalente a dois grupos que desenvolveram com êxito todas as etapas e apresentaram com precisão os conceitos relacionados dos mais específicos para os mais gerais e dos mais gerais para os mais específicos, apontando a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa (AUSUBEL; NOVAK;

HANESIAN, 1980). Os dois processos são simultâneos e necessários à construção cognitiva, mas parecem ocorrer com tonalidades distintas. Já a outra metade da turma (2 grupos), apesar de não terem conseguido montar os experimentos adequadamente, compreenderam onde erraram ao assistirem a apresentação dos outros grupos, visto que analisando os relatórios científicos sobre a aula prática, fica nítido que até mesmo os grupos que não obtiveram êxito na montagem dos circuitos, bem como as devidas medições, souberam explicar, inclusive, o motivo pelo qual não conseguiram alcançar o objetivo. É importante salientar que durante a aula experimental, a interação entre os grupos e até mesmo com a professora-pesquisadora se fez presente em todo o momento, contribuindo positivamente para o desenvolvimento do relatório.

Outro momento que vale destacar, após a aula expositiva dialogada sobre associação de resistores, foi a atividade de investigação encaminhada para casa, a fim de diagnosticar o grau de evolução e relação conceitual de forma individual. Evidenciando a questão 2 (*ENEM 2013*) *Medir temperatura é fundamental em muitas aplicações ...*), identifica-se a necessidade de uma grande habilidade de reconciliação integrativa, pois o aluno não só precisaria aplicar conceitos de resistência equivalente, como também, interpretar o circuito misto compreendendo os diferentes caminhos e aplicar a 1ª Lei de Ohm, além de definir a intensidade das correntes e a ddp em um determinado resistor. Motivo pelo qual observou-se que 88% dos alunos responderam de forma satisfatória mas, ressaltaram ter pesquisado na *internet*, enquanto que 12% não tentaram, pois acharam o grau de complexidade muito alto. Destaca-se que mesmo pesquisando na *internet*, dois alunos relataram permanecer com dúvidas, precisando da mediação da professora-pesquisadora na aula seguinte para resolver junto à classe. Desta forma, evidencia-se que a questão trouxe um grau de abstração muito grande gerando inquietação e muitos comentários na aula seguinte.

O mesmo observou-se na questão 3 (*ENEM 2016*) *Por apresentar significativa resistividade elétrica ...*), ficando nítido que mesmo consultando o passo a passo, não conseguiram compreender a montagem dos circuitos nos terminais AB e BC, relatando ter sido a questão mais complexa, necessitando da intervenção da professora-pesquisadora que precisou resolver através de desenhos para que conseguissem visualizar e interpretar, minimizando o grau de abstração que impedia que eles desenvolvessem, apesar de já terem os conceitos organizados com clareza.

Outro momento interessante em que pode ser observada a reconciliação integrativa foi no sexto momento após a resolução dos problemas do ENEM, onde tiveram muita dificuldade. No entanto, quando a professora-pesquisadora contextualiza o tema *efeito joule* percebe-se



quase unanimidade na interação, participação e assimilação, inclusive, os alunos protagonistas do processo, expondo linhas de pensamentos que apontam um grau satisfatório de aprimoramento de conceitos, como pode-se notar na fala do aluno M:

*“Efeito Joule seria a transformação de parte da energia elétrica em energia térmica (do aquecimento) provocado pela passagem de corrente elétrica em um resistor”.*

Acrescentando também a fala do aluno T:

*“Por isso as lâmpadas incandescentes consumia mais energia que as de hoje. Pois, as lâmpadas incandescentes funcionavam graças ao efeito joule, onde o filamento se aquecia com a passagem da corrente elétrica, transformando energia elétrica em energia luminosa e calor. No caso, do ferro de passar roupa e sanduicheira, o funcionamento é baseado no efeito joule.”*

Como já mencionado anteriormente, o mapa conceitual colaborativo, confeccionado no sétimo momento de investigação, a fim de consolidação do tema eletrodinâmica, ressalta um avanço conceitual interessante, analisado pela professora-pesquisadora também individualmente, pelo comportamento de cada um na sua elaboração. A reconciliação integrativa pode ser identificada com clareza, inclusive pela fala dos alunos, que ressaltavam a associação entre os conceitos específicos e gerais.

No entanto, a professora-pesquisadora não se limitou em avaliar apenas o mapa colaborativo, onde observou a evolução geral da turma e de cada aluno, mas notou que no decorrer da interação, alguns alunos se inquietavam com a organização conceitual dos colegas e preferiam não intervir, apesar de demonstrarem que fariam diferente. Assim, a professora-pesquisadora, posteriormente, dividiu a turma em grupos para que os mesmos apresentassem um mapa conceitual individual, mesmo utilizando o colaborativo como auxílio.

Utilizando-se o mapa conceitual como instrumento avaliativo (MOREIRA, 2012 apud MOREIRA; BUCHWEITZ, 1993), torna-se necessário analisar como foi estruturado, hierarquizado, diferenciado, relacionado, discriminado e integrado os conceitos de um determinado assunto. Dessa forma, nota-se que, apesar dos grupos fornecerem informações e relações conceituais relevantes e significativas, um grupo, por exemplo, não conseguiu diferenciar mapa mental de mapa conceitual, apesar de notar hierarquias, integração,

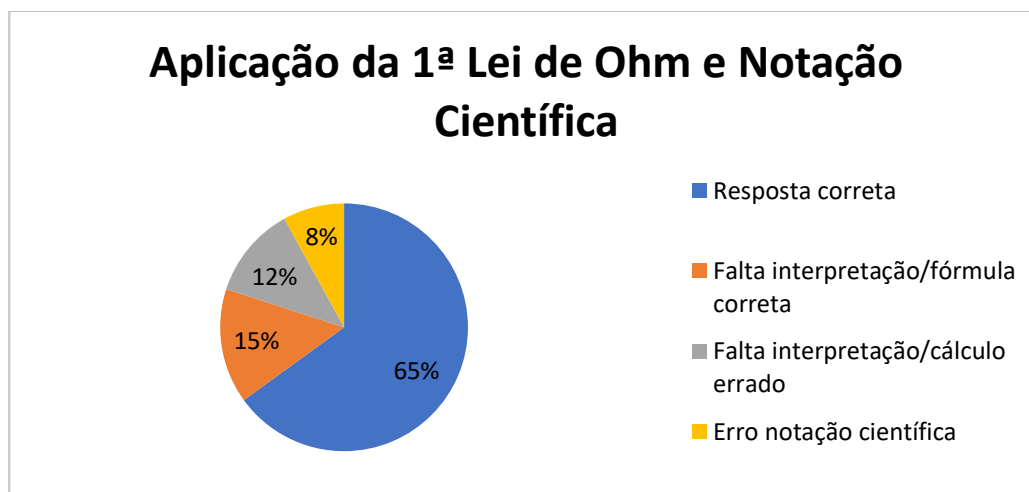
diferenciação e reconciliação. Já um outro grupo, apresenta compreensão a respeito de um mapa conceitual, mas aponta uma certa desarticulação dos conceitos. Apesar de eles terem conceituado corretamente bem e interligarem esses conceitos de forma satisfatória, transparecendo detenção do conhecimento. Todos os grupos conseguiram através dos mapas conceituais mostrar indícios de uma aprendizagem significativa, apresentando evolução conceitual. Como definem Moreira e Rosa (1986, p.18), “[...] não há regras fixas ou modelos rígidos para traçar um mapa conceitual. O importante é que ele evidencie as relações e as hierarquias entre os conceitos”.

A sequência didática foi marcada também por um momento de investigação onde os alunos, divididos em grupos, apresentaram um seminário como forma de abordar todo conhecimento adquirido e aprimorado acerca do tema eletrodinâmica. A avaliação feita pela professora-pesquisadora foi individual e marcada por mediação e instigação através de questionamentos a fim de analisar a desenvoltura da equipe e a capacidade individual de relacionar tudo aquilo que se propuseram a apresentar com o cotidiano deles. Observou-se nesse momento investigativo que apenas quatro alunos se limitaram apenas naquilo que lhe foi proposto. Os demais demonstraram domínio em todo assunto abordado e relacionaram positivamente ao cotidiano.

Para consolidação da análise de aprendizagem com o uso da sequência proposta, uma atividade de teor avaliativo foi aplicada individualmente a fim de avaliar o nível de assimilação e apontar as defasagens na aprendizagem. A atividade desenvolvida foi estruturada por 10 questões/problemas do Enem e Vestibulares com exigência de diversas competências e habilidades trabalhadas no decorrer das etapas. Evoca-se, agora, o conceito ausubeliano da consolidação, estreitamente relacionado a momentos avaliativos (MOREIRA, 2011). A seguir, apresenta-se o registro do desempenho da turma, destacando a evolução conceitual.

Na pergunta 1, conforme retrata o conforme Gráfico 3, que 65% dos alunos obtiveram êxito na resposta, aplicando corretamente a 1ª Lei de Ohm e interpretando devidamente o que foi solicitado; 15% dos alunos aplicaram corretamente a 1ª Lei, porém, não interpretaram o problema e utilizaram as duas resistências descritas, com cálculos independentes; 12% dos alunos, apesar de aplicarem a 1ª Lei de Ohm, não fizeram uso devido da resistência, por defasagem de habilidades em interpretação; 8% dos alunos erraram por não conseguirem trabalhar com a notação científica, entretanto, sabiam manipular a fórmula necessária. Dessa forma, a professora-/pesquisadora na correção após a devolução, resolve o problema, pontuando a necessidade de interpretação para obterem êxito. Sendo assim, não basta deter o conhecimento, faz-se necessário interpretar para saber exatamente o que está sendo solicitado.

**Gráfico 3 - Resultado da questão 1 da avaliação de conhecimento**



Fonte: Autoria própria.

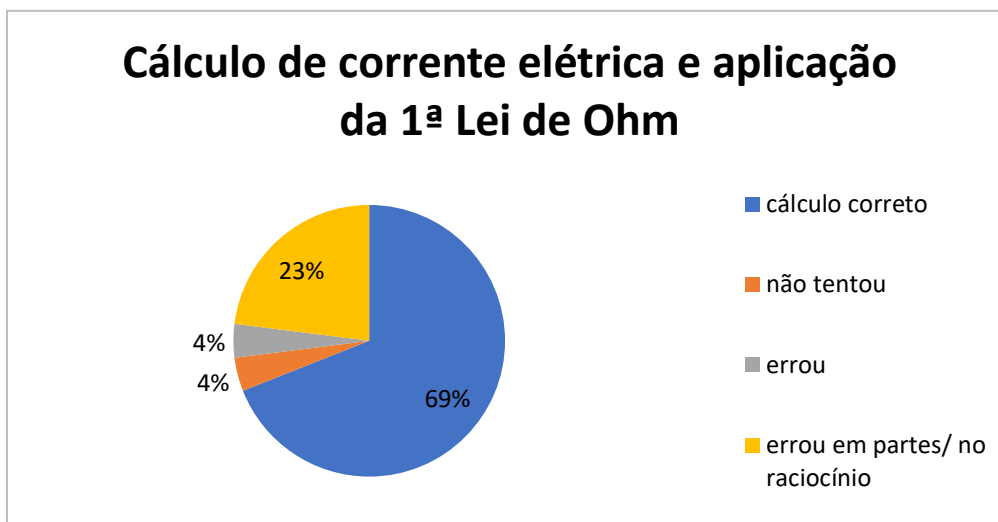
Na pergunta 2, 100% dos alunos apresentaram em sua estrutura cognitiva aptidão em conhecer o tipo de associação de resistores e aplicar corretamente a 1ª Lei de Ohm após a definição da resistência equivalente, não precisando de nenhum tipo de ressalva da professora-pesquisadora no ato de devolução da atividade.

Na pergunta 3, 65% abordaram corretamente os conceitos de resistência equivalente e souberam aplicar ao circuito analisando a 1ª Lei de Ohm; 7% deles nem responderam, deixando em branco e os 28% restantes marcaram errado, notando-se que 35% da turma, apesar de possuírem habilidades em distinguir os tipos de associação e saberem aplicar a 1ª Lei de Ohm, não conseguiam relacionar os conceitos envolvidos de forma satisfatória, apontando necessidade de intervenção por parte da professora-pesquisadora nessa questão, após devolução da prova para fins de esclarecimentos.

Na pergunta 4, verificou-se que 27% dos alunos chegaram ao resultado final com êxito; 19% dos alunos nem tentaram responder; 31% deles erraram por não interpretarem a necessidade de calcular a área de cada cômodo para identificar a lâmpada certa; e 23% erraram por terem somado apenas as potências dos eletrônicos, sem pensar nas lâmpadas. Assim, nota-se a necessidade de intervenção da professora-pesquisadora, no momento de devolução e correção a fim de desenvolver nos alunos as habilidades necessárias para o desenvolvimento de questões desse tipo.

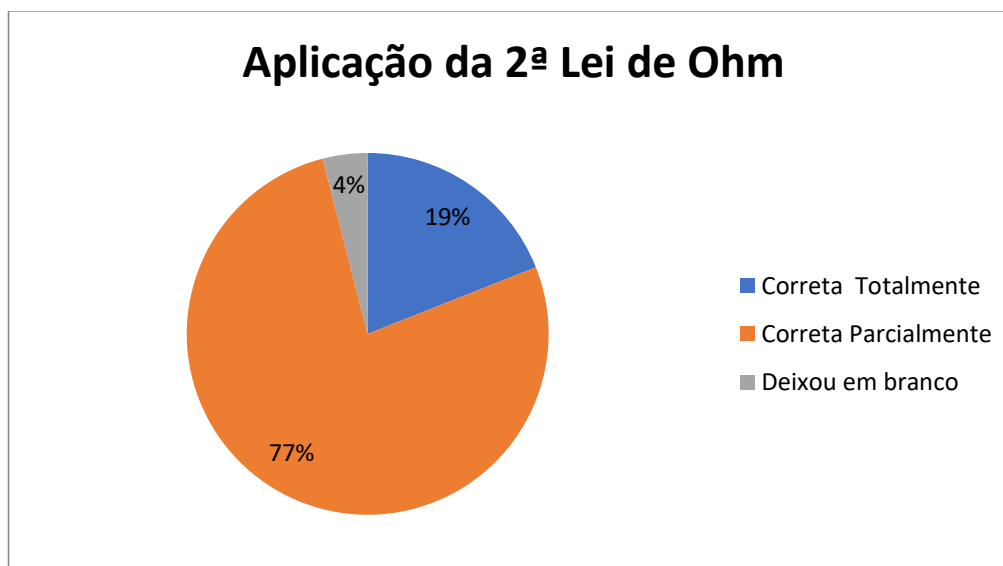
Na pergunta 5, observou-se que apenas 4% de aluno não fizeram; 4% tentaram, mas não conseguiu; 69% deles responderam corretamente, identificando as associações em séries e paralelas; os 23% restantes erraram no cálculo da resistência equivalente do circuito, conforme ilustra o Gráfico 4.

**Gráfico 4 - Resultado da questão 5 da avaliação de conhecimento**



O Gráfico 4, indica que os 31% da turma não desenvolveram a estrutura cognitiva necessária para relacionar os conceitos necessários e consolidar a reconciliação integrativa. Uma parte apresentou deficiência conceitual a respeito dos cálculos de resistência equivalente em circuitos mistos. Pontos que foram identificados e comentados pelo professor/pesquisador no momento de reflexão na devolução das atividades.

Na pergunta 6, 77% dos alunos tiveram aptidão para aplicar a fórmula da 2ª Lei de Ohm, relacionando devidamente a resistência com o comprimento do condutor, resistividade e área da seção transversal, porém esqueceram de transformar a unidade da seção transversal para trabalhar com as unidades no SI; apenas 4% não fizeram; e o restante, 19% deles, responderam adequadamente, não só fazendo o devido uso da fórmula da 2ª Lei de Ohm, como também transformando as unidades para que estejam de acordo com o SI, conforme ilustra o Gráfico 5. Portanto, verificou-se que a professora-pesquisadora, na discussão sobre rendimento, na devolução da atividade, precisou pontuar a necessidade das unidades estarem compatíveis antes da aplicação em qualquer fórmula.

**Gráfico 5** - Resultado da questão 6 da avaliação do conhecimento.

Fonte: Autoria própria.

Na pergunta 7, fez-se necessário que os alunos não só conseguissem fazer a reconciliação integrativa, relacionando conceitos mais específicos com os mais gerais como saber estruturar os conceitos. Verificou-se que 100% dos alunos calcularam a resistência equivalente do circuito em série. Apenas 19% deles não calcularam a ddp em cada resistor, conforme solicitado na questão, encontrando somente a resistência equivalente e a corrente total fornecida. Ou seja, não demonstraram desenvolvimento total da questão.

Na pergunta 8, fez-se necessário habilidade no cálculo de potência e consumo de energia (HEWITT, 2015). Apesar de 42% dos alunos não terem concluído, todos souberam aplicar devidamente a fórmula que envolve potência e energia consumida, faltando calcular a diferença de custo mensal que expressaria a economia gerada. O restante, 48% dos alunos, souberam aplicar a fórmula e interpretaram o que foi solicitado na questão devidamente, apontando assimilação e interpretação, incumbindo a professora-pesquisadora apenas alertar sobre a necessidade de interpretação.

Na pergunta 9, os alunos precisavam explorar os conhecimentos adquiridos e aprimorados sobre associação de resistores e aplicação da 1ª Lei de Ohm: 65% alunos marcaram a letra “c” – opção correta; 16% marcaram a letra “d”; 8% alunos marcaram a letra “a”; e 11% marcaram a letra “e”, cabendo a professora-pesquisadora levá-los a analisar as opções e refletir sobre todo conteúdo explorado no decorrer da etapa, após a devolução da atividade. Vale ressaltar que uma boa porcentagem dos alunos já apresentava domínio de conhecimento sobre tal situação.

Na pergunta 10, na exploração do conteúdo de associação de resistores, 73% dos alunos marcaram corretamente a letra “b”; 11% marcaram a letra “c”; 8% marcaram a letra “a”; e 8% deles marcaram a letra “e”, fazendo notório que a maior parte dos alunos já apresentava domínio sobre associação de resistores, cabendo ao professor/pesquisador, na devolução da atividade, apenas induzir uma reflexão para aqueles que ainda não conseguiram construir adequadamente a aprendizagem.

Vale ressaltar que, após o momento da avaliação de conhecimento, por intermédio da atividade proposta, o professor/pesquisador dispensou para aula seguinte a devolução das atividades e ponderações importantes acerca do conteúdo. Entretanto, houve uma reflexão em cada questão sobre equívocos a serem sanados.

Destarte, quando a aprendizagem ocorre de maneira significativa torna-se necessário diferenciar progressivamente significados dos novos conceitos adquiridos com a finalidade de tornar perceptíveis as diferenças entre eles. No entanto, é preciso também proceder a reconciliação integrativa. Portanto, a aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação ancora-se em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende. Enquanto ela ocorre, conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados em decorrência de sucessivas interações (AUSUBEL,1978). Diante do exposto, verifica-se que mais de 70% dos alunos apontaram indícios de uma evolução conceitual compatível com requisitos da aprendizagem significativa.

- **Abordagem ao Ensino**

Foi relevante e pontuado favoravelmente o uso de métodos ativos como ferramentas de auxílio ao desenvolvimento cognitivo do aluno, tendo em vista que o planejamento de tais abordagens associadas aos recursos tecnológicos propõem modificações significativas no cenário de estudo do aprendiz. As TDICs utilizadas a fim de dar suporte à sequência didática proposta baseada no método ‘Sala de Aula Invertida,’ apontaram indício de um material potencialmente significativo do ponto de vista cognitivo e atitudinal, em consonância com a Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 1963). Ou seja, o material instrucional corrobora com vários aspectos das proposições ausubelianas, gerando um engajamento amplo por parte dos alunos, propiciando um ambiente de aprendizagem bastante animador.

Com a popularização e ubiquidade dos recursos tecnológicos, os alunos de hoje trazem consigo uma visão diferenciada do mundo que os rodeia, facilitando a exploração dessas habilidades em prol de uma aprendizagem mais estimulante. Notou-se tal situação quando os

dois alunos comentaram durante o momento de utilização da ferramenta Simulador *Phet* que proporcionou um grande estímulo por parte dos alunos, falas registradas pela professora-pesquisadora. Vale destacar:

*“Professora, não existe maneira mais prática de demonstrar as relações entre resistência, corrente e tensão e suas proporcionalidades que esta. Como a tecnologia modifica a maneira que aprendemos de forma tão positiva, né?” (Aluno C).*

Reitera o aluno M, super entusiasmado:

*“É explicável o motivo pelo qual os mais velhos viam a física como um bicho de sete cabeças, eles não tinham ferramentas que ajudassem a ‘clarear’ as coisas, virando quase tipo uma decoreba, enquanto nós conseguimos entender o porquê das fórmulas, não precisando decorar.”*

Tendo em vista que a professora-pesquisadora não se limitou a utilização do Simulador *Phet*, lançando mão também de uma ferramenta pedagógica que estimulou e motivou ao aprendizado, o *Quizonline* chamado *Kahoot*, que proporcionou, junto ao interesse em aprender, a construção do conhecimento e a motivação intrínseca (BERGMANN; SANS, 2016.).

O *QuizOnline* aplicado em alguns momentos distintos a fim de sondar o conhecimento adquirido e aprimorado, serviu também como instrumento avaliativo, já que através dele observou-se indícios de um engajamento para a aprendizagem em grande parte da turma, com exceção aos dois alunos citados no capítulo 5, cujo desinteresse se mostrou irreparável. Entretanto, isso não gerou estranheza por ser tratar de um aluno com laudo médico que relata Transtorno de Déficit de Atenção (TDA) e outro que se mostra desestimulado em todas as disciplinas.

Diante das inúmeras pontuações feitas pelos alunos no último momento, em resposta ao levantamento de opiniões a respeito do método utilizado, vale destacar algumas:

*“O Kahoot é uma maneira diferente de avaliar que promove competição entre nós e isso nos incentiva a estudar.” (Aluno K);*

*“Apesar de ficar muito nervosa com o tempo e saber que muitos dos meus colegas sabem tudo na ponta da língua, acho muito divertido essa maneira de ‘testar’ o que aprendemos.” (Aluno L);*

*“É uma maneira diferente e divertida que estimula a gente. Queremos sempre ficar no topo do pódio e, pra isso, damos o melhor de nós.” (Aluno M).*

Assim, as estratégias utilizadas para promover uma aprendizagem ativa podem ser definidas como atividades que ocupam os alunos em uma tarefa, no mesmo momento em que os levam a pensar sobre o que estão fazendo. Vale ressaltar a importância das tecnologias digitais na contribuição para mudança no papel do professor e do aluno, sendo ela uma ferramenta que acompanha e facilita a aprendizagem, porém, não substitui o papel do professor que, além de ser o mediador, planeja toda a estrutura, como a sequência didática apresentada aqui.

Outro fator relacionado à estratégia como um todo, não menos importante e muito comentado pelos alunos durante a avaliação do método aplicado bem como as ferramentas de auxílio, foi a ‘Sala de Aula Invertida’ e, junto a ela, a necessidade deles de se tornarem os protagonistas no processo de aprendizagem. Mesmo que a professora-pesquisadora tenha elaborado durante a organização da sequência, sugestões de vídeo-aula, os alunos se sentiram desafiados em levar para aula seguinte algo a mais além do conhecimento prévio. As aulas interativas relataram claramente isso. Notou-se pela professora-pesquisadora que, em todas as aulas interativas quando uma videoaula havia sido indicada, houve participação, interação, questionamentos, conclusões, debates e reconciliação integrativa. Sendo assim, fez-se perceptível um grande indício de reformulação de conceitos, aprimoramento, assimilação em prol de uma aprendizagem significativa. Destaca-se a fala do aluno R com relação aos vídeos utilizados como ferramenta da SAI:

*“É interessante porque a senhora inicialmente instiga a gente com um interrogatório para sondar o que sabemos sobre algo. Aí a senhora já sabe tudo o que pensamos sobre aquele assunto e envia um vídeo. Depois dele, descobre que sabemos muito mais e talvez pensávamos errado sobre algo e agora já temos muito mais domínio do que falamos. Além da interação entre os colegas servir para concluirmos uma ideia.”*



Completa o aluno M e o aluno K:

*“Mais interessante ainda é notar que nós mesmos nos ajudamos a mudar de opinião, ou concluir algo que não havíamos pensado antes e que quando a professora provoca a gente, instiga para que possamos responder tudo aquilo que foi sondado sem ter sido estudado. Eu mesmo já corri para internet pesquisando várias perguntas que você fazia em sequência, me deixando doido (rsrs).” (Aluno M);*

*“As videoaulas ajudam muito a esclarecer tudo aquilo que a professora antes sonda da gente e no momento posterior em que chegamos à sala, ficamos felizes em saber que podemos responder muitos daqueles questionamentos e também dialogar com os colegas de maneira que possamos observar lógica naquilo que pensávamos e quando a professora passa o conteúdo, é como se eu já soubesse tudo. Muito bom.” (Aluno K).*

Tais relatos denotam a importância da sondagem dos conhecimentos prévios (MOREIRA, 2006) como ancoradouros para uma nova informação e a SAI, através das vídeo-aulas, dinâmica de interação, Simulador *Phet* e Jogo *Online*. Desta forma, observa-se que as TDICs podem ser consideradas ferramentas valiosas na construção da aprendizagem, por se tratarem também de instrumentos motivadores, tendo como proposta a inovação e o aprimoramento do ensino na educação formal (BERGMANN; SANS, 2016).

- **Atitude**

Neste quesito, apesar dos temas motivação e atitude já terem sido comentados anteriormente, vale a pena dar um destaque especial aos momentos em que as variáveis afetivas foram afloradas e sensibilizadas (POZO; GÓMEZ CRESPO, 1998), principalmente no que concerne à atitude dos alunos para com o ensino dos conceitos relevantes da física trabalhados.

De acordo com Sarabia (2000), atitude é definida como “[...] tendência ou disposição adquirida e relativamente duradoura a avaliar de um modo determinado um objeto, pessoa, acontecimento ou situação e a atuar de acordo com essa avaliação” (SARABIA, 2000, p.122).

As atitudes são consideradas variáveis afetivas e “[...] além de conteúdos concretos de ensino, impregnam a totalidade do processo educacional e ocupam um papel central em todo ato de aprendizagem” (ibid, p.136). Deseja-se que uma atitude favorável crie um comportamento que conduza os alunos a uma mobilização para a aprendizagem.

Portanto, é possível afirmar que, apesar de não ser o foco principal da pesquisa, a mudança atitudinal para com o ensino e a aprendizagem foi observada. Há de destacar os momentos de jogos *QuizOnline*, no qual a competição os instigavam, desenvolvendo neles o hábito de estudar, de manter a matéria em dia para estarem no topo do pódio sempre, além de ter desenvolvido na maioria dos alunos habilidades essenciais para a realidade atual, pautada na necessidade de utilização de métodos ativos, onde eles precisam ser os protagonistas do processo de construção do conhecimento. Nas aulas interativas, em que muitos queriam falar a todo instante a fim de sentirem-se ativos no processo, notou-se que haviam assimilado o conteúdo e queriam compartilhar com os colegas e com a professora-pesquisadora, para terem a certeza de que estavam se manifestando positivamente, demonstrando contentamento e satisfação por estarem ali explicando algo que, de certa forma, aprenderam antes mesmo da explanação da professora-pesquisadora. Esta, por sua vez, fez uso dessas interações para instigá-los e sondá-los. Portanto, foram momentos propícios para que o conhecimento fosse reformulado e reconstruído.

Além do exposto, outro momento crucial, marcado por grande motivação foi quando alunos saíram da teoria e partiram para prática. Naquele momento, fez-se notório o quanto a ludicidade interfere na aprendizagem do aluno. Os alunos conseguiram trazer tudo o que estava organizado em suas estruturas cognitivas para seus cotidianos, através de materiais que têm aplicação diária na vida de cada um deles. Os alunos também manifestaram a grande importância em relacionar cenas cotidianas comentadas pela professora-pesquisadora no primeiro momento de aplicação da sequência, onde os alunos foram instigados com vários questionamentos partindo de situações rotineiras. Comentavam e lembravam as inúmeras perguntas feitas no momento inicial, demonstrando grande satisfação por estarem esclarecidos. O aluno G, por exemplo, durante a etapa em que construíam circuitos elétricos para apresentar junto ao seminário, comenta:

*“Professora, nunca preparei um seminário de forma tão prazerosa e, pela primeira vez, meu grupo não copiou e colou nada da internet. Resolvemos fazer como a Sra.: partir do circuito em série e paralelo para explicar tudo. Já que o circuito eles estarão vendo, logo explicar*

*tudo que envolve eletrodinâmica a partir dali, ficou 'moleza'. Nada melhor que a prática para entendermos a teoria que envolve."*

Também vale mencionar novamente, o momento em que manusearam o simulador *Phet* e explicaram enquanto verificavam as variações das grandezas relacionadas, as fórmulas envolvidas, não precisando nem mesmo de intervenção da professora-pesquisadora. Os próprios alunos explicavam o que verificavam com autonomia, domínio e convicção, além de manifestarem um grande engajamento entre eles, aproveitando para fazerem as anotações de resumo pertinentes ao que visualizavam no simulador virtual.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Refletindo e analisando a necessidade de mudança de paradigma no ensino de Física, pautado em aulas tradicionais, e o aluno como agente passivo no processo de construção da aprendizagem, surgiu a motivação pela pesquisa proposta neste trabalho. Ao se observar o contexto da realidade mais específica nota-se a urgência por esta transformação, visto o desinteresse e a falta de engajamento por parte dos alunos no ensino da Física. Os métodos tradicionais de ensino têm sido apontados como um dos principais obstáculos a uma aprendizagem mais ativa e duradoura (POZO; GOMEZ CRESPO, 2001; ZABALA, 1998), divergindo com o perfil de discentes de hoje.

Frente ao exposto, sabe-se que os alunos que ingressam no ensino médio trazem consigo não só uma visão muito particular do mundo que os rodeia como também curiosidades e estão constantemente conectados à *internet*, com acesso fácil à informação e habituados a ambientes interativos, sejam eles virtuais ou presenciais. Somado a esse cenário, saber como interagir e explorar mais efetivamente os recursos tecnológicos disponíveis pode facilitar o processo de ensino e aprendizagem, entretanto, especificamente nas aulas de Física, tais habilidades entram em confronto com os enfoques didáticos tradicionais, ainda tão utilizados na sala de aula, causando o desinteresse por parte dos alunos (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002).

Dessa forma, uma sequência didática foi elaborada como proposta para amenizar esse paradoxo e buscar inserir os alunos à realidade em que vivem, despertando neles a predisposição em aprender e procurando visar também as variáveis afetivas.

A proposta didática apresentada nesse trabalho, que visa remodelar os papéis tanto do professor quanto do aluno nesse cenário, foi de “inversão da sala de aula” também chamada de “sala de aula invertida (SAI)” ou *FlippedClassroom* (FC), modelo com suas raízes no ensino híbrido (misturado, combinado, mesclado), conhecido como *blendedlearning* ou *b-learning*, que teve seu conceito desenvolvido a partir de experiências *e-learning* (TARNOPOLSKY, 2012, p.14), que abrange aprendizagem baseada na *web* ou aprendizagem baseada no computador (LIMA; CAPITÃO, 2003, p.38). Dentro do ensino híbrido, a SAI emerge como uma técnica usada a fim de otimizar as aulas tradicionais, invertendo os papéis modo que o professor passe a exercer o papel passivo, como mediador enquanto que o aluno adquire o papel ativo, sendo responsável pela construção da aprendizagem no processo de ensino.

O objetivo geral deste trabalho foi, portanto, fazer apreensões, quanto à aprendizagem, diante da aplicação desse material didático diferenciado sobre eletrodinâmica, utilizando como principal estratégia didática a SAI. Enquanto que os principais objetivos específicos foram: a

elaboração do produto educacional e aplicação em sala de aula; a construção do conhecimento em torno de temas em eletrodinâmica; uma reflexão sobre as potencialidades de métodos alternativos de ensino, principalmente relacionados às novas tecnologias.

Como ferramentas de auxílio e suporte do método SAI, diversas tecnologias digitais foram empregadas a fim de promover maior engajamento dos alunos, tais como: aplicativos de simulações (Phet) e de *QuizOnline (Kahoot)*, além de vídeo-aulas e prática experimental. Ressalta-se que, entre os diversos instrumentos adotados na sequência didática, optou-se em utilizar, também, alguns específicos da editora adotada pela escola de aplicação da pesquisa. Contudo, é importante ressaltar que as questões utilizadas no ambiente virtual de aprendizagem privado da escola, podem ser substituídas por outras questões de outras plataformas. Portanto, determina-se a personalização do produto educacional conforme as necessidades, recursos e realidades apresentadas nas instituições de ensino que desejarem adotar a sequência didática proposta.

Quanto à aplicação em sala de aula, a turma foi selecionada levando-se em consideração o fato do professor/pesquisador lecionar na escola, não havendo critérios específicos de escolha que possam ser relevantes para a pesquisa. O produto educacional (Apêndice A, p. 131) foi apresentado à turma ao longo dos 12 momentos de investigação previstos, compostos de diversas atividades e questões que foram instrumentos de coleta de dados para a pesquisa. Ressalta-se ainda que as observações docentes também foram levadas em consideração.

No contexto geral, o produto pedagógico foi avaliado de forma satisfatória pelos alunos, que transpareceram adquirir postura motivadora, interativa e evolutiva na questão atitudinal e quanto à aprendizagem. O envolvimento e a participação se fizeram presentes em cada momento, amenizando o nível de abstração que o estudo da física muitas vezes exige, principalmente proveniente de um ensino tradicional. Sendo assim, em todos os momentos de aplicação da SD, fez-se notório que os alunos passaram a ser proativos em todo o processo de construção e reformulação do conhecimento.

Dessa maneira, acredita-se que o ensino de física adquiriu outro sentido para os aprendizes, pois deixou de ser apenas um assunto obrigatório e abstrato passando a estimular e instigar o educando, ao desenvolver a construção da aprendizagem partindo dos conhecimentos prévios e baseando-se em situações cotidianas.

A partir das respostas, reações e manifestações dos alunos às questões propostas, pelas observações docentes e pela estrutura do produto educacional, as seguintes categorias de análise foram postas em relevo: **aprendizagem** (incluindo as concepções prévias, a diferenciação

progressiva, reconciliação integradora e consolidação), **abordagem de ensino** (simulação/vídeos, experimentos/jogos) e **atitude**.

Tendo em vista que o ponto de partida no processo de construção do conhecimento foram as concepções prévias, interação entre alunos e instigação do professor, servindo como norteador para a escolha da melhor abordagem para inserir um novo conhecimento à estrutura cognitiva de cada aluno, a SD proposta no produto educacional (Apêndice A) se mostrou bastante promissora no processo de construção atitudinal e de construção do conhecimento conceitual, uma vez que, não só durante as atividades, avaliações, jogos, mapas, simulações, experimentos, como também comentários proferidos pelos alunos em aulas de outras disciplinas e até mesmo com o próprio professor/pesquisador, mostrou o grande diferencial no papel do aluno como protagonista e do professor como mediador/estimulador.

A aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação ancora-se em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende. Enquanto ela ocorre, conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados em decorrência de sucessivas interações (AUSUBEL, 1978, p. 190). Diante do exposto, verifica-se que mais de 70% dos alunos apontaram indícios de uma evolução conceitual compatível com requisitos da aprendizagem significativa.

Os métodos ativos de aprendizagem permitiram uma ruptura do modelo tradicional de ensino, inserindo o aluno de forma ativa dentro da sala de aula, incentivando o trabalho em grupos, debates e o desenvolvimento de projetos.

Percebe-se que a tecnologia foi uma grande aliada no desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem, destacando-se o método da 'sala de aula invertida'. Por essa razão, disseminá-lo é importante para entender que existem opções e que elas são aplicáveis, gerando transformações na rotina durante as aulas, proporcionando benefícios tanto aos professores, que atuando como mediadores conseguem ter uma aula mais dinâmica e interativa, quanto aos alunos, que participam de forma ativa nesse processo, obtendo assim uma potencialidade para a aprendizagem significativa. Vale ressaltar a importância da tecnologia na contribuição para mudança no papel do professor e do aluno, sendo ela uma ferramenta que acompanha e facilita a aprendizagem, porém, não substitui o papel do professor que, além de ser o mediador, planeja toda a estrutura, como a sequência didática apresentada aqui.

As TDICs utilizadas, a fim de dar suporte à sequência didática proposta baseada no método 'sala de aula invertida', apontaram indício de um material potencialmente significativo do ponto de vista cognitivo e atitudinalmente relevante, em consonância com a TAS (AUSUBEL, 1963, p. 217). Ou seja, o material instrucional entra em ressonância com vários

aspectos das proposições ausubelianas, gerando um engajamento amplo por parte dos alunos, propiciando um ambiente de aprendizagem bastante promissor.

Relatos de alunos no decorrer da aplicação da SD denotam a importância da sondagem dos conhecimentos prévios (MOREIRA, 2006, p. 137) como ancoradouros para uma nova informação e a SAI, através das videoaulas, dinâmica de interação, Simulador *Phet*, Jogo *Online*, ou seja, das TDICs, foram consideradas ferramentas valiosas na construção da aprendizagem, por se tratarem também de instrumentos motivadores, tendo como proposta a inovação e o aprimoramento do ensino, na educação formal (BERGMANN; SANS, 2016).

Por fim, almeja-se em trabalhos futuros aplicar o produto educacional em uma instituição de ensino público, a fim de analisar as diferentes nuances da sequência didática em uma realidade educacional distinta da aplicada nesta dissertação. Interessante também a elaboração em temas da física diversos e em ambientes socioeconômicos múltiplos. Afinal, as abordagens relativas ao ensino híbrido podem ser um caminho atenuante dos inúmeros desafios da educação no Brasil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. J. O planejamento de pesquisas qualitativas em educação. *Cadernos de Pesquisa*, São Paulo: Fundação Carlos Chagas/Cortez, 77, p. 53-61, maio 1991.

ANDRADE, F. A. L.; BARBOSA, G. F.; SILVEIRA, F. L.; SANTOS, C. A. Recorrência de concepções alternativas sobre corrente elétrica em circuitos simples. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 40. n. 3, 2018.

ASTOLFI, J. P. *A didática das Ciências*. Jean-Pierre Astolfi, Michel Delevay; tradução Magda SS. Fonseca. Campinas: SP, Papirus, 1990.

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. 2ªed. Trad. Eva Nick e outros. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. 620 p. Tradução de: Educational Psychology.

AUSUBEL, D.P. *Educational Psychology: A CognitiveView*. New York, Holt: Rinehart and Winston, 1978.

AUSUBEL, D.P. *The Psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune and Stratton, 1963.

BARBOSA, J. de O.; PAULO, S. R.; RINALDI, C. Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no ensino médio. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, E- ISSN: 2175-7941, v. 16, nº 01, p. 105-122, abr. 1999.

BERGMANN, J.; SAMS, A. Sala de Aula invertida (Flippedclassroom): Inovando as aulas de física. *Revista Física na Escola*, Porto Alegre: v. 14, n. 2, 2016.

BERGMANN, J. *Sala de aula Invertida- Uma Metodologia Ativa de Aprendizagem*, Rio de Janeiro: LTC, 2012.

BOGDAN, R.C.; BIKLEN, S. K. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria a aos métodos*. Trad. Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto: Porto Editora, 1994. 337 p. (Coleção ciências da educação). Tradução de: Qualitative Research for Education.

BORGES, N. *Resistores. Lei de Ohm. Curvas Características*. On-line, s.d. Disponível em: [http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2013/06/cursos-do-blog-eletricidade\\_19.html](http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2013/06/cursos-do-blog-eletricidade_19.html). Acesso em: 20 dez. 2018.

CHISTENSEN, C. M.; HORN, M. B.; STAKER, H. *Ensino híbrido: uma inovação disruptiva? Uma introdução à teoria dos híbridos*. São Paulo: Clayton Christensen Institute, 2013.

CORDEIRO, L.F. *É Significativa a Aprendizagem Escolar Do Conceito Físico De Aceleração No Primeiro Ano Do Ensino Médio?* Dissertação de Mestrado, 227 fls – Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba: 2003.



COSTA, C. H. C., DANTAS Filho, F. F., & Moita, F. M. G. S. C. *Marvinsketch e kahoot como ferramentas no ensino de isomeria*. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte: DOI: 10.15628/Holos.2017.4733, 2017.

DELLOS, R. *Kahoot! A digital game resource for learning*. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 12(4), 49-52, 2015.

DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: parte I - circuitos elétricos simples. *Rev. Bras. Ensino Fís.* v.28, n.4, pp.487-496, 2006.

FISMÁTICA. *Eletrodinâmica – Circuito: Gerador- Receptor – Resistor*. On-line, s.d.

Disponível em:

[http://www.fismatica.com.br/Fisica/Site/Eletromagnetismo/Eletrodinamica/Eletrodinamica\\_Circuito\\_Gerador\\_Receptor\\_Resistor.html](http://www.fismatica.com.br/Fisica/Site/Eletromagnetismo/Eletrodinamica/Eletrodinamica_Circuito_Gerador_Receptor_Resistor.html). Acesso em: 10 jan.2019

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos da Física 3 – Eletromagnetismo*. Rio de Janeiro: LTC, 1994.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. *Fundamentos de Física: Eletromagnetismo*. 10ª. edição. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HELERBROCK, R. *Associação de Resistores*. On-line, s.d. Disponível em:

<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/associacao-resistores.htm>. Acesso em: 21 jan. 2019.

HEWITT, P. G. *Física Conceitual*. 12. ed. Porto Alegre: Bookman. 2015. 790. p.

IFUFRGS. *Capítulo 6 – Corrente Elétrica e Resistência*. On-line, s.d. Disponível em:

[https://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/mod06/m\\_s02.html](https://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/mod06/m_s02.html). Acesso em: 20 out. 2018

JACOBSEN, P. *Plataformas Adaptativas? Entenda como funciona*. On-line, s.d. Disponível em: [https://www.ufrgs.br/blogdabc/plataformas-adaptativas-entenda-como\\_5/](https://www.ufrgs.br/blogdabc/plataformas-adaptativas-entenda-como_5/). Acesso em: 21 jan. 2019.

LIMA, J. R.; CAPITAO, Z. *E-learning e e-conteúdos*. Lisboa: Centro Atlântico. 2003.

LOPES, L.F *O uso de MC em uma abordagem Socio-interacionista no ensino de Física*. Dissertação de Mestrado, 64 fls – Universidade Estadual Paulista, UNESP, Presidente Prudente: 2015.

MATTAR, J. *Games em educação: como os nativos digitais aprendem*. São Paulo: Cengage Learning, 2012 (Série Educação e Tecnologia).

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. *Física*. Volume 3. Scipione, 2006.

MEDEIROS, A. Metodologia Da Pesquisa Em Educação Em Ciências. Universidade Federal Rural de Pernambuco. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)* - e-ISSN: 1984-2686, 2002.

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.

MORAES, M. B.dos S. A. & TEIXEIRA, R. M. R. *Circuitos elétricos: novas e velhas tecnologias como facilitadoras de uma aprendizagem significativa no nível médio*. Porto Alegre: UFRGS, 2006.

MORAN, J. M. *Os novos espaços de atuação do professor com as tecnologias*. *Revista Diálogo Educacional*, Curitiba: v. 4, n.12, p.13-21, maio-ago. 2004.

MORAN, J. M. Mudando a educação com metodologias ativas. In.: SOUZA, C. A.; MORALES, O. E. T. (Org.). *Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens*. Ponta Grossa: UEPG, 2015. v. 2, p. 15-33. Disponível em: <http://www.youblisher.com/p/1121724-Colecao-Midias-Contemporaneas-Convergencias-Midiaticas-Educacao-e-Cidadania-aproximacoes-jovens-Volume-II/>. Acesso em: 23 out. 2019.

MORAN, J. M. *Nova personalidade*. Brasília: Correio Braziliense. Brasília. Entrevista concedida para Olivia Meireles. Disponível em: <http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2014/01/Jos%C3%A9-Moran.pdf>. Acesso em: 23 out. 2019

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem Significativa Crítica* - Instituto de Física UFRGS, Porto Alegre: 2010.

MOREIRA, M. A. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. *Aprendizagem Significativa em Revista*, v.1, n°.2, p. 43-63, 2011

MOREIRA, M. A. *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006. 186 p.

MOREIRA, M. A. *Teorias de aprendizagem*. Editora Pedagógica e Universitária. São Paulo: 1999.

MOREIRA, M. A. *Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa*. Porto Alegre: 2012.

MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. 2. ed. São Paulo: E.P.U., 2015. 242. p.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 22, no. 1, Março, 2000.

MOREIRA, M. A. *Mapas conceituais e diagramas V*. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul: 2006, 103 p. Disponível em: <[http://www.mettodo.com.br/ebooks/Mapas\\_Conceituais\\_e\\_Diagramas\\_V.pdf](http://www.mettodo.com.br/ebooks/Mapas_Conceituais_e_Diagramas_V.pdf)> Acesso em: 10 jul. de 2019.

MOREIRA, M.A. e BUCHWEITZ, B. *Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1993.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E.F.S. *Aprendizagem Significativa – A Teoria de David Ausubel* -Centauro, 2006.

MOREIRA, M. A.; MASINI, Elcie F. Salzano. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro, 2001.

MOREIRA, M. A.; ROSA, P. Mapas Conceituais. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis: p.17-25, 1986.

NOGUEIRA, J. de S.; RINALDI, C.; FERREIRA, J. M.; PAULO, S. R. de. Utilização do Computador como Instrumento de Ensino: Uma Perspectiva de aprendizagem Significativa. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 22, no. 4, Dezembro, 2000.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. *Práxis Educativa*, Ponta Grossa: v.5, n.1, p. 9-29 , 2010.

PATTON, M.Q. *Utilization-Focused Evaluation*. 2ª edição. Newbury Park, CA: Sage Publications, 367 pp., ISBN 0-8039-2566-2. *American Journal of Evaluation*, 1987.

PHET. *Simulações de Física*. Disponível em: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/category/physics](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics)> Acesso em: 12 out. 2018.

RIBEIRO, T. *Leis de Kirchhoff*. On-line, s.d. Disponível em: <https://www.infoescola.com/electricidade/leis-de-kirchhoff/>. Acesso em: 12 out. 2018.

ROSA, P.R.S.; MOREIRA, M.A. Alunos bons solucionadores de problemas: caracterização a partir da análise de testes de associação de conceitos. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, 15 (1 a 4), 52-60, 1993.

SOEGENG, R. *Simple Simulation in Physics Education*. Proceedings from the 4th Australian Computers in Physics Education Conference. Freemantle. 27 Set - 2 Oct 1998.

TARNOPOLSKY, O. *Abordagem de Aprendizagem Blended Construtivista*. Berlin: De Gruyter Open, 2012. Disponível em: <https://www.degruyter.com/view/product/205438>.- Acesso em: 20 ago. 2018.

TRAMPUS, M.; VELENJE, G. *Let Computers Compute - Mathcad and Word in Secondary School Physics*. Proceedings of the GIREP-ICPE-ICTP International, 1996.

VALENTE, J. A. Blended learning and changes in high education: the inverted classroom proposal. *Educar em Revista*. Curitiba: Brasil, Editora UFPR. Edição Especial n. 4, 2015.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10 (23): 133-170, 1990.

ZABALA, A. *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

## **APÊNDICES**

**APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL**

# SALA DE AULA INVERTIDA E O ENSINO DE ELETRODINÂMICA

VIVIANE PEPE

PIERRE SCHWARTZ AUGÉ

Sala de Aula Invertida



## APRESENTAÇÃO

**Caro Professor,**

Este material foi elaborado em forma de uma sequência didática, com o intuito de promover a aprendizagem de conteúdos de eletrodinâmica de maneira significativa. A sequência didática foi desenvolvida com base no método de ensino “Sala de Aula Invertida” (Apêndice II) e está alinhada com as propostas do material didático do edebê (Rede Salesiana) a ser aplicado na 2ª etapa (segundo trimestre) do 3º ano do nível médio.

Para esse fim, a sequência didática se baseia em 12 momentos que articula abordagens ativas em prol de alunos mais dinâmicos e interativos que venham a ser protagonistas no processo de ensino e aprendizagem a fim de buscar a aprendizagem significativa segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (Apêndice IV). Nestes, destacamos o uso de: questionários de sondagem de conhecimento, mapas mentais e conceituais (Apêndice I), simuladores *PHET* (Apêndice III), jogos *Online*, atividades/ problemas, seminários, vídeo aulas e prova escrita como instrumentos de ensino e avaliativos. Ressaltamos que o produto didático aqui descrito foi aplicado numa turma de 3º ano do Ensino Médio regular da rede privada no Estado do Rio de Janeiro.

O conteúdo foi abordado de forma a utilizar as novas tecnologias (TDIC's) como ferramenta auxiliar no processo da construção do conhecimento, buscando levar o discente a desenvolver suas habilidades partindo sempre por um conhecimento prévio, já que, além de ser instigado, deverá refletir sobre o tema abordado, ativar esquemas e confrontar possibilidades de resposta, mobilizando o conhecimento adquirido e suas estruturas cognitivas.

Viviane Peixoto Pepe  
vivianepeixotopepe@gmail.com

## SUMÁRIO DO PRODUTO

- 1 – QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO/ APRESNETAÇÃO DE EQUIPAMENTOS
- 2 – MAPA MENTAL/ VÍDEO AULA
- 3 – AULA EXPOSITIVA/ ATIVIDADES/ VÍDEO AULA
- 4 – ATIVIDADE EXPERIMENTAL/ RELATÓRIO
- 5 – AULA EXPOSITIVA DIALOGADA/ SIMULAÇÃO *PHET*/ATIVIDADES
- 6 – JOGO *QUIZONLINE*/SIMULADOR *PHET*/ATIVIDADES/VÍDEOAULA
- 7 – MAPA CONCEITUAL
- 8 – AULA EXPOSITIVA DIALOGADA/TEXTOS/ATIVIDADES
- 9 – MAPA CONCEITUAL/ATIVIDADES
- 10 – JOGO *QUIZONLINE*
- 11 – APRESENTAÇÃO SEMINÁRIO
- 12 – AVALIAÇÕES
- APÊNDICE I – MAPA CONCEITUAL
- APÊNDICE II – SALA DE AULA INVERTIDA
- APÊNDICE III – SIMULADOR *PHET*
- APÊNDICE IV – TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA (TAS)



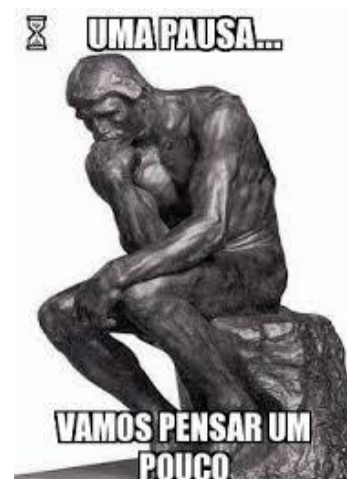
## PRODUTO EDUCACIONAL

**1º Momento de investigação (2 h/aula): questionário inicial/apresentação de dispositivos elétricos**



### SONDAGEM DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS

*Eletrodinâmica*



1 – Já estudamos e aplicamos conceitos de eletrostática. Em que se basearia o estudo da eletrodinâmica?

---



---



---

2 – Baseado em sua intuição, onde poderíamos observar a presença da eletrodinâmica em nosso cotidiano? Ao seu redor, na sala de aula, em casa ...

---



---



---

3 – Você consegue ver alguma relação entre carga elétrica e eletrodinâmica?

---



---



---

4 – O que é preciso para o *Datashow*, ar condicionado e computador funcionarem?

---

---

---

5 – Associando ao que você já sabe de cargas elétricas, o que seria corrente elétrica?

---

---

---

6 – Todos os aparelhos que precisam de energia para funcionar geram um mesmo gasto? O que será que interfere?

---

---

---

7 – Existe alguma relação entre o tempo de funcionamento de um equipamento elétrico com o custo que ele gera no mês? Há algum outro fator importante?

---

---

---

8 – Porque devemos substituir lâmpadas incandescentes por lâmpadas de led ou fluorescentes?

---

---

---

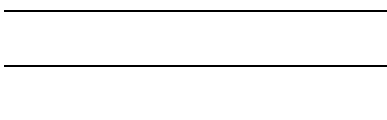
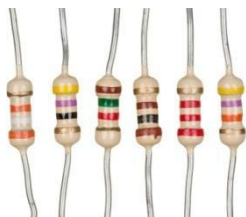
9 – O que são circuitos elétricos? Dê exemplos.

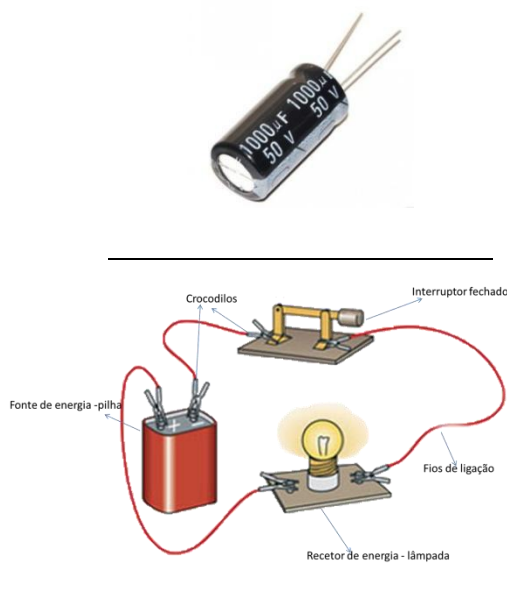
---

---

---

Agora pessoal vamos conversar um pouco sobre dispositivos elétricos que farão parte de nosso estudo. Em seguida estão alguns deles. Vamos nomeá-los e conversar rapidamente sobre a função deles.





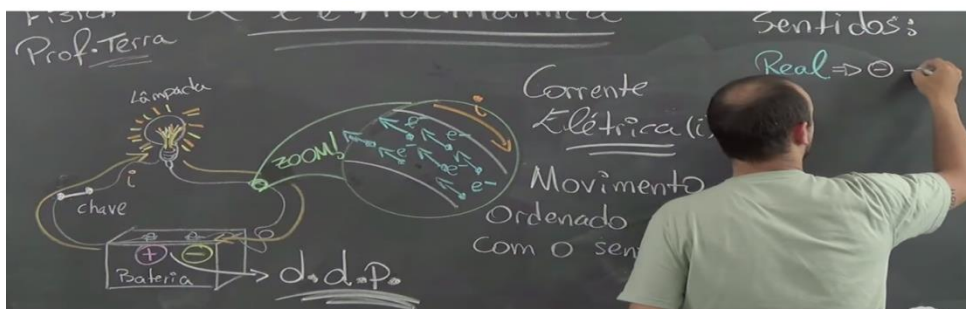
## 2º Momento de investigação (1 h/aula): mapa mental/vídeo-aula

Agora que estamos instigados a pensar no tema eletrodinâmica, fazendo o *link* com a eletrostática, já estudada anteriormente, construiremos juntos um mapa mental ou conceitual<sup>1</sup>, onde cada um terá que colaborar citando uma palavra que se relacione ao tema proposto. Os questionamentos e o mapa mental têm como objetivo instigá-los, visando uma vídeo-aula que será sugerida para ser assistida em casa.

### ATIVIDADE PARA CASA

Vídeo aula com conceitos introdutórios de eletrodinâmica (Figura 1).

**Figura 1-** Vídeo-aula com conceitos iniciais de eletrodinâmica.



Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=EaUKawWYLA4>>.

Agora que você já assistiu a vídeo-aula, vamos refletir um pouco?

<sup>1</sup> No apêndice I deste material didático encontra-se um tutorial sobre mapa conceitual.

## QUESTÕES

1 – Gostou? O que te chamou mais a atenção?

---

---

---

2 – Anote aqui suas principais dúvidas para a próxima aula.

---

---

---

3 – Após a vídeo-aula do professor Terra, de que maneira você explicaria o conceito de corrente elétrica? Por que temos dois sentidos da corrente elétrica?

---

---

---

4 – O que você entende por capacitores (citado na questão do UFSCAR)?

---

---

---

### 3º Momento de investigação (2 h/aula): aula presencial/questões

Após termos estudado tantas informações novas, muitos conceitos físicos sobre eletrodinâmica foram aprimorados e até mesmo reformulados. Mas, algumas dúvidas podem ter ficado ‘pairando’ no ar. Então, vamos rapidamente comentar a respeito do que seria a corrente elétrica e o sentido real e convencional da mesma. Sem deixar de frisar o que se faz necessário para que tenhamos uma corrente elétrica. Falaremos um pouco também sobre resistência e assistiremos a um pequeno *slideplayer* (<https://slideplayer.com.br/slide/1613530/>) sobre código de cores dos resistores (Figura 2). Ainda nesse momento, responderemos algumas questões básicas para verificação de aprendizagem<sup>2</sup>. Em seguida estão alguns *slides*<sup>3</sup> que serão utilizados para estudarmos mais o tema.

---

<sup>2</sup> As questões também podem ser encontradas em: <<https://vivianepepe.wixsite.com/website/atividades-1>>.

<sup>3</sup> Os *slides* utilizados para as aulas podem ser encontrados em: <<https://vivianepepe.wixsite.com/website/atividades>>.

# ELETRODINÂMICA

**Parte da física que estuda O MOVIMENTO das partículas elétricas, que fluindo de maneira ordenada em um condutor constituem uma corrente elétrica.**

*Profª: Viviane Peixoto Pepe*



# EVOLUÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA



## Condutores e isolantes

<b>Condutores</b>	→ Meios onde as cargas se deslocam com facilidade	→ metais grafite
<b>Isolantes</b>	→ Meios onde as cargas não se deslocam com facilidade	→ borracha plástico vidro porcelana

Isolante elétrico = Dielétrico

3

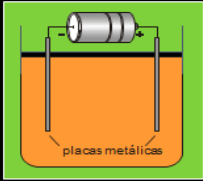
## TIPOS DE CONDUTORES:

a) Primeira classe: Condutores Metálicos



Os metais possuem características onde os elétrons em sua estrutura são livres, e são ligados ao núcleo do átomo de forma muito fraca.

b) Segunda classe: Condutores Eletrolíticos



Os condutores eletrolíticos são encontrados nas soluções de ácidos, bases ou sais contidos na água. Os íons positivos (cátions) e negativos (ânions) é que são os portadores de carga, e percorrem sentidos opostos.

c) Terceira classe: Condutores Gasosos



As moléculas não são energizadas sozinhas. Ao se chocarem, elétrons e moléculas de gás retiram elétrons e, portanto se tornam energizadas.

## CORRENTE ELÉTRICA ( I )



**Movimento ordenado de cargas elétricas, por meio de um condutor.**

↓

**Causado devido uma diferença de potencial (ddp).**

## GERADOR

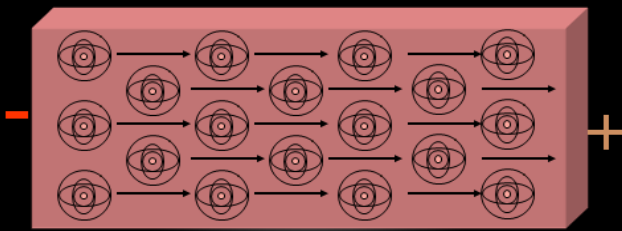
**Energia dada para a movimentação dos elétrons.**

simbolo → 

Essa energia é representada pela diferença de potencial – ddp e é simbolizada pela letra U ou V.



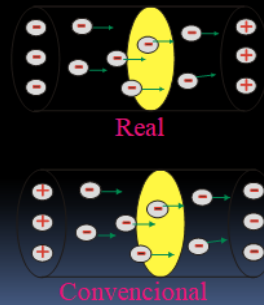
CONDUTOR COM DDP



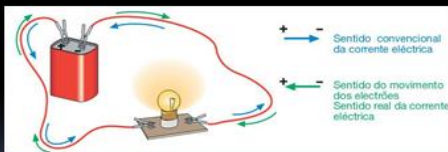
EXEMPLOS DE GERADORES



Sentidos da corrente elétrica



- O sentido real da corrente é o movimento dos elétrons, do pólo negativo para o pólo positivo.



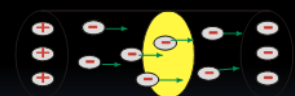
CÁLCULO DA CORRENTE ELÉTRICA

$$i = \frac{Q}{\Delta t}$$

$$|q| = n \cdot |e|$$

LEMBRANDO...

Coulomb/segundo (Ampere)



i - intensidade de corrente elétrica - ampère (A)  
 Q - quantidade de carga elétrica - Coulombs (C)  
 $\Delta t$  - intervalo de tempo - segundos (s)

Unidades de corrente

Coulomb/segundo

(ampère) (A)



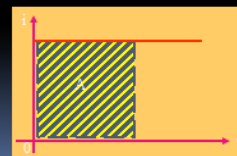
**Corrente Contínua (C.C)** - É aquela em que o sentido e a intensidade permanecem **constantes** com o tempo.

A corrente contínua pode ser obtida quando se usa uma pilha, ou uma bateria.

O que representa a área hachurada?

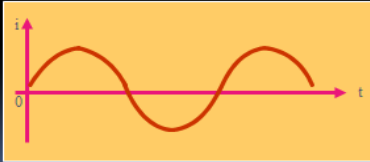
$$A \stackrel{N}{=} i \times (t_2 - t_1) \Rightarrow A \stackrel{N}{=} i \times \Delta t$$

$$A = \Delta q$$



**Corrente Alternada (C.A)** - É aquela em que a **intensidade e o sentido mudam** periodicamente com o tempo.

Nas tomadas de sua casa, encontra-se uma corrente alternada.



## Efeitos da Corrente Elétrica

### Efeito térmico

Os elétrons , acelerados pelas forças elétricas, colidem com os átomos da rede atômica, transferindo-lhes energia, que faz com que haja um aumento da energia de vibração desses átomos, o que implica macroscopicamente num aumento de temperatura. Este fenômeno, também chamado **efeito Joule**.

Alguns exemplos clássicos:

- Lâmpada incandescente
- Chuveiro elétrico
- Ferro elétrico
- Fusíveis



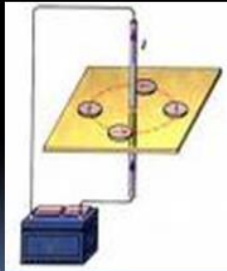
### Efeito químico

Fazendo-se passar uma corrente elétrica por uma solução de ácido sulfúrico em água, por exemplo, observa-se que da solução se desprende hidrogênio e oxigênio. A corrente elétrica produz, então, uma ação química nos elementos que constituem a solução.



### Efeito magnético

Em 1820, o dinamarquês Oersted descobriu que quando a corrente elétrica passa em um fio metálico desviava a agulha de uma bússola.



## Geradores e Receptores

**Geradores:** Nos circuitos elétricos existem, além de outros elementos, os geradores cuja função é transformar qualquer tipo de energia em energia elétrica.



**Receptores:** Transformam energia elétrica em quaisquer outros tipos de energia.



## RESISTORES/ RESISTÊNCIA

Quando um receptor transforma energia elétrica exclusivamente em energia térmica (efeito joule), ele é denominado resistor.

Representação simbólica de um resistor:



Os resistores também são usados em circuitos, para aumentar ou diminuir a intensidade de corrente que os percorre.



A resistência elétrica de um resistor representa a medida de dificuldade imposta à passagem de corrente elétrica.

Figura 2 - SlidePlayer - Código de cores.



Fonte: <<https://slideplayer.com.br/slide/1613530/>>.

### QUESTÕES



1 – Gostou aula? O que te chamou mais a atenção?

---

---

---

2 – Explique o que seria o efeito joule. Existe alguma vantagem? Comente situações cotidianas em que visualize a necessidade de tal efeito.

---

---

---

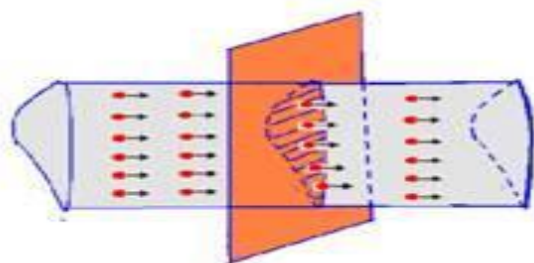
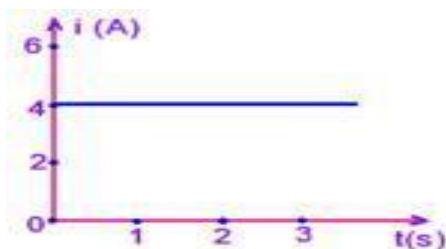
3 – A intensidade da resistência possui alguma relação com a corrente elétrica? Qual?

---

---

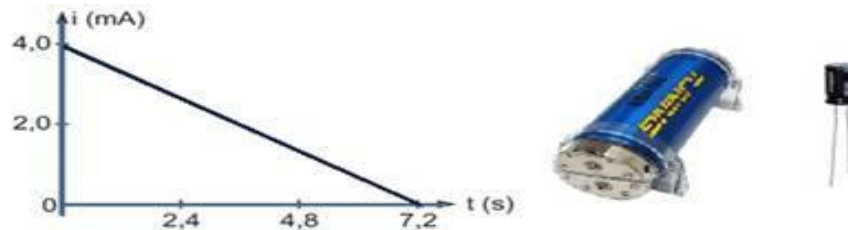
---

4 – (UFRS-RS) O gráfico da figura representa a intensidade da corrente elétrica  $i$  em um fio condutor, em função do tempo transcorrido  $t$ . Calcule a carga elétrica  $Q$  que passa por uma seção do condutor nos dois primeiros segundos.



5 – (UFSCAR-SP) O capacitor é um elemento de circuito muito utilizado em aparelhos eletrônicos de regimes alternados ou contínuos. Quando seus dois terminais são ligados a uma

fonte, ele é capaz de armazenar cargas elétricas. Ligando-o a um elemento passivo como um resistor, por exemplo, ele se descarrega. O gráfico representa uma aproximação linear da descarga de um capacitor.



Sabendo que a carga elétrica fundamental tem valor  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ , o número de portadores de carga que fluíram durante essa descarga está mais próximo de:

- a)  $10^{17}$       b)  $10^{14}$       c)  $10^{11}$       d)  $10^8$       e)  $10^5$

6 – (PUC-MG) Em um relâmpago, a carga elétrica envolvida na descarga atmosférica é da ordem de 10 coulombs.



Se o relâmpago dura cerca de  $10^{-3}$  segundos, a corrente elétrica média, vale, em ampère:

- a) 10      b) 100      c) 1.000      d) 10.000      e) 100.000

### ATIVIDADE PARA CASA

Para casa, a fim de enriquecer o processo de aprendizagem, são propostas atividades do livro digital (<https://vivianepepe.wixsite.com/website/atividades-1>), após assistir ao vídeo “ENEM – 1ª Lei de Ohm: Associação de resistores” (duração 18:01) (Figura 3). As questões do livro digital estão postas em seguida.

**Figura 3** - Vídeo sobre 1ª Lei de Ohm: associação de resistores,

corrente e tensão.



Fonte: <[https://www.youtube.com/watch?v=8Q\\_6GWFN5V4&t=183s](https://www.youtube.com/watch?v=8Q_6GWFN5V4&t=183s)>.

### Atividades Interativas – Livro Digital



C2\_T2\_Intensidade\_da\_corrente.mp4

#### 1 – Classifique as alternativas a seguir como certa ou errada.

C  E

A quantidade de carga elétrica não influencia na intensidade da corrente.

C  E

Se for duplicado o tempo de funcionamento de um circuito e mantida a quantidade de cargas elétricas que circulam por ele por segundo, não haverá variação na intensidade da corrente elétrica.

C  E

A unidade de medida da intensidade de corrente elétrica é o coulomb.

C  E

Em um circuito elétrico, a passagem de um maior número de elétrons em certo tempo indica uma intensidade da corrente maior.

#### 2 – Associe cada característica com o aumento ou diminuição da resistência



C2\_T3\_Resistencia\_eletrica.mp4

Aumento do comprimento

Diminuição do diâmetro

Resistores associados em paralelo

Menor comprimento

Resistores associados em série

Aumento do diâmetro

Menor resistividade

Acreditamos que, com o vídeo, você terá algumas ideias mais ‘concretas’ a respeito de circuitos elétricos observados em nosso cotidiano e conseguirão fazer conexão às perguntas iniciais sobre eletrodinâmica, além de pensar em uma maneira de aplicar experimentalmente o que aprenderam para colocarem em prática na próxima aula, em grupo.

Vamos responder algumas questões?

### QUESTÕES

1 – O que achou do vídeo? O que lhe chamou mais a atenção?

---

---

---

2 – Quais os principais elementos de um circuito elétrico?

---

---

---

3 – Qual a diferença entre associação em série e em paralelo? Consegue visualizar em seu cotidiano os dois tipos de associação?

---

---

---

#### 4º Momento de investigação (2 h/aula): atividade experimental

Nesse momento, nos reuniremos no laboratório de ciências para que a turma, dividida em pequenos grupos, tendo acesso a materiais simples, construam pequenos circuitos com objetivo de aplicarem tudo o que aprenderam e pesquisaram a respeito. Inicialmente os alunos assistirão um pequeno vídeo sobre como utilizar os instrumentos de medidas (4:50) (Figura 4).

**Figura 4** - Vídeo aula: Como utilizar os instrumentos de medidas.



Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=GBzOsVU3TUc>>.

Em seguida, serão disponibilizados os seguintes materiais: resistores, ohmímetro, amperímetro, voltímetro, fios e baterias.

Um roteiro será distribuído às equipes a fim de orientá-los quanto ao objetivo geral e a execução do experimento.

### **Laboratório de Física – Roteiro Experimental**

#### **Associação de resistores**

##### **Objetivos:**

- ✓ Manusear e identificar resistores;
- ✓ Reconhecer e montar associação de resistores;

- ✓ Determinar o resistor equivalente em associações em série, paralela e mista;
- ✓ Aplicar a lei de Ohm.

**Materiais:**

Resistores, ohmímetro, amperímetro, voltímetro, fios e baterias.

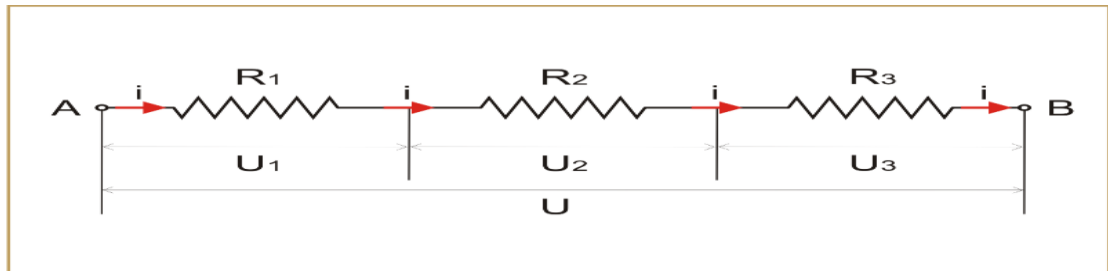
**Procedimentos:**

1. Preencher o quadro abaixo relativo aos valores das resistências, de acordo com o código de cores e valor medido no ohmímetro.

Tabela 1:

	Resistência1 ( $\Omega$ )	Resistência2 ( $\Omega$ )	Resistência3 ( $\Omega$ )
CÓDIGO DE CORES			
VALOR MEDIDO			

2. Monte o circuito a seguir (associação em série) e realize as medidas solicitadas.

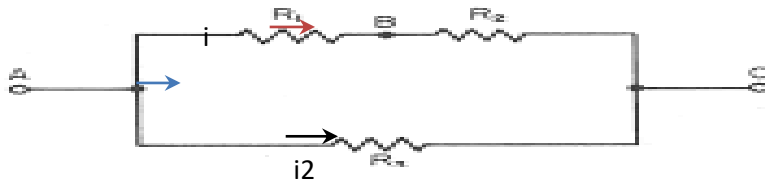


- a)  $U_1 = \underline{\hspace{2cm}}$   $U_2 = \underline{\hspace{2cm}}$   $U_3 = \underline{\hspace{2cm}}$   $U_{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$
- b)  $I_1 = \underline{\hspace{2cm}}$   $I_2 = \underline{\hspace{2cm}}$   $I_3 = \underline{\hspace{2cm}}$   $I_{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$

3. Utilizando a Lei de Ohm calcule as seguintes resistências utilizando os valores experimentais do item 2 (a, b) e compare com os valores teóricos da tabela anterior (1). Comente sobre as concordâncias / discrepâncias encontradas. Apresente os cálculos em uma folha rascunho.

$R_1 = \underline{\hspace{2cm}}$   $R_2 = \underline{\hspace{2cm}}$   $R_3 = \underline{\hspace{2cm}}$   $R_{eq} = \underline{\hspace{2cm}}$

3. Monte o circuito a seguir (associação mista) e realize as medidas solicitadas.



4. Utilizando os medidores, voltímetro e amperímetro, faça as seguintes medidas:

a)  $V_{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$   $V_{BC} = \underline{\hspace{2cm}}$   $V_{AC} = \underline{\hspace{2cm}}$

b)  $I = \underline{\hspace{2cm}}$   $I_1 = \underline{\hspace{2cm}}$   $I_2 = \underline{\hspace{2cm}}$

5. Utilizando a Lei de Ohm calcule as seguintes resistências utilizando os valores experimentais de voltagem e corrente. Compare com os valores teóricos da tabela acima (1). Comente sobre as concordâncias / discrepâncias encontradas. Apresente os cálculos em uma folha rascunho.

$R_1 = \underline{\hspace{2cm}}$   $R_2 = \underline{\hspace{2cm}}$   $R_3 = \underline{\hspace{2cm}}$   $R_{eq} = \underline{\hspace{2cm}}$

6. Tire uma conclusão da experiência.

---



---

Após a montagem do circuito e realização dos procedimentos experimentais (1h/aula), cada grupo irá analisar e discutir os resultados (inclusive os ‘inesperados’) entre os participantes. No horário seguinte (1h/aula), cada grupo irá apresentar aos demais grupos e professor, tanto o roteiro, quanto o experimento. Para entregar na próxima aula, como instrumento avaliativo, o relatório científico, conforme o modelo já utilizado por vocês no experimento sobre eletrostática.

Optamos pela estrutura organizada em: **resumo, introdução, materiais e métodos, resultados e discussão, conclusões e referências bibliográficas** (Slides em seguida).

The collage contains several slides:

- Slide 1:** Title "Como elaborar um relatório científico" by Viviano Pepe.
- Slide 2:** Question "O que é um relatório?" with the answer: "É uma exposição escrita de um determinado trabalho ou experiência laboratorial." A red arrow points to the definition.
- Slide 3:** Text: "De alguma forma, elaborar um relatório deve ser visto pelos alunos como um etapa importante na sua formação acadêmica, para que mais tarde, com profissionais, possam ter adquirido e desenvolvido a eficiência e o raciocínio crítico necessários à elaboração de um artigo científico."
- Slide 4:** Definition: "Um relatório é o conjunto da descrição da realização experimental, dos resultados nele obtidos, assim como das ideias associadas, de modo a constituir uma compilação completa e coerente de tudo o que diga respeito a esse trabalho." Next to it is a diagram of a report layout with dimensions: "aprox. 3 cm" (width), "aprox. 3 cm" (height), and "aprox. 2 cm" (margin).

### Estrutura

- o A divisão metodológica de um relatório em várias seções ajuda à sua organização e escrita por parte dos autores e, de igual modo, permite ao leitor encontrar mais facilmente a informação que procura.

### Título

- o Identificação do trabalho (título), identificação dos autores, data em que o relatório foi realizado, disciplina a que diz respeito.

### Objetivos

Deverá incluir sumariamente qual ou quais os objetivos do trabalho a realizar.

### Introdução

- o Nesta parte do relatório deve ser introduzido o trabalho experimental a realizar, bem como as noções teóricas que servem de base ao mesmo. A introdução deve conter a informação essencial à compreensão do trabalho.

### Materiais e Métodos

- o Deve ser sintético mas preciso, contendo, no entanto, informação suficiente de modo que, no caso da experiência vir a ser repetida por outrem, possam ser obtidos resultados idênticos. Normalmente considerado como um ponto secundário do trabalho, esta parte do relatório é, no entanto, essencial para a compreensão da experiência a realizar.

### Resultados

- o Descrição do que se observa na experiência. Inclui o registo e tratamento dos dados, bem como os esquemas e ou as figuras das observações efetuadas. Os esquemas são feitos a lápis e legendados. No caso de observações microscópicas deve ser incluído junto do esquema a ampliação.

### Discussão

- o Interpretação dos resultados. A discussão deve comparar os resultados obtidos face ao objetivo pretendido. Não se devem tirar hipóteses especulativas que não possam ser fundamentadas nos resultados obtidos. A discussão constitui uma das partes mais importantes do relatório, uma vez que é nela (e não na introdução) que os autores evidenciam todos os conhecimentos adquiridos, através da profundidade com que discutem os resultados obtidos.

### Conclusões

- o Esta parte do relatório deve sumarizar as principais conclusões obtidas no decurso do trabalho realizado.

### Referências Bibliográficas


- o A bibliografia deve figurar no fim do relatório. Nela devem ser apresentadas todas as referências mencionadas no texto, que podem ser livros (ou capítulos de livros), artigos científicos, CD-ROMs e websites consultados.



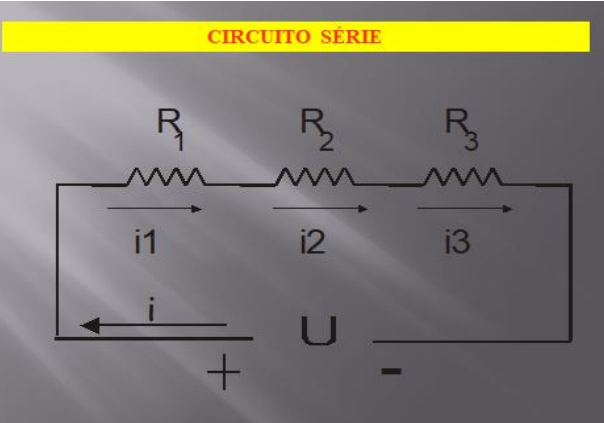
## 5º Momento de investigação (2 h/aula): aula expositiva dialogada/simulação – aprofundamento do conhecimento

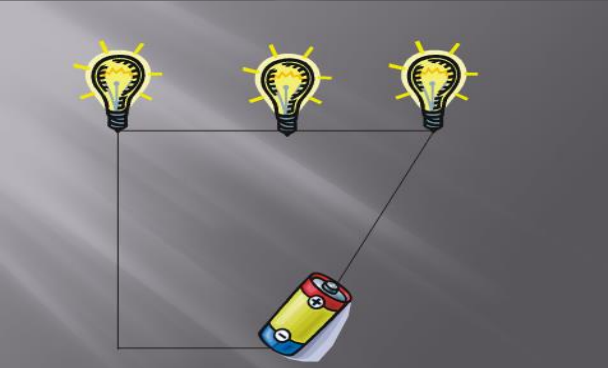
Esse momento será marcado pela entrega dos relatórios científicos e por uma aula expositiva dialogada, com *slides* explicativos sobre tipos de associações de resistores, a fim de sanar possíveis dúvidas, após a vídeo aula e os procedimentos experimentais. É certo que nem todos os experimentos terão os objetivos alcançados. Entretanto, buscaremos uma explicação para tal resultado.

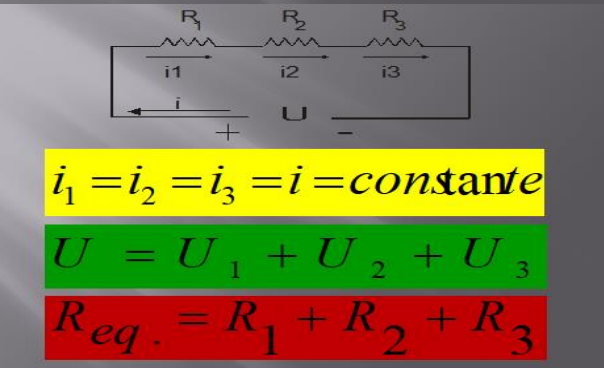
Em seguida estão alguns *slides*<sup>4</sup> que serão utilizados para estudarmos mais o tema.



### CIRCUITO SÉRIE








$i_1 = i_2 = i_3 = i = \text{constante}$

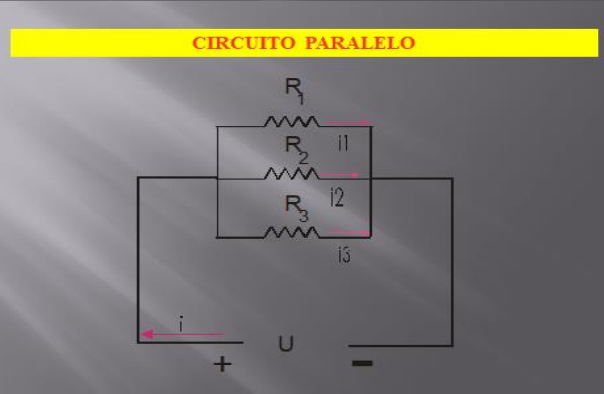
$U = U_1 + U_2 + U_3$

$R_{eq.} = R_1 + R_2 + R_3$

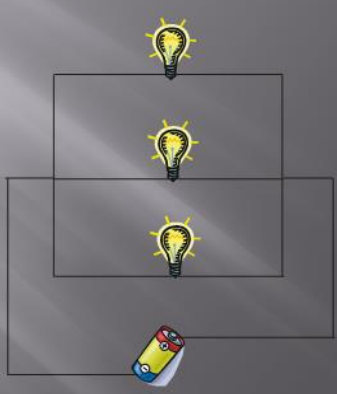
### RESUMO



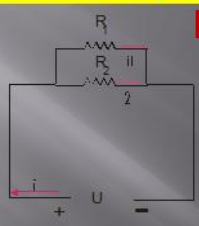
### CIRCUITO PARALELO



<sup>4</sup> Os *slides* utilizados para as aulas podem ser encontrados em: <https://vivianepepe.wixsite.com/website/atividades>.

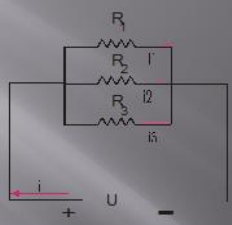


**Resistência equivalente**



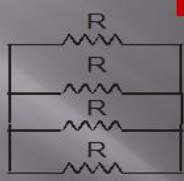
**Dois resistores iguais**

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$



**Resistência equivalente**

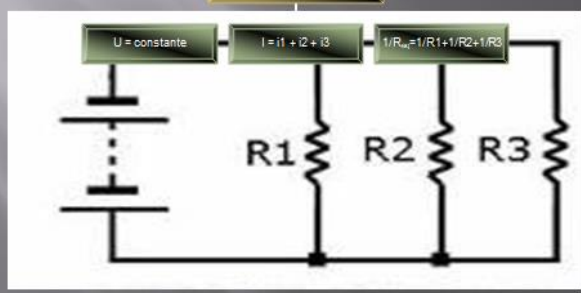
**n resistores iguais**



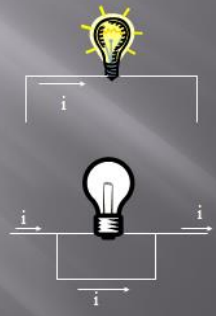
$$R_{eq} = \frac{R}{n}$$

**RESUMO**

ASSOCIAÇÃO EM PARALELO



**CURTO CIRCUITO**



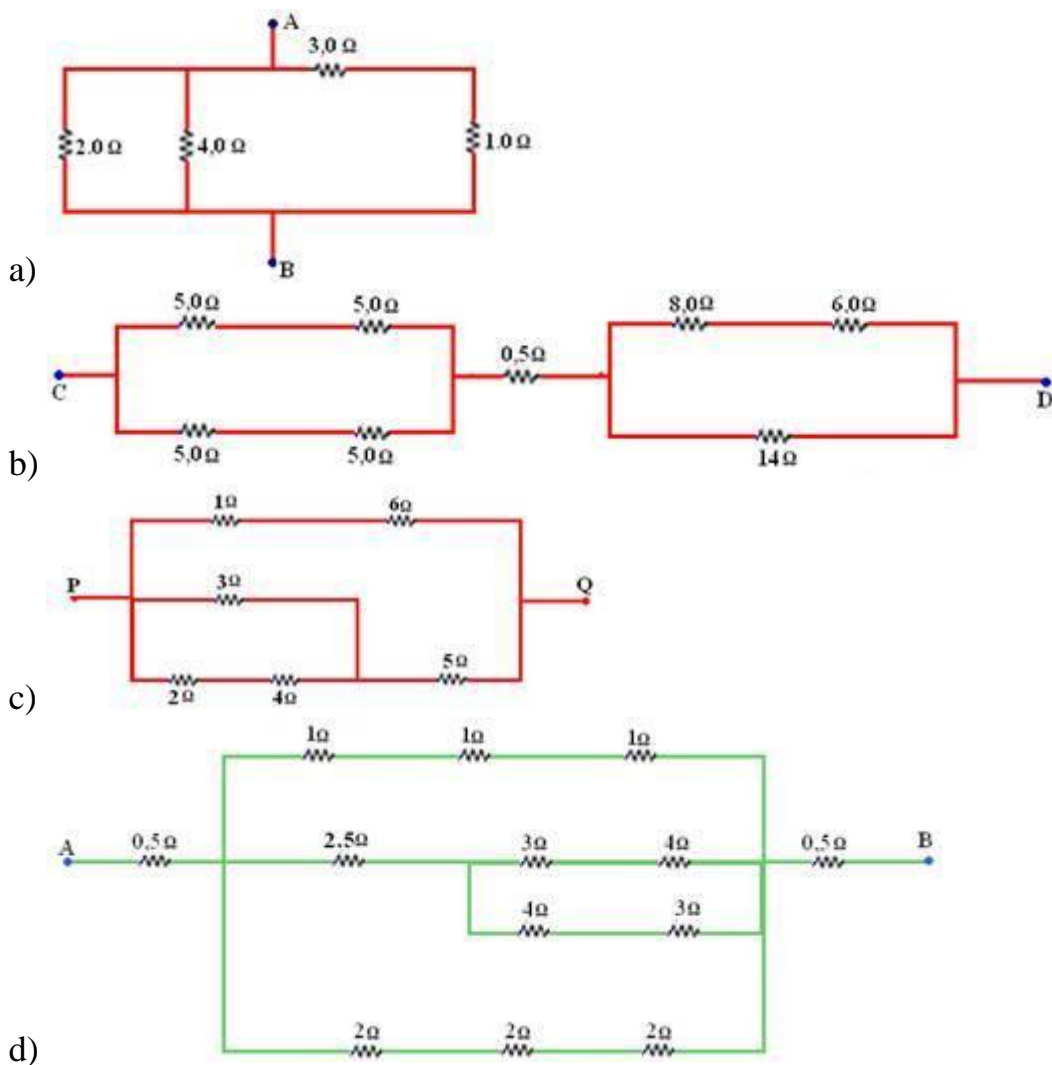
Em seguida, alguns exemplos cotidianos serão utilizados para fins de identificação.

Vocês precisam conhecer a diferença entre esses tipos de associações. Alguns problemas serão resolvidos em sala, como ferramenta avaliativa envolvendo os tipos de associação.

## ATIVIDADE AVALIATIVA/QUESTÕES

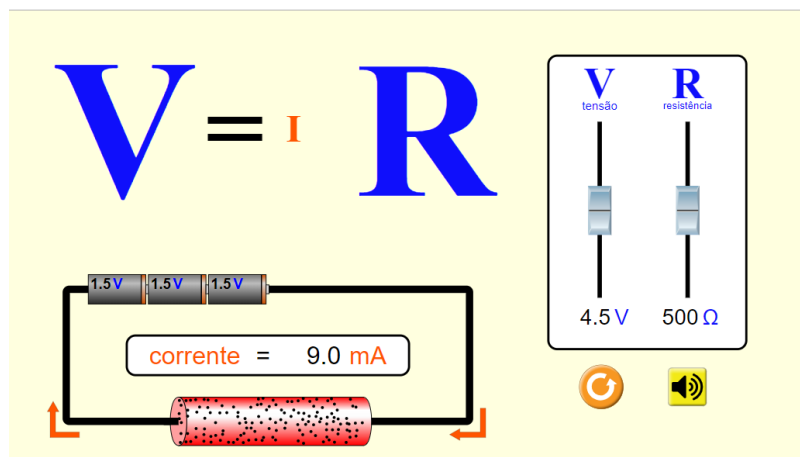
### Assunto: Associação de Resistores

1 - (UFB) Em cada uma das associações abaixo, calcule a resistência do resistor equivalente entre os pontos especificados:



Agora vamos aprofundar o estudo da relação entre os conceitos estudados: corrente, tensão (ddp) e resistência (Leis de Ohm). Para isso, será proposta uma simulação do aplicativo *Phet* ([https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)) (Figura 5).

**Figura 5** - Simulador 1: Representação da 1ª Lei de Ohm.



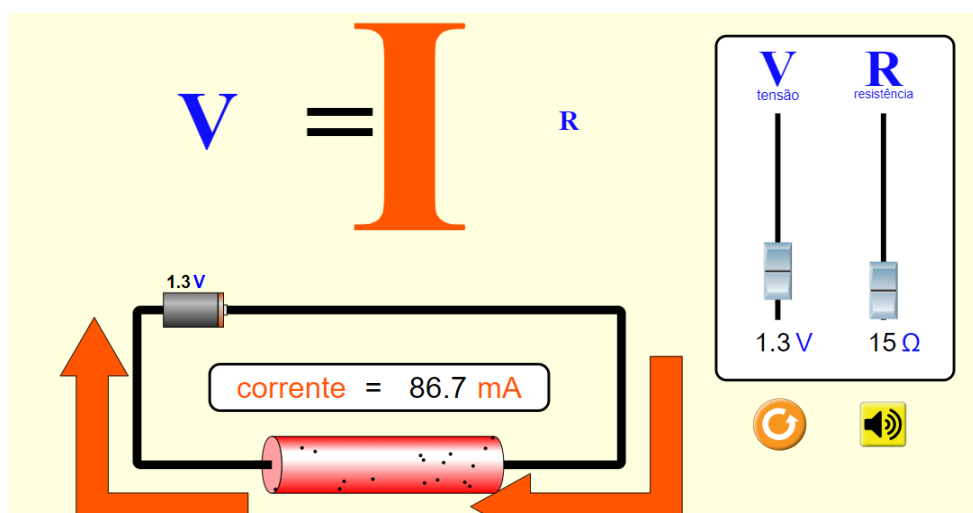
Fonte: <[https://phet.colorado.edu/sims/html/ohms-law/latest/ohms-law\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/ohms-law/latest/ohms-law_pt_BR.html)>.

Com o simulador<sup>5</sup>, você poderá observar que variando a corrente elétrica, a tensão também irá variar para uma mesma intensidade de resistência elétrica e com isso relacionarão as grandezas tensão, resistência e corrente elétrica.

## SIMULAÇÃO

Na figura 6, observa-se que reduzindo a resistência elétrica e mantendo a ddp, a corrente elétrica aumenta.

**Figura 6** - Simulador 1: Relação resistência e corrente elétrica.

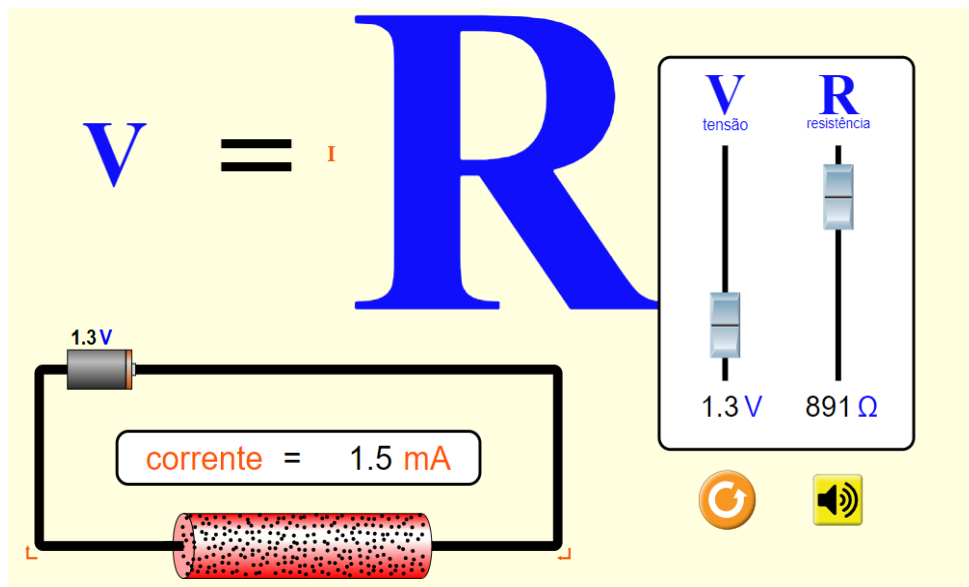


Fonte: <[https://phet.colorado.edu/sims/html/ohms-law/latest/ohms-law\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/ohms-law/latest/ohms-law_pt_BR.html)>.

<sup>5</sup> No apêndice III encontra-se um tutorial sobre o simulador *PHET*.

Na figura 7, pode-se observar que o aumento a resistência elétrica gera no circuito uma redução na intensidade da corrente elétrica.

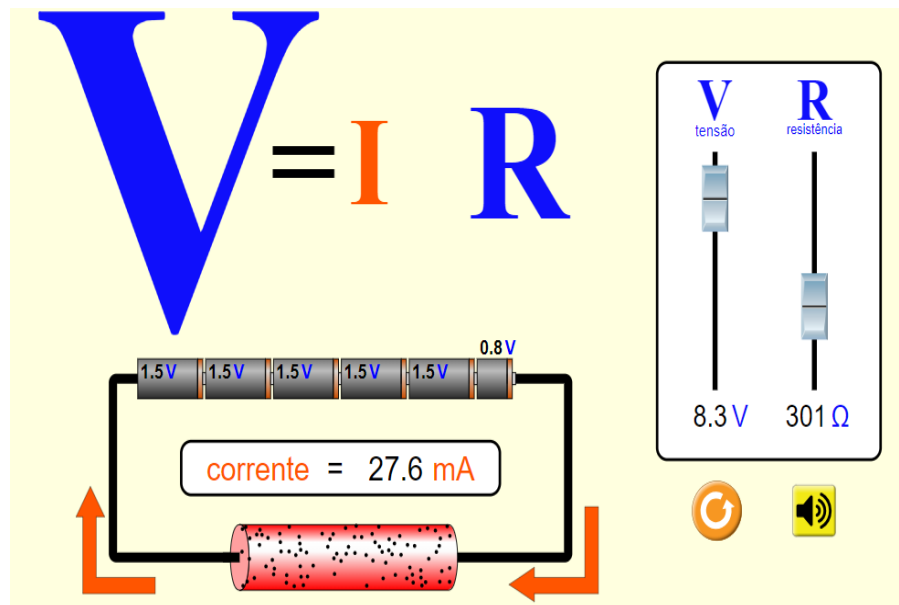
**Figura 7** - Simulador 1: Relação resistência e corrente elétrica.



Fonte: <[https://phet.colorado.edu/sims/html/ohms-law/latest/ohms-law\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/ohms-law/latest/ohms-law_pt_BR.html)>.

Nos dois casos anteriores, a ddp não foi alterada. Mas, se a ddp for alterada, a corrente irá variar diretamente proporcional, enquanto que a resistência se manterá constante, conforme figura 8.

**Figura 8** - Simulador 1: Relação tensão e corrente elétrica



Fonte: <[https://phet.colorado.edu/sims/html/ohms-law/latest/ohms-law\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/ohms-law/latest/ohms-law_pt_BR.html)>.

Para casa, lista de questões de vestibular e ENEM relacionadas as 1ª lei de Ohm e circuitos elétricos (<https://vivianepepe.wixsite.com/website/atividades-1>).

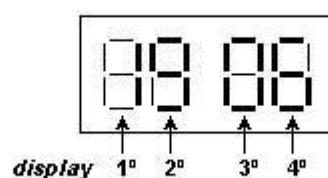
Na aula seguinte não esqueçam dos dispositivos eletrônicos ou o próprio celular, cientes de que serão avaliados, de forma dinâmica e com o uso de seus respectivos dispositivos digitais, conectados à internet oferecida pela escola, com o jogo *QuizOnline – Kahoot*.

## ATIVIDADE PARA CASA

### Explicar o passo a passo do raciocínio

1 - (UERJ) A maioria dos relógios digitais é formada por um conjunto de quatro displays, compostos por sete filetes luminosos. Para acender cada filete, é necessária uma corrente elétrica de 10 miliamperes.

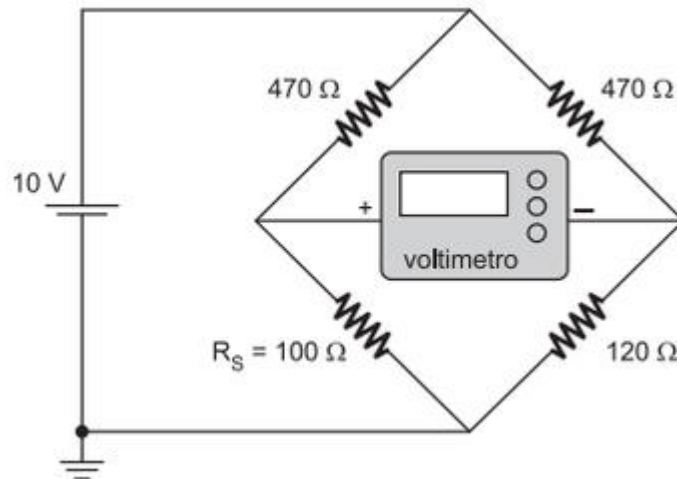
O primeiro e o segundo displays do relógio ilustrado a seguir indicam as horas, e o terceiro e o quarto indicam os minutos.



Admita que esse relógio apresente um defeito, passando a indicar, permanentemente, 19 horas e 06 minutos. A pilha que o alimenta está totalmente carregada e é capaz de fornecer uma carga elétrica total de 720 coulombs, consumida apenas pelos displays. O tempo, em horas, para a pilha descarregar totalmente é igual a:

- a) 0,2
- b) 0,5
- c) 1,0
- d) 2,0

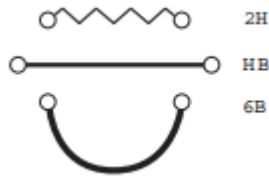
2 – (ENEM 2013) Medir temperatura é fundamental em muitas aplicações, e apresentar a leitura em mostradores digitais é bastante prático. O seu funcionamento é baseado na correspondência entre valores de temperatura e de diferença de potencial elétrico. Por exemplo, podemos usar o circuito elétrico apresentado, no qual o elemento sensor de temperatura ocupa um dos braços do circuito ( $R_S$ ) e a dependência da resistência com a temperatura é conhecida.



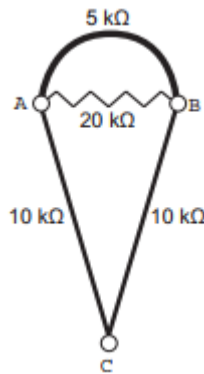
Para um valor de temperatura em que  $R_S = 100 \Omega$ , a leitura apresentada pelo voltímetro será de

- A) + 6,2 V.
- B) + 1,7 V.
- C) + 0,3 V.
- D) - 0,3 V.
- E) - 6,2 V.

3 – (ENEM 2016) Por apresentar significativa resistividade elétrica, o grafite pode ser utilizado para simular resistores elétricos em circuitos desenhados no papel, com o uso de lápis e lapiseiras. Dependendo da espessura e do comprimento das linhas desenhadas, é possível determinar a resistência elétrica de cada traçado produzido. No esquema foram utilizados três tipos de lápis diferentes (2H, HB e 6B) para efetuar três traçados distintos.



Munido dessas informações, um estudante pegou uma folha de papel e fez o desenho de um sorvete de casquinha utilizando-se desses traçados. Os valores encontrados nesse experimento, para as resistências elétricas ( $R$ ), medidas com o auxílio de um ohmímetro ligado nas extremidades das resistências, são mostrados na figura. Verificou-se que os resistores obedeciam à Lei de Ohm.



Na sequência, conectou o ohmímetro nos terminais A e B do desenho e, em seguida, conectou-o nos terminais B e C, anotando as leituras  $R_{AB}$  e  $R_{BC}$ , respectivamente. Ao estabelecer a razão  $R_{AB} / R_{BC}$ , qual resultado o estudante obteve?

- a) 1
- b)  $4/7$
- c)  $10/27$
- d)  $14/81$
- e)  $4/81$

**6º Momento de investigação (2 h/aula): resolução de problemas/jogo *QuizOnline* e simulador *Phet***

Inicialmente, esse momento será reservado para possíveis dúvidas e resoluções de algumas questões de Enem e vestibular sugeridas para casa.

Em seguida, faremos a contextualização do efeito joule através de figuras de objetos usados em nosso cotidiano (ferro de passar roupa, chapinha, torradeira, secador, chuveiro elétrico, ente outros).



Logo após, vocês participarão de uma avaliação dinâmica através do Jogo: *QuizOnline* – *Kahoot* (kahoot.com) (Figura 9), sobre os conceitos de corrente elétrica, seus efeitos, resistência elétrica e 1ª lei de ohm.

**Figura 9** - Representação do jogo interativo *QuizOnline: Kahoot* sobre Leis de Ohm.



Fonte: Disponível em: <<https://play.kahoot.it/#/?quizId=cb9686fb-d4db-484e-a517-e43f220ec86b>>.

### JOGO: QUIZONLINE – KAHOOT

3 resistores de  $30\Omega$  estão ligados em paralelo a uma bateria de 12V. A resist. total do circuito



103

Kahoot!

Skip

0 Answers

é Req =  $20\Omega$ , e a corrente é 0,6 A.
  é Req =  $30\Omega$ , e a corrente é 0,4 A.

é Req =  $10\Omega$ , e a corrente é 1,2 A.
  é Req =  $60\Omega$ , e a corrente é 0,2 A.

2 resistores de  $20\Omega$  e  $30\Omega$  são ligados em paralelo, alimentados com 120V. Qual é a corrente?



117

Kahoot!

Skip

0 Answers

10,0 A
  3,0 A

2,4 A
  0,1 A

Sobre um circuito que contém apenas resistores ligados em paralelo, é INCORRETO afirmar que



116

Kahoot!

Skip

0 Answers

O IT do circuito é a soma das correntes de cada resistor
  A corrente elétrica é igual em todos os resistores

A ddp em cada resistor é igual à tensão elétrica da fonte
  A Req é sempre menor do que a menor resistência do circuito

Quanto à associação de resistências em série podemos dizer que:



116

Kahoot!

Skip  
0  
Answers

<input type="checkbox"/> a tensão (ddp) é a mesma e a corrente total é a mesma	<input type="checkbox"/> a ddp é a mesma e a $i_T$ é a soma da corrente em cada resistor
<input type="radio"/> a ddp é a soma das tensões em cada resistor e a $i_T$ é a mesma	<input type="checkbox"/> a corrente total é a soma das correntes em cada resistor

Qual o máximo valor de resistência equivalente podemos obter com 3 resistores de mesmo valor  $R$ ?



118

Kahoot!

Skip  
0  
Answers

<input type="checkbox"/> $2 \cdot R$	<input type="checkbox"/> $3 \cdot R$
<input type="radio"/> $R$	<input type="checkbox"/> $(3 \cdot R)/2$

Sobre a corrente elétrica, é INCORRETO afirmar



116

Kahoot!

Skip

0 Answers

<input type="checkbox"/> Os elétrons livres podem soltar-se do átomo de origem	<input type="checkbox"/> Os elétrons livres formam a corrente elétrica em um condutor
<input type="checkbox"/> É um fluxo ordenado de elétrons em um meio condutor	<input type="checkbox"/> Materiais condutores não possuem muitos elétrons livres.

Sobre condutores e isolantes, é CORRETO afirmar:



117

Kahoot!

Skip

0 Answers

<input type="checkbox"/> Materiais condutores possuem poucos elétrons livres	<input type="checkbox"/> Materiais isolantes possuem muitos elétrons livres
<input type="checkbox"/> Isolantes não permitem deslocamento de carga elétricas	<input type="checkbox"/> Um bom exemplo de material condutor é a porcelana

Sobre Resistência Elétrica dos materiais, marque a opção FALSA:



118

Kahoot!

Skip

0 Answers

<input type="checkbox"/> Todos os materiais possuem algum valor de resistência elétr.	<input type="checkbox"/> Bons condutores possuem baixo valor de resistência elétrica.
<input type="checkbox"/> No condutor, a resistência só depende do tipo do material.	<input type="checkbox"/> Os isolantes apresentam resistência elétrica muito alta.

Ainda sobre a Resistência Elétrica dos materiais, marque a opção FALSA:



118

Kahoot!

Skip

0

Answers

<input type="checkbox"/> A resistividade é um valor característico de cada material	<input type="checkbox"/> A resistên. de um condutor depende de seu comprimento e área
<input type="checkbox"/> A resist. do cabo é diretamente proporcional ao comprimento	<input type="checkbox"/> A resistência do cabo é inversamente proporcional à sua área

Sobre a 1ª Lei de Ohm, marque a opção VERDADEIRA:



120

Kahoot!

Skip

0

Answers

<input type="checkbox"/> A corrente elétrica é diretamente proporcional à tensão	<input type="checkbox"/> A corrente elétrica é diretamente proporcional à resistência
<input type="checkbox"/> A tensão é inversamente proporcional à resistência	<input type="checkbox"/> Quanto maior a resistência, maior será a corrente do circuito

Sobre os circuitos com associação de resistências em série, marque a alternativa VERDADEIRA:



112


Kahoot!

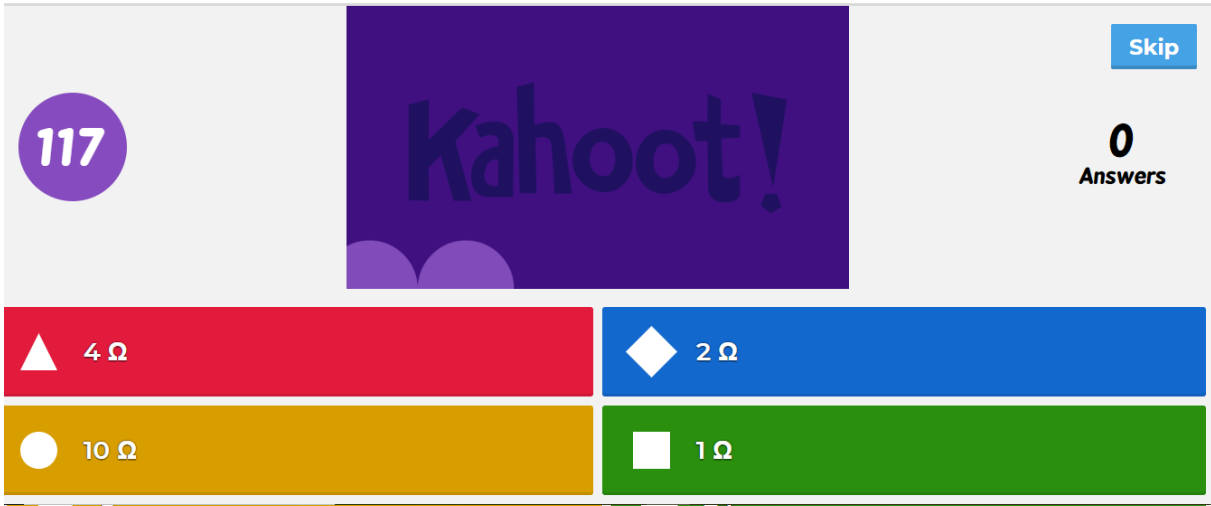
Skip

0

Answers

<input type="checkbox"/> A corrente é diferente em todas as resistências	<input type="checkbox"/> A Req equivale à soma de todas as resistências do circuito
<input type="checkbox"/> A tensão é igual em todas as resistências	<input type="checkbox"/> A Req do circuito será menor que a sua menor resistência

Um circuito possui 3 resistências em paralelo, cujos valores são  $4\Omega$ ,  $4\Omega$  e  $2\Omega$ . Qual é a Req ? 



117

Kahoot!

Skip


0 Answers

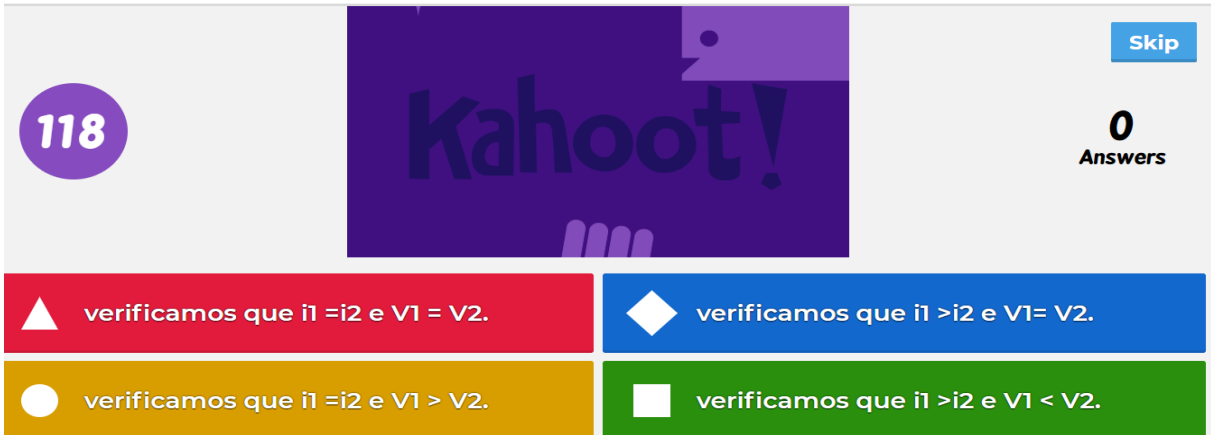
▲  $4\Omega$

◆  $2\Omega$

●  $10\Omega$

■  $1\Omega$

R1 e R2 estão ligados em série, onde  $R1 > R2$ . Considere  $i_1$  e  $i_2$  as correntes e  $V_1$  e  $V_2$  a ddp e: 



118

Kahoot!

Skip

0 Answers

▲ verificamos que  $i_1 = i_2$  e  $V_1 = V_2$ .

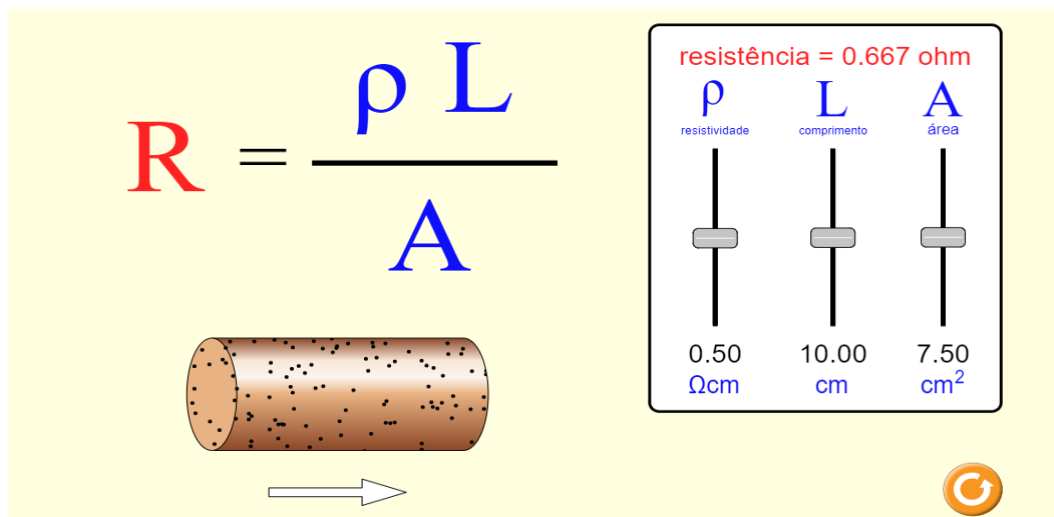
◆ verificamos que  $i_1 > i_2$  e  $V_1 = V_2$ .

● verificamos que  $i_1 = i_2$  e  $V_1 > V_2$ .

■ verificamos que  $i_1 > i_2$  e  $V_1 < V_2$ .

Agora, pessoal, através do aplicativo de simulação *Phet*, serão apresentados alguns fatores que influenciam a resistência elétrica de um condutor, além da corrente elétrica e tensão (ddp). Esse simulador fará a relação desses fatores através da representação matemática da 2ª Lei de Ohm (Figura 10), envolvendo a resistividade, o comprimento e a área do condutor. Dessa forma vocês verão que a área da seção reta de um condutor é inversamente proporcional à resistência elétrica, enquanto que o comprimento do condutor influencia diretamente o valor da resistência elétrica. Em seguida, aplicação de atividade interativa 2 do livro digital (<https://vivianepepe.wixsite.com/website/atividades-1>), que será comentada em seguida.

**Figura 10** – Simulador 2: Representação da 2ª Lei de Ohm.

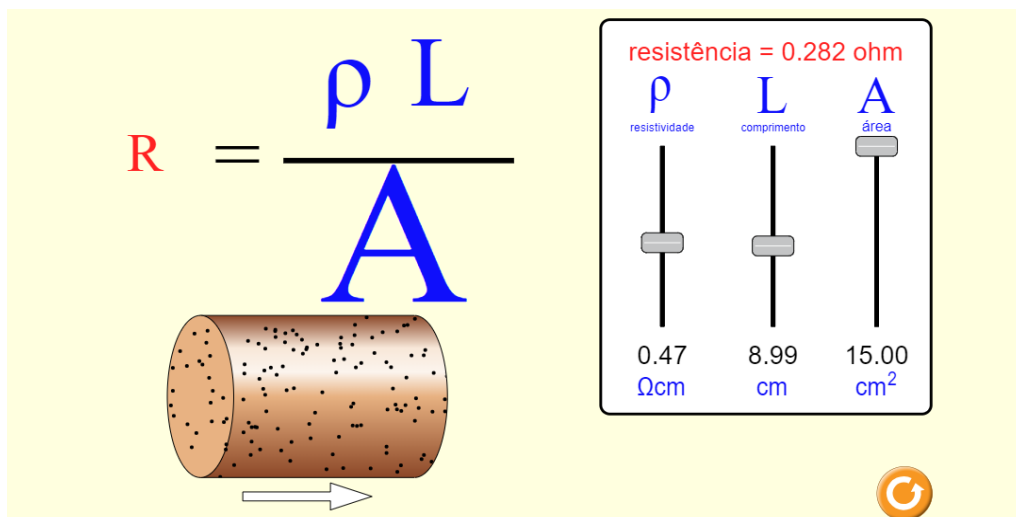


Fonte: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/resistance-in-a-wire](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/resistance-in-a-wire)>.

### SIMULAÇÃO

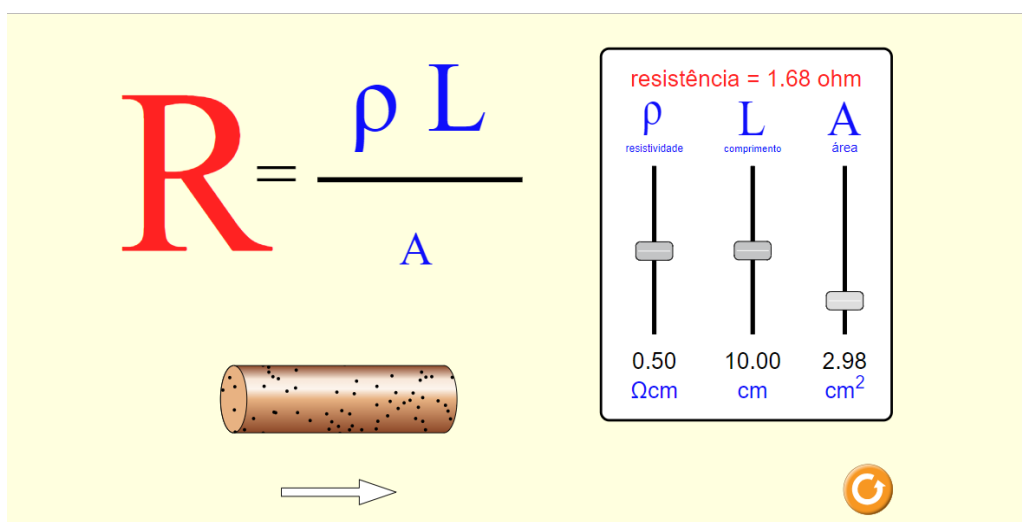
Nas figuras 11 e 12 observa-se a variação da área inversamente proporcional à intensidade de resistência elétrica. Quanto maior a área, menor a resistência elétrica, enquanto que a resistência é maior quando a área da secção transversal for menor.

**Figura 11** - Simulador 2: Relação área e resistência.



Fonte: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/resistance-in-a-wire](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/resistance-in-a-wire)>.

**Figura 12** - Simulador2: Relação área e resistência.

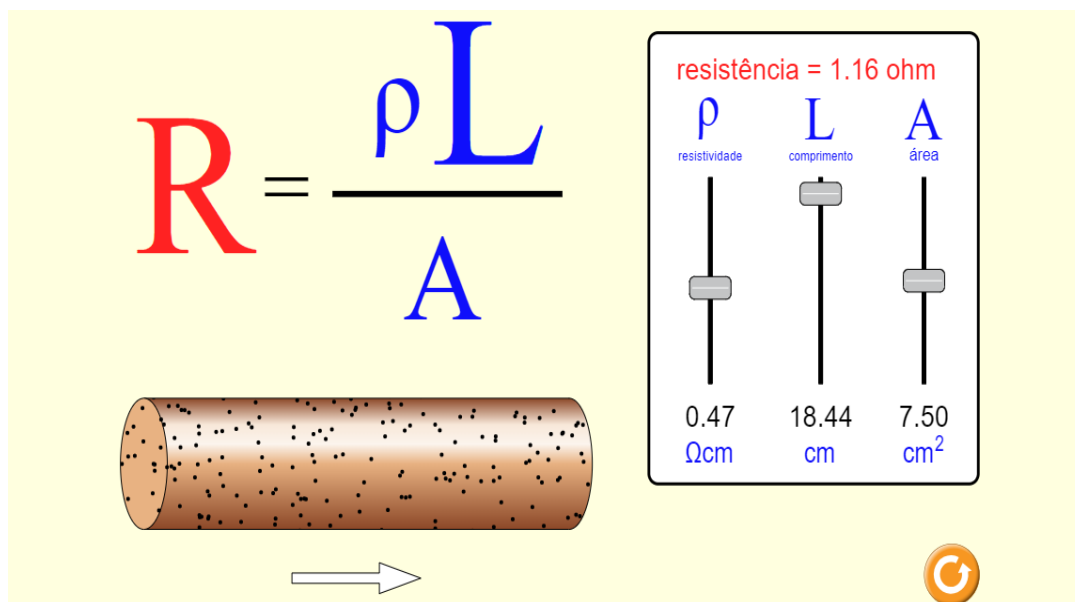


Fonte: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/resistance-in-a-wire](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/resistance-in-a-wire)>.

Na figura 13, observa-se que o comprimento do fio varia proporcionalmente à intensidade da resistência elétrica. Logo, quanto maior o comprimento do fio, maior será a resistência elétrica.

**Figura 13** – Simulador 2: Relação comprimento e resistência.

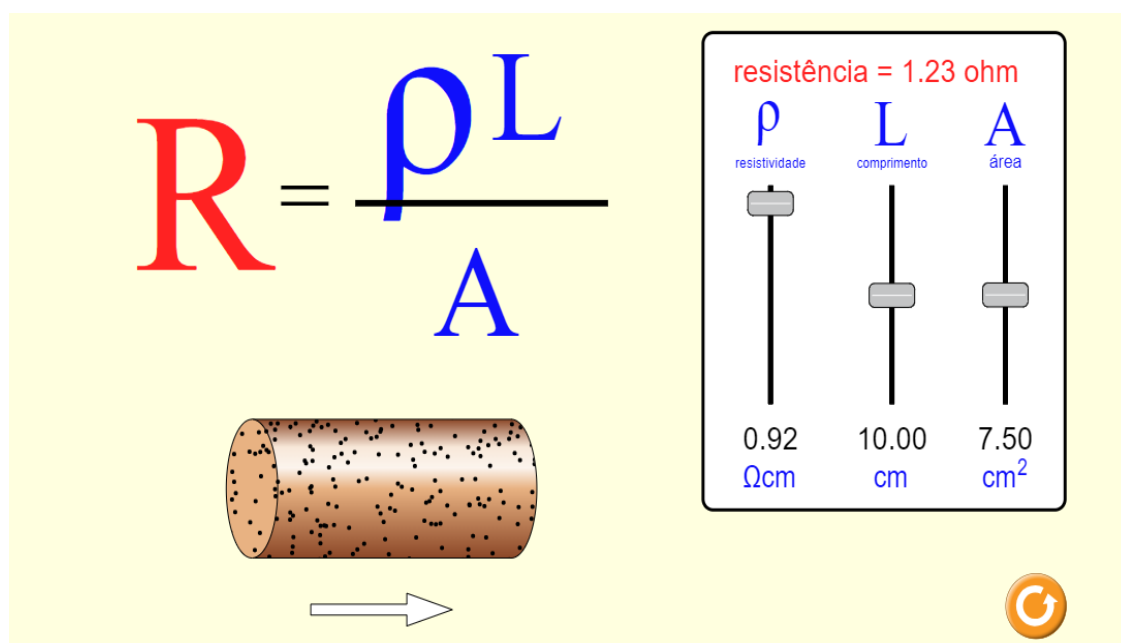




Fonte: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/resistance-in-a-wire](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/resistance-in-a-wire)>.

Na figura 14, nota-se que a resistividade (propriedade que define o quanto um material se opõe a passagem de corrente elétrica) é diretamente proporcional a resistência. Aumentando-se a resistividade, tem-se um aumento na resistência elétrica.

**Figura 14** - Simulador2: Relação resistividade e resistência.



Fonte: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/resistance-in-a-wire](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/resistance-in-a-wire)>.

### Livro Digital – Atividade Interativa

Usando a Lei de Ohm, complete as sentenças.



C2\_T4\_Lei\_de\_Ohm.mp4

Um circuito elétrico é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade de 2,5 A e está submetido a uma tensão 10 V. A resistência elétrica desse circuito é de  Ω.

No mesmo circuito anterior, mas com uma intensidade de corrente de 4 A, a tensão será de  V.

Em um fio de cobre (resistividade =  $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ ) de 1 500 m e uma secção reta de  $3\text{mm}^2$  tem resistência elétrica de 8,5 Ω e está submetido a uma tensão de 212,5 V. Portanto, a intensidade da corrente é de  A.

Complete devidamente as lacunas.

As grandezas envolvidas na Lei de Ohm são a , a diferença de potencial e a resistência elétrica.

A intensidade da corrente elétrica que circula por um circuito depende da quantidade de cargas por unidade de .

A resistência de um material depende da resistividade, do comprimento e da área da secção reta do material. A unidade usada para representar a resistência é o .

A Lei de Ohm determina que a razão entre a diferença de potencial e a  é constante.

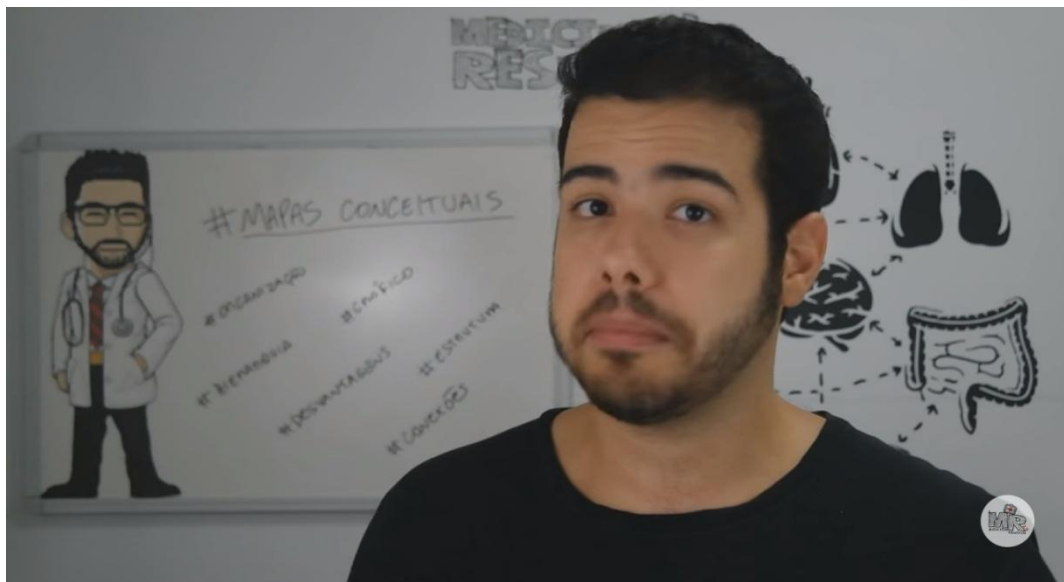
Os aparelhos elétricos sempre dissipam parte da energia elétrica em razão da(o) .

### ATIVIDADE PARA CASA

Para casa serão propostas duas vídeo-aulas:

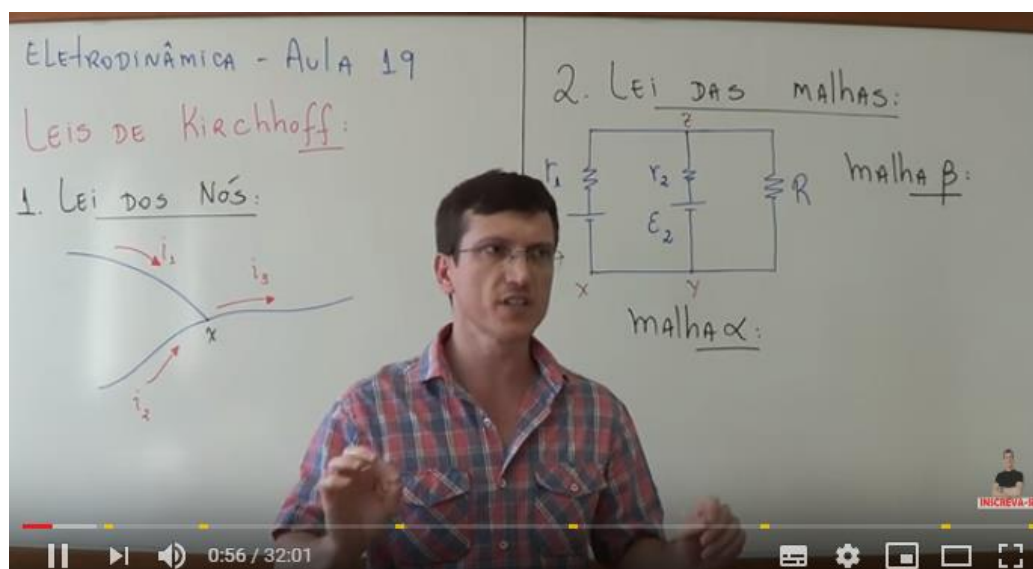
- ❖ Como construir mapas conceituais (Figura 15)
- ❖ Leis de Kirchooff(Figura 16)

**Figura 15** - Vídeo-aula 3: Como construir mapas conceituais.



Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=7yUNpAOvew8>>

**Figura 16** - Vídeo-aula 4: Leis de Kirchooff.



Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=5q0ss9G8Xlc>>.

Acreditamos que, com os vídeos, você tenha conseguido organizar os conceitos a respeito de circuitos elétricos mais complexos, através da lei dos nós e lei das malhas, observados em nosso cotidiano.

Vamos responder algumas questões?

## QUESTÕES

1 – O que achou do vídeo? O que lhe chamou mais a atenção?

---

---

---

2 – Qual o entendimento a respeito da lei dos nós e lei das malhas?

---

---

---

3 – Qual a relação entre o sentido da corrente e o sinal na lei das malhas?

---

---

---

## 7º Momento de investigação (2 h/aula): mapa conceitual

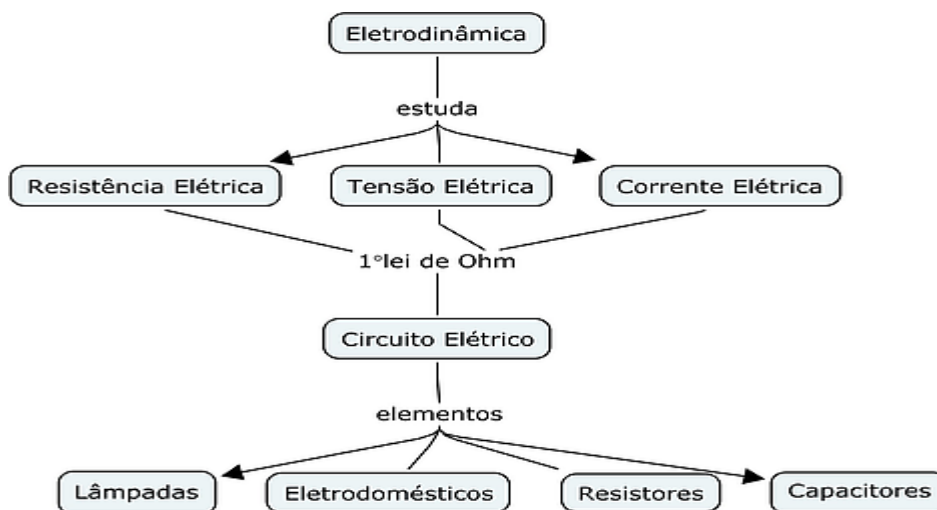
Agora vamos fazer nosso mapa conceitual. Iniciaremos com uma explicação rápida de como fazer um mapa conceitual simples (Figura 17), conforme as orientações observadas na vídeo aula que foi indicada como tarefa ‘de casa’. Assim, um tema central será sugerido para que vocês façam em conjunto. Todos os alunos precisarão participar, formando um mapa conceitual com ideias gerais sobre conceitos abrangentes, relacionados ao estudo em questão. Cada aluno, em ordem alfabética, irá contribuir com uma palavra de ligação e um conceito a cerca do tema central, de maneira coerente e conceitualmente corretos. O aluno também poderá em sua vez, trocar algo que não considere plausível ou que pensa não estar de acordo com o contexto. Apenas uma contribuição por rodada.

Este será um instrumento avaliativo, pois é possível identificar a percepção individual ou até mesmo de um grupo acerca de um dado conhecimento. Em outras palavras, é possível

identificar a visibilidade dos processos cognitivos empreendidos por vocês para a assimilação dos conceitos estudados.

As palavras sugeridas podem ser: CARGA ELÉTRICA, CORRENTE ELÉTRICA, TENSÃO, RESISTÊNCIA, RESISTIVIDADE, TEMPERATURA, COMPRIMENTO, SESSÃO TRANSVERSAL, CONDUTOR, LEIS DE OHM.

**Figura 17** - Exemplo de mapa conceitual.



Fonte: <<http://tesemestrado.wixsite.com/luisfernandolopes/mapas-conceituais>>.

Ainda nesse momento, teremos uma aula dialogada sobre as Leis de Kirchooff a fim de avaliar os conhecimentos construídos ao assistirem a vídeo aula sugerida para casa.

### ATIVIDADE PARA CASA

Para casa será proposto um áudio sobre capacitores para fins de dinâmica na aula seguinte.



Fisica\_80.mp3

### QUESTÕES

Procure escrever sobre tudo que você entendeu sobre capacitores. Coloque também suas dúvidas, pois o professor irá tire-las na próxima aula.

---



---



---



---

**8º Momento de investigação (2 h/aula): aula expositiva dialogada/texto/questões**

Iniciaremos nossa aula falando sobre capacitores. Suas características e funções, através de *slides* esondagem do nível de conhecimento adquirido ao escutarem o áudio sugerido para casa

## CAPACITORES

Armazena energia num campo elétrico, acumulando um desequilíbrio interno de carga elétrica

### Capacitor Placas Paralelas

A capacitância num capacitor de placas paralelas, como o mostrado na figura ao lado, contendo duas placas de área  $A$  e separadas por uma distância  $d$ , é:

onde:  $\epsilon_0$  é a permissividade do vácuo. Se entre as placas for colocado algum material dielétrico (não-condutor) devemos substituir  $\epsilon_0$  pela permissividade  $\epsilon$  do material dielétrico que foi colocado.  
 $\epsilon_0 = 8,9 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

### Energia potencial armazenada no capacitor

A energia potencial pode ser determinada pelas diferentes relações entre a carga  $Q$ , a capacitância  $C$  e a tensão  $U$ .

$$E_{\text{pot}} = \frac{Q^2}{2C} = \frac{Q \cdot U}{2} = \frac{C \cdot U^2}{2}$$

### Associação de Capacitores

Num circuito de condensadores montados em **paralelo** todos estão sujeitos à mesma diferença de potencial (tensão). Para calcular a sua capacidade total ( $C_{\text{eq}}$ ):

$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

$$C_{\text{eq}} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

- A corrente que flui através de capacitores em **série** é a mesma, porém cada capacitor terá uma queda de tensão (diferença de potencial entre seus terminais) diferente. A soma das diferenças de potencial (tensão) é igual a diferença de potencial total. Para conseguir a capacitância total:

$$\frac{1}{C_{\text{eq}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

## QUESTÕES

1 - (Uepa) A desfibrilação é a aplicação de uma corrente elétrica em um paciente por meio de um equipamento (desfibrilador) cuja função é reverter um quadro de arritmia ou de parada cardíaca. Uma maneira de converter uma arritmia cardíaca em um ritmo normal é a cardioversão, que se dá mediante a aplicação de descargas elétricas na região próxima ao coração do paciente, graduadas de acordo com a necessidade, conforme o quadro abaixo. Os desfibriladores usuais armazenam até 360 J de energia potencial elétrica, alimentados por uma diferença de potencial de 4000 V. Considerando uma situação na qual haja necessidade de usar um desfibrilador em uma criança de 40 kg, o valor da capacitância do capacitor do desfibrilador na segunda desfibrilação, em  $\mu\text{F}$ , será igual a:

- a) 50
- b) 40
- c) 30
- d) 20
- e) 10

2 - (PUC-MG) Se dobrarmos a carga acumulada nas placas de um capacitor, a diferença de potencial entre suas placas ficará:

- a) inalterada.
- b) multiplicada por quatro.
- c) multiplicada por dois.
- d) dividida por quatro.
- e) dividida por dois.

Ainda nesse momento, uma aula será reservada para abordagem expositiva através de *slides*, sobre potência e energia elétrica, em seguida discutiremos a respeito de contas de energia e custo mensal de equipamentos.

## Potência Elétrica

A potência elétrica dissipada por um condutor é definida como a quantidade de energia térmica que passa por ele durante um certo tempo. Ou seja, quantidade de trabalho realizado

$$P = \Delta E / \Delta t \rightarrow P = V \cdot i$$

Unidade (SI) - Watt (W), correspondente à J/s

$P = R \cdot i^2$   
 $P = V^2 / R$

## Energia Elétrica

O "consumo" de energia determina-se utilizando a seguinte expressão:

Potência elétrica do aparelho

Energia elétrica consumida pelo aparelho      Intervalo de tempo de funcionamento do aparelho

$$E = P \times \Delta t$$

**Unidades no Sistema Internacional:**

Energia elétrica utilizada (E) — joule (J)

Potência elétrica (P) — watt (W)

Intervalo de tempo de funcionamento (Δt) — segundos (s)

Relação entre as unidades SI  $\rightarrow 1J = 1W \times 1s = Ws$

O kWh (quilowatt-hora) é a unidade prática de energia, usada para exprimir o "consumo" de energia elétrica.

O kWh é a energia elétrica consumida durante uma hora de funcionamento por um aparelho cuja potência média é 1 kW:

$$1KWh = 1KW \times 1h$$

Sendo o quilowatt-hora (kWh) e o Joule (J) duas unidades de energia qual será a relação entre elas?

Como  $1kW = 1000W$  e  $1hora = 3600s$

O valor de 1 kWh em joules será:

$1kWh = 1kW \times 1hora$

$1kWh = 1000W \times 3600s$        $1kWh = 3,6 \times 10^6 J$

$1kWh = 3\,600\,000J$

Número de kWh no momento da leitura.

O disco roda quando se consome energia.

Número de rotações que correspondem ao consumo de 1 kWh



## Como já sabemos...

Resistores são componentes eletrônicos cuja principal finalidade é controlar a passagem corrente elétrica.

*Denomina-se resistor todo condutor, no qual a energia elétrica consumida é transformada exclusivamente, em energia térmica.*

## Resumindo

$$P = i \cdot U$$

$$P = \frac{U^2}{R} \quad \text{e} \quad P = R \cdot i^2$$

**Efeito Joule:** potência dissipada na forma de calor no resistor

## QUESTÕES

1 - Sobre um resistor de  $100 \, \Omega$  passa uma corrente de  $3 \, \text{A}$ . Se a energia consumida por este resistor foi de  $2 \, \text{kWh}$ , determine aproximadamente quanto tempo ele permaneceu ligado à rede.

2 - (IFSP) Ao entrar em uma loja de materiais de construção, um electricista vê o seguinte anúncio:

**ECONOMIZE:** Lâmpadas fluorescentes de **15 W** têm a mesma luminosidade (iluminação) que lâmpadas incandescentes de **60 W** de potência.

De acordo com o anúncio, com o intuito de economizar energia elétrica, o electricista troca uma lâmpada incandescente por uma fluorescente e conclui que, em 1 hora, a economia de energia elétrica, em kWh, será de

- a) 0,015.
- b) 0,025.
- c) 0,030.
- d) 0,040.
- e) 0,045.

Haverá agora a leitura de dois textos. Um texto da ABEF – Associação Brasileira de Educação Financeira (Figura 18) sobre a importância da economia de energia elétrica e outro texto sobre as dicas de como economizar energia elétrica (Figura 19). Em seguida, faremos um resumo do mesmo, destacando os fatores de influência, estudado anteriormente.

## TEXTO

Figura 18 - Texto sobre a importância da economia de energia elétrica para o meio ambiente.

**ABEF**  
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO FINANCEIRA

HOME INSTITUCIONAL BOM SABER AGENDA LINKS FALE CONOSCO

## A Importância da Economia de Energia Elétrica para o Meio Ambiente.

POSTED OCTOBER 26TH, 2011 BY GABRIELE & FILED UNDER VIVER BEM.

Já estamos cansados de ver propagandas, de receber folhetos que falam sobre a preservação do meio ambiente, sobre a importância de poupar a energia e diversas outras tarefas que devemos fazer para que o nosso meio ambiente dure alguns anos a mais...

No entanto, será que sabemos qual é a real importância de se poupar energia elétrica? O mais comum é que de tanto ouvimos essas mensagens relacionadas à preservação e nunca paramos pra pensar qual é a real importância dessa mensagem.

Para quem não sabe, a energia elétrica que nos usamos em nossa casa é proveniente da força das águas, ou seja, é a água que tem a força para que a energia elétrica seja gerada. Por esse motivo, as hidrelétricas sempre se instalam perto de rios, de preferência de descida, para que sejam colocadas aquelas grandes turbinas que serão giradas com a força da água.

Sem a água não é possível fazer com que a energia elétrica seja gerada, por isso muitas campanhas tentam nos conscientizar sobre a importância da economia de energia para o meio ambiente.

Por esse motivo, tente poupar ao máximo essa energia para que nós tenhamos esses mesmos benefícios para as futuras gerações.

Fonte: <[http://www.abef.org/a\\_importancia\\_de\\_eco\\_energ.html](http://www.abef.org/a_importancia_de_eco_energ.html)>.

Figura 19 - Dicas de como economizar energia.

### Como Economizar na Conta de Luz

- Evite acender qualquer lâmpada durante o dia, habituando-se a utilizar melhor a iluminação natural. Abra bem as janelas, cortinas e persianas e deixe que a luz do dia ilumine sua casa.
- Acostume-se a apagar as lâmpadas dos ambientes desocupados.
- Evite pintar os tetos e paredes internas de sua residência com cores escuras. Elas exigem lâmpadas mais fortes, que consomem mais energia elétrica.
- Utilize lâmpadas mais eficientes que permitam o mesmo conforto com menor consumo, como é o caso das lâmpadas fluorescentes compactas. **Nos banheiros, cozinha, lavanderia e garagem, instale, se possível, lâmpadas fluorescentes, que dão melhor resultado, duram mais e gastam menos.**
- Não demore no chuveiro e desligue a torneira enquanto se ensaboa. Assim você economiza energia e água.
- Não durma com a televisão ligada.

### Uso Seguro da Energia Elétrica

- Não forne as prateleiras da geladeira. Isso consome mais energia elétrica. Evite deixar a geladeira aberta por muito tempo e mantenha em boas condições a borracha de vedação da porta.
- Não coloque alimentos quentes dentro da geladeira.
- Prefira eletrodoméstico com o selo do Procel. Ele indica quais são os produtos mais econômicos.
- Nunca solte pipas perto da rede elétrica. O choque pode ser fatal.
- Ao deixar a casa vazia por um longo período, desligue a chave geral.
- Sempre tome cuidado com escadas, vergalhões e andaimes próximos da rede elétrica.
- Nunca deixe fios desencapados. Isso coloca em risco a vida da sua família e dos seus animais.
- Evite o uso de eletrodomésticos durante tempestades. Deixe ligados apenas os aparelhos necessários.
- Os lacres do medidor de energia jamais devem ser retirados.
- Se precisar de consertos elétricos, chame um electricista. É importante desligar os disjuntores e não se deve improvisar ferramentas. Não utilize eletrodomésticos com as mãos molhadas. Você pode acabar levando um choque.
- Ao desligar um aparelho da tomada, segure e puxe pelo corpo do plug, nunca pelo fio.
- Desligar o disjuntor antes de alterar a posição Inverno/Verão no chuveiro.
- Não sobrecarregar benjamins ou "T's". Evite usá-los, assim como extensões improvisadas.
- Não deixar o ferro elétrico ligado desnecessariamente. Colocá-lo em pé a cada pausa, ao passar roupas.
- Ao trocar uma lâmpada incandescente, segurar pelo vidro. Nunca tocar na parte interna ou na rosca da lâmpada.
- Jamais enfiar garfos, facas ou outros objetos dentro dos aparelhos, principalmente, se eles estiverem ligados.
- Use protetores nas tomadas. Principalmente se houver crianças em casa.

Fonte: <<http://www.ceres.coop.br/use-a-energia-eletrica-com-eficiencia-e-seguranca/>>.

## RESUMO DAS LEITURAS

---



---



---



---



---



---



---



---

---

---

---

## QUESTÕES

1 – Qual a principal importância em economizar energia elétrica?

---

---

---

2 – Qual a relação do horário de verão com a economia de energia elétrica?

---

---

3 – Você consegue associar o tipo de lâmpada indicado com sua potência e energia consumida?  
Detalhe!

---

---

---

4 – Por que uma geladeira em estado inadequado, com borrachas ruins, gera maior consumo de energia elétrica?

---

---

---

### **9º Momento de investigação (2 h/aula): mapa conceitual amplo/questões**

Agora pessoal vamos formar grupos para elaborar um mapa conceitual com todos os conceitos de eletrodinâmica, onde poderão utilizar o primeiro mapa conceitual que foi construído pela turma e, posteriormente, entregue a cada aluno. Vocês vão decidir tudo por conta própria.

Ainda em grupo, responderemos três problemas propostos, que foram sugeridos no ENEM (estão após a atividade para casa).

Terão um tempo para apresentar à turma seus mapas conceituais e assim teremos interação entre os grupos.

### **ATIVIDADE PARA CASA**

Para casa, precisarão criar um seminário em pequenos grupos, que será apresentado no último encontro (11º). Para essa apresentação, os grupos terão que fazer uso da criatividade para explicar o conteúdo de eletrodinâmica e sugerir algum experimento próprio.

Trazer para o próximo encontro dispositivos para avaliação interativa, através de jogos *QuizOnline – Kahoot*.

### **QUESTÕES**

1 – (ENEM 2016) Uma lâmpada LED (diodo emissor de luz), que funciona com 12V e corrente contínua de 0,45 A, produz a mesma quantidade de luz que uma lâmpada incandescente de 60 W de potência. Qual é o valor da redução da potência consumida ao se substituir a lâmpada incandescente pela de LED?

- a) 54,6 W
- b) 27,0 W
- c) 26,6 W
- d) 5,4 W
- e) 5,0 W

2 – (ENEM 2017) A capacidade de uma bateria com acumuladores, tal como a usada no sistema elétrico de um automóvel, é especificada em ampère-hora (Ah). Uma bateria de 12V e 100 Ah fornece 12 J para cada coulomb de carga que flui através dela.

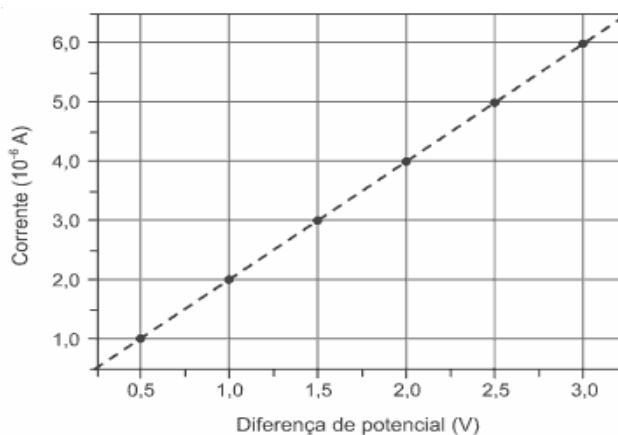
Se um gerador, de resistência interna desprezível, que fornece uma potência elétrica média igual a 600 W, fosse conectado aos terminais da bateria descrita, quanto tempo ele levaria para recarregá-la completamente?

- a) 0,5 h
- b) 2 h
- c) 12 h
- d) 50 h
- e) 100 h

3 – (ENEM 2017) Dispositivos eletrônicos que utilizam materiais de baixo custo, como polímeros semicondutores, têm sido desenvolvidos para monitorar a concentração de amônia (gás tóxico e incolor) em granjas avícolas. A polianilina é um polímero semicondutor que tem o valor de sua resistência elétrica nominal quadruplicado quando exposta a altas concentrações de amônia. Na ausência de amônia, a polianilina se comporta como um resistor ôhmico e a sua resposta elétrica é mostrada no gráfico.

O valor da resistência elétrica da polianilina na presença de altas concentrações de amônia, em ohm, é igual a

- a)  $0,5 \cdot 10^0$
- b)  $2,0 \cdot 10^0$
- c)  $2,5 \cdot 10^5$
- d)  $5,0 \cdot 10^5$
- e)  $2,0 \cdot 10^6$



### 10º Momento de investigação (2 h/aula): avaliação/questões

Nesse momento, iniciaremos com uma atividade interativa onde cada aluno se conectará a *internet* oferecida pela escola com seu dispositivo pessoal. Na figura 20 há uma representação do *QuizOnline* sobre eletrodinâmica. Em seguida são apresentados os *prints* correspondentes às questões disponibilizadas para a avaliação (Disponível em: <https://play.kahoot.it/#/gameblock?quizId=6994fa32-d5b6-487f-a27a-c104235667ba>).

Figura 20 - Representação do *QuizOnline* sobre eletrodinâmica II.

## Eletrodinâmica II

9 questions  
**Are you ready?**

Fonte: Disponível em: <<https://play.kahoot.it/#/gameblock?quizId=6994fa32-d5b6-487f-a27a-c104235667ba>>.

Consumo de energia elétrica é uma grandeza popularmente medida em:

15



Skip  
**0**  
Answers

▲ J	◆ KJh
● kWh	■ Jh

Sabendo que uma chapa de cabelo tem  $P = 1500\text{W}$ , qual a energia consumida em 30 minutos?



55



Skip

0  
Answers

▲ 300Wh

◆ 750KWh

● 7500Wh

■ 0,75KWh

Um chuveiro de  $P=4400\text{W}$  é alimentado com uma ddp de  $220\text{V}$ . Portanto a corrente que o percorre é:



19



Skip

0  
Answers

▲ 200A

◆ 100A

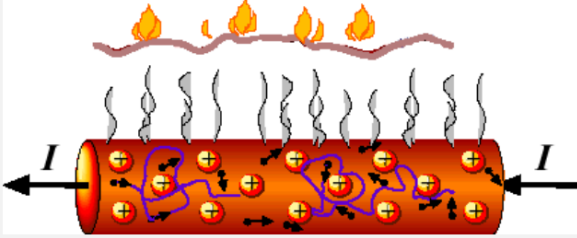
● 10A

■ 20A

Resistores transformam energia elétrica em energia térmica por:



12



Skip

0 Answers

Efeito Coulomb

Efeito Newton

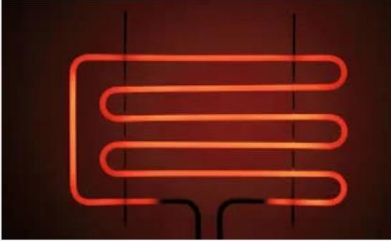
Efeito Joule

Efeito Watt

$5 \cdot 10^{20}$  elétrons percorrem um condutor em 2s submetidos a uma ddp de 20V. Qual a Pot dissipada?



56



Skip

0 Answers

80W

800W

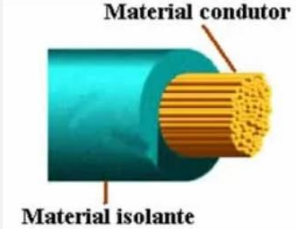
20W

100W

Podemos afirmar que a resistência de um condutor cilíndrico é:



55



Skip

0 Answers

inversamente proporcional ao seu comprimento

diretamente proporcional a sua área

inversamente proporcional a sua resistividade


inversamente proporcional ao quadrado de seu raio



Um garoto leva 20min/dia tomando banho num chuveiro de 5,5KW. Qual o consumo mensal de energia?



87




Skip  
0  
Answers

▲ 55KWh	◆ 5,5KWh
● 110KWh	■ 3,3KWh

Qual a energia consumida por uma TV de P=300W fora da tomada por 4 horas?



17



Skip  
0  
Answers

▲ 12000Wh	◆ 1200Wh
● 0Wh	■ 300Wh

Agora os grupos dos seminários, propostos no nono momento de investigação, irão se reunir para relacionar os tópicos que serão necessários abordar no trabalho como forma de apresentar a proposta completa do estudo de eletrodinâmica.

### 11º Momento de investigação (2 h/aula): seminários

Enfim chegamos ao momento destinado às apresentações dos seminários sugeridos anteriormente. Posteriormente as apresentações, faremos uma dinâmica para conclusão do conteúdo.

## 12º Momento de investigação (2 h/aula): avaliações

Individualmente, faremos uma atividade para fins de avaliação do conteúdo abordado no decorrer do trimestre e, em seguida, uma avaliação informal do método ‘Sala de Aula Invertida’, utilizado no processo de construção do conhecimento.

## AVALIAÇÃO

1 - (UFSM-RS)



Chama-se “gato” uma ligação elétrica clandestina entre a rede e uma residência.

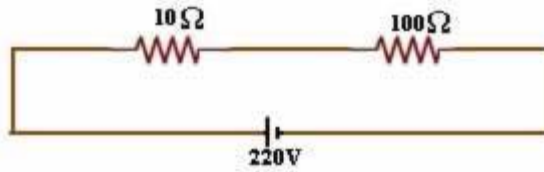
Usualmente, o “gato” infringe normas de segurança, porque é feito por pessoas não especializadas. O choque elétrico, que pode ocorrer devido a um “gato” malfeito, é causado por uma corrente elétrica que passa através do corpo humano.

Considere a resistência do corpo humano como  $10^5\Omega$  para pele seca e  $10^3\Omega$  para pele molhada.

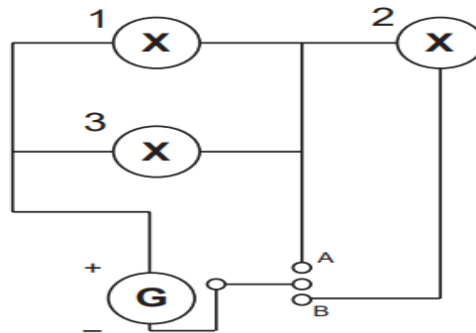
Se uma pessoa com a pele molhada toca os dois pólos de uma tomada de 220 V, a corrente que a atravessa, em A, é

- A)  $2,2 \times 10^5$
- B)  $2,2 \times 10^3$
- C) 4,5
- D)  $2,2 \times 10^{-1}$
- E)  $2,2 \cdot 10^{-3}$

2 - A diferença de potencial entre os extremos de uma associação em série de dois resistores de resistências  $10\Omega$  e  $100\Omega$  é  $220V$ . Qual é a diferença de potencial entre os extremos do resistor de  $10\Omega$ ?



3 - (ENEM – 2015) Um sistema de iluminação foi construído com um circuito de três lâmpadas iguais conectadas a um gerador (G) de tensão constante. Esse gerador possui uma chave que pode ser ligada nas posições A ou B.



Considerando o funcionamento do circuito dado, a lâmpada 1 brilhará mais quando a chave estiver na posição

- B, pois a corrente será maior nesse caso.
- B, pois a potência total será maior nesse caso.
- A, pois a resistência equivalente será menor nesse caso.
- B, pois o gerador fornecerá uma maior tensão nesse caso.
- A, pois a potência dissipada pelo gerador será menor nesse caso.

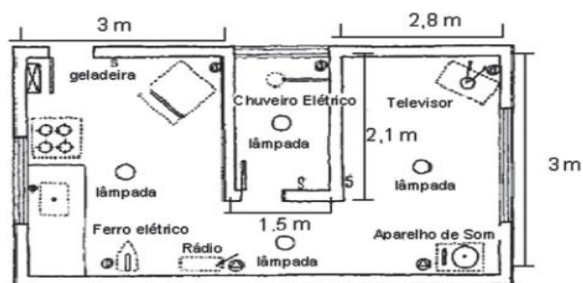
4 - (ENEM) A instalação elétrica de uma casa envolve várias etapas, desde a alocação dos dispositivos, instrumentos e aparelhos elétricos, até a escolha dos materiais que a compõem, passando pelo dimensionamento da potência requerida, da fiação necessária, dos eletrodutos\*, entre outras. Para cada aparelho elétrico existe um valor de potência associado. Valores típicos de potências para alguns aparelhos elétricos são apresentados no quadro seguinte:

Aparelhos	Potência (W)
Aparelho de som	120
Chuveiro elétrico	3.000
Ferro elétrico	500
Televisor	200
Geladeira	200
Rádio	50

\*Eletrodutos são condutos por onde passa a fiação de uma instalação elétrica, com a finalidade de protegê-la.

A escolha das lâmpadas é essencial para obtenção de uma boa iluminação. A potência da lâmpada deverá estar de acordo com o tamanho do cômodo a ser iluminado. O quadro a seguir mostra a relação entre as áreas dos cômodos (em  $m^2$ ) e as potências das lâmpadas (em W), e foi utilizado como referência para o primeiro pavimento de uma residência.

Área do Cômodo ( $m^2$ )	Potência da Lâmpada (W)		
	Sala/copa /cozinha	Quarto, varanda e corredor	Banheiro
Até 6,0	60	60	60
6,0 a 7,5	100	100	60
7,5 a 10,5	100	100	100



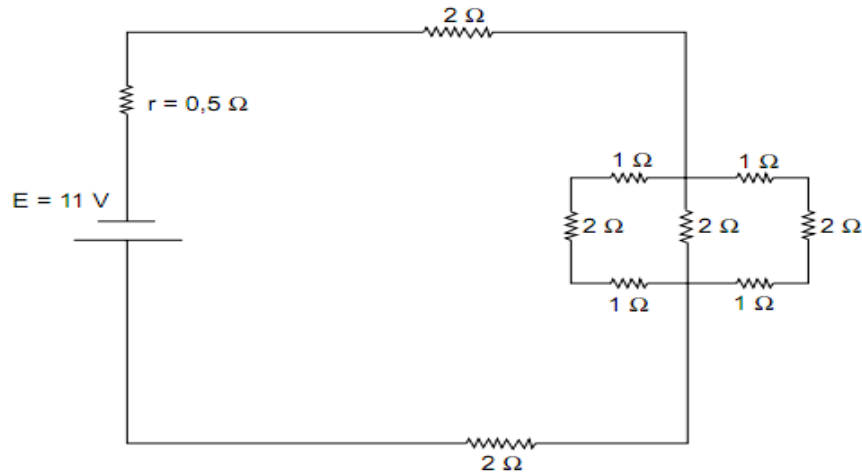
Obs.: Para efeitos dos cálculos das áreas, as paredes são desconsideradas.

Considerando a planta baixa fornecida, com todos os aparelhos em funcionamento, a potência total, em watts, será de

- A) 4070.
- B) 4270.
- C) 4390.
- D) 4320.
- E) 4470.

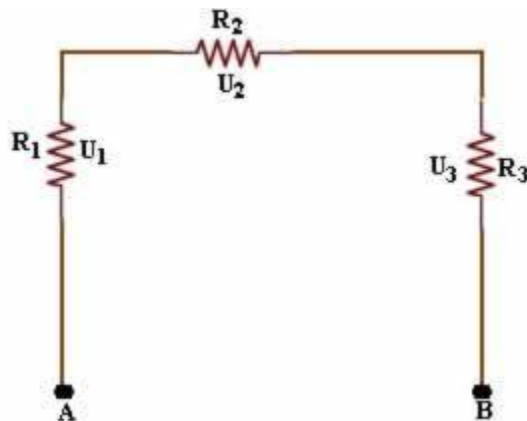
5 - Calcule a intensidade da corrente equivalente, em ampères, do circuito abaixo:

- A) 2
- B) 3
- C) 5
- D) 1,75
- E) 0,28



6 - Um fio de cobre, cuja área da secção transversal é igual a  $20 \text{ mm}^2$ , quando submetido a uma tensão de 32 V, é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade 8 A. Se o comprimento do fio é igual a 800 m, qual o valor da resistividade, em  $\Omega\text{m}$ ?

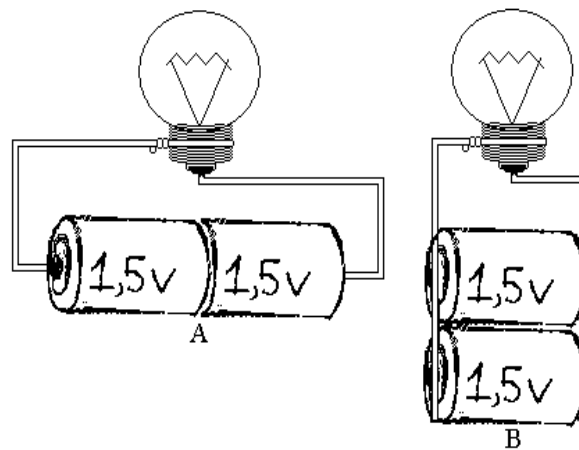
7 - Os pontos A e B da figura são os terminais de uma associação em série de três resistores de resistência  $R_1 = 1\Omega$ ,  $R_2 = 3\Omega$  e  $R_3 = 5\Omega$ . Estabelece-se entre A e B uma diferença de potencial  $U = 18\text{V}$ . Determine a resistência equivalente entre os pontos A e B; calcule a intensidade da corrente e a ddp em cada resistor.



8- (PUC Campinas 2016) Há alguns anos a iluminação residencial era predominantemente feita por meio de lâmpadas incandescentes. Atualmente, dando-se atenção à política de preservação de bens naturais, estas lâmpadas estão sendo trocadas por outros tipos de lâmpadas muito mais econômicas, como as fluorescentes compactas e de LED. Numa residência usavam-se 10 lâmpadas incandescentes de 100 W que ficavam ligadas em média 5 horas por dia. Estas lâmpadas foram substituídas por 10 lâmpadas fluorescentes compactas que consomem 20 W cada uma e também ficam ligadas em média 5 horas por dia. Adotando

o valor R\$ 0,40 para o preço do quilowatt-hora, qual a economia que esta troca proporciona em um mês de trinta dias?

9 - Um experimento realizado numa aula de Física utiliza, como material, quatro pilhas de 1,5 V, duas lâmpadas incandescentes de 40 W e 3,0 V e fio de cobre. As duas montagens propostas estão representadas a seguir.

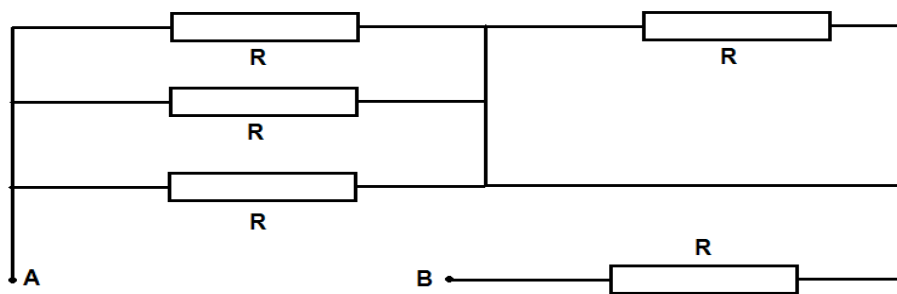


Disponível em: <<http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/ele08.htm>>.

Ao analisar as duas montagens em funcionamento, percebemos que na montagem A

- A) a corrente elétrica disponível para a lâmpada é menor do que na montagem B.
- B) a lâmpada ficará acesa por um tempo maior porque a voltagem fornecida é a ideal.
- C) a voltagem fornecida é de 3,0 V e o brilho da lâmpada é maior que na montagem B.
- D) o brilho da lâmpada é o mesmo do que em B, pois as pilhas são idênticas.
- E) o tempo de duração da pilhas é maior do que em B devido a voltagem fornecida

10 - No circuito a seguir o valor da resistência equivalente entre os pontos A e B é:



- a)  $3R/4$
- b)  $4R/3$
- c)  $5R/2$
- d)  $2R/5$
- e)  $R$

## APÊNDICE I

### MAPA CONCEITUAL

O mapa conceitual é uma ferramenta que representa uma alternativa na superação dos métodos tradicionais de ensino e avaliação e que está em sintonia com a teoria de Ausubel usada para relacionar ideias, estruturar e organizar conhecimentos de forma hierárquica e integrar informações novas e antigas de um determinado assunto possibilitando uma melhor compreensão, já que através do mapa a reconciliação integrativa e a diferenciação progressiva podem ser feitas. Pode ser utilizado como recurso de aprendizagem e também como uma ferramenta avaliativa.

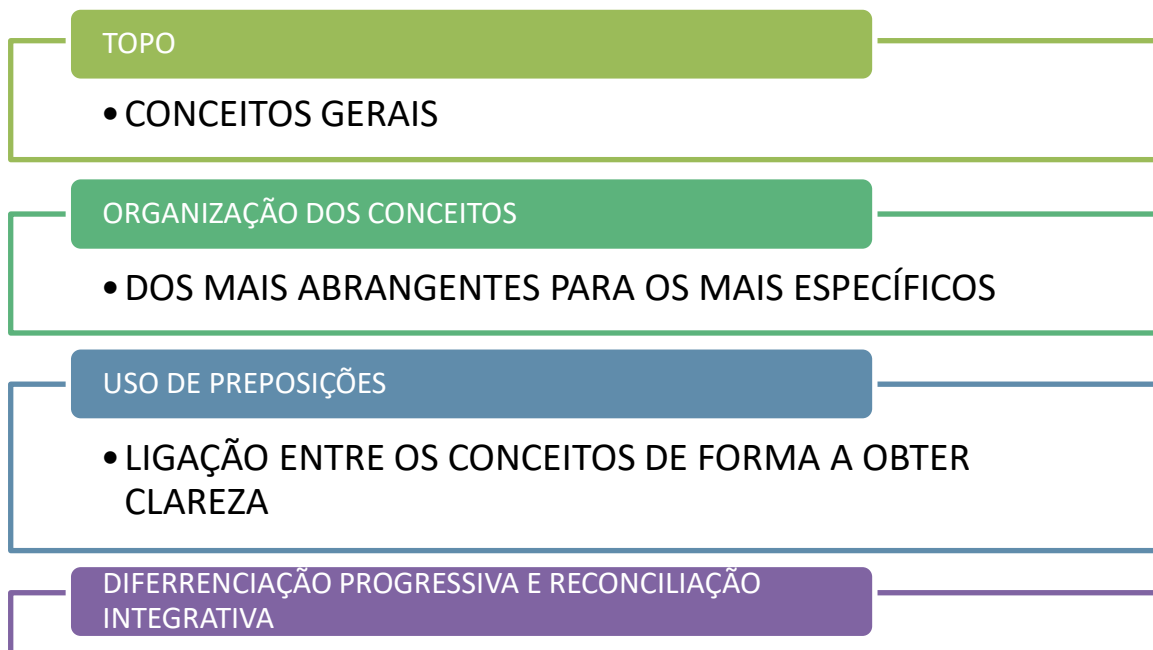
Segundo Moreira (1980), os mapas de conceitos são bons instrumentos para representar a estrutura cognitiva do aluno, averiguando além dos subsunçores já existentes, as mudanças que ocorrem na estrutura cognitiva durante a instrução.

Caro professor, faz-se necessário a caracterização de um mapa conceitual bem como a diferenciação de um mapa mental, sendo interessante praticar com os alunos a construção de mapas conceituais, afim de que fiquem claras as considerações necessárias e para que eles compreendam o processo de construção de um mapa conceitual é importante que os primeiros mapas que estes venham a construir sejam sobre temas que conheçam bem.

Por ser uma ferramenta muito flexível, o mapa conceitual pode ser indicado em várias etapas do processo de ensino e aprendizagem com diferentes finalidades, tais como: identificar os conhecimentos prévios sobre um tema, técnica didática, recurso de aprendizagem e instrumento de avaliação (MOREIRA, 2012 apud MOREIRA; BUCHWEITZ, 1993).

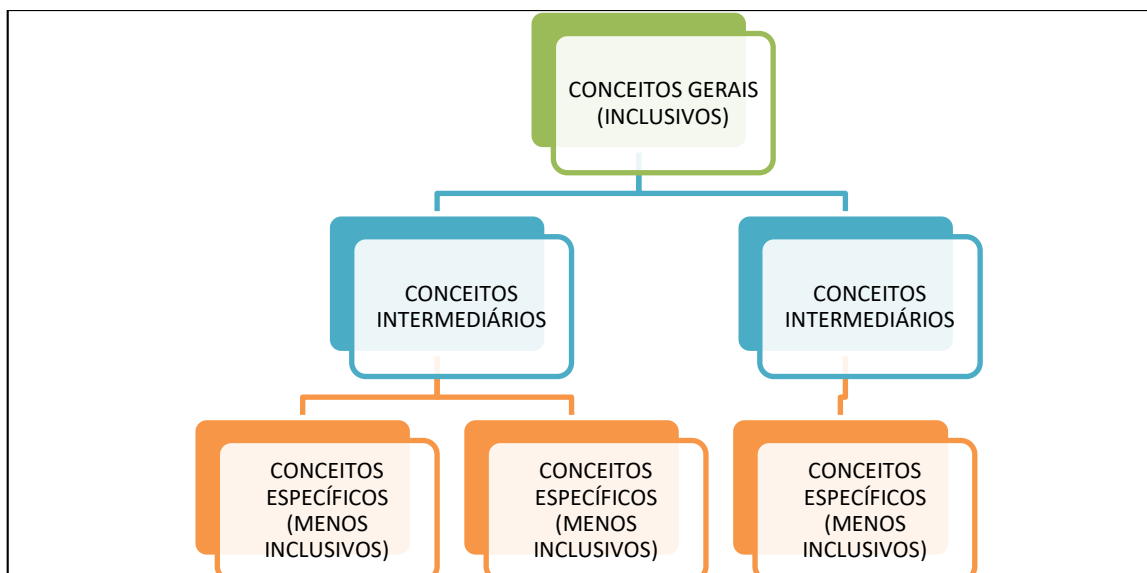
Dicas importantes de como construir um mapa conceitual adequado:





O mapa deve ser construído partindo dos conceitos mais gerais e inclusivos, na parte superior e descendo, no eixo vertical, incluindo outros conceitos em ordem descendentes de generalidade e inclusividade (intermediários), até alcançar os conceitos mais específicos, incluindo exemplos que podem ser citados, na parte inferior, conforme modelo hierárquico proposto na figura 1. As figuras 22 e 23 apresentam exemplos de mapas conceituais.

**Figura 21** - Modelo hierárquico de mapa conceitual.



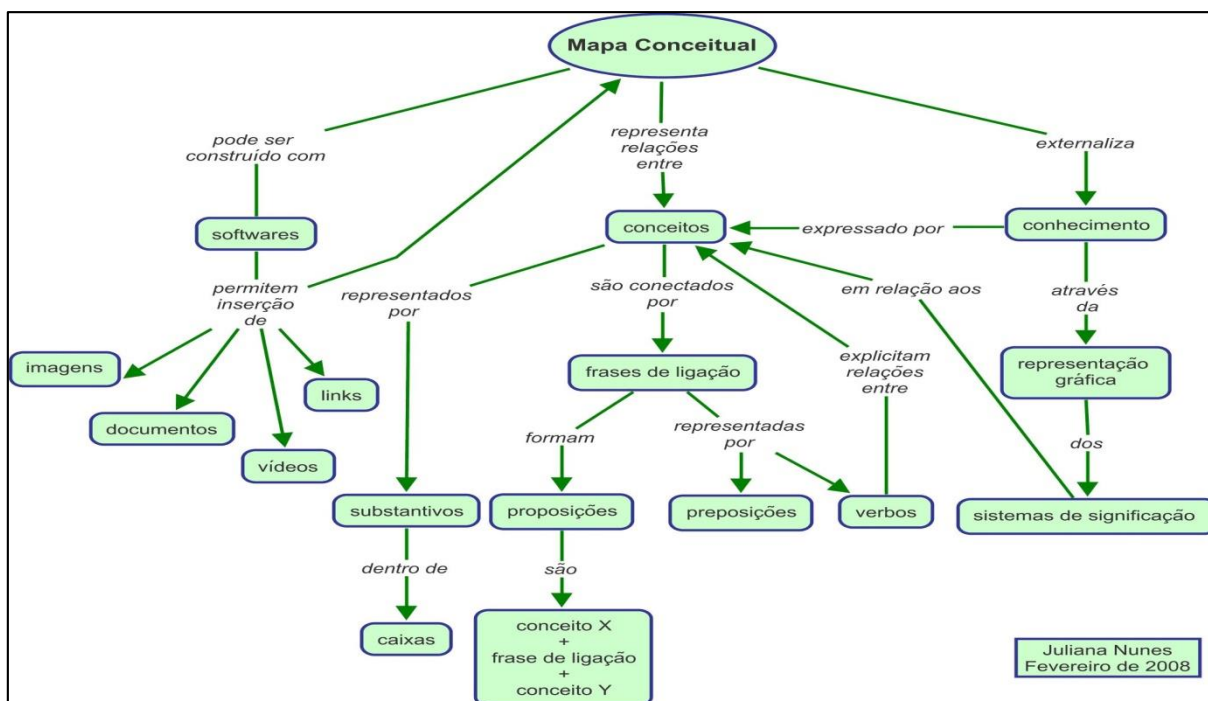
Fonte: Moreira e Massini (2001) (adaptação própria).

**Figura 22:** Modelo de mapa conceitual I.



Fonte: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/58719416/mapa-conceitual-tecnologia-na-educacao>>.

**Figura 23 -** Modelo de mapa conceitual II.



Fonte: <<https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=2651382>>.

## BIBLIOGRAFIA

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa em mapas conceituais*. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2012.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa. *Ciência e Cultura*, 32(4): 474-479, 1980.

MOREIRA, M. A.; BUCHWEITZ, B. *Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1993.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro, 2001.

## APÊNDICE II

### SALA DE AULA INVERTIDA - SAI

A Sala de Aula Invertida (SAI) ou *Flipped Classroom* (FC) é um método ativo de ensino no qual o aluno torna-se protagonista no processo de ensino e aprendizagem e a relação professor – aluno torna-se mais interativa, já que o professor deixa de ser mero transmissor de conhecimento e passa a atuar como mediador desse processo.

É fato que as aulas puramente expositivas, com alunos passivos e comumente inibidos a qualquer ação interativa, como no ensino tradicional, diverge do perfil dos alunos atuais, que em sua maioria estão constantemente conectados ao ‘mundo virtual’, com acesso fácil à informação e habituados a ambientes interativos, sejam eles virtuais ou presenciais.

Dentro do ensino híbrido (mesclado, misturado), a “sala de aula invertida” emerge como técnica usada por professores tradicionais para melhorar o engajamento dos estudantes (CHRISTENSEN; HORN; STAKER, 2013, p. 33).

O objetivo da SAI prevê uma inversão no processo, onde o acesso ao conteúdo pelos alunos ocorre antes da aula e o uso dos primeiros minutos em sala para esclarecimentos de dúvidas, de modo a sanar equívocos antes dos conceitos serem aplicados nas atividades em classe (BERGMANN; SAMS, 2012; 2016).

Na era digital os alunos encontram-se cada vez mais conectados, assim, utilizando os recursos digitais e o acesso a *internet*, que já fazem parte de seu cotidiano e os envolve o tempo todo, o professor propõe vídeo aula, leitura *online* de artigos, textos ou *games* e o aluno tem tempo de estudar e absorver o assunto em momentos mais oportunos, contribuindo para que o conhecimento prévio construído até o momento possa ser modificado em busca de maior aperfeiçoamento em prol de uma aprendizagem significativa. Dúvidas ainda podem pairar, mas a sala de aula será o melhor ambiente para essa interação, permitindo que a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa ocorram<sup>6</sup>. Dessa forma, o aluno deixa de ser o agente passivo e se torna agente ativo na construção e reconstrução do conhecimento enquanto que o professor passa a ser o mediador (BERGMANN; SANS, 2016; MORAN, 2015, p. 6).

#### BIBLIOGRAFIA

---

<sup>6</sup> O apêndice IV contém algumas informações sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e de expressões como ‘diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.

BERGMANN, J.; SAMS, A. Sala de Aula invertida (Flippedclassroom): Inovando as aulas de física. *Revista Física na Escola*, Porto Alegre: v. 14, n. 2, 2016.

BERGMANN, J.; SAMS, *Sala de aula Invertida - Uma Metodologia Ativa de Aprendizagem*, Rio de Janeiro: LTC, 2012.

CHISTENSEN, C. M.; HORN, M. B.; STAKER, H. *Ensino híbrido: uma inovação disruptiva? Uma introdução à teoria dos híbridos*. São Paulo: Clayton Christensen Institute, 2013.

## APÊNDICE III

### SIMULADOR PHET

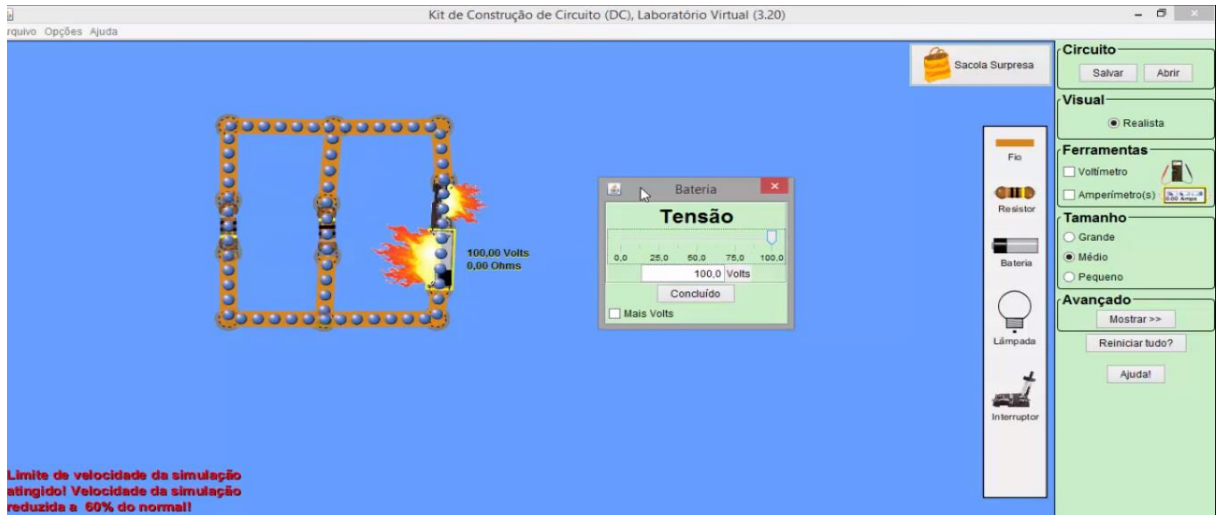
O uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC's) pode ser considerado ferramentas poderosas de auxílio no processo de ensino e aprendizagem dos alunos de hoje, conectados na era digital. O simulador *PHET* é um recurso didático que envolve os alunos em um ambiente intuitivo, estilo jogo, onde eles aprendem por meio da exploração e descoberta. Essas simulações interativas despertam o interesse dos alunos e instigam os mesmos, durante a exploração às descobertas. Com a ajuda imprescindível do computador, *tablet* ou até mesmo celulares, podem auxiliar professores e alunos nos conteúdos científicos, se tornando ferramentas poderosas no alcance de objetivos educacionais.

Fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto Tecnologia no Ensino de Física (PhET), da Universidade do Colorado, cria simulações interativas gratuitas de Matemática e Ciências.

Neste sentido, a utilização dos simuladores virtuais no ensino de Física, em especial, eletrodinâmica, auxilia reduzindo o nível de abstração do conteúdo. O uso dos simuladores como ferramenta tecnológica proporciona aos alunos um maior contato efetivo com a ciência. Dessa forma a utilização dos simuladores *PHET* deve ser explorada e aprendida de uma maneira significativa.

Professor, o link disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=e1ahnTBqIVA>> explica um pouco sobre o simulador *PHET* conforme figura 24.

**Figura 24** - Como montar circuito paralelo.



Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=e1ahnTBqIVA>>.

Todas as simulações computacionais descritas na sequência didática deste produto estão licenciadas de acordo com a *Creative Commons* (CC); de forma que todos os direitos são reservados e, de acordo com o site do *PHET*, podemos compartilhar, usar e até mesmo redistribuir livremente as simulações computacionais, sob as condições impostas de acordo com a Figura 25 a seguir.

**Figura 25** - Licenciamento das simulações computacionais do projeto *PHET*.

University of Colorado Boulder

SIMULAÇÕES ENSINO PESQUISA ACESSIBILIDADE DOAR

**Licenciamento**

**Simulações PhET**

Todas as simulações disponíveis em <http://phet.colorado.edu> são recursos educacionais abertos disponíveis sob licença Creative Commons Attribution (CC-BY).

É concedida permissão para usar, compartilhar ou redistribuir livremente as sims PhET sob a licença CC-BY. A seguinte atribuição é exigida:

PhET Interactive Simulations  
University of Colorado Boulder  
<https://phet.colorado.edu>

Se o seu uso inclui a redistribuição das simulações, por favor nos avise [com este formulário](#).

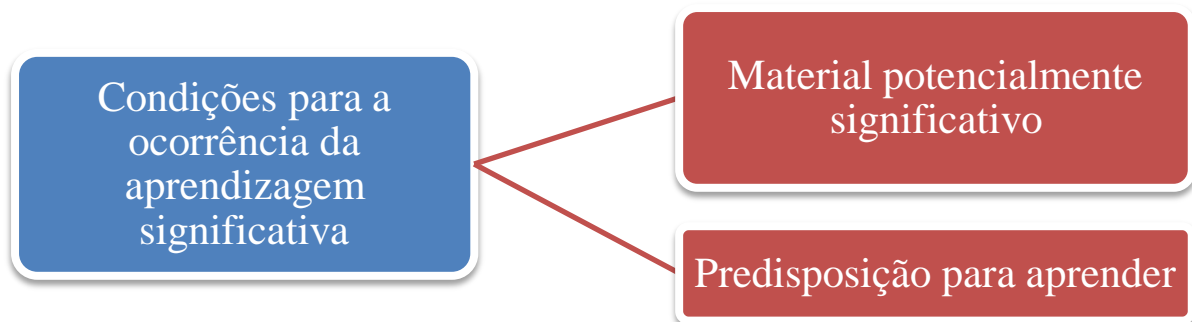
Fonte: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/licensing](https://phet.colorado.edu/pt_BR/licensing)>.

## APÊNDICE IV

**TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA (TAS)**

Segundo Ausubel, para que ocorra aprendizagem significativa é necessário que novos conceitos se relacionem de forma não arbitrária e substantiva (não literal), com os conceitos prévios (subsunçores) que se encontram na cognição do aprendiz. A estrutura cognitiva do aluno possui a capacidade de compreender e correlacionar a informação recebida com o que o aprendiz já detém, que vem a ser o ancoradouro para o novo conhecimento e assim, armazenar em forma de conhecimento. A medida em que essa aprendizagem se torna significativa, esses subsunçores se tornam mais claros, objetivos, esclarecedores e capazes de servirem de ancoradouro para novas informações. De modo geral, a aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação ancora-se em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende. Segundo ele, “O mais importante fator isolado que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe. Determine isto e ensine-o de acordo” (AUSUBEL, 1968, p. 6).

Para Ausubel (AUSUBEL, 1963, p. 217), a aprendizagem está relacionada à organização e integração do material em uma estrutura cognitiva, sendo essa a maneira mais adequada para se aprender.



A proposta de elaboração de um material potencialmente significativo deve considerar dois princípios fundamentais propostos pela teoria de Ausubel (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 30):

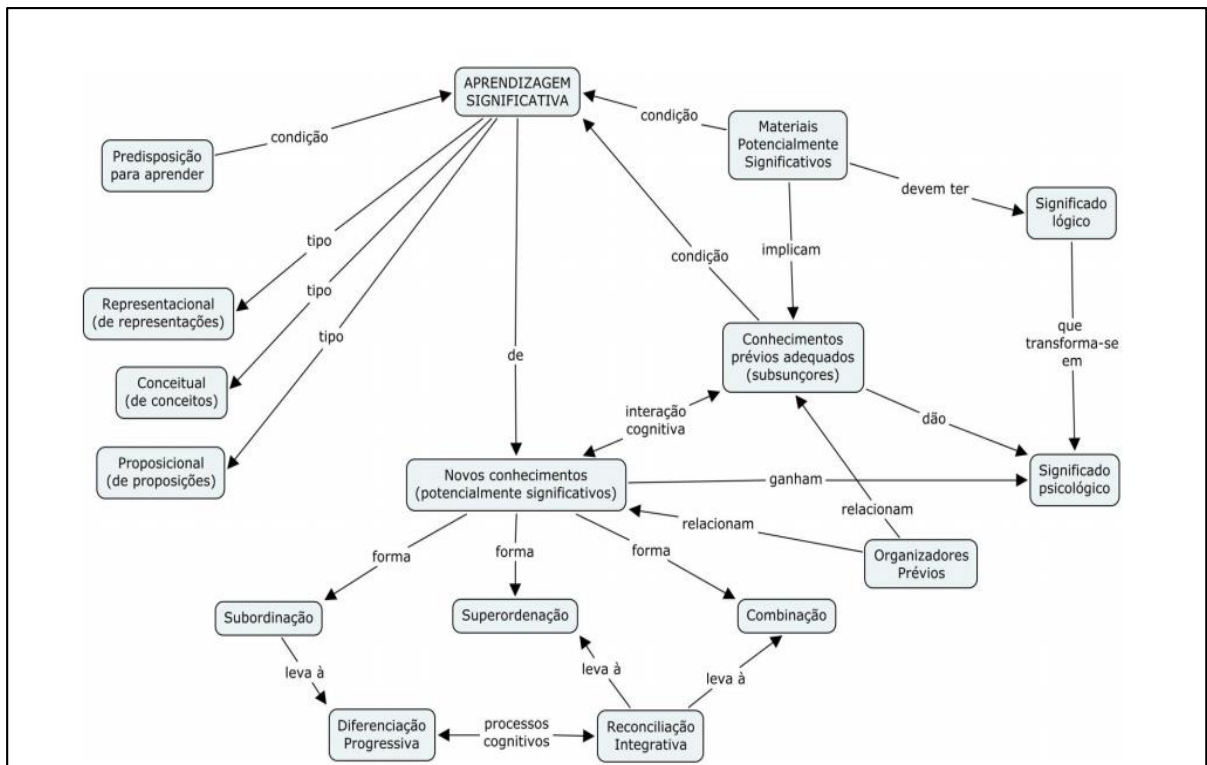


- **Diferenciação progressiva;**
- **Reconciliação integrativa**

Diferenciação progressiva é o princípio pelo qual o assunto deve ser programado de forma que as ideias mais gerais e inclusivas da disciplina sejam apresentadas antes e, progressivamente diferenciadas, introduzindo os detalhes específicos necessários. [...] Reconciliação integradora é o princípio pelo qual a programação do material instrucional deve ser feita para espurar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças significativas, reconciliando discrepâncias reais ou aparentes (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 30).

Portanto, a aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação ancora-se em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende. Enquanto ela ocorre, conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados em decorrência de sucessivas interações. É necessário que o aluno encontre sentido no que está aprendendo, para que significativamente possa aprender. A figura 26 ilustra modelo de um mapa conceitual da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

**Figura 26 -** Mapa conceitual para aprendizagem significativa de Ausubel.



Fonte: Moreira (2013).

**BIBLIOGRAFIA**

AUSUBEL, D. P. *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

AUSUBEL, D. P. *The psychology of meaningful verbal learning*. New York, Grune and Stratton, 1963.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa em mapas conceituais*. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2013.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro, 2001.