

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA EM REDE  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

CAMILO LELLIS SARAIVA SILVA

**GRANDEZAS FÍSICAS DA ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO:** uma  
sequência didática fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de  
Ausubel

São Luís - MA  
2023

CAMILO LELLIS SARAIVA SILVA

**GRANDEZAS FÍSICAS DA ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO:** uma  
sequência didática fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de  
Ausubel

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física em Rede Nacional (PROFIS) polo UFMA, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Profa. Raisa Marya C. S. Diniz

São Luís - MA

2023

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Silva, Camilo Lellis Saraiva.

GRANDEZAS FÍSICAS DA ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO :  
uma sequência didática fundamentada na Teoria da  
Aprendizagem Significativa de Ausubel / Camilo Lellis  
Saraiva Silva. - 2023.

165 f.

Orientador(a) : Raísa Marya Corrêa Souza Diniz.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em  
Rede - Ensino de Física em Rede Nacional/ccet,  
Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2023.

1. Aprendizagem Significativa. 2. Eletrodinâmica. 3.  
Ensino Médio. 4. Grandezas Físicas. 5. Sequência  
Didática. I. Diniz, Raísa Marya Corrêa Souza. II. Título.

**GRANDEZAS FÍSICAS DA ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO: uma**  
sequência didática fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de  
Ausubel

CAMILO LELLIS SARAIVA SILVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física em Rede Nacional (PROFIS) polo UFMA, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Processos de ensino e aprendizagem e tecnologias de informação e comunicação no ensino de Física.

Aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dr.<sup>a</sup> Raisia Marya Corrêa Souza Diniz  
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA  
(Presidente)

---

Prof. Dr. Eduardo Moraes Diniz  
Universidade Federal do Maranhão - UFMA

---

Prof. Dr. Samir Silva Coutinho  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - IFMA

*Aos meus pais e à minha irmã, com  
muito amor, ternura e carinho.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida concedida e pelas bênçãos recebidas durante a minha trajetória acadêmica e profissional.

A todos meus familiares pela confiança e motivação nos estudos acadêmicos.

À Profa. Dr.<sup>a</sup> Raisia Marya Corrêa Souza Diniz pelos valiosos ensinamentos na disciplina de Eletromagnetismo, pela compreensão e ajuda nos momentos de dificuldade e pelo acompanhamento e orientação que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física em Rede da UFMA (PROFIS) pelos diversos e importantes ensinamentos nas disciplinas durante as aulas do Mestrado.

Aos gestores, aos vice-gestores, às supervisoras e aos demais professores do Centro de Ensino Governador Archer e do Centro de Ensino Liceu Maranhense pelo apoio e incentivo em todos os momentos.

Aos amigos do Mestrado, em especial àqueles da turma de 2020, pelo companheirismo, pela ajuda e pelas importantes contribuições nas aulas e nas realizações das atividades do curso.

À Coordenação e Secretaria do PROFIS pelo apoio e esclarecimentos em todos os momentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), código de financiamento 001, pelo fomento dado a este Programa de Pós-Graduação.

*“Se eu tivesse de reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos.”*

*David Ausubel*

## RESUMO

As grandezas físicas fundamentais da Eletrodinâmica, tais como a corrente elétrica, a resistência elétrica, a tensão elétrica, a potência elétrica e a energia elétrica, trazem ideias relativamente simples e que muitas vezes despertam um interesse maior por parte dos alunos e professores. A realidade vivenciada em anos anteriores com a disciplina Física no 3º ano do ensino médio, no Centro de Ensino Governador Archer, nos mostrou que apenas uma abordagem tradicional desses assuntos não foi suficiente para uma melhor compreensão dos conceitos e fenômenos físicos, o que ficou constatado mediante ao baixo desempenho (notas abaixo de 6,0) em várias atividades avaliativas às quais os alunos foram submetidos, tais como simulados e provas (com questões objetivas e discursivas). Com base nisso, este trabalho apresenta, como produto educacional, a elaboração e aplicação de uma UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativa), que é uma sequência didática de ensino fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, cuja finalidade é investigar os conhecimentos prévios dos alunos sobre as grandezas físicas fundamentais da Eletrodinâmica. O trabalho, portanto, apresenta oito passos importantes da sequência didática que permitirão ao professor utilizar na sua prática pedagógica algumas ferramentas educacionais, tais como: questionário de conhecimentos prévios, mapa mental, mapa conceitual, simulador virtual e kit experimental. Os resultados obtidos com a implementação desta sequência didática possibilitaram mostrar evidências de uma aprendizagem significativa por parte dos alunos a respeito das grandezas físicas fundamentais da Eletrodinâmica, uma vez que os conhecimentos adquiridos por eles nas etapas iniciais serviram como ponto de ancoragem às novas ideias e conceitos relevantes que foram apresentados nas etapas finais da UEPS.

**Palavras-Chave:** Grandezas Físicas. Eletrodinâmica. Ensino Médio. Sequência Didática. Aprendizagem Significativa.

## ABSTRACT

The fundamental physical quantities of Electrodynamics, such as electric current, electric resistance, electric voltage, electric power and electric energy, bring relatively simple ideas that often arouse greater interest on the part of students and teachers. The reality experienced by High School senior students in previous years with the Physics subject, at Centro de Ensino Governador Archer, showed us that only a traditional approach to these subjects was not enough for a better understanding of physical concepts and phenomena, which was confirmed by low performance (grades below 6.0) in various assessment activities to which students were submitted, such as school simulations and tests (with objective and discursive questions). Based on this, this master's work presents, as an educational product, the elaboration and application of a PMTU (Potentially Meaningful Teaching Units), which is a didactic teaching sequence based on Ausubel's Theory of Meaningful Learning, whose purpose is to investigate the students' prior knowledge of the fundamental physical quantities of Electrodynamics. Therefore, the work presents eight important steps of the didactic sequence that will allow the teacher to use in their pedagogical practice some educational tools, such as previous knowledge questionnaire, mental map, conceptual map, virtual simulator and experimental kit. The results obtained with the implementation of this didactic sequence made it possible to show evidences of a meaningful learning by the students about the fundamental physical quantities of Electrodynamics, since the knowledge acquired by them in the initial stages served as an anchor point for the new ideas and relevant concepts that were presented in the final stages of the UEPS.

**Keywords:** Physical Quantities. Electrodynamics. High School. Didactic Sequence. Meaningful Learning.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                      | <b>p.</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Figura 1 Elétrons livres formando uma corrente elétrica em um condutor.....          | 23        |
| Figura 2 Sentido convencional da corrente elétrica numa espira condutora.....        | 24        |
| Figura 3 Representação gráfica da corrente contínua .....                            | 25        |
| Figura 4 Representação gráfica da corrente alternada.....                            | 25        |
| Figura 5 Partícula deslocando-se de A para B sob à ação de uma força $\vec{F}$ ..... | 28        |
| Figura 6 Foto de alguns resistores comerciais.....                                   | 31        |
| Figura 7 Vista interna de um resistor comercial constituído de carvão em pasta.....  | 31        |
| Figura 8 Código de cores usado na identificação do valor de um resistor.....         | 32        |
| Figura 9 Esquema de um circuito da lei de Ohm.....                                   | 33        |
| Figura 10 Circuito fechado contendo uma bateria e um dispositivo elétrico.....       | 34        |
| Figura 11 Circuito elétrico simples.....                                             | 38        |
| Figura 12 Associação de resistores em série.....                                     | 39        |
| Figura 13 Associação de resistores em paralelo .....                                 | 39        |
| Figura 14 Resistores em série ligados a uma bateria .....                            | 40        |
| Figura 15 Resistor equivalente substituindo resistores em série .....                | 40        |
| Figura 16 Resistores em paralelo ligados a uma bateria .....                         | 42        |
| Figura 17 Resistor equivalente substituindo resistores em paralelo .....             | 43        |
| Figura 18 Amperímetro ligado em série com um resistor .....                          | 45        |
| Figura 19 Voltímetro ligado em paralelo com um resistor .....                        | 46        |
| Figura 20 Multímetro digital .....                                                   | 47        |
| Figura 21 Mapa mental sobre as grandezas físicas da Eletrodinâmica .....             | 60        |
| Figura 22 Tela com objetos que serão usados na montagem do circuito DC .....         | 63        |
| Figura 23 Montagem do circuito DC com a lâmpada acesa .....                          | 64        |
| Figura 24 Informações técnicas de uma lâmpada incandescente .....                    | 65        |
| Figura 25 Informações técnicas de uma lâmpada fluorescente .....                     | 66        |
| Figura 26 Informações técnicas de uma lâmpada LED .....                              | 66        |
| Figura 27 Simulação de lâmpadas em série (fonte de tensão contínua) .....            | 69        |
| Figura 28 Simulação de lâmpadas em paralelo (fonte de tensão contínua) .....         | 70        |

|           |                                                                                        |    |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 29 | Primeiro estágio da lâmpada caseira (pouco brilho) .....                               | 71 |
| Figura 30 | Segundo estágio da lâmpada caseira (brilho médio) .....                                | 71 |
| Figura 31 | Terceiro estágio da lâmpada caseira (brilho intenso) .....                             | 71 |
| Figura 32 | Montagem da lâmpada caseira .....                                                      | 72 |
| Figura 33 | Associação de lâmpadas em série com uma fonte de tensão contínua .                     | 72 |
| Figura 34 | Associação de lâmpadas em paralelo com uma fonte de tensão<br>contínua .....           | 73 |
| Figura 35 | Fonte caseira de tensão elétrica contínua .....                                        | 73 |
| Figura 36 | Circuito elétrico da fonte caseira com ajuste de zero a 12 volts .....                 | 74 |
| Figura 37 | Associação de lâmpadas em série com uma fonte de tensão alternada                      | 74 |
| Figura 38 | Associação de lâmpadas em paralelo com uma fonte alternada .....                       | 75 |
| Figura 39 | 1ª atividade da UEPS: anotações no caderno sobre as grandezas<br>físicas .....         | 77 |
| Figura 40 | 2ª atividade da UEPS: mapa mental sobre tensão elétrica .....                          | 78 |
| Figura 41 | 2ª atividade da UEPS: mapa mental sobre energia elétrica .....                         | 78 |
| Figura 42 | 3ª atividade da UEPS: aplicação do questionário de conhecimentos<br>prévios .....      | 79 |
| Figura 43 | 4ª atividade da UEPS: nomes dos objetos e desenho de um circuito<br>simples .....      | 85 |
| Figura 44 | Grupo de alunos interagindo com a simulação virtual de um circuito<br>simples .....    | 86 |
| Figura 45 | Montagem de um circuito elétrico com mais objetos acrescentados .....                  | 86 |
| Figura 46 | Resumo das expressões matemáticas da corrente e da tensão .....                        | 87 |
| Figura 47 | Resumo das expressões matemáticas da resistência e da potência .....                   | 88 |
| Figura 48 | Resumo da expressão matemática da energia elétrica .....                               | 88 |
| Figura 49 | 5ª atividade da UEPS: quadro de grandezas e unidades das<br>embalagens (parte 1) ..... | 89 |
| Figura 50 | 5ª atividade da UEPS: quadro de grandezas e unidades das<br>embalagens (parte 2) ..... | 89 |
| Figura 51 | 5ª atividade da UEPS: quadro de grandezas e unidades das<br>embalagens (parte 1) ..... | 90 |
| Figura 52 | 5ª atividade da UEPS: quadro de grandezas e unidades das<br>embalagens (parte 2) ..... | 90 |

|           |                                                                                               |     |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 53 | 5ª atividade da UEPS: quadro de grandezas e unidades das embalagens (parte 3) .....           | 91  |
| Figura 54 | Mapa conceitual sobre as preferências pessoais de uma aluna .....                             | 92  |
| Figura 55 | 6ª atividade da UEPS: mapa conceitual sobre a resistência elétrica .....                      | 92  |
| Figura 56 | 6ª atividade da UEPS: mapa conceitual sobre a potência elétrica .....                         | 93  |
| Figura 57 | 6ª atividade da UEPS: mapa conceitual sobre a corrente elétrica .....                         | 93  |
| Figura 58 | Grupo de alunas medindo a tensão de uma pilha do tipo AA .....                                | 94  |
| Figura 59 | Grupo de alunas medindo a tensão de uma bateria retangular .....                              | 94  |
| Figura 60 | 7ª atividade da UEPS: anotações das medidas da tensão elétrica em pilhas e baterias .....     | 95  |
| Figura 61 | Grupo de alunas utilizando o código de cores para achar o valor nominal de um resistor .....  | 96  |
| Figura 62 | Grupo de alunos utilizando multímetro para medir resistência elétrica ..                      | 97  |
| Figura 63 | 8ª atividade da UEPS: anotações feitas durante o uso do código de cores e do multímetro ..... | 98  |
| Figura 64 | Simulação de uma associação de duas lâmpadas em série .....                                   | 99  |
| Figura 65 | Simulação de uma associação de duas lâmpadas em paralelo .....                                | 100 |
| Figura 66 | Grupo de alunas fazendo a junção das pilhas .....                                             | 103 |
| Figura 67 | Conectores do tipo jacaré presos ao copo plástico .....                                       | 103 |
| Figura 68 | Montagem Inicial do circuito sobre associação de lâmpadas em paralelo                         | 105 |
| Figura 69 | Montagem final do circuito sobre associação de lâmpadas em paralelo ..                        | 105 |
| Figura 70 | Alunos ajustando a tensão do circuito com o potenciômetro .....                               | 106 |
| Figura 71 | Alunos medindo a tensão de lâmpada associada em série com outras ...                          | 107 |
| Figura 72 | Alunos medindo tensão de lâmpada associada em paralelo com outras                             | 108 |
| Figura 73 | Alunos observando os dois circuitos com todas as lâmpadas acesas .....                        | 110 |
| Figura 74 | Retirada de uma das lâmpadas na associação em série .....                                     | 111 |
| Figura 75 | Retirada de uma das lâmpadas na associação em paralelo .....                                  | 112 |
| Figura 76 | Cálculos feitos por equipe que usou o simulador com duas lâmpadas ....                        | 113 |
| Figura 77 | Cálculos feitos por equipe que usou o simulador com três lâmpadas .....                       | 114 |
| Figura 78 | Cálculos sobre associação de resistores em série e paralelo .....                             | 115 |
| Figura 79 | Avaliação da sequência didática por parte de uma aluna .....                                  | 122 |
| Figura 80 | Professor conversando com os alunos sobre aprendizagem significativa                          | 124 |

## LISTA DE QUADROS

|                                                                    | <b>p.</b> |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| Quadro 1 Efeito fisiológico da corrente elétrica .....             | 28        |
| Quadro 2 Grandezas físicas e seus instrumentos de medida.....      | 44        |
| Quadro 3 Etapas constitutivas das UEPS.....                        | 56        |
| Quadro 4 Encontros e conteúdos no 4º passo da UEPS.....            | 65        |
| Quadro 5 1ª Questão do questionário de conhecimentos prévios ..... | 79        |
| Quadro 6 2ª Questão do questionário de conhecimentos prévios ..... | 80        |
| Quadro 7 3ª Questão do questionário de conhecimentos prévios ..... | 81        |
| Quadro 8 4ª Questão do questionário de conhecimentos prévios ..... | 82        |
| Quadro 9 5ª Questão do questionário de conhecimentos prévios ..... | 84        |

## LISTA DE GRÁFICOS

|                                                                  | <b>p.</b> |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| Gráfico 1    Resposta à 1ª questão (conhecimentos prévios) ..... | 80        |
| Gráfico 2    Resposta à 2ª questão (conhecimentos prévios) ..... | 81        |
| Gráfico 3    Resposta à 3ª questão (conhecimentos prévios) ..... | 82        |
| Gráfico 4    Resposta à 4ª questão (conhecimentos prévios) ..... | 83        |
| Gráfico 5    Resposta à 5ª questão (conhecimentos prévios) ..... | 84        |
| Gráfico 6    Resposta à 1ª questão (gabarito: item d) .....      | 116       |
| Gráfico 7    Resposta à 2ª questão (gabarito: item b) .....      | 117       |
| Gráfico 8    Resposta à 3ª questão (gabarito: item e) .....      | 118       |
| Gráfico 9    Resposta à 4ª questão (gabarito: item c) .....      | 119       |
| Gráfico 10   Resposta à 5ª questão (gabarito: item a) .....      | 120       |

## SUMÁRIO

|                                                                     | p.        |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                            | <b>16</b> |
| <b>2 GRANDEZAS FÍSICAS ESTUDADAS NA ELETRODINÂMICA .....</b>        | <b>21</b> |
| 2.1 Corrente elétrica .....                                         | 21        |
| 2.1.1 Intensidade de corrente elétrica .....                        | 23        |
| 2.1.2 Sentido da corrente elétrica .....                            | 24        |
| 2.1.3 Tipos de corrente elétrica .....                              | 24        |
| 2.1.4 Efeitos da corrente elétrica .....                            | 26        |
| 2.2 Diferença de potencial .....                                    | 28        |
| 2.3 Resistência elétrica .....                                      | 30        |
| 2.3.1 Resistor .....                                                | 30        |
| 2.3.2 Lei de Ohm .....                                              | 32        |
| 2.4 Potência elétrica .....                                         | 34        |
| 2.4.1 O efeito Joule .....                                          | 36        |
| 2.4.2 Cálculo da energia elétrica .....                             | 37        |
| 2.5 Circuitos elétricos .....                                       | 38        |
| 2.5.1 Circuito elétrico simples .....                               | 38        |
| 2.5.2 Associação de resistores .....                                | 38        |
| 2.5.3 Instrumentos de medida .....                                  | 44        |
| <b>3 REFERENCIAL TEÓRICO DA EDUCAÇÃO .....</b>                      | <b>48</b> |
| 3.1 A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel .....         | 48        |
| 3.2 Condições para a ocorrência da aprendizagem significativa ..... | 49        |
| 3.3 Aprendizagem mecânica e outras aprendizagens .....              | 50        |
| 3.4 Tipos de aprendizagem significativa por recepção .....          | 51        |
| 3.5 Formas de aprendizagem significativa .....                      | 53        |
| 3.6 Variáveis facilitadoras da aprendizagem significativa .....     | 53        |
| 3.7 Uso de uma UEPS como sequência didática .....                   | 55        |
| <b>4 PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>                                  | <b>58</b> |
| 4.1 Escolha da UEPS e público-alvo .....                            | 58        |
| 4.2 Aplicação da UEPS .....                                         | 59        |
| 4.2.1 Situação Inicial: 1º Passo (01 aula) .....                    | 59        |

|              |                                                                 |            |
|--------------|-----------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2.2        | Situações-problema: 2º Passo (02 aulas) .....                   | 61         |
| 4.2.3        | Novas situações-problema: 3º Passo (03 aulas) .....             | 62         |
| 4.2.4        | Diferenciação progressiva: 4º Passo (05 aulas) .....            | 64         |
| 4.2.5        | Negociação de significados: 5º Passo (04 aulas) .....           | 67         |
| 4.2.6        | Reconciliação integradora: 6º Passo (05 aulas) .....            | 69         |
| 4.2.7        | Avaliação da aprendizagem: 7º Passo (01 aula) .....             | 75         |
| 4.2.8        | Avaliação da UEPS: 8º Passo (01 aula) .....                     | 76         |
| <b>5</b>     | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....                             | <b>77</b>  |
| <b>5.1</b>   | Situação Inicial: 1º Passo (01 aula) .....                      | <b>77</b>  |
| <b>5.2</b>   | Situações-problema: 2º Passo (02 aulas) .....                   | <b>78</b>  |
| <b>5.2.1</b> | Questionário de conhecimentos prévios: resultados .....         | <b>79</b>  |
| <b>5.3</b>   | Novas situações-problema: 3º Passo (03 aulas) .....             | <b>85</b>  |
| <b>5.4</b>   | Diferenciação progressiva: 4º Passo (05 aulas) .....            | <b>87</b>  |
| <b>5.5</b>   | Negociação de significados: 5º Passo (04 aulas) .....           | <b>91</b>  |
| <b>5.6</b>   | Reconciliação integradora: 6º Passo (05 aulas) .....            | <b>98</b>  |
| <b>5.7</b>   | Avaliação da aprendizagem: 7º Passo (01 aula) .....             | <b>115</b> |
| <b>5.7.1</b> | Prova objetiva: resultados .....                                | <b>116</b> |
| <b>5.8</b>   | Avaliação da UEPS: 8º Passo (01 aula) .....                     | <b>121</b> |
| <b>6</b>     | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....                               | <b>125</b> |
|              | <b>REFERÊNCIAS</b> .....                                        | <b>128</b> |
|              | <b>APÊNDICE A</b> – Questionário de conhecimentos prévios ..... | <b>131</b> |
|              | <b>APÊNDICE B</b> – Tabela de código de cores .....             | <b>132</b> |
|              | <b>APÊNDICE C</b> – PRODUTO EDUCACIONAL .....                   | <b>133</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A Física é uma ciência que estabelece um conjunto diversificado de leis, constituídas por enunciados e expressões matemáticas, que descrevem os fenômenos e as estruturas mais fundamentais da natureza (Gaspar, 2016). Enquanto disciplina do ensino médio, a Física costuma ser organizada didaticamente em ramos, o que facilita a elaboração dos planos de ensino nas escolas. No entanto, ensinar essa disciplina tem se tornado cada vez mais desafiador devido ao crescente número de obstáculos que vêm surgindo no ambiente escolar, tais como a falta de melhores condições de trabalho, a existência de um ensino que, às vezes, ainda valoriza pouco as novas descobertas científicas e os avanços tecnológicos, além de uma redução do número de aulas da disciplina que, por sua vez, resulta numa listagem de vários assuntos que acabam não sendo abordados no ensino médio.

Com relação ao ensino de Física nas escolas, é muito comum a prática de uma abordagem dos conteúdos focada de forma excessiva no ensino tradicional, onde muitas vezes o professor se comporta apenas como um transmissor desses conteúdos com aulas puramente expositivas e baseadas somente no treinamento de resolução de questões para as provas e demais atividades avaliativas no ambiente escolar.

Como afirma Moreira (2014, p. 2):

Em resumo, 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.

Nas duas últimas décadas foram criados documentos importantes com o objetivo de promover melhorias na educação oferecendo aos professores a possibilidade de trabalhar os conteúdos de Física com uma abordagem mais contextualizada e interdisciplinar para que os estudantes sejam capazes de relacionar esses conteúdos com o cotidiano deles. Entre esses documentos encontram-se os PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio) que, elaborados em 2000 e com relação ao conhecimento de Física, destacam o seguinte:

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional (Brasil, 2000, p. 22).

Em 2002 surgiu outro documento: os PCN+ Ensino Médio que se constituem como orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Com relação a disciplina Física, os PCN+ apresentam a seguinte proposta:

[...] trazer elementos que possam subsidiar os professores em suas escolhas e práticas, contribuindo assim para o processo de discussão. Para isso, buscou-se aprofundar e, sobretudo, concretizar melhor tanto habilidades e competências como conhecimentos, atitudes e valores que a escola deveria ter por meta promover no ensino médio (Brasil, 2002, p. 60).

Em 2017 foi apresentada a versão final homologada da BNCC (Base Nacional Comum Curricular) que incluiu a etapa do Ensino Médio. Citamos desse documento um importante aspecto:

Na definição das competências específicas e habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias foram privilegiados conhecimentos conceituais considerando a continuidade à proposta do Ensino Fundamental, sua relevância no ensino de Física, Química e Biologia e sua adequação ao Ensino Médio (Brasil, 2017, p. 548).

Com relação ao estudo da Eletricidade na disciplina de Ciências, a BNCC, segundo Brasil (2017, p.348), estabelece, ainda no Ensino Fundamental, a seguinte competência: “construir circuitos elétricos com pilha/bateria, fios e lâmpada ou outros dispositivos e compará-los a circuitos elétricos residenciais”.

Por sua vez, no que diz respeito ao Ensino Médio, a BNCC da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias estabelece também a seguinte competência vinculada à disciplina Física:

Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais para propor ações que visem a sustentabilidade (Brasil, 2017, p. 555).

Nesse contexto e com base nessas competências da BNCC anteriormente citadas, temos a Eletrodinâmica, que assim como os demais ramos da Física, apresenta também o estudo de importantes grandezas físicas entre as quais se destacam: a corrente elétrica, a tensão elétrica, a resistência elétrica, a potência elétrica e a energia elétrica. É possível associar o nome dessas grandezas a diversas situações do cotidiano. Um exemplo disso são os fenômenos físicos que envolvem a eletricidade, entre os quais podemos citar: a formação dos raios durante uma tempestade; um pássaro que não é eletrocutado ao pousar em um fio de alta tensão; ou ainda, um choque elétrico acidental na porta da geladeira com os pés descalços (Máximo, Alvarenga e Guimarães, 2016).

As grandezas físicas fundamentais da Eletrodinâmica trazem ideias relativamente simples e que muitas vezes despertam um interesse maior por parte dos alunos e professores. A realidade vivenciada em anos anteriores com a disciplina Física no 3º ano do Ensino Médio, no Centro de Ensino Governador Archer, mostrou que apenas uma abordagem tradicional desses assuntos não foi suficiente para uma melhor compreensão dos conceitos e fenômenos físicos, o que ficou constatado mediante ao baixo desempenho (notas inferiores a 6,0) em várias atividades avaliativas às quais os alunos foram submetidos, tais como simulados e provas (com questões objetivas e discursivas).

Por esse motivo, é que estamos propondo uma metodologia que, segundo Moreira (2011), possa valorizar as informações trazidas pelos alunos (conhecimentos prévios) e estimulá-los a uma aprendizagem dos conteúdos de Física, através dos procedimentos didáticos usados numa sequência didática, que estão em conformidade com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. É importante ressaltar que, a aprendizagem significativa, de acordo com Moreira (1997, p. 1), “é o processo através do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não-litera) à estrutura cognitiva do aprendiz”.

Portanto, este trabalho possui como objetivo geral analisar a possibilidade do ensino-aprendizagem das principais grandezas físicas da Eletrodinâmica para alunos do 3º ano do Ensino Médio, através de uma sequência didática fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. E para alcançarmos essa meta, estabelecemos os seguintes objetivos específicos:

- Elaborar uma sequência didática de ensino que investiga os conhecimentos prévios dos alunos sobre as principais grandezas físicas da Eletrodinâmica, fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.
- Utilizar algumas ferramentas educacionais tais como: questionário de conhecimentos prévios, mapa mental, mapa conceitual, simulador virtual e kit experimental, com a finalidade de investigar os conhecimentos prévios dos alunos sobre as grandezas físicas fundamentais da Eletrodinâmica, a partir Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.
- Aplicar a sequência didática de ensino fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, a fim de verificar se sua utilização pode favorecer a uma melhor compreensão das principais grandezas físicas da Eletrodinâmica.

Esta dissertação encontra-se organizada em seis capítulos: o primeiro é a introdução na qual abordamos, entre outros assuntos, o motivo que nos levou a utilizar uma sequência didática de ensino e os objetivos (geral e específicos) do trabalho.

O segundo capítulo refere-se às grandezas físicas estudadas na Eletrodinâmica (corrente elétrica, diferença de potencial, resistência elétrica, potência elétrica e energia elétrica) onde descrevemos a definição e a importância de cada uma delas.

O terceiro capítulo é o referencial teórico da educação no qual apresentamos a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel que foi utilizada como fundamento para a elaboração da sequência didática.

No quarto capítulo apresentamos o produto educacional que é a sequência didática composta por oito etapas nas quais foram utilizadas as seguintes

ferramentas educacionais: questionário de conhecimentos prévios, mapa mental, mapa conceitual, simulador virtual e kit experimental.

No quinto capítulo discutimos os resultados obtidos em cada etapa da sequência didática após a sua aplicação. Em seguida, apresentamos as considerações finais no sexto capítulo com base nos objetivos (geral e específicos) estabelecidos.

E por fim, após o último capítulo, são apresentadas as referências e os apêndices utilizados na produção da dissertação.

## 2 GRANDEZAS FÍSICAS ESTUDADAS NA ELETRODINÂMICA

A Eletrodinâmica é um ramo da Física responsável pelo estudo dos portadores de carga elétrica (partículas eletrizadas) em movimento. Nesse capítulo iremos abordar as seguintes grandezas físicas: corrente elétrica, diferença de potencial, resistência elétrica, potência elétrica e energia elétrica.

### 2.1 Corrente elétrica

O surgimento da expressão corrente elétrica se deu a partir de uma analogia com a água corrente, pois a concepção antiga era de que a eletricidade seria um fluido que poderia se deslocar através de materiais condutores, da mesma forma que a água se desloca dentro de encanamentos. Esse pensamento levou à ideia de que se havia água corrente, então deveria existir também uma espécie de eletricidade corrente (Gaspar, 2016).

Essa analogia pode ser explicada melhor da seguinte forma: quando conectamos uma mangueira vazia de 10 m de comprimento numa torneira, é preciso esperar normalmente vários segundos, depois que a torneira é aberta, para que a água percorra o comprimento da mangueira até a saída. Entretanto, se a mangueira já estiver cheia de água quando a torneira é aberta, a água sai quase instantaneamente. Devido à pressão de água na torneira, o segmento de água próximo a ela empurra a água imediatamente a seguir, que empurra o próximo segmento de água e assim por diante, até que o último segmento de água seja empurrado pela saída. Esta onda de pressão move-se pela mangueira e a água rapidamente atinge um fluxo estacionário. Nesse caso, de acordo com Penteado (1998), dizemos que um fluido possui fluxo estacionário, quando a velocidade, a pressão e a densidade do fluido, em um ponto qualquer, permanecem constantes.

Diferentemente do caso de uma mangueira de água, um fio metálico nunca está vazio. Sempre há um número muito grande de elétrons livres através de um fio metálico. Portanto, eles começam a se mover ao longo de todo o comprimento do fio (incluindo a parte próxima à lâmpada) quase imediatamente quando o interruptor é acionado. De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2016), a velocidade dos elétrons no fio metálico é conhecida como velocidade de deriva sendo que seu valor

é da ordem de  $10^{-7}$  m/s nos condutores de cobre, a exemplo do que ocorre em uma fiação elétrica residencial.

A analogia entre corrente elétrica e água corrente ainda é muito utilizada atualmente. Entretanto, segundo Gaspar (2016) essa analogia possui pelo menos duas inadequações. A primeira delas é com relação a água encanada, cujo movimento é do líquido. Já no caso da corrente elétrica, o movimento é dos elétrons, ou seja, dos portadores de carga elétrica negativa, que, apesar de existirem em enorme quantidade, representam uma parcela muito pequena de toda a matéria que constitui o condutor. Outra inadequação se refere a grandeza velocidade, uma vez que na água corrente, a velocidade média de qualquer partícula imersa no fluido é aproximadamente igual à velocidade do próprio fluido, já que ele todo se desloca pelo encanamento. Por outro lado, no caso da corrente elétrica, os portadores de carga possuem em média uma velocidade muito pequena (da ordem de  $10^{-7}$  m/s), apesar de eles terem um movimento praticamente instantâneo.

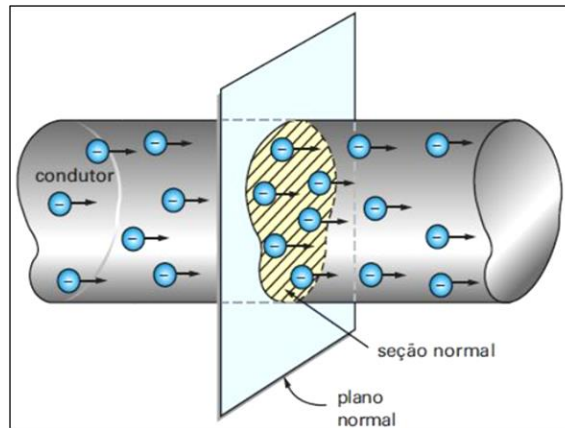
A explicação para esse fato é que existem, na verdade, duas velocidades de propagação na corrente elétrica. A primeira é a velocidade de propagação do campo elétrico ou dos fótons (partículas de luz que, segundo a descrição quântica do eletromagnetismo, propagam a interação eletromagnética entre cargas) que, de acordo com a Física Moderna, é praticamente igual à velocidade da luz e provoca o movimento dos portadores de carga. A segunda é a velocidade dos próprios portadores de carga que é bastante pequena, ou seja, da ordem de centímetros por hora (Gaspar, 2016).

Como já mencionamos antes, a corrente elétrica possui como elemento básico o portador de carga elétrica, que no caso dos condutores metálicos, são os elétrons livres. Quando eles se movimentam em todas as direções e sentidos aleatórios no interior de um condutor, que se encontra em equilíbrio eletrostático, não há formação de corrente elétrica. Isso significa que o condutor inteiro está submetido ao mesmo potencial elétrico (que iremos discutir nas próximas subseções), o que acaba resultando em um campo elétrico nulo em todos os pontos do condutor (Gaspar, 2016).

Entretanto, se as extremidades do condutor tiverem potenciais elétricos diferentes, surgirá um campo elétrico não nulo no interior do condutor. Devido a isso, os elétrons livres ficarão sujeitos a uma força que os farão se mover em um sentido

preferencial, e estabelecendo assim, a formação de uma corrente elétrica no condutor, como mostra a Figura 1.

Figura 1 – Elétrons livres formando uma corrente elétrica em um condutor



Fonte: Gaspar (2016)

### 2.1.1 Intensidade de corrente elétrica

Segundo Halliday, Resnick e Walker (2016), quando uma quantidade de carga  $dq$  passa por um plano imaginário de uma seção reta de um condutor em um intervalo de tempo  $dt$ , a intensidade de corrente elétrica  $i$  nesse plano é definida pela expressão matemática abaixo:

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (2-1)$$

A corrente elétrica é uma grandeza escalar a exemplo da carga elétrica e do intervalo de tempo. Além disso, de acordo com a equação (2-1), a unidade de corrente elétrica, no SI, é o coulomb por segundo (C/s), que recebe o nome de ampère (A) em homenagem ao físico francês André-Marie Ampère (Máximo, Alvarenga e Guimarães, 2016).

Nesse sentido:

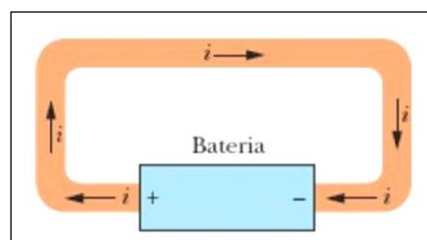
O ampère é uma unidade bastante prática em relação aos valores habituais de intensidade de corrente elétrica das instalações elétricas domésticas ou industriais; porém, em relação aos dispositivos eletrônicos, ela é grande demais. Por isso é frequente o uso de alguns submúltiplos, como o miliampère (mA) e o microampère ( $\mu A$ ) (Gaspar, 2016, p.81).

### 2.1.2 Sentido da corrente elétrica

O sentido convencional dos portadores de carga negativa (os elétrons), em uma espira condutora, é representado pelas setas conforme a Figura 2. O movimento real de tais portadores ocorre do terminal negativo da bateria para o terminal positivo.

De acordo com Silveira (2015), o sentido real da corrente elétrica depende do tipo de condutor. Por exemplo, no caso de uma espira (condutor metálico) os elétrons se movem em sentido contrário ao do campo elétrico existente no interior do condutor, ou seja, do potencial elétrico menor da bateria (polo negativo) para o potencial elétrico maior (polo positivo). Por outro lado, no caso de um condutor iônico (solução de sal de cozinha em água) o movimento dos íons positivos é no sentido do campo elétrico aplicado, enquanto o dos íons negativos é no sentido contrário ao do campo elétrico aplicado.

Figura 2 – Sentido convencional da corrente elétrica numa espira condutora



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2016)

A Figura 2 nos mostra o sentido convencional da corrente elétrica onde segundo Halliday, Resnick e Walker (2016, p. 323): “[...] a seta da corrente é desenhada no sentido em que portadores de carga positiva se moveriam, mesmo que os portadores sejam negativos e se movam no sentido oposto”.

Em outras palavras, o sentido convencional é, portanto, o sentido do campo elétrico aplicado sobre o condutor, ou seja, aquele em que os portadores de carga positiva se movem, do maior potencial para o menor potencial da bateria.

### 2.1.3 Tipos de corrente elétrica

Conforme afirma Gaspar (2016), um condutor é percorrido por uma corrente elétrica contínua, desde que exista um campo elétrico uniforme no interior desse

condutor, pois nesse momento os elétrons livres passam a ter um movimento médio resultante em um único sentido. Entretanto, se o campo elétrico no interior do condutor for variável senoidalmente, o movimento médio resultante dos elétrons livres não se dará mais em um único sentido, pois agora eles irão oscilar em torno de posições fixas. Nesse caso, dizemos que o condutor é percorrido por uma corrente elétrica alternada.

A Figura 3 representa o gráfico de uma corrente contínua, nela é mostrado que a intensidade de corrente possui um valor constante. Por isso, que é representada por uma reta paralela ao eixo da grandeza tempo.

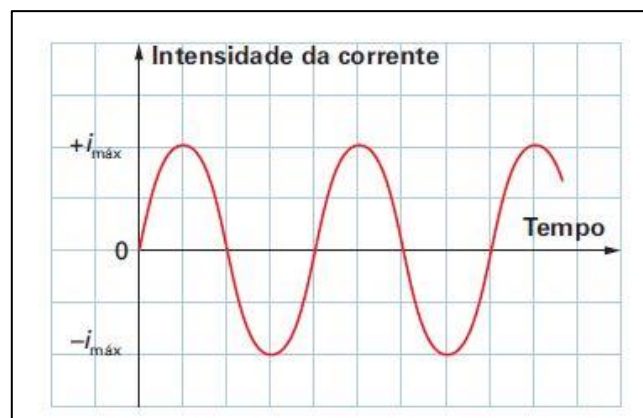
Figura 3 – Representação gráfica da corrente contínua



Fonte: Gaspar (2016)

Já no caso da Figura 4 temos a representação gráfica de uma corrente alternada, onde é possível observar que a intensidade de corrente varia de forma senoidal entre os valores  $-i_{\text{máx}}$  e  $i_{\text{máx}}$ .

Figura 4 – Representação gráfica da corrente alternada



Fonte: Gaspar (2016)

De acordo ainda com Gaspar (2016), a diferença entre as correntes contínua e alternada está na forma como são geradas. Na primeira se origina da liberação constante e uniforme de elétrons em geradores químicos, tais como pilhas e baterias, enquanto na segunda, se origina de campos elétricos oscilantes estabelecidos de forma mecânica através da rotação de bobinas ou ímãs.

#### **2.1.4 Efeitos da corrente elétrica**

A corrente elétrica pode produzir vários efeitos quando ela percorre um condutor e, de acordo com Artuso e Wrublewski (2013), isso depende da intensidade da corrente e da natureza desse condutor. Destacamos aqui quatro desses efeitos, a saber: o térmico, o luminoso, o magnético e o fisiológico.

O efeito Joule ou térmico é caracterizado pelo aquecimento de um condutor em virtude da corrente elétrica que o percorre (Artuso e Wrublewski, 2013). Costuma-se mencionar que esse efeito nada mais é do que a transformação de energia elétrica em energia térmica (Artuso e Wrublewski, 2013). Mas, isso só ocorre por causa das constantes colisões entre os elétrons livres e os átomos do condutor, que resulta num aumento de vibração desses átomos implicando num aumento de temperatura do condutor (Godoy, Agonolo e Melo, 2020).

É importante ressaltar que o efeito Joule é a base de funcionamento de vários aparelhos domésticos, como por exemplo, o secador de cabelo, o ferro elétrico, o chuveiro elétrico, além de outros equipamentos (Artuso e Wrublewski, 2013). Comentaremos mais adiante (seção 2.4.1) em detalhes, o efeito Joule.

O efeito luminoso se caracteriza pela passagem de corrente elétrica através de um gás rarefeito (Kazuhito e Fuke, 2016). Nesse momento ocorre a excitação eletrônica nas moléculas do gás, o que provoca a emissão de luz (Kazuhito e Fuke, 2016). Citamos como exemplo, o uso de lâmpadas fluorescentes compactas em pequenos ambientes que necessitam de um consumo reduzido de energia. O gás presente no interior delas tem seus elétrons estimulados emitindo luz continuamente, por causa da diferença de potencial estabelecida entre os terminais da lâmpada e da consequente passagem da corrente elétrica. Esse gás altamente ionizado emite luz ultravioleta, uma frequência de luz que não conseguimos enxergar. Entretanto, o pó branco existente no interior da lâmpada é constituído de

fósforo. Isso facilita a absorção da luz ultravioleta e permite reemitir-la em forma de luz visível (Artuso e Wrublewski, 2013).

Um dos efeitos mais importantes da corrente elétrica é o magnético, que se caracteriza pela presença de um campo magnético em torno de um condutor, quando este é percorrido por uma corrente elétrica (Artuso e Wrublewski, 2013). Esse efeito tem enorme aplicação no nosso cotidiano, já que é a base de funcionamento dos motores elétricos, dos transformadores e dos geradores de energia elétrica em diversas usinas (Artuso e Wrublewski, 2013).

Por fim, destacamos o efeito fisiológico, que segundo Máximo, Alvarenga e Guimarães (2016, p. 87): “[...] ocorre quando a corrente elétrica atravessa o corpo humano. Esse processo é conhecido como choque elétrico”.

De acordo com Hewitt (2015, p. 436):

Para receber um choque elétrico, deve haver uma diferença de potencial entre uma parte de seu corpo e outra. A maior parte da corrente passará pelo caminho de resistência mínima que conecta esses dois pontos. Suponha que você cai de uma ponte e, para deter a queda, trata de agarrar um dos fios de uma linha de transmissão de alta voltagem. Assim, desde que você não toque em nada a um potencial diferente, você não receberá choque algum.

Ainda conforme Kazuhito e Fuke (2016, p. 101):

Quando transpassa um organismo vivo, a corrente elétrica produz contrações musculares conhecidas como choque elétrico. O ser humano, ao ser atravessado por uma corrente de intensidade de 10 mA ou mais, pode sofrer desde comichão ou contrações musculares com dor até queimaduras ou mesmo parada cardíaca e morte.

Segundo Máximo, Alvarenga e Guimarães (2016, p. 87): “[...] os efeitos causados no corpo humano dependem do trajeto da corrente elétrica nele, da intensidade, do tempo de duração do choque, entre outros fatores”. No Quadro 1 temos informações sobre alguns valores de corrente e seus respectivos efeitos no corpo humano.

Quadro 1 – Efeito fisiológico da corrente elétrica

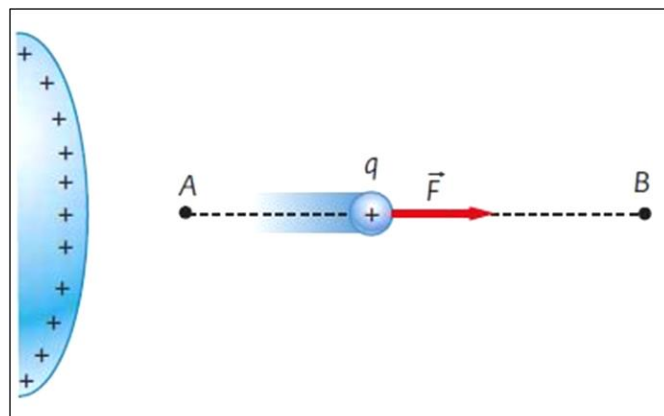
| Intensidade de corrente elétrica | Efeito fisiológico                                                                        |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Menos de 1mA                     | Não percebido                                                                             |
| De 1mA a 2mA                     | Limiar de percepção (ligeiro formigamento)                                                |
| De 2mA a 4mA                     | Choque brando                                                                             |
| De 4mA a 10mA                    | Choque grave com dor                                                                      |
| De 10mA a 20mA                   | Incapacidade de movimentar-se                                                             |
| De 20mA a 50mA                   | Paralisação da respiração                                                                 |
| Mais de 50mA                     | Fibrilação ventricular do músculo cardíaco (movimento desordenado das paredes do coração) |

Fonte: Máximo, Alvarenga e Guimarães (2016)

## 2.2 Diferença de potencial

Consideremos dois pontos A e B, conforme a Figura 5, pertencentes a uma região do espaço, na qual existe um campo elétrico. Coloca-se então, uma partícula eletrizada positivamente com carga  $q$  no ponto A, sendo que uma força elétrica  $\vec{F}$  atuará sobre a partícula fazendo com que ela se desloque até o ponto B. Durante o deslocamento de A para B, a força elétrica estará realizando um trabalho  $T$  que representa certa quantidade de energia que a força elétrica transfere para a partícula eletrizada.

Figura 5 – Partícula deslocando-se de A para B sob à ação de uma força  $\vec{F}$



Fonte: Máximo, Alvarenga e Guimarães (2016)

A situação descrita anteriormente nos permite associar uma grandeza física de extrema importância no estudo dos fenômenos elétricos. Como afirmam Máximo Alvarenga e Guimarães (2016, p. 59), “[...] essa grandeza é denominada diferença de potencial entre os pontos A e B [...]”, cuja definição se dá pela equação (2-2).

$$V_A - V_B = \frac{W}{q} \quad (2-2)$$

A diferença de potencial  $V_A - V_B$  é uma grandeza escalar, e é conhecida como tensão elétrica, sendo que a unidade de medida, no SI, é o joule por coulomb (J/C), que recebe o nome de volt (V) em homenagem ao físico italiano Alessandro Volta (Máximo, Alvarenga e Guimarães, 2016).

Outra questão importante é que a tensão elétrica está bastante presente no nosso cotidiano, e não apenas nas aulas de Física, pois é muito comum, por exemplo, usarmos a expressão “220 volts” para nos referirmos às tomadas residenciais da cidade de São Luís.

Nesse sentido:

[...] Se a tomada for de 220V, podemos concluir que cada 1C receberá 220J de energia ao se deslocar de um terminal para outro. Do mesmo modo, quando dizemos que a bateria de um automóvel apresenta uma tensão de 12V, teremos uma energia de 12J transferida para cada 1C que se desloca de um polo para outro desta bateria (Máximo, Alvarenga, e Guimarães, 2016, p. 60).

Vimos na seção 2.1 que a formação de uma corrente elétrica em um condutor é devida à existência de um campo elétrico no interior dele. Na prática, de acordo com GREF (2006) esse campo é fornecido por fontes de energia externa, como por exemplo, as tomadas de 220 V, as pilhas de 1,5 V e as baterias de 12V.

A tensão elétrica de uma fonte está associada à sua capacidade de fornecer energia elétrica a um determinado aparelho. A tensão e o campo elétrico são conceitos diferentes, mas relacionados entre si. Para compreendermos a natureza dessa relação, convém notar que o campo elétrico está associado à noção de força enquanto que a tensão, à de energia. (GREF, 2006, p. 52 e p. 53)

## 2.3 Resistência elétrica

Sejam dois condutores diferentes que estejam submetidos a uma mesma diferença de potencial. Já foi verificado experimentalmente, que a corrente elétrica gerada em cada condutor possui um valor diferente. De fato, quando um condutor é percorrido por uma corrente elétrica de menor intensidade, ele oferece uma maior dificuldade ou resistência ao movimento dos portadores de carga elétrica. Por outro lado, quando o condutor é percorrido por uma corrente de maior intensidade, ele já oferece uma menor resistência à passagem dos mesmos portadores.

A resistência elétrica é, portanto, uma grandeza que representa a dificuldade (maior ou menor) que os portadores de carga elétrica encontram no interior de um condutor. Segundo Halliday, Resnick e Walker (2016, p. 333) “[...] medimos a resistência entre dois pontos de um condutor aplicando uma diferença de potencial  $V$  entre esses pontos e medindo a corrente  $i$  resultante”. Dessa forma, a resistência elétrica é definida pela equação (2-3).

$$R = \frac{V}{i} \quad (2-3)$$

A unidade de resistência elétrica, no SI, é o volt por ampère (V/A). Como afirmam Máximo Alvarenga e Guimarães (2016), essa unidade recebe o nome de ohm ( $\Omega$ ) em homenagem ao físico alemão George Simon Ohm que, em 1827, formulou a lei que leva o seu nome, conforme veremos a diante.

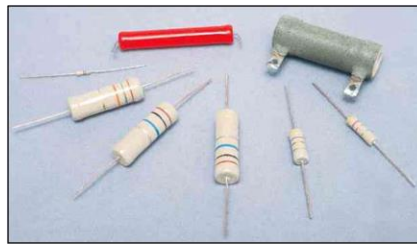
### 2.3.1 Resistor

O resistor é um componente elétrico que tem a finalidade de limitar a intensidade da corrente elétrica. Além disso, ele também tem a função de converter energia elétrica em calor. Entretanto, de acordo com Gaspar (2016, p. 87) “[...] os resistores não são componentes destinados à geração de calor. Pelo contrário, o calor neles é um complicador, pois altera o seu valor nominal [...]”. Este valor é definido pelo fabricante que também estabelece uma margem de tolerância indicada na forma de porcentagem. Caso o resistor não estabeleça corretamente o limite da passagem de corrente, a sua resistência elétrica poderá ser alterada devido ao

aumento de temperatura a ponto de atingir um valor diferente do que foi estabelecido pelo fabricante (valor nominal junto com a tolerância).

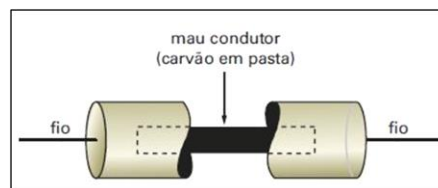
É por isso que uma grande parte dos resistores comerciais (Figura 6) utiliza na sua constituição o carvão em pasta (Figura 7), que é um material mau condutor de corrente elétrica.

Figura 6 – Foto de alguns resistores comerciais



Fonte: Gaspar (2016)

Figura 7 – Vista interna de um resistor comercial constituído de carvão em pasta



Fonte: Gaspar (2016)

Podemos identificar no resistor comercial umas faixas coloridas (perto de uma das extremidades) que servem para fazer a leitura do valor nominal da resistência elétrica desse dispositivo, através de um código de cores (Figura 8). A leitura é feita da seguinte maneira: as duas primeiras faixas representam os dois primeiros dígitos, a terceira faixa representa o fator de multiplicação. A tolerância do valor nominal é indicada através de uma faixa dourada (5%) ou prateada (10%). Caso não haja essa faixa, a tolerância é 20% (Gaspar, 2016).

Por exemplo, suponhamos que desejamos determinar o valor nominal de um resistor comercial, cuja 1ª, 2ª, 3ª e 4ª faixa estão, respectivamente, representadas pelas cores vermelha, azul, amarela e prata. Utilizando o código de cores da Figura 8 é possível identificar que o primeiro dígito é 2, o segundo é 6 e o terceiro é 4 (fator de multiplicação igual a  $10^4$ ).

Assim, o valor nominal desse resistor é  $26 \cdot 10^4 \Omega$  ou  $2,6 \cdot 10^5 \Omega$  e sua tolerância é de 10%, já que a última faixa possui uma cor prateada. Isso significa que o valor nominal pode variar de  $2,6 \cdot 10^5 \Omega \pm 10\%$ .

Figura 8 – Código de cores usado na identificação do valor de um resistor

| Cor      | Dígito | Fator de multiplicação |
|----------|--------|------------------------|
| Preto    | 0      | 1                      |
| Marrom   | 1      | $10^1$                 |
| Vermelho | 2      | $10^2$                 |
| Laranja  | 3      | $10^3$                 |
| Amarelo  | 4      | $10^4$                 |
| Verde    | 5      | $10^5$                 |
| Azul     | 6      | $10^6$                 |
| Violeta  | 7      | $10^7$                 |
| Cinza    | 8      | $10^8$                 |
| Branco   | 9      | $10^9$                 |

Fonte: Gaspar (2016)

### 2.3.2 Lei de Ohm

Ao aplicarmos uma diferença de potencial elétrico nas extremidades de qualquer condutor, o valor da resistência elétrica varia com a intensidade de corrente elétrica que o atravessa. Entretanto, esse valor pode ser considerado constante para determinados intervalos de variação dessa corrente. Quando isso ocorre, a diferença de potencial é diretamente proporcional à intensidade de corrente elétrica que atravessa o condutor e a resistência elétrica se torna uma constante de proporcionalidade. Já vimos que a resistência elétrica foi definida na equação (2-3), o que nos permite também escrever a seguinte equação:

$$V = R \cdot i \quad (2-4)$$

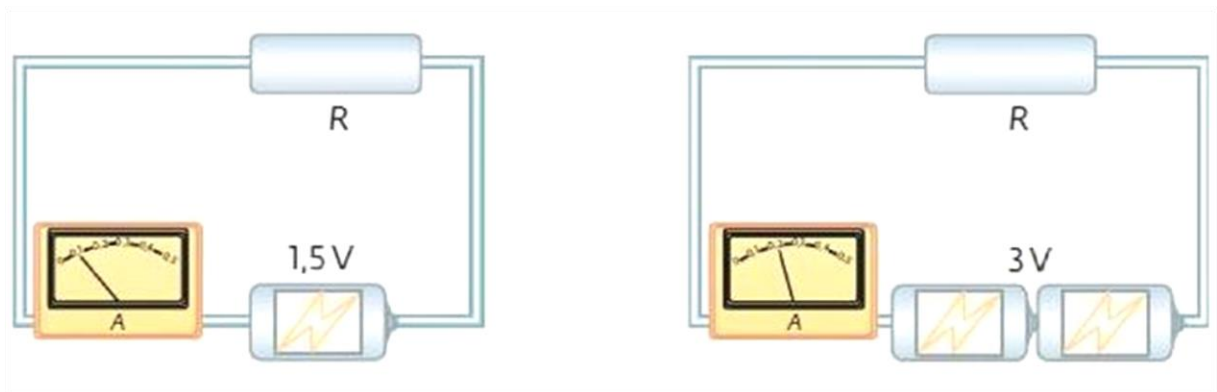
A equação (2-4) é conhecida como lei de Ohm e segundo Halliday, Resnick e Walker (2016, p. 340) “[...] um componente obedece à lei de Ohm se a corrente que o atravessa varia linearmente com a diferença de potencial aplicada ao componente para qualquer valor da diferença de potencial”. É importante ressaltar

também, que a lei de Ohm só tem validade para um condutor que apresenta resistência elétrica constante. Nesse caso, um condutor desse tipo é chamado de resistor ôhmico.

A Figura 9 mostra um esquema de um circuito da lei de Ohm formado por um condutor de resistência  $R$ , um amperímetro (iremos explicar maiores detalhes nas próximas seções ou dizer de maneira bem básica o que é e para que serve), fios condutores e algumas pilhas.

Quando o condutor é submetido a certa diferença de potencial (1,5V), o amperímetro registra certo valor de corrente (0,20A). Por outro lado, quando é aplicada às extremidades do resistor outra diferença de potencial (3,0V), o amperímetro registra outro valor de corrente (0,40A).

Figura 9 – Esquema de um circuito da lei de Ohm



Fonte: Máximo, Alvarenga e Guimarães (2016))

Já vimos que a resistência elétrica é definida pela equação (2-3) e quando a utilizamos nas duas situações da Figura 9, verifica-se que a relação entre a diferença de potencial e a intensidade de corrente se mantém constante, ou seja:

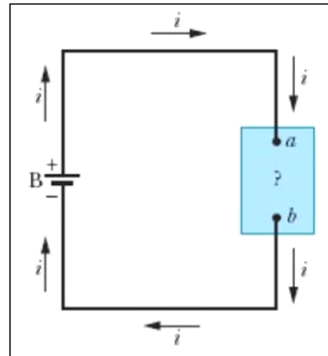
$$R = \frac{V}{i} = \frac{1,5}{0,20} = \frac{3,0}{0,40} = 7,5\Omega$$

Assim, o condutor da Figura 9 (nas duas situações) possui uma resistência igual a  $7,5\Omega$ . Esse resultado nos permite concluir que esse condutor é um resistor ôhmico, já que o valor da sua resistência elétrica permanece constante, mesmo quando se modifica a diferença de potencial aplicada ao condutor.

## 2.4 Potência elétrica

Consideremos um circuito fechado (Figura 10) onde uma bateria é conectada, por meio de fios, a um dispositivo elétrico (de terminais “a” e “b”) que pode ser um resistor ou um motor elétrico.

Figura 10 – Circuito fechado contendo uma bateria e um dispositivo elétrico



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2016)

Como a tensão elétrica produzida pela bateria é constante, uma corrente elétrica (também constante) de intensidade  $i$  é estabelecida no circuito, cujo sentido é do terminal “a” para o terminal “b”.

Vimos no item 2.1.1 que a intensidade de corrente  $i$  é definida pela equação (2-1) podendo ser reescrita como:

$$dq = i \cdot dt \quad (2-5)$$

A equação (2-5) representa a quantidade de carga  $dq$  que atravessa o circuito em um intervalo de tempo  $dt$ . De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2009, p. 79 e 80) “[...] a energia potencial por unidade de carga em um ponto do espaço, é chamada de potencial elétrico (ou simplesmente potencial) e é representada pela letra  $V$ ”.

Logo, podemos escrever:

$$V = \frac{U}{q} \quad (2-6)$$

A tensão elétrica  $\Delta V$  entre os terminais “a” e “b” do dispositivo elétrico, no circuito da Figura 10, é dada por:

$$\Delta V = \frac{dU}{dq} \quad (2-7)$$

A equação (2-7) pode ser escrita ainda como:

$$dU = dq \cdot dV \quad (2-8)$$

Substituindo a equação (2-5) na equação (2-8) e fazendo  $\Delta V = V$ , temos:

$$dU = i \cdot dt \cdot \Delta V \quad (2-9)$$

Podemos escrever a equação (2-9) como:

$$\frac{dU}{dt} = i \cdot V \quad (2-10)$$

Na equação (2-10), a derivada de  $U$  em relação a  $t$   $\left(\frac{dU}{dt}\right)$  é a taxa de transferência de energia chamada de potência elétrica  $P$ . Em outras palavras, a potência elétrica é a taxa de energia transferida pela bateria num dado tempo para um dado dispositivo.

Assim, podemos reescrever a equação (2-10) como:

$$P = i \cdot V \quad (2-11)$$

De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2016), se o dispositivo elétrico for um resistor, a energia se transformará em energia térmica e provocará um aumento em sua temperatura. Por outro lado, se o dispositivo for um motor elétrico acoplado a uma carga mecânica, então uma parte da energia se transformará no trabalho realizado pelo motor sobre a carga, enquanto a outra parte se transformará em calor resultando no aquecimento (aumento de temperatura) do motor.

A unidade de potência elétrica, no SI, é o volt-ampère ( $V \cdot A$ ) que é a mesma unidade joule por segundo (J/s). Ambas as unidades recebem o nome de watt, em homenagem ao engenheiro escocês James Watt (Máximo, Alvarenga e Guimarães, 2016).

#### 2.4.1 O efeito Joule

Em 1840, o físico inglês James Prescott Joule descobriu uma maneira, através de uma expressão matemática, de relacionar a intensidade de corrente elétrica  $i$  que atravessa um condutor com a resistência elétrica  $R$ , com o calor dissipado  $Q$  (energia térmica) e com o intervalo de tempo  $\Delta t$  correspondente.

Da equação (2-11),  $P = i \cdot V$ , e de (2-4),  $V = R \cdot i$ , logo:

$$P = R \cdot i^2 \quad (2-12)$$

A definição de potência (2-10) é  $\frac{dU}{dt}$ , então, em média  $P = \frac{Q}{\Delta t}$ , assim:

$$\frac{Q}{\Delta t} = R \cdot i^2 \quad (2-13)$$

A razão  $\frac{Q}{\Delta t}$  é a potência dissipada, já que a quantidade de calor  $Q$  é a própria energia.

O chamado efeito Joule consiste, segundo Máximo e Alvarenga (2006, p. 142), “[...] na transformação de energia elétrica em energia térmica (calor) [...]”. Portanto, a equação (2-12) nos permite calcular a potência elétrica  $P$  dissipada, por efeito Joule, em um condutor de resistência elétrica  $R$  que é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade  $i$ , no qual uma tensão elétrica  $V$  foi aplicada.

O efeito Joule está presente como aplicação em muitos equipamentos elétricos, tais como o chuveiro elétrico, o ferro elétrico, o forno elétrico, entre outros. Todos esses equipamentos acabam se aquecendo, quando são percorridos por uma corrente elétrica. Outra importante aplicação desse efeito são as lâmpadas incandescentes constituídas de um filamento de tungstênio. Esse metal possui o ponto de fusão muito elevado, e ao ser percorrido por uma corrente elétrica, ele se aquece podendo atingir uma temperatura altíssima com valor próximo a 2500 °C, e

assim, torna-se incandescente emitindo uma enorme quantidade de luz. (Máximo e Alvarenga, 2006).

#### 2.4.2 Cálculo da energia elétrica

A potência elétrica é uma grandeza física bastante útil no estudo da Eletrodinâmica, pois através dela é possível calcular a energia elétrica consumida por qualquer aparelho elétrico.

Para chegarmos à expressão matemática da energia elétrica, partiremos da equação (2-10), ou seja:

$$\frac{dU}{dt} = i \cdot V$$

Essa equação pode ser escrita também da seguinte forma:

$$dU = i \cdot V \cdot dt \quad (2-14)$$

Observemos que o termo  $i \cdot V$  corresponde à grandeza potência elétrica  $P$ , conforme a equação (2-11).

Fazendo as substituições  $dU = \Delta E$  (energia) e  $dt = \Delta t$  (intervalo de tempo) na equação (2-14), teremos:

$$\Delta E = P \cdot \Delta t \quad (2-15)$$

O símbolo  $\Delta E$  na equação (2-15) corresponde à energia elétrica consumida por um aparelho ou equipamento elétrico durante o intervalo de tempo em que ele permanece em funcionamento. O quilowatt-hora (kWh) é uma unidade de energia elétrica bastante utilizada na prática e o seu significado físico é o seguinte: 1kWh é a energia elétrica consumida por um aparelho ou equipamento com potência elétrica de 1kW (1000W) operando durante 1h. Vale ressaltar também que a relação entre o quilowatt-hora e o joule, se dá através da seguinte igualdade:  $1\text{kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$ .

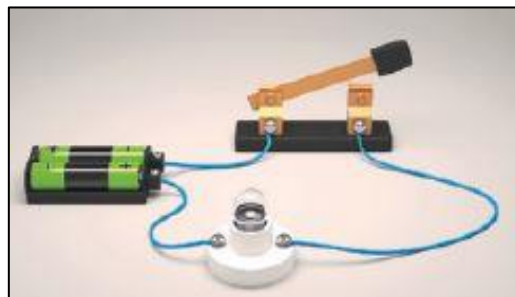
## 2.5 Circuitos elétricos

De acordo com Hewitt (2015, p. 441) “Qualquer caminho por onde os elétrons possam fluir é chamado de um circuito elétrico”. Em outras palavras, podemos afirmar ainda que um circuito elétrico é todo conjunto de dispositivos e/ou equipamentos elétricos com os quais é possível estabelecer uma corrente elétrica.

### 2.5.1 Circuito elétrico simples

A Figura 11 representa um circuito elétrico simples, que segundo Melo (2020, p. 74) “[...] é o caminho por onde a corrente elétrica flui, sendo composto por uma fonte de energia elétrica (pilha, bateria, ou tomada elétrica), um aparelho elétrico, fios ou placas de ligação e um interruptor para ligar ou desligar o aparelho”.

Figura 11 – Circuito elétrico simples



Fonte: Godoy, Agnolo e Melo (2020)

### 2.5.2 Associação de resistores

O circuito da Figura 11 possui uma lâmpada incandescente, que representa o resistor. Mas, é muito comum se fazer a montagem de um circuito no qual existe a presença de várias lâmpadas conectadas, inclusive, de várias formas.

Fazer uma associação de lâmpadas incandescentes é o mesmo que fazer uma associação de resistores em circuito elétrico, pois vimos no item 2.4.1 sobre o efeito Joule, que as lâmpadas desse tipo possuem um filamento de tungstênio que possui uma resistência elétrica determinada pelo fabricante.

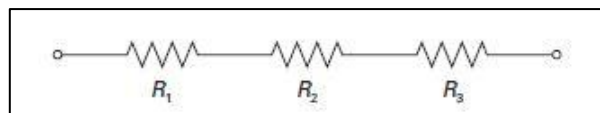
Da mesma forma, os resistores também possuem um valor nominal de resistência elétrica, que pode ser determinada através do código de cores. Assim, é

como se o resistor estivesse fazendo o papel da lâmpada incandescente no circuito elétrico ou vice-versa.

Com relação às associações, elas podem ser feitas segundo Gaspar (2016, p. 95) “[...] colocando-se os resistores em série, quando todos são percorridos pela mesma corrente elétrica, ou em paralelo, quando todos têm seus terminais ligados à mesma diferença de potencial [...]”.

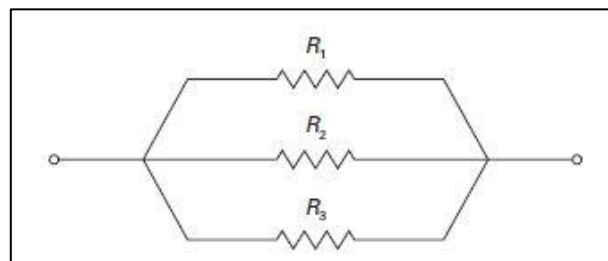
Os esquemas de uma associação de resistores em série e de uma associação em paralelo são mostrados, respectivamente, de acordo com a Figura 12 e a Figura 13.

Figura 12 – Associação de resistores em série



Fonte: Gaspar (2016)

Figura 13 – Associação de resistores em paralelo

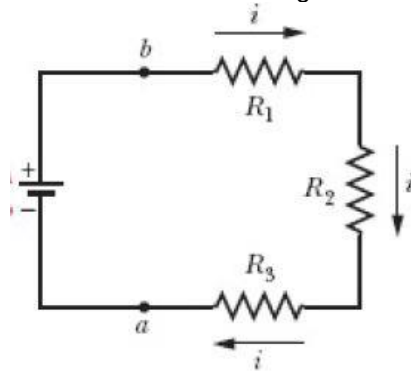


Fonte: Gaspar (2016)

Tanto na associação em série, quanto na associação em paralelo podemos substituir todos os resistores, de ambas as montagens, por um único dispositivo elétrico chamado resistor equivalente. Para isso, é necessário calcular a resistência equivalente desse dispositivo em cada tipo de associação.

Consideremos a montagem de um circuito simples formado por uma bateria cuja tensão é  $V$  entre os pontos “a” e “b” e três resistores em série cujas resistências são  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ , conforme a Figura 14.

Figura 14 – Resistores em série ligados a uma bateria



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2016)

A corrente  $i$  que percorre cada resistor é a mesma. Porém, a tensão elétrica em cada um deles é, respectivamente,  $V_1$ ,  $V_2$  e  $V_3$ . Assim, a tensão total aplicada no circuito é:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad (2-16)$$

Utilizando a equação (2-4), que se refere a lei de Ohm, podemos escrever a equação 2-16 como:

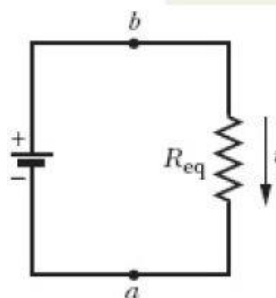
$$V = R_1 \cdot i + R_2 \cdot i + R_3 \cdot i$$

$$V = i \cdot (R_1 + R_2 + R_3)$$

$$i = \frac{V}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (2-17)$$

Consideremos agora um circuito no qual foi colocado um resistor equivalente cuja resistência é  $R_{eq}$  em substituição aos três resistores em série, conforme a Figura 15.

Figura 15 – Resistor equivalente substituindo resistores em série



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2016)

De acordo com a equação (2-4), a tensão aplicada no resistor equivalente é:

$$V = R_{eq} \cdot i$$

$$i = \frac{V}{R_{eq}} \quad (2-18)$$

Comparando as equações (2-17) e (2-18), temos:

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

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

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (2-19)$$

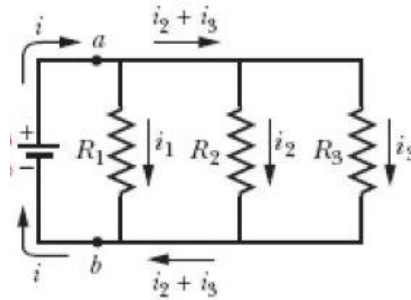
Podemos utilizar a equação (2-19) para o cálculo da resistência equivalente numa associação de três resistores em série. E assim, se tivermos N resistores associados em série, a resistência equivalente  $R_{eq}$  do circuito será dada por:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N \quad (2-20)$$

A equação (2-20), segundo Serway e Jewett (2006, p. 787): “[...] indica que a resistência equivalente de uma associação em série de resistores é a soma numérica das resistências individuais, e sempre maior que qualquer resistência individual”.

Já no caso da Figura 16 temos a montagem de um circuito simples com três resistores associados em paralelo e cujas resistências são  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ .

Figura 16 – Resistores em paralelo ligados a uma bateria



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2016)

Nesse tipo de associação cada resistor está submetido à mesma tensão elétrica  $V$  aplicada pela bateria entre os pontos “a” e “b”. Porém, a corrente elétrica que percorre cada um deles é, respectivamente,  $i_1$ ,  $i_2$  e  $i_3$ . Assim, a corrente total no circuito é:

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \quad (2-21)$$

Novamente utilizamos a equação (2-4) para escrever a corrente em cada resistor, ou seja:

$$i_1 = \frac{V}{R_1} \quad i_2 = \frac{V}{R_2} \quad i_3 = \frac{V}{R_3}$$

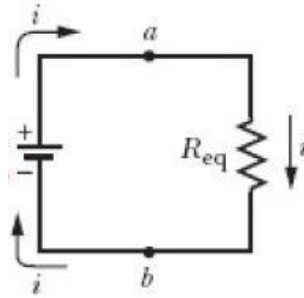
Substituindo as informações anteriores na equação (2-21) temos:

$$i = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

$$i = V \cdot \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (2-22)$$

A Figura 17 mostra um circuito no qual foi colocado um resistor equivalente cuja resistência é  $R_{eq}$  para substituir os três resistores em paralelo.

Figura 17 – Resistor equivalente substituindo resistores em paralelo



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2016)

Quando utilizamos a lei de Ohm nesse circuito, a corrente no resistor equivalente é dada pela equação (2-18) que já foi vista anteriormente, ou seja:

$$i = \frac{V}{R_{eq}}$$

Comparando as equações (2-18) e (2-22), temos:

$$\frac{V}{R_{eq}} = V \cdot \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (2-23)$$

Por meio da equação (2-23) podemos calcular a resistência equivalente numa associação de três resistores em paralelo. Dessa forma, se tivermos N resistores associados em paralelo, a resistência equivalente  $R_{eq}$  do circuito será dada por:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N} \quad (2-24)$$

A equação (2-24), de acordo com Serway e Jewett (2006, p. 789):

[...] mostra que o inverso da resistência equivalente de dois ou mais resistores numa associação em paralelo é igual à soma dos inversos das resistências individuais. Além do mais, a resistência equivalente é sempre inferior à menor resistência do grupo.

### 2.5.3 Instrumentos de medida

As grandezas físicas que são estudadas na Eletrodinâmica podem ser determinadas através de expressões matemáticas, conforme já vimos nos itens anteriores. Ocorre que essas grandezas também podem ser determinadas por meio de instrumentos de medida. O Quadro 2 apresenta essa situação.

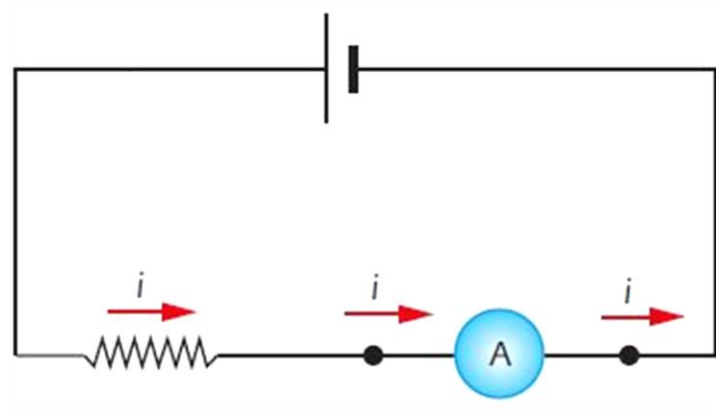
Quadro 2 – Grandezas físicas e seus instrumentos de medida

| Grandeza física      | Instrumento de medida                |
|----------------------|--------------------------------------|
| Corrente elétrica    | Amperímetro                          |
| Tensão elétrica      | Voltímetro                           |
| Resistência elétrica | Ohmímetro                            |
| Potência elétrica    | Wattímetro                           |
| Energia elétrica     | Medidor de energia ou relógio de luz |

Fonte: Próprio autor (2023)

De uma forma geral, os instrumentos de medida do Quadro 2 são conectados em série ou em paralelo com os dispositivos dos quais se pretende fazer a leitura. Por exemplo, o amperímetro deve ser conectado em série no circuito simples da Figura 18 para a medição da corrente elétrica. Nesse caso, é necessário interromper a conexão entre a bateria e o resistor para que esse instrumento seja inserido no circuito.

Figura 18 – Amperímetro ligado em série com um resistor



Fonte: Máximo, Alvarenga e Guimarães (2016)

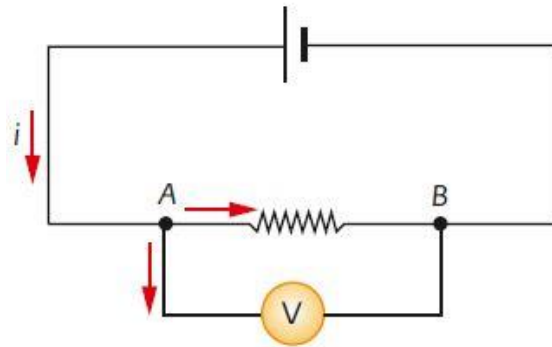
A resistência equivalente do circuito é a soma da resistência elétrica do resistor com a resistência interna do amperímetro, já que eles estão associados em série. Dessa forma, para que esse instrumento meça a corrente sem alterá-la, sua resistência deve ser, nesse caso, muito menor do que a do resistor. Com efeito, um amperímetro ideal teria resistência interna nula e, assim, não causaria uma perturbação na medição da corrente. O amperímetro real se aproxima bastante desse ideal ( $r \rightarrow 0$ ), uma vez que ele seja construído de tal modo que sua resistência interna seja a menor possível (Knight, 2009).

Como afirmam Halliday, Resnick e Walker (2016, p. 399):

O instrumento usado para medir correntes é chamado de amperímetro. Para medir a corrente em um fio, em geral precisamos desligar ou cortar o fio e introduzir o amperímetro no circuito para que a corrente passe pelo aparelho. É essencial que a resistência do amperímetro seja muito menor que todas as outras resistências do circuito; se não for assim, a simples presença do medidor mudará o valor da corrente que se pretende medir.

Por outro lado, o voltímetro deve ser conectado em paralelo para a medição da tensão elétrica, conforme mostrado na Figura 19. Vale ressaltar que para inserir esse instrumento no circuito, não é necessário interromper a conexão entre a bateria e o resistor.

Figura 19 – Voltímetro ligado em paralelo com um resistor



Fonte: Máximo, Alvarenga e Guimarães (2016)

Ainda conforme Halliday, Resnick e Walker (2016, p. 399):

O instrumento usado para medir diferenças de potencial é chamado de voltímetro. Para medir a diferença de potencial entre dois pontos de um circuito, ligamos os terminais do voltímetro a esses pontos sem desligar nem cortar nenhum fio do circuito. É essencial que a resistência  $V$  do voltímetro seja muito maior que a resistência dos elementos do circuito que estão ligados entre os mesmos pontos do circuito que o voltímetro. Se não for assim, a simples presença do medidor mudará o valor da diferença de potencial que se pretende medir.

O voltímetro também possui uma resistência interna e, assim, a corrente que se desvia para ele deve ser a menor possível para que esse instrumento possa medir a tensão elétrica sem alterá-la. Para isso, a resistência do voltímetro deve ser muito maior do que a resistência elétrica do resistor. Nessas condições, portanto, um voltímetro ideal teria resistência interna infinita e não afetaria a tensão elétrica. Os voltímetros reais se aproximam muito desse ideal, e é por isso que eles devem ser fabricados de tal modo que sua resistência interna seja a maior possível ( $r \rightarrow \infty$ ) (Knight, 2009).

É muito comum encontrarmos em lojas de materiais elétricos e/ou eletrônicos um outro importante instrumento de medida chamado multímetro, que é utilizado para medir diversas grandezas físicas, como por exemplo, a corrente elétrica, a tensão elétrica e a resistência elétrica.

Existem medidores que, dependendo da posição de uma chave, podem ser usados como um amperímetro ou como um voltímetro e também, em geral, como um ohmímetro, um aparelho que mede a resistência do elemento ligado entre seus terminais. Esses instrumentos multifuncionais são chamados de multímetros (Halliday, Resnick e Walker, 2016, p. 400).

O multímetro digital da Figura 20 possui uma chave seletora que possibilita o aparelho funcionar como um amperímetro, um voltímetro ou um ohmímetro. Além disso, ele possui cabos elétricos com pontas metálicas que podem ser colocadas em série ou em paralelo com os componentes elétricos e/ou eletrônicos dependendo da grandeza física que se pretende medir nos circuitos.

Figura 20 – Multímetro digital



Fonte: Próprio autor (2023)

A utilização desses instrumentos nos circuitos elétricos deve ser feita de maneira cuidadosa, pois cada instrumento tem uma forma adequada de conexão a fim de garantir que haja leituras corretas das grandezas físicas.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO DA EDUCAÇÃO

Este trabalho utilizará como referencial teórico a teoria da aprendizagem significativa, de Ausubel, por considerarmos que é condizente com os objetivos pretendidos. Além disso, será feita uma discussão a respeito das condições para que ocorra a aprendizagem, dos tipos de aprendizagem, das formas de aprendizagem significativa, das variáveis facilitadoras da aprendizagem significativa e do uso de uma UEPS como sequência didática.

#### 3.1 A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel

David Paul Ausubel era norte americano e foi professor emérito da Universidade de Columbia em Nova Iorque. Ele também era médico-psiquiatra de formação, mas dedicou sua carreira acadêmica a psicologia educacional. O professor Ausubel foi um importante representante do cognitivismo, já que para ele a aprendizagem significativa é a organização e integração do material na estrutura cognitiva (Moreira, 1995).

É importante ressaltar que Ausubel, assim como outros defensores do cognitivismo, se baseava no pressuposto de que existe uma estrutura na qual essa organização e integração se processam. Além disso, para ele, essa estrutura cognitiva deve ser entendida como o conteúdo completo de ideias de um indivíduo e sua organização (Moreira, 1995).

Em sua famosa obra de 1963, intitulada como “Psicologia da Aprendizagem Verbal Significativa”, o professor Ausubel esboça uma primeira tentativa de apresentar uma teoria cognitiva de aprendizagem significativa em oposição a uma aprendizagem verbal por memorização.

Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura específica de conhecimento (Moreira, 1995, p. 153).

Para que haja aprendizagem significativa, de fato, é necessário destacar aquilo que o indivíduo já conhece. Esse é um dos pontos fundamentais da teoria de Ausubel, já que o aprendiz precisa ampliar e reconfigurar as formas de descobrir

para aprender. Dessa forma, cada novo conhecimento a ser assimilado necessita interagir com um conhecimento preexistente em sua estrutura cognitiva. Esse conhecimento prévio é definido por Ausubel como conceito subsunçor ou simplesmente subsunçor. Ainda de acordo com Moreira (1995, p. 153):

A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceito ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz [...]. Estrutura cognitiva significa, portanto, uma estrutura hierárquica de conceitos que são representações de experiências sensoriais do indivíduo.

A teoria de Ausubel destaca com bastante relevância como de fato a aprendizagem pode ocorrer numa sala de aula, já que o ponto fundamental que mais contribui para essa aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe.

Novas ideias e informações podem ser aprendidas e retidas, na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, dessa forma, como ponto de ancoragem às novas ideias e conceitos (Moreira, 1995, p. 152).

Na prática isto significa que numa sala de aula o aluno pode, ao modo dele, chegar a estabelecer a construção de uma tese, seja ela verdadeira ou não. E a partir da convivência social e de novas informações que ele vai recebendo, é que será possível o aluno atingir um conhecimento socialmente estruturado.

### **3.2 Condições para a ocorrência da aprendizagem significativa**

A aprendizagem significativa necessita de pelo menos duas condições para a sua ocorrência: a primeira é que haja uma relação entre o material aprendido e a estrutura cognitiva do aprendiz, de forma não-arbitrária e substantiva (não literal). É importante ressaltar que um material com essa característica é denominado material potencialmente significativo. Para Moreira (1995, p. 156): “Esta condição implica não só que o material seja suficientemente não-arbitrário em si, de modo que possa ser aprendido, mas também que o aprendiz tenha disponível em sua estrutura cognitiva os subsunçores adequados”.

Portanto, pode se afirmar que as características básicas da aprendizagem significativa são a não-arbitrariedade e a substantividade. E falar em não-

arbitrariade, segundo Moreira (1997, p. 2), “quer dizer que o material potencialmente significativo se relaciona de maneira não-arbitrária com o conhecimento já existente na estrutura cognitiva do aprendiz”. Por outro lado, falar em substantividade, de acordo com Moreira (1997, p. 2), “significa que o que é incorporado à estrutura cognitiva é a substância do novo conhecimento, das novas ideias, não as palavras precisas usadas para expressá-las”.

Por fim, a outra condição para a ocorrência da aprendizagem significativa, segundo Moreira (1995, p. 156), “é que o aprendiz manifeste uma disposição para relacionar de maneira substantiva e não-arbitrária o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva”.

Esta última condição traz a seguinte implicação: caso o aprendiz tenha a intenção de apenas memorizar o material de forma arbitrária e literal, mesmo que ele seja potencialmente significativo, o processo de aprendizagem será puramente mecânico por parte do indivíduo. E de forma equivalente, segundo Moreira (1995, p. 156), “[...] independentemente de quão disposto para aprender estiver o indivíduo, nem o processo nem o produto da aprendizagem serão significativos, se o material não for potencialmente significativo”.

Cabe ao aprendiz a atribuição de significado, e assim a qualidade do material potencialmente significativo pode ser mais bem avaliada na medida em que esse material é capaz de dialogar, de forma apropriada e relevante, com o conhecimento prévio do aprendiz.

### **3.3 Aprendizagem mecânica e outras aprendizagens**

A aprendizagem mecânica é definida por Ausubel como sendo aquela constituída de novas informações nas quais praticamente não existe interação com os conceitos mais relevantes presentes na estrutura cognitiva. Em outras palavras, a aprendizagem mecânica ocorre com a incorporação de um conhecimento novo de forma arbitrária. Esse conhecimento inclusive não se conecta a conceitos subsunçores específicos.

Um aspecto importante que caracteriza esse tipo de aprendizagem é a memorização, em que o aprendiz necessita ter acesso a uma determinada informação diversas vezes para guardar na memória. Segundo Moreira (1995, p. 154) “pares de sílabas sem sentido é um exemplo típico de aprendizagem mecânica,

porém a simples memorização de fórmulas, leis e conceitos, em Física, pode também ser tomada como exemplo [...]”.

Se considerarmos também algumas situações da atualidade, veremos que o uso de algumas estratégias de memorização resulta numa aprendizagem mecânica. Por exemplo, é comum em vários cursinhos pré-vestibular o uso de frases para decorar os elementos da tabela periódica nas aulas de Química. Ou ainda, a criação de músicas para memorizar várias fórmulas nas aulas de Matemática e Física.

Segundo Moreira (1995, p. 154): “Na verdade, Ausubel não estabelece a distinção entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica como sendo uma dicotomia e sim como um contínuo”. Em outras palavras, o conhecimento é um processo contínuo, provando que as aprendizagens mecânica e significativa não são opostas.

Ainda de acordo com o próprio Ausubel (2000, p. 5):

Por vezes, também acontece a aprendizagem por memorização e a significativa seguirem-se, sucessivamente, em relação ao mesmo material de aprendizagem, tal como, por exemplo, no caso de um ator que necessita, em primeiro lugar, de aprender por si próprio as falas de forma significativa e, depois, memorizá-las literalmente, tendo como objetivo a encenação.

Outra abordagem presente na teoria de Ausubel é a diferença entre aprendizagem por recepção e aprendizagem por descoberta, na qual a primeira destaca a forma final do que deve ser aprendido pelo aprendiz, enquanto a segunda destaca que é o aprendiz que deve descobrir o conteúdo principal a ser aprendido. Baseado nisso, é que Moreira (1995, p. 153) afirma:

Entretanto, após a descoberta em si, a aprendizagem só é significativa se o conteúdo descoberto ligar-se a conceitos subsunçores relevantes, já existentes na estrutura cognitiva, ou seja, quer por recepção ou por descoberta, a aprendizagem é significativa, segundo a concepção ausubeliana, se a nova informação incorpora-se de forma não-arbitrária à estrutura cognitiva.

### **3.4 Tipos de aprendizagem significativa por recepção**

A aprendizagem significativa por recepção pode ser classificada em três tipos distintos: representacional, conceitual e proposicional. Veremos a seguir a apresentação de cada uma delas e o que as difere uma das outras.

Iniciamos com a aprendizagem representacional, que contempla a atribuição de significados a determinados símbolos, que segundo Moreira (1995, p. 157): “[...] passam a significar, para o indivíduo, aquilo que seus referentes significam”. Na verdade, esses símbolos são usualmente palavras, que passam a representar para o aprendiz as ideias ou objetos aos quais elas se referem.

Ainda de acordo Ausubel (2000, p. 1):

A aprendizagem representacional é significativa, porque tais proposições de equivalência representacional podem relacionar-se de forma não arbitrária, como exemplares, a uma generalização existente na estrutura cognitiva de quase todas as pessoas, quase desde o primeiro ano de vida [...].

Em seguida, temos a aprendizagem conceitual, que de certa forma é um caso particular de aprendizagem representacional, já que conceitos também são representados por símbolos individuais. Entretanto, segundo Moreira (2015, p. 5), “[...] conceitos são genéricos ou categóricos, pois correspondem a abstrações dos atributos criteriais, essenciais dos referentes; conceitos representam regularidades em eventos ou objetos”.

Por último, temos a aprendizagem proposicional que tem como objetivo aprender o significado de ideias por meio de proposições ou sentenças. Esse tipo de aprendizagem difere bem da aprendizagem representacional, uma vez que não se destina ao aprendizado significativo que as palavras isoladas ou combinadas podem representar, mas sim faz referências aos significados de ideias expressas por um conjunto de palavras, que comumente representam conceitos. Esse conjunto de palavras resulta em proposições ou sentenças.

A combinação de palavras em uma sentença, que formam uma proposição, representa os conceitos. Por isso, que segundo Moreira (1995, p. 157):

A tarefa, no entanto, também não é aprender o significado dos conceitos (embora também seja pré-requisito), e, sim, o significado das ideias expressas verbalmente por meio desses conceitos sob forma de uma proposição, ou seja, a tarefa é aprender o significado que está além da soma dos significados das palavras ou conceitos que compõem a proposição.

### 3.5 Formas de aprendizagem significativa

A aprendizagem significativa possui três formas, assim consideradas: por subordinação, por superordenação e de modo combinatório (Moreira, 2011).

Inicialmente destacamos a aprendizagem subordinada, que é definida como a organização hierárquica dos conteúdos realizada pela estrutura cognitiva a partir da associação com o material prévio. É como afirma Moreira (2011, p. 36):

A aprendizagem significativa é dita subordinada quando os novos conhecimentos potencialmente significativos, para o sujeito que aprende, por um processo de ancoragem cognitiva, interativa, em conhecimentos prévios relevantes mais gerais e inclusos já existentes na sua estrutura cognitiva.

Em seguida temos a aprendizagem superordenada, que ocorre quando um novo conceito é mais abrangente do que um já existente, de modo a substituir o conceito anterior pelo mais completo. Essa forma de aprendizagem, segundo Moreira (2011, p. 37), “[...] envolve, então, processos de abstração, indução, síntese, que levam a novos conhecimentos que passam a subordinar aqueles que lhes deram origem [...]”.

Por fim, temos a aprendizagem combinatória que ocorre quando os conceitos aprendidos não são subordinados e nem superordenados, isto porque a aprendizagem adquirida não é por interação com um determinado subsunçor, mas sim com um conhecimento mais amplo e mais abrangente. Para Moreira (2011, p. 37 e p. 38):

A aprendizagem combinatória é, então, uma forma de aprendizagem significativa em que a atribuição de significados a um novo conhecimento implica interação com vários outros conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva, mas não é nem mais inclusiva nem mais específica do que os conhecimentos originais [...].

### 3.6 Variáveis facilitadoras da aprendizagem significativa

A teoria de Ausubel leva em conta também importantes variáveis que contribuem bastante para a facilitação da aprendizagem significativa. Assim destacamos o conhecimento prévio do aluno, a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, os organizadores prévios, a organização sequencial, a consolidação e a linguagem (Moreira, 2010).

O conhecimento prévio do aluno organizado de maneira hierárquica é, segundo Moreira (2010, p. 18), “[...] a principal variável a influenciar a aprendizagem significativa de novos conhecimentos”. Essa é a primeira premissa que Ausubel destacou na sua teoria, ou seja, para ele o aluno aprende a partir do que já sabe.

A segunda variável refere-se a uma situação na qual o aluno vai diferenciando de forma progressiva e, ao mesmo tempo, tentando reconciliar de forma integradora, os novos conhecimentos que interagem com aqueles já existentes (Moreira, 2010). É nesse momento que surge a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa ou integradora, que são dois processos nos quais, segundo Moreira (2010, p. 18), “[...] o aprendiz vai organizando, hierarquicamente, sua estrutura cognitiva em determinado campo de conhecimentos”.

Outra variável proposta por Ausubel, em sua teoria, visando à facilitação da aprendizagem significativa são os organizadores prévios, que devem atuar como recurso instrucional numa situação em que o aluno, por exemplo, não possui os subsunçores adequados diante do novo conhecimento (Moreira, 2010).

Esses organizadores, de acordo com Moreira (2010, p. 20):

[...] Seriam materiais introdutórios apresentados em um nível mais alto de generalidade e inclusividade, formulados de acordo com conhecimentos que o aluno tem, que fariam a ponte cognitiva entre estes conhecimentos e aqueles que o aluno deveria ter para que o material fosse potencialmente significativo.

Em seguida, temos a organização sequencial e a consolidação como outras variáveis recomendadas, por Ausubel, a fim de facilitar a aprendizagem significativa (Moreira, 2010). Iniciemos pela organização sequencial que estabelece o seguinte: se os tópicos de uma determinada disciplina estiverem sequenciados, de modo que haja dependências hierárquicas naturais, se tornará mais fácil para o aluno organizar seus subsunçores também de forma hierárquica (Moreira, 2010).

A consolidação, por sua vez, conforme Moreira (2010, p. 21), “[...] tem a ver com o domínio de conhecimentos prévios antes da introdução de novos conhecimentos”. É importante ressaltar que a insistência no domínio de conhecimentos prévios, antes da apresentação de novos conhecimentos ao aluno, é uma consequência direta da teoria de Ausubel, já que ele próprio afirmou que o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa de novos conhecimentos.

A linguagem é outra variável de extrema importância, mencionada por Ausubel, na facilitação da aprendizagem significativa, uma vez que esta última, segundo Moreira (2010, p. 21), “[...] depende da capacitação de significados que envolve um intercâmbio, uma negociação, de significados, que depende essencialmente da linguagem”.

Um exemplo disso, é que em uma “situação formal de ensino” (expressão usada por Marco Moreira para se referir a uma sala de aula presencial ou ambiente virtual), um professor usa a linguagem para apresentar os significados ao aluno, que por sua vez, usa também a linguagem quando devolve os significados que está captando (Moreira, 2010).

De acordo como Moreira (2010, p. 22):

O homem vive na linguagem. Portanto, a linguagem é essencial na facilitação da aprendizagem significativa. As palavras são signos linguísticos e delas dependemos para ensinar qualquer corpo organizado de conhecimentos em situação formal de ensino que é a proposta subjacente à teoria da aprendizagem significativa.

### **3.7 Uso de uma UEPS como sequência didática**

A sigla UEPS significa Unidade de Ensino Potencialmente Significativa fundamentada principalmente na teoria da aprendizagem significativa. A UEPS foi construída originalmente pelo físico Marco Antonio Moreira que partiu das premissas de que não há ensino sem aprendizagem, pois segundo ele, o ensino é o meio e a aprendizagem é o fim.

As UEPS, de acordo com Moreira (2011, p. 2), são:

[...] sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula.

Para a construção de uma UEPS deve-se levar em conta o seu objetivo, a sua filosofia, o seu marco teórico e os seus princípios (Moreira, 2011). Além disso, esse tipo de sequência didática também deve contemplar importantes aspectos transversais, ou seja:

Em todos os passos, os materiais e as estratégias de ensino devem ser diversificados, o questionamento deve ser privilegiado em relação às respostas prontas e o diálogo e a crítica devem ser estimulados; como tarefa de aprendizagem, em atividades desenvolvidas ao longo da UEPS, pode-se pedir aos alunos que proponham, eles mesmos, situações-problema relativa ao tópico em questão; embora a UEPS deva privilegiar as atividades colaborativas, a mesma pode também prever momentos de atividades individuais (Moreira, 2011, p. 5).

É importante ressaltar que as UEPS são propostas como recurso facilitador para a ocorrência da aprendizagem significativa, sendo que a estruturação do processo de ensino, na forma de sequência didática, ocorre através de oito etapas estabelecidas por Moreira (Sousa e Pinheiro, 2019).

Essas etapas são apresentadas no Quadro 3, de forma resumida, segundo Sousa e Pinheiro (2019, p. 116).

Quadro 3 – Etapas constitutivas das UEPS

| <b>Aspectos sequenciais das UEPS</b> |                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Etapa 1</b>                       | Definir o tópico que será abordado, resgatando o conhecimento prévio e as relações que podem ser estabelecidas com o novo conhecimento.                                     |
| <b>Etapa 2</b>                       | Proporcionar situações em que o estudante possa externalizar o conhecimento prévio.                                                                                         |
| <b>Etapa 3</b>                       | Introdução ao tópico de estudo, com situações que relacionem o conhecimento prévio com o novo conhecimento.                                                                 |
| <b>Etapa 4</b>                       | Apresentar o novo conteúdo ou conceito, partindo dos aspectos mais gerais para os mais específicos (diferenciação progressiva).                                             |
| <b>Etapa 5</b>                       | Retomada dos aspectos mais gerais do conteúdo, avançando na complexidade. Promover situações de interação com o grupo de estudantes, envolvendo negociação de significados. |
| <b>Etapa 6</b>                       | Abordagem do tópico de estudo em maior grau de complexidade, com diversificação de atividades.                                                                              |
| <b>Etapa 7</b>                       | Avaliação processual e formativa da aprendizagem.                                                                                                                           |
| <b>Etapa 8</b>                       | Avaliação da UEPS, segundo evidências da aprendizagem significativa.                                                                                                        |

Fonte: Sousa e Pinheiro (2019)

Portanto, as etapas mencionadas acima constituem uma das partes mais importantes no desenvolvimento de uma UEPS, uma vez que elas contemplam aspectos fundamentais e essenciais da aprendizagem significativa, como a

modificação de subsunções, a ancoragem, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. É com base nisso, que segundo Sousa e Pinheiro (2019, p. 118), “[...] a implantação de UEPS tem como objetivo organizar e sistematizar o processo de ensino, oferecendo materiais e procedimentos capazes de desenvolver a aprendizagem significativa em diferentes contextos”.

## **4 PRODUTO EDUCACIONAL**

Neste capítulo apresentamos o nosso produto educacional que se trata de uma sequência didática de ensino do tipo UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativa) fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, e cuja finalidade é investigar os conhecimentos prévios dos alunos sobre as grandezas físicas fundamentais da Eletrodinâmica.

Inicialmente abordamos o motivo da escolha da UEPS e o público-alvo. Em seguida, relatamos como foi a aplicação da sequência didática descrevendo os oito passos ou etapas que nos permitiram utilizar em nossa prática pedagógica algumas ferramentas educacionais, tais como: questionário de conhecimentos prévios, mapa mental, mapa conceitual, simulador virtual e kit experimental.

### **4.1 Escolha da UEPS e público-alvo**

A escolha de uma UEPS para o desenvolvimento do nosso produto educacional se deu pelo fato de que ela é uma sequência didática que possui encaminhamentos lógicos e metodológicos para o desenvolvimento de uma prática de ensino que seja capaz de atribuir significado àquilo que se aprende com o intuito de promover a aprendizagem significativa.

Nesse sentido, a elaboração de uma sequência didática de ensino fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel é um meio de comprovar que a sua utilização pode despertar nos alunos uma melhor compreensão sobre as grandezas físicas estudadas na Eletrodinâmica, a partir do conhecimento prévio que eles possuem, da problematização e contextualização, bem como da prática experimental no ensino de Física.

Essa sequência didática teve como público-alvo 42 estudantes (29 meninas e 13 meninos) cuja faixa etária era entre 17 e 18 anos. Esses alunos eram do turno vespertino de uma turma do 3º ano do Centro de Ensino Governador Archer, que é uma escola da rede pública estadual de ensino localizada no bairro do Filipinho na cidade de São Luís - MA.

## 4.2 Aplicação da UEPS

A UEPS foi aplicada no mês de outubro do ano de 2022, em dias úteis da semana, e de acordo com o horário de aula da disciplina Física estabelecido para a turma do 3º ano do Ensino Médio. Vale ressaltar que essa disciplina possui uma carga horária de 30 aulas por bimestre e que a sequência didática ocorreu num total de 22 aulas, sendo que foram utilizados 50 minutos para cada aula. Entretanto, as 22 aulas usadas para a sequência didática não foram contínuas, uma vez que ocorreram vários imprevistos (feriados, pontos facultativos, reuniões pedagógicas e alterações nos horários de aula) que impossibilitaram a realização dos encontros (de forma contínua) para a aplicação da UEPS.

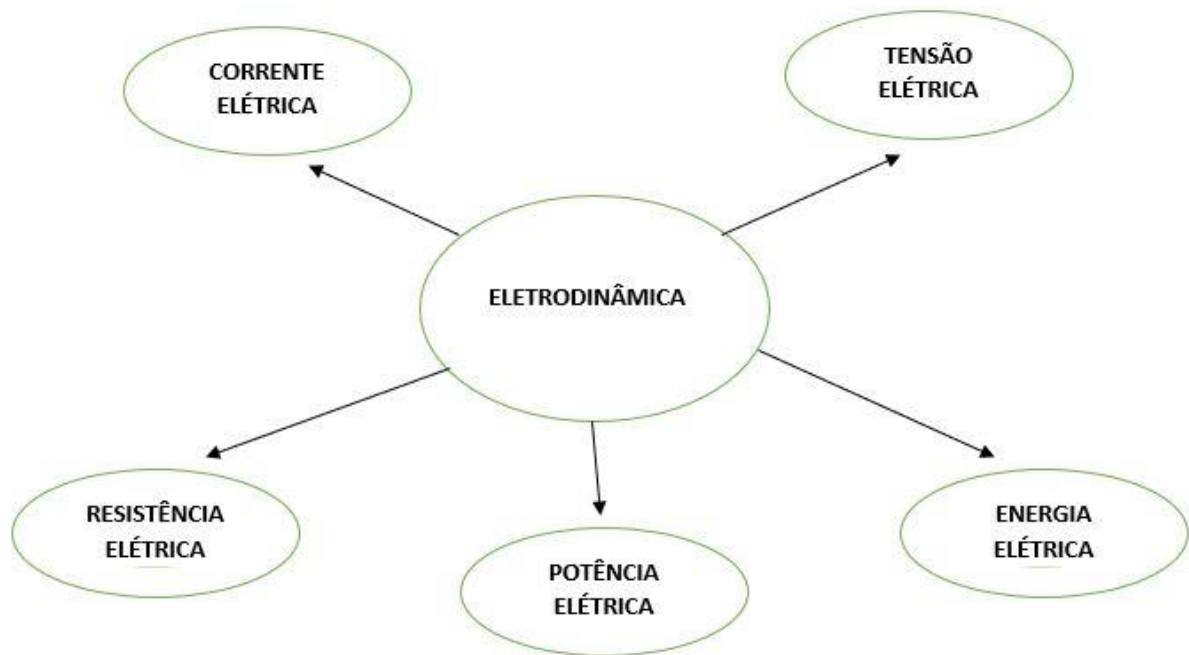
Como já vimos na seção 3.7, uma UEPS é constituída de oito passos ou etapas que reúnem aspectos fundamentais e essenciais para a estruturação e elaboração de uma sequência didática de ensino. A seguir, descrevemos o que aconteceu em cada uma dessas etapas.

### 4.2.1 Situação Inicial: 1º Passo (01 aula)

Na primeira aula houve inicialmente uma conversa com os alunos a respeito de uma metodologia diferente de ensino planejada para ser utilizada no segundo semestre. Para isso, demos uma explicação sobre a sequência didática do tipo UEPS em que destacamos o seu objetivo, a sua estrutura e a sua implementação nas aulas de Física do 3º ano.

No segundo momento da aula apresentamos o tópico específico (objeto de estudo) da UEPS, ou seja, fizemos um breve comentário sobre as principais grandezas físicas estudadas na Eletrodinâmica. Nossa estratégia foi desenhar no quadro o mapa mental, Figura 21, para ilustrar a relação da palavra central (Eletrodinâmica) com as palavras adjacentes (grandezas físicas). Em seguida, pedimos aos alunos que reproduzissem no caderno esse mesmo mapa.

Figura 21 – Mapa mental sobre as grandezas físicas da Eletrodinâmica



Fonte: Próprio autor (2023)

A fim de compreender a diferença entre mapa conceitual e mapa mental, duas ferramentas usadas nesse trabalho, seguem as definições. Segundo Moreira (1992, p. 2):

De uma maneira ampla, mapas conceituais são apenas diagramas que indicam relações entre conceitos. Mais especificamente, podem ser interpretados como diagramas hierárquicos que procuram refletir a organização conceitual de uma disciplina ou de parte dela. Ou seja, sua existência deriva da estrutura conceitual de uma disciplina.

Desse modo “Mapas conceituais devem ser entendidos como diagramas bidimensionais que procuram mostrar relações hierárquicas entre conceitos de uma disciplina e que derivam sua existência da própria estrutura conceitual da disciplina” (Moreira, 1992, p. 2).

De acordo com o site <https://www.locaweb.com.br/blog/temas/primeiros-passos/mapa-mental> (do blogue *Locaweb Blog*), um mapa mental “é um diagrama visual que consiste na organização de ideias ou informações em torno de um tópico central. Essa ferramenta possibilita fazer ligações entre as ideias e ajuda a assimilá-las mais facilmente”.

Assim, existe uma diferença entre essas duas ferramentas. Os mapas mentais possuem uma estrutura mais simples e mais fácil de serem utilizados em

sala de aula, porém os mapas conceituais permitem avaliar melhor a compreensão dos tópicos pelos alunos e representar de forma mais complexa os conceitos estudados.

A construção de um mapa conceitual é mostrada nas Figuras 55, 56 e 57 do item 5.5 deste trabalho.

No terceiro momento da aula solicitamos aos alunos que anotassem exemplos de três palavras relacionadas a cada uma das grandezas físicas apresentadas no mapa da Figura 21. Como dica, sugerimos a eles que escrevessem o nome de objetos ou equipamentos que pudessem associar com alguma dessas grandezas.

Os alunos foram informados que o registro dessas anotações no caderno constituiria como a primeira atividade da UEPS, e que elas seriam importantes para a participação deles na segunda etapa da sequência didática.

#### **4.2.2 Situações-problema: 2º Passo (02 aulas)**

Na segunda aula os alunos formaram cinco equipes para construir um mapa mental sobre as grandezas físicas estudadas na Eletrodinâmica. Fizemos um sorteio para saber qual seria o tópico específico (no caso, a grandeza física) de cada equipe.

Orientamos os alunos para que eles utilizassem os cadernos com as anotações referentes à primeira atividade. Com isso, eles tiveram uma importante ferramenta de pesquisa para auxiliá-los na elaboração do mapa mental.

As equipes realizaram a tarefa da construção dos mapas, e assim pudemos recebê-los e registrá-los como a segunda atividade da UEPS.

Na terceira aula aplicamos um questionário individual com os alunos a fim de que eles pudessem revelar seus conhecimentos prévios a respeito dos conteúdos que foram trabalhados no decorrer da UEPS. O questionário de conhecimentos prévios encontra-se no Apêndice A e as questões elaboradas foram as seguintes:

- 1) Por que pode ser perigoso uma pessoa descalça abrir a porta da geladeira?
- 2) É comum algumas pessoas da nossa cidade falarem o seguinte:

*“Aquela tomada na parede tem 220 volts”.*

A expressão usada acima tem relação com qual grandeza física?

- 3) Para passar a roupa em casa, é necessário ligar o ferro elétrico numa tomada residencial. Por que o ferro começa a esquentar depois de alguns minutos?
- 4) Suponha que a lâmpada do seu quarto tenha queimado. Você então, se desloca até um comércio, próximo da sua casa, para comprar uma lâmpada nova. Quais são as principais informações técnicas, contidas na embalagem da lâmpada, que você levará em consideração para comprá-la?
- 5) Para acender uma lanterna são necessários alguns componentes para formarem o seu circuito elétrico. Quais são esses componentes?

Antes que os alunos comessem a responder o questionário, fizemos apenas a leitura das questões sem fornecer nenhuma explicação detalhada delas, e procuramos incentivá-los ao máximo para que respondessem as cinco questões sem a preocupação inicial de acertos ou erros, apenas de acordo com o entendimento deles.

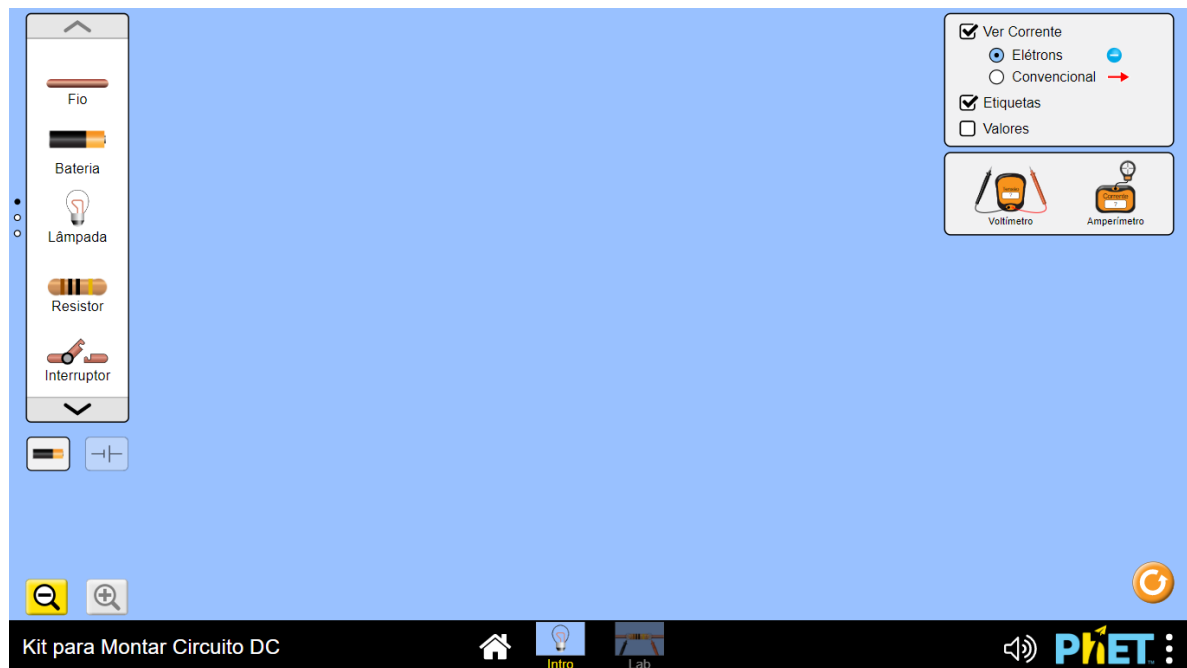
Depois de 40 minutos (prazo que foi estabelecido para que a tarefa fosse executada pelos alunos) fizemos o recolhimento do questionário e informamos aos alunos que ele seria registrado como a terceira atividade da UEPS.

#### **4.2.3 Novas situações-problema: 3º Passo (03 aulas)**

Nesta etapa utilizamos um notebook e um projetor para apresentar o site do *Phet Interactive Simulations* ([https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)) da Universidade do Colorado. Esse site permite fazer diversas simulações virtuais de forma *online* nas áreas de Matemática e Ciências. Dessa forma, o nosso objetivo aqui nesse terceiro passo foi submeter os alunos a novos conhecimentos, através da simulação virtual dos conteúdos estudados em Eletrodinâmica, levando-se em conta o conhecimento prévio desses estudantes em um nível bem introdutório.

Na quarta aula utilizamos a plataforma de Física do *Phet Interactive Simulations* e clicamos no ícone “Kit para Montar Circuito DC”. Em seguida, pedimos aos alunos que realizassem duas tarefas: na primeira eles observaram atentamente a projeção e escreveram no caderno o nome dos objetos que apareceram na tela da plataforma, conforme a Figura 22.

Figura 22 – Tela com objetos que serão usados na montagem do circuito DC



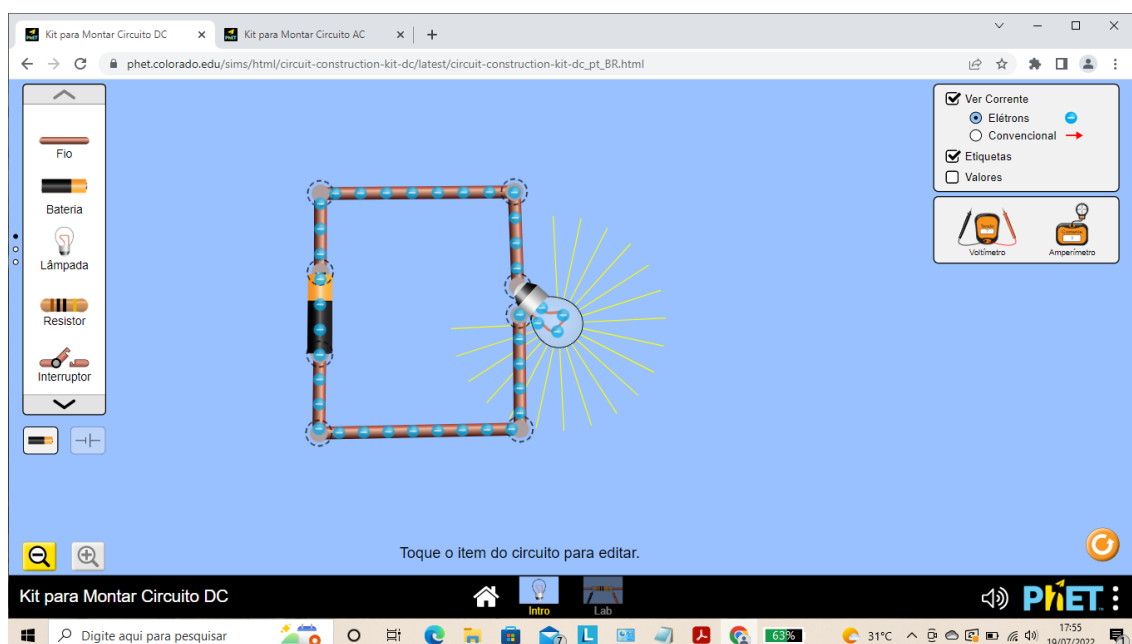
Fonte: Site do *Phet Interactive Simulations*

Na segunda tarefa, os alunos utilizaram os cadernos para montar, através de um desenho, um circuito com uma lâmpada, uma pilha e alguns pedaços de fio. A prática desse desenho, inclusive, contribuiu para que eles fossem capazes de construir modelos mentais que resultassem da percepção e do conhecimento prévio. Vale ressaltar ainda que as duas tarefas executadas na turma constituíram a quarta atividade da UEPS.

Na quinta aula, com base nas tarefas que os alunos realizaram anteriormente, fizemos uma exposição oral, em um nível bem introdutório, sobre circuitos e seus elementos. Além disso, falamos também da importância de dois instrumentos de medidas utilizados em um circuito elétrico: o amperímetro e o voltímetro.

Em seguida, os alunos foram organizados em equipes e cada uma delas acessou a plataforma de Física do *Phet Interactive Simulations* clicando no ícone “Kit para Montar Circuito DC”. Cada equipe interagiu com a simulação virtual e pôde montar o circuito da Figura 23 que é semelhante àquele desenhado nos cadernos pelos estudantes na aula anterior. Eles também puderam constatar que a montagem desse circuito resultou no acendimento da lâmpada.

Figura 23 – Montagem do circuito DC com a lâmpada acesa



Fonte: Site do Phet Interactive Simulations

Na sexta aula, as equipes continuaram a interagir com a simulação virtual e dessa vez, os alunos acrescentaram ao circuito um interruptor, um amperímetro e um voltímetro para que pudessem compreender melhor a finalidade de cada um deles no circuito elétrico. A participação de cada membro dos grupos e a interação deles com o simulador, nestas últimas aulas, serviram como uma avaliação qualitativa nesta etapa da UEPS.

Essa foi mais uma etapa fundamental na sequência didática, porque ela permitiu a introdução de novos conhecimentos aos alunos, sem deixar de lado o conhecimento prévio deles. Entre os conteúdos novos que foram trabalhados destacamos os elementos de um circuito elétrico simples e os instrumentos de medida utilizados nesses circuitos.

#### 4.2.4 Diferenciação progressiva: 4º Passo (05 aulas)

Para a realização desta etapa utilizamos os seguintes recursos didáticos: quadro, pincel, notebook e projetor. Foi com o auxílio desses recursos que fizemos uma abordagem a respeito das grandezas físicas onde se levou em conta a diferenciação progressiva.

Na sétima aula iniciamos o estudo da corrente elétrica. Um pouco antes, de forma breve, havíamos falado a respeito do mapa mental que foi construído na

primeira etapa da UEPS, uma vez que ele apresentava os aspectos mais gerais que foram abordados no estudo da Eletrodinâmica. Foi com base nisso, que detalhamos progressivamente os tópicos do mapa mental em situações mais específicas.

Organizamos o planejamento das aulas, com os respectivos conteúdos, de acordo com o Quadro 4.

Quadro 4 – Encontros e conteúdos no 4º passo da UEPS

| Encontros | Conteúdos que foram ministrados       |
|-----------|---------------------------------------|
| 7ª aula   | Corrente elétrica                     |
| 8ª aula   | Tensão elétrica; Resistência elétrica |
| 9ª aula   | Potência elétrica; Energia elétrica   |

Fonte: Próprio autor (2023)

A distribuição feita no Quadro 4 favoreceu uma abordagem inicial dos assuntos onde foi possível destacar alguns aspectos importantes, tais como a definição de cada grandeza física e a sua respectiva unidade de medida no SI (Sistema Internacional de Unidades). Nessas aulas utilizamos mais uma vez a avaliação qualitativa observando os seguintes aspectos: a participação dos alunos e as anotações deles no caderno.

Finalizamos essa etapa com mais dois encontros (10ª e 11ª aulas) onde houve uma atividade colaborativa em grupos. Inicialmente foi utilizado um projetor, como recurso didático, para exibir a foto da embalagem de três tipos de lâmpadas: incandescente (Figura 24), fluorescente (Figura 25) e LED (Figura 26).

Figura 24 – Informações técnicas de uma lâmpada incandescente



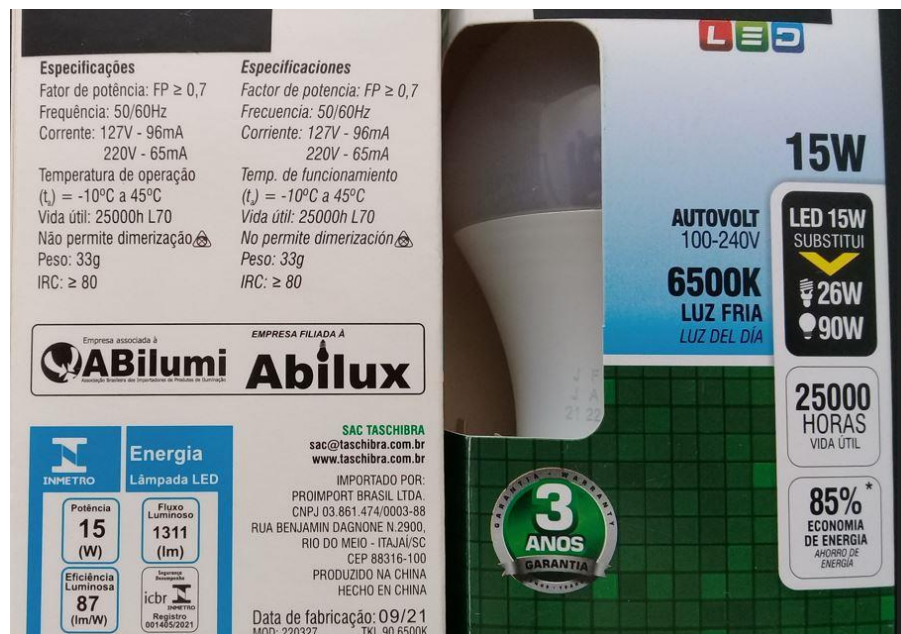
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 25 – Informações técnicas de uma lâmpada fluorescente



Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 26 – Informações técnicas de uma lâmpada LED



Fonte: Próprio autor (2023)

Os alunos observaram atentamente a projeção e anotaram no caderno as informações técnicas disponíveis em cada embalagem. Em seguida, eles foram organizados em grupos e usaram uma folha de papel A4 na qual desenharam um quadro para cada tipo de lâmpada com o nome das grandezas físicas e das unidades de medida, de acordo com as anotações que fizeram no caderno.

Solicitamos também aos membros de cada equipe que fizessem um revezamento para ler em voz alta as informações contidas na folha de papel A4. Depois disso, houve um debate de ideias e discussões sobre as vantagens e desvantagens quanto à utilização dos três tipos de lâmpadas mencionadas nesta etapa. Por último, os grupos entregaram a folha de papel A4 que constituiu a quinta atividade da UEPS.

#### **4.2.5 Negociação de significados: 5º Passo (04 aulas)**

Na décima segunda aula exibimos dois vídeos sobre mapa conceitual: o primeiro com o título “Mapa conceitual - uma metodologia ativa” (A Física é linda, 2020) e o segundo com o título “Exemplo de mapa conceitual” (A Física é linda, 2021). Esses vídeos foram produzidos pelo professor Ronaldo Filho do Instituto Federal de Alagoas (IFAL) e estão disponíveis no canal “A Física é linda” do *YouTube*. Os vídeos foram fundamentais para que os alunos pudessem compreender como era feita a construção dos mapas e como eles poderiam auxiliar no entendimento dos conceitos físicos.

Após a exibição dos vídeos, fizemos uma exposição oral sobre o mapa conceitual reforçando a finalidade dele e os passos para a sua construção. Em seguida, colocamos um exemplo no quadro para que os alunos pudessem tirar as dúvidas. Ao final da aula, foi solicitado a eles que elaborassem um mapa conceitual com o tema semelhante ao que fizemos em sala de aula como exemplo. Os alunos se comprometeram em realizar a tarefa em casa e mostrar ao professor na aula seguinte.

Na décima terceira aula, os alunos formaram grupos para construir um mapa conceitual sobre as grandezas físicas estudadas na Eletrodinâmica. Para isso, eles utilizaram uma folha de papel A4, além do livro didático e das notas de aula como materiais de pesquisa que auxiliaram na construção do mapa.

Após a realização dessa tarefa, os mapas foram trocados entre as equipes para que fossem feitas possíveis análises e comparações. Em seguida, cada mapa foi devolvido ao grupo de origem onde houve a indicação de um aluno ou uma aluna como representante para fazer a leitura em voz alta do mapa conceitual. Ao final dessa aula, cada equipe entregou o seu mapa que constituiu como a sexta atividade da sequência didática.

Na décima quarta aula fizemos uma breve exposição oral sobre corrente elétrica e tensão elétrica acrescentando mais informações, tais como os tipos de corrente e os tipos de tensão utilizadas no dia a dia, bem como destacamos a importância dos instrumentos de medida dessas grandezas físicas.

Após esse momento, formamos grupos de alunos para uma prática experimental com o uso do multímetro. Explicamos a eles sobre as diferentes funções que esse instrumento possui de acordo com a grandeza que se pretendi medir. Os membros de cada equipe puderam manusear o multímetro para medir a tensão elétrica de dois tipos de pilhas e dois tipos de bateria. As equipes foram orientadas a fazer as anotações das medidas realizadas numa folha de caderno ou de papel A4 para que pudessem entregar ao final da aula como a sétima atividade da sequência didática.

Na décima quinta aula retomamos o conteúdo resistência elétrica, por meio de outra exposição oral, dando uma ênfase maior aos resistores. Explicamos aos alunos a importância desses componentes nos circuitos elétricos, as formas de leitura para descobrir seus valores e os tipos de associações que podem ser feitas com esses dispositivos. Depois disso, organizamos os alunos em equipes para uma outra prática experimental muito importante, ou seja, cada grupo recebeu uma tabela com o código de cores para que pudessem aprender a descobrir o valor de alguns resistores que disponibilizamos nessa aula. Essa tabela encontra-se disponível no Apêndice B da dissertação.

Em seguida, os grupos (um de cada vez) receberam uma explicação sobre como descobrir o valor dos resistores utilizando um multímetro. E assim, eles puderam manusear o instrumento e aprenderam a fazer a leitura nele na condição de um ohmímetro. Ao final da aula, pedimos aos alunos que fizessem as devidas comparações e os informamos que a oitava atividade da UEPS seriam as anotações das informações obtidas, tanto na leitura com o código de cores quanto na leitura com o multímetro. Alguns alunos entregaram essa atividade numa folha de papel A4 e outros numa folha de caderno.

É importante ressaltar que a construção do mapa no início dessa etapa e as anotações nas folhas das práticas experimentais, ambas realizadas em grupos, foram atividades colaborativas que contribuíram para que os alunos interagissem socialmente e buscassem a negociação de significados. Coube ao professor apenas mediar as ações e discussões durante a realização da etapa.

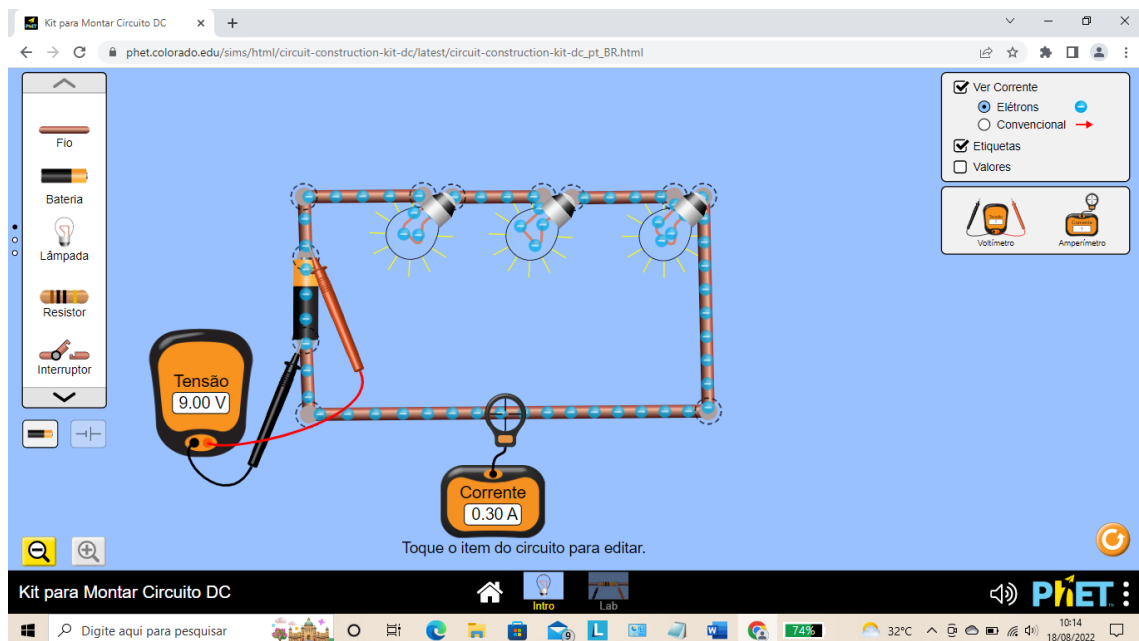
#### 4.2.6 Reconciliação integradora: 6º Passo (05 aulas)

Nesta etapa demos continuidade ao processo de diferenciação progressiva em que retomamos as características mais importantes do tópico específico desta UEPS buscando a reconciliação integradora. Para isso, fizemos uma nova apresentação dos significados através da simulação virtual e da realização de experimentos.

Na décima sexta aula utilizamos um notebook e um projetor para fazer uma abordagem sobre circuitos elétricos enfatizando ainda mais as grandezas físicas já estudadas e os instrumentos de medida. Falamos também sobre o resistor e a lâmpada incandescente destacando inclusive os tipos de associação que podem ser feitas com esses componentes.

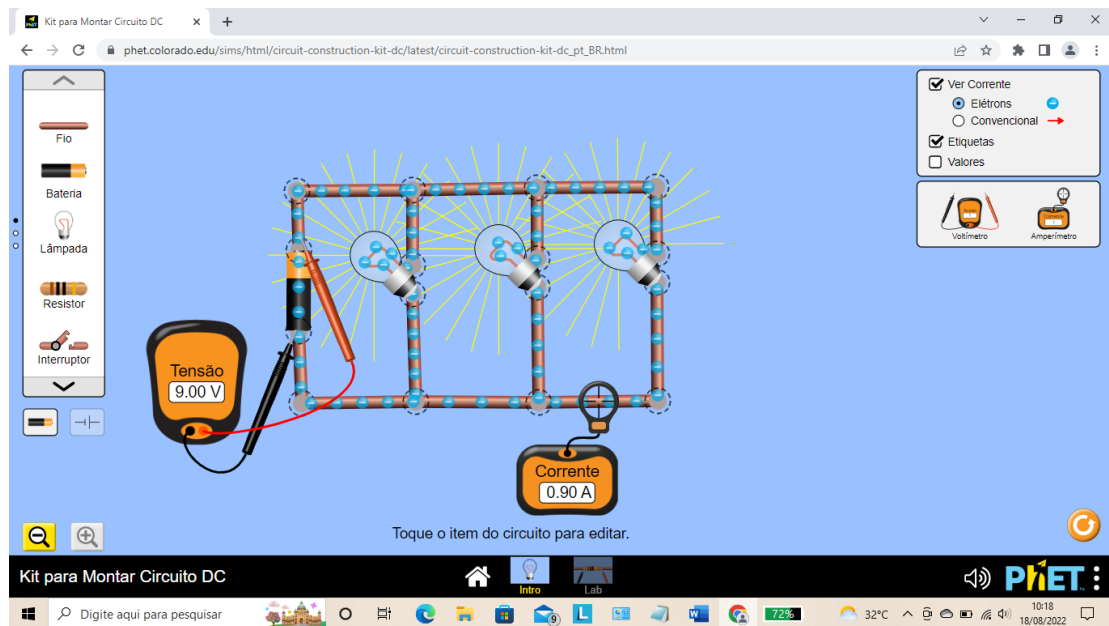
Em seguida, os alunos formaram grupos e acessaram novamente a plataforma de Física *Phet Interactive Simulations* para realizar duas tarefas: a primeira foi uma simulação de um circuito elétrico referente a uma associação de lâmpadas em série (Figura 27), e a segunda foi a simulação de um circuito elétrico referente a uma associação de lâmpadas em paralelo (Figura 28). Em ambas as simulações os alunos utilizaram uma bateria como fonte de tensão contínua.

Figura 27 – Simulação de lâmpadas em série (fonte de tensão contínua)



Fonte: Site do Phet Interactive Simulations

Figura 28 – Simulação de lâmpadas em paralelo (fonte de tensão contínua)



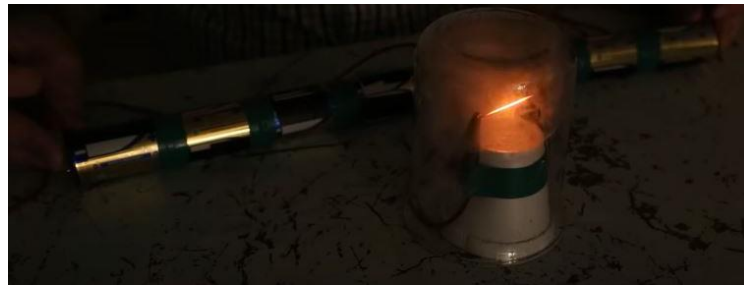
Fonte: Site do Phet Interactive Simulations

O uso das simulações virtuais nessa etapa serviu para retomarmos os conteúdos vistos anteriormente e para mostrarmos de que maneira os instrumentos de medida, como por exemplo, o voltímetro e o amperímetro, devem ser conectados em um circuito elétrico para que haja um bom funcionamento deles.

Na última fase dessa etapa, os alunos mantiveram a formação de grupos para a realização de três experimentos que deram seguimento ao processo de diferenciação progressiva onde todos os principais conteúdos trabalhados nesta UEPS foram retomados novamente numa perspectiva integradora.

Na décima sétima aula exibimos o vídeo “Como fazer uma lâmpada caseira” (Manual do Mundo, 2013) que está disponível no canal “Manual do Mundo” do Youtube. Em seguida, fizemos a projeção de três fotos nas quais apareceram a lâmpada caseira do vídeo em diferentes estágios quanto à intensidade do seu brilho (pouco, médio e intenso), de acordo com a Figura 29, a Figura 30 e a Figura 31.

Figura 29 – Primeiro estágio da lâmpada caseira (pouco brilho)



Fonte: Site do canal “Manual do Mundo” no YouTube

Figura 30 – Segundo estágio da lâmpada caseira (brilho médio)



Fonte: Site do canal “Manual do Mundo” no YouTube

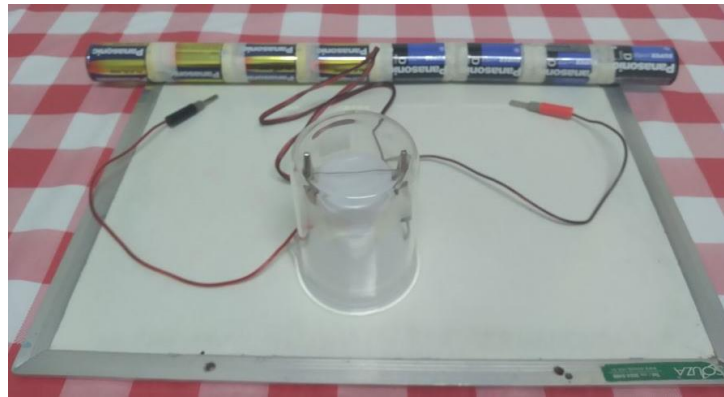
Figura 31 – Terceiro estágio da lâmpada caseira (brilho intenso)



Fonte: Site do canal “Manual do Mundo” no YouTube

Depois disso, reforçamos as explicações do vídeo citando inclusive os materiais utilizados e os passos para a montagem do 1º experimento, conforme a Figura 32, sobre a lâmpada caseira. Para a realização desse experimento foram utilizados os seguintes materiais: um copo descartável, um recipiente de vidro, uma fita adesiva, uma ponta de grafite 0.5mm, oito pilhas de 1,5V do tipo D e fios de ligação com uma das extremidades possuindo um conector do tipo “jacaré”.

Figura 32 – Montagem da lâmpada caseira

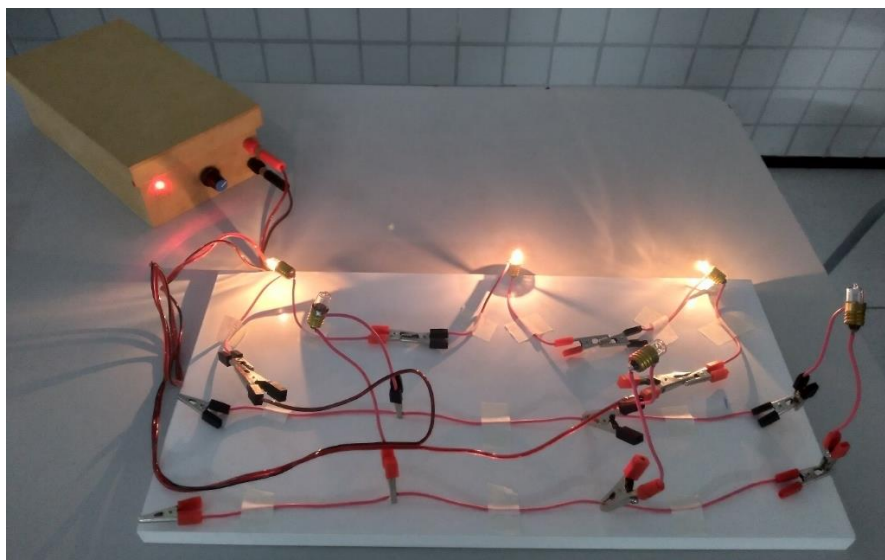


Fonte: Próprio autor (2023)

Os alunos foram organizados em equipes e os membros puderam interagir, compartilhar ideias e discutir sobre os desafios que poderiam surgir durante a construção do experimento da lâmpada caseira.

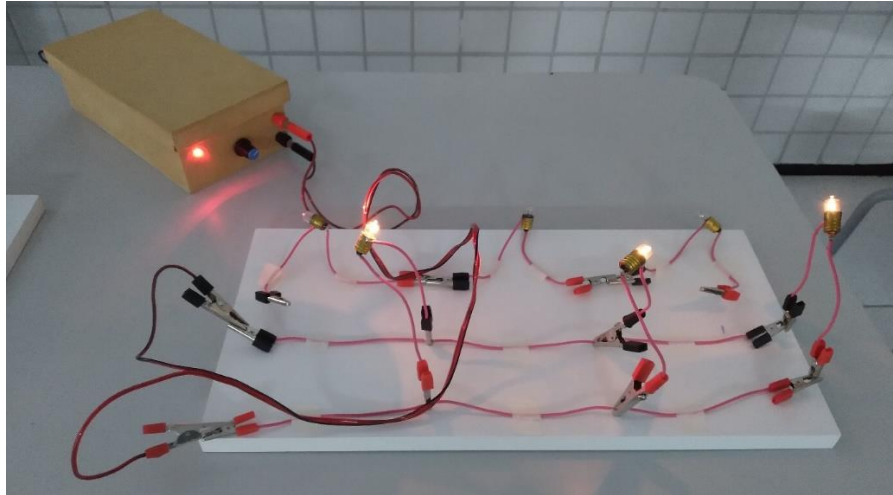
Na décima oitava aula, os grupos de alunos continuaram com a mesma formação para a realização de algumas tarefas do 2º experimento sobre a associação de lâmpadas com uma fonte de tensão contínua, conforme a Figura 33 (associação em série) e a Figura 34 (associação em paralelo). Para a montagem desse experimento obtivemos a ajuda dos alunos e assim, utilizamos os seguintes materiais: uma base pequena de material MDP, fios de ligação com conectores do tipo “jacaré” e seis lâmpadas incandescentes de 2,5 V cada.

Figura 33 – Associação de lâmpadas em série com uma fonte de tensão contínua



Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 34 – Associação de lâmpadas em paralelo com uma fonte de tensão contínua

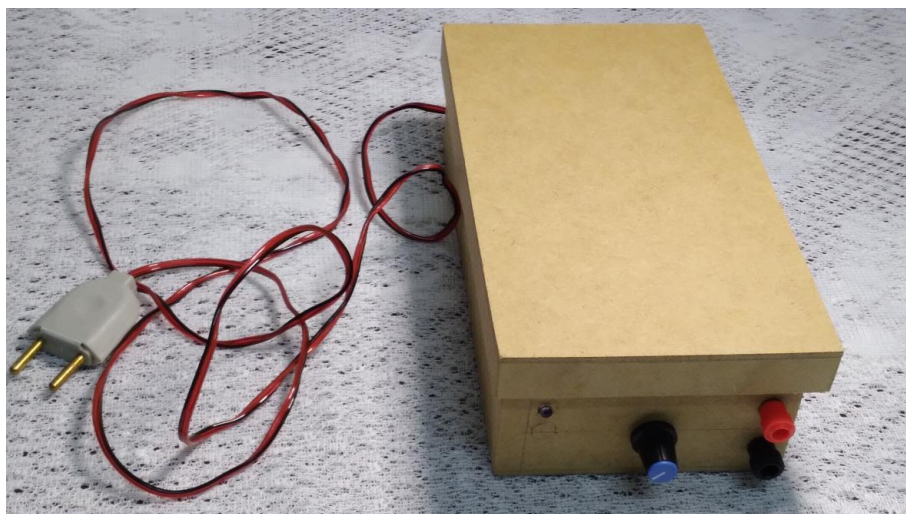


Fonte: Próprio autor (2023)

Para a realização desse experimento, utilizamos uma fonte caseira de tensão elétrica contínua (Figura 35). Essa fonte foi construída na disciplina Atividades Experimentais para o Ensino Fundamental e Médio que pertence ao programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

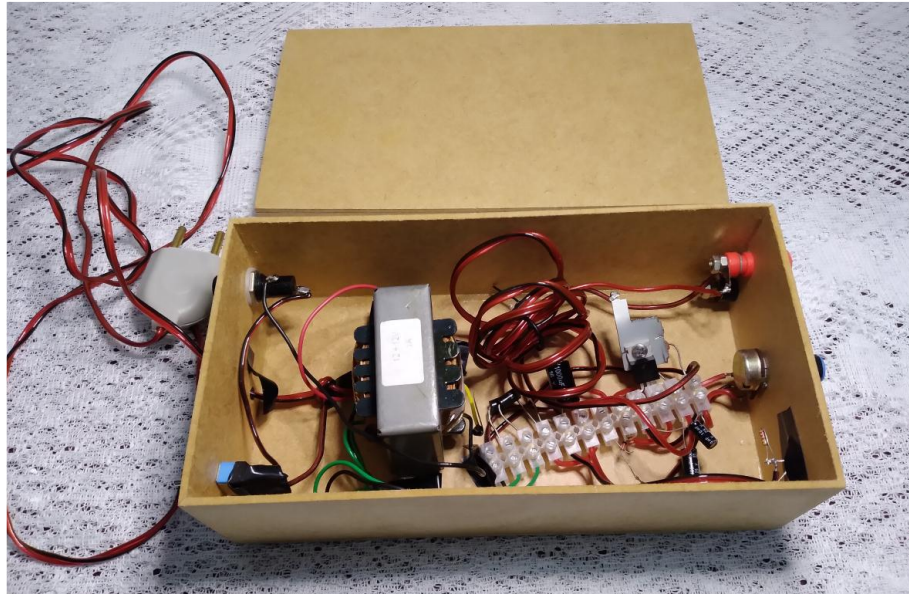
O circuito elétrico dessa fonte é constituído por componentes elétricos e eletrônicos, conforme pode ser visto na Figura 36. Um desses componentes é o potenciômetro, que será utilizado pelos grupos de alunos, ao manusearem a fonte, para ajustar a tensão de zero a 12 volts.

Figura 35 – Fonte caseira de tensão elétrica contínua



Fonte: Próprio autor (2023)

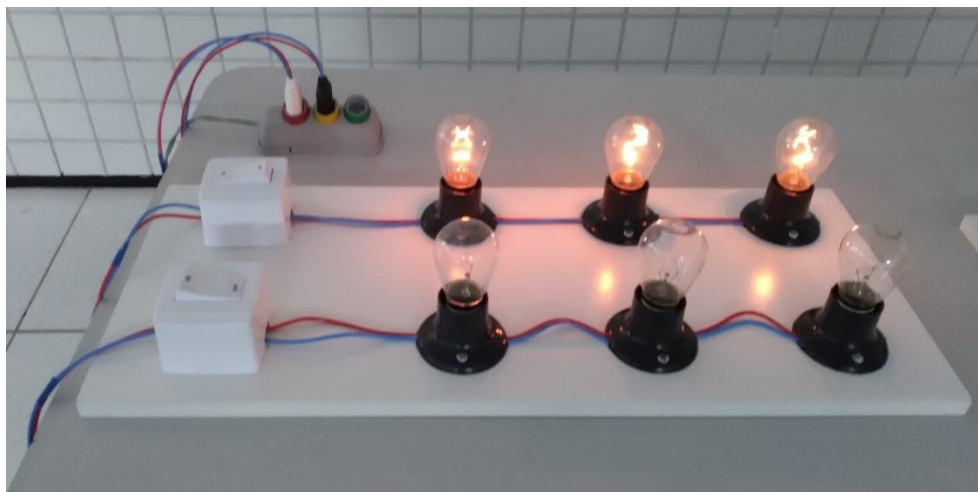
Figura 36 – Circuito elétrico da fonte caseira com ajuste de zero a 12 volts



Fonte: Próprio autor (2023)

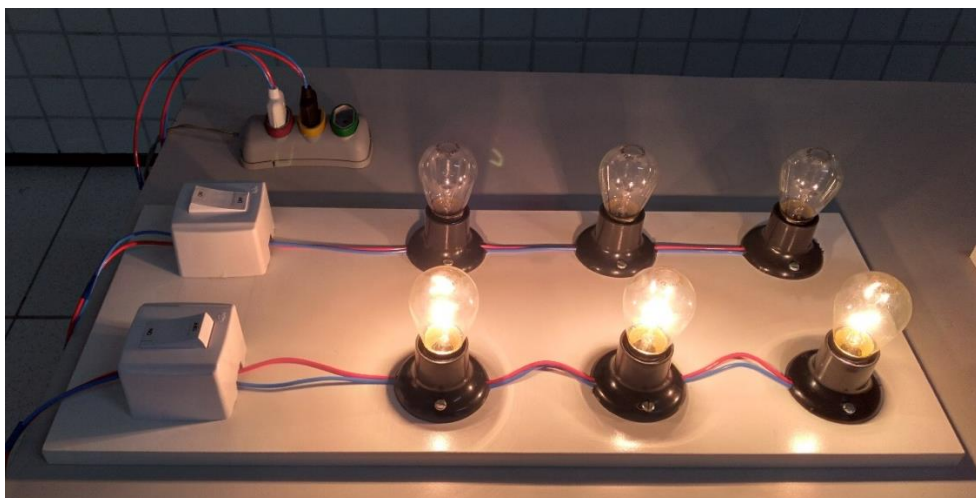
Na décima nona aula apresentamos aos alunos o 3º experimento sobre a associação de lâmpadas com uma fonte de tensão alternada, conforme a Figura 37 (associação em série) e a Figura 38 (associação em paralelo). Para a construção desse experimento utilizamos uma base de material MDP em que foram fixadas nela seis bocais do tipo E27 e dois interruptores. Além disso, foram utilizados também fios de ligação, seis lâmpadas incandescentes e dois *plugs* de conexão.

Figura 37 – Associação de lâmpadas em série com uma fonte de tensão alternada



Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 38 – Associação de lâmpadas em paralelo com uma fonte alternada



Fonte: Próprio autor (2023)

Tanto na décima oitava aula como na décima nona aula, os grupos de alunos puderam interagir com os experimentos retirando e colocando as lâmpadas para que pudessem verificar o funcionamento ou não dos circuitos. Durante a participação deles nas práticas experimentais fizemos vários questionamentos sobre as grandezas físicas envolvidas e sobre as particularidades de cada circuito que foi montado.

Solicitamos aos alunos que fizessem as devidas anotações nos cadernos e que se manifestassem oralmente para que pudessem trocar ideias e interagir socialmente a respeito dos conteúdos que foram estudados nas aulas de Eletrodinâmica e a relação desses assuntos com os fenômenos observados em ambos os experimentos. Aqui nesta etapa fizemos a avaliação qualitativa de cada grupo com base na participação e na interação deles durante a realização dos experimentos.

Na vigésima aula, retomamos os conteúdos estudados na sequência didática desenvolvendo juntamente com os alunos a parte dos cálculos. Para isso, foram utilizados os valores que eles anotaram nos cadernos na décima sexta aula, quando fizeram a simulação de lâmpadas associadas em série.

#### **4.2.7 Avaliação da aprendizagem: 7º Passo (01 aula)**

Na vigésima primeira aula explicamos aos alunos que todas as atividades colaborativas feitas e entregues por eles em algumas etapas da UEPS, além das

avaliações qualitativas que ocorreram em algumas etapas, serviram para compor uma das notas deles no quarto período letivo escolar. Tanto essas atividades colaborativas quanto as avaliações qualitativas, contribuíram para identificarmos algumas evidências de uma aprendizagem significativa por parte dos alunos com relação aos conteúdos trabalhados durante a implementação desta sequência de ensino.

Após essa explicação, aplicamos uma avaliação somativa individual (prova objetiva) composta pelas mesmas questões do questionário de conhecimentos prévios. Porém, as questões agora eram de múltipla escolha. Vale ressaltar que utilizamos várias respostas subjetivas dos alunos no questionário de conhecimentos prévios, para formar os itens de múltipla escolha da prova objetiva.

#### **4.2.8 Avaliação da UEPS: 8º Passo (01 aula)**

Na vigésima segunda aula ocorreu a avaliação da UEPS. Nesta última etapa, os alunos foram incentivados a falarem sobre o que acharam da implementação da sequência didática de ensino e incentivados a destacarem as facilidades e as dificuldades que encontraram durante a realização das tarefas nas etapas anteriores.

Inicialmente, a nossa estratégia foi distribuir uma folha de papel A4 para que os alunos pudessem copiar e responder a seguinte pergunta que colocamos no quadro: “Qual foi a etapa da sequência didática de ensino que você mais gostou durante as aulas de Física no 4º período? Justifique”.

Em outro momento da aula, pedimos aos alunos (aqueles que quisessem se manifestar de forma espontânea) que fizessem a leitura em voz alta do que escreveram na folha de papel.

Finalizamos a aula fazendo vários comentários e analisando de forma qualitativa o desempenho dos alunos nas atividades colaborativas e na avaliação somativa individual. Explicamos aos alunos que a participação deles em todos os momentos das aulas foi analisada de forma qualitativa. Por outro lado, atribuímos, também, pontos pela participação de cada um deles para ajudar na composição das notas.

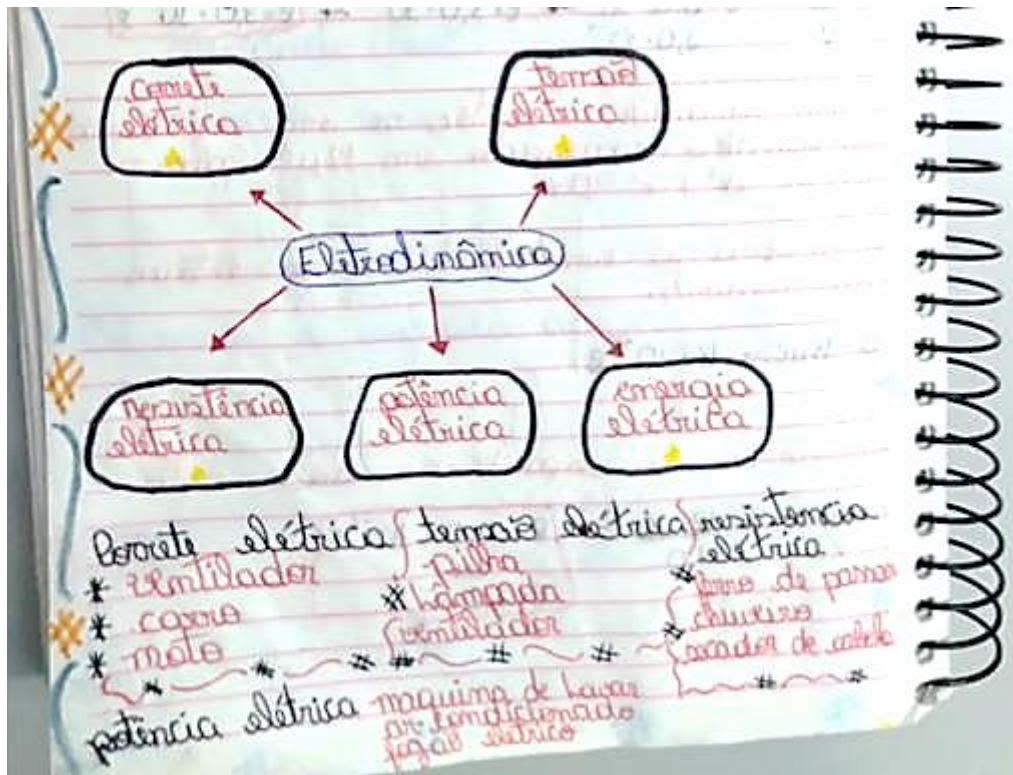
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo destina-se a expor e discutir os resultados obtidos após aplicação da UEPS no Centro de Ensino Governador Archer, entre alunos do 3º ano do Ensino Médio, com o objetivo de analisar a possibilidade do ensino-aprendizagem das principais grandezas físicas da Eletrodinâmica, através de uma sequência didática fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

### 5.1 Situação Inicial: 1º Passo (01 aula)

Na primeira aula, os alunos reproduziram no caderno o mapa mental que foi desenhado no quadro pelo professor e anotaram três exemplos de palavras que, segundo o entendimento deles, possuíam alguma relação com as grandezas físicas estudadas na Eletrodinâmica. A Figura 39 mostra a 1ª atividade da UEPS realizada por uma aluna.

Figura 39 – 1ª atividade da UEPS: anotações no caderno sobre as grandezas físicas

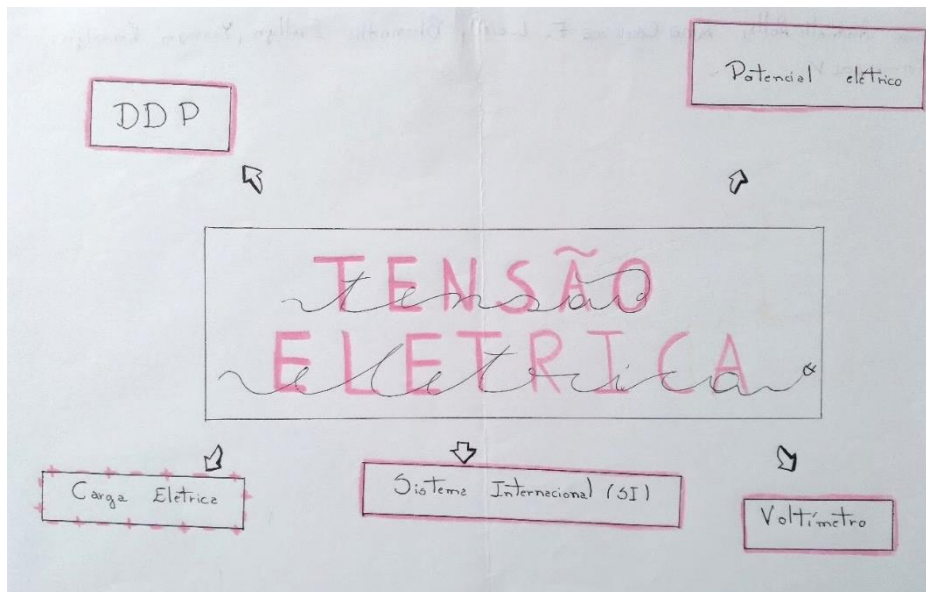


Fonte: Próprio autor (2023)

## 5.2 Situações-problema: 2º Passo (02 aulas)

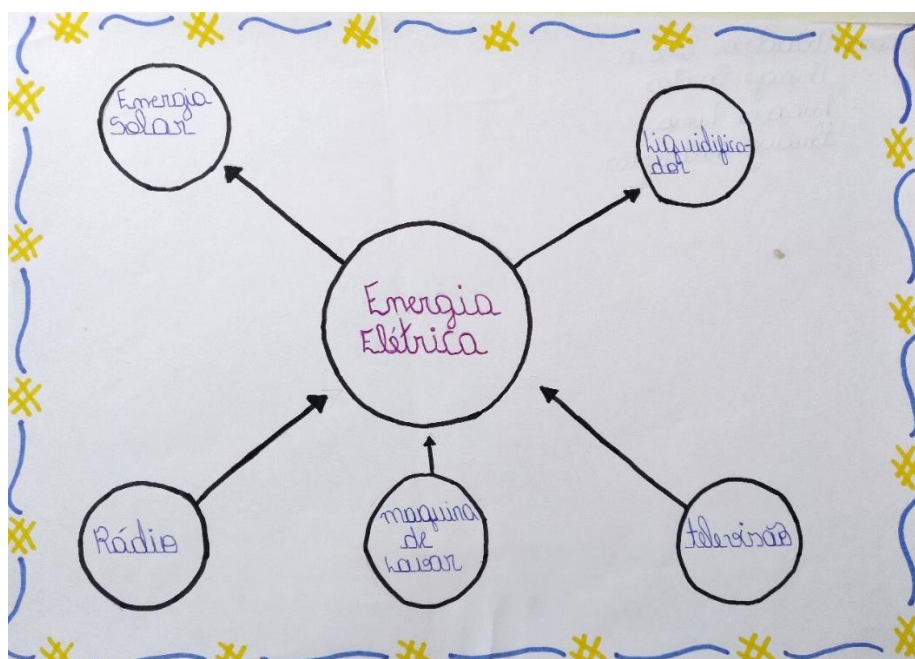
Na segunda aula, cada equipe construiu um mapa mental no qual o tópico específico foi uma grandeza física estudada na Eletrodinâmica. Como exemplos, temos a Figura 40 que mostra um mapa mental sobre tensão elétrica e a Figura 41 que mostra outro mapa mental sobre energia elétrica.

Figura 40 – 2ª atividade da UEPS: mapa mental sobre tensão elétrica



Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 41 – 2ª atividade da UEPS: mapa mental sobre energia elétrica



Fonte: Próprio autor (2023)

Na terceira aula, buscou-se proporcionar situações em que o estudante pudesse externalizar o conhecimento prévio. Para isso, fez-se uso do questionário de conhecimentos prévios (apêndice A), conforme mostra a Figura 42.

Figura 42 – 3ª atividade da UEPS: aplicação do questionário de conhecimentos prévios



Fonte: Próprio autor (2023)

### 5.2.1 Questionário de conhecimentos prévios: resultados

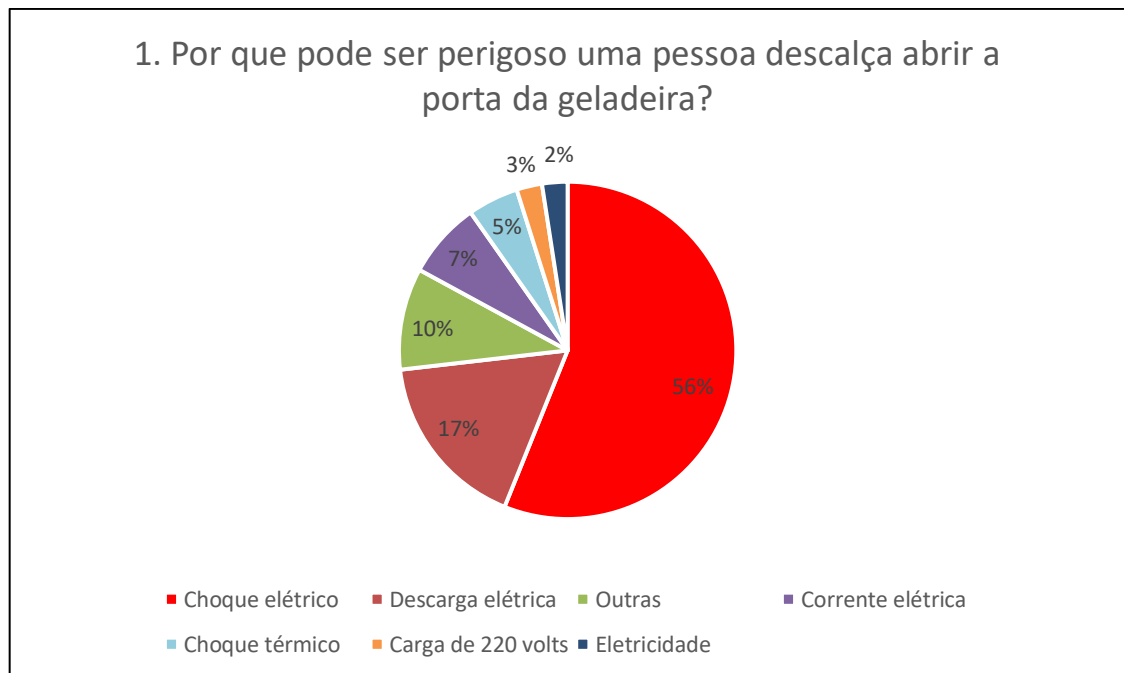
#### 1ª QUESTÃO

Quadro 5 – 1ª Questão do questionário de conhecimentos prévios

| 1. Por que pode ser perigoso uma pessoa descalça abrir a porta da geladeira? |                      |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Respostas                                                                    | Quantidade de alunos |
| Choque elétrico                                                              | 23                   |
| Descarga elétrica                                                            | 07                   |
| Outras                                                                       | 04                   |
| Corrente elétrica                                                            | 03                   |
| Choque térmico                                                               | 02                   |
| Carga de 220 volts                                                           | 01                   |
| Eletricidade                                                                 | 01                   |
| <b>Total de respostas</b>                                                    | <b>41</b>            |

Fonte: Próprio autor (2023)

Gráfico 1 – Resposta à 1ª questão (conhecimentos prévios)



Fonte: Próprio autor (2023)

Verifica-se que 56% dos alunos conhecem os riscos do choque elétrico, mesmo sem conhecimento formal a respeito de grandezas físicas, como corrente elétrica e tensão.

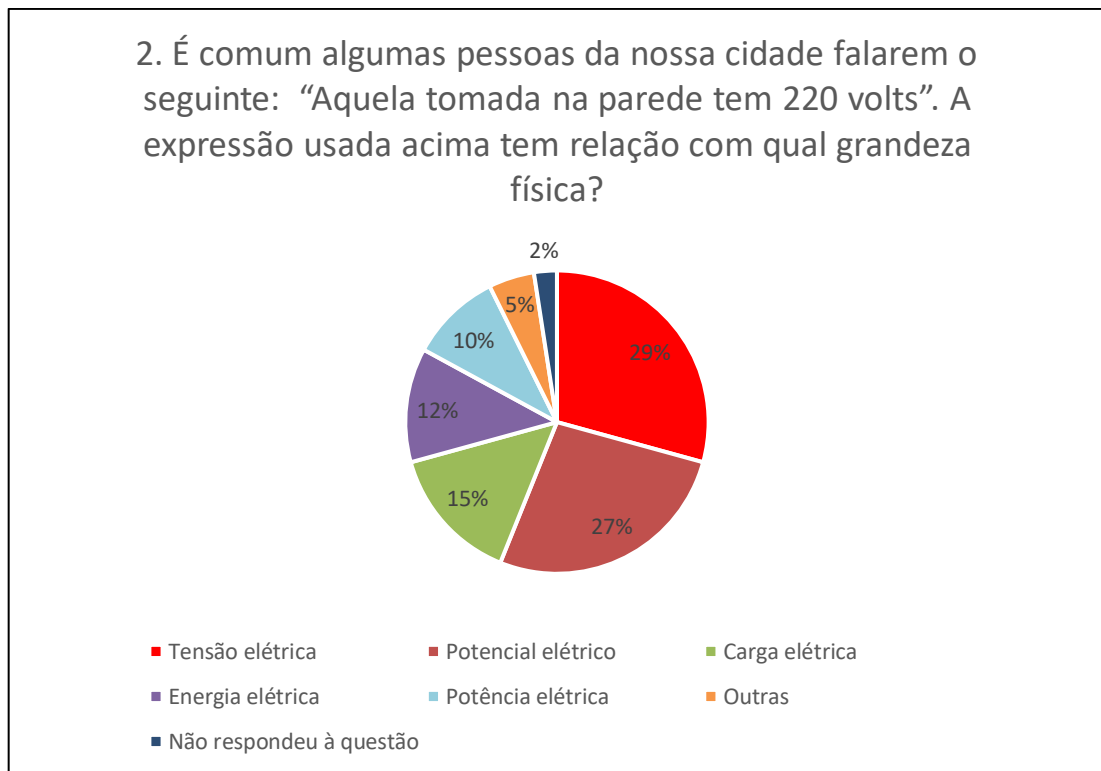
## 2ª QUESTÃO

Quadro 6 – 2ª Questão do questionário de conhecimentos prévios

| 2. É comum algumas pessoas da nossa cidade falarem o seguinte:<br>“Aquela tomada na parede tem 220 volts”.<br>A expressão usada acima tem relação com qual grandeza física? |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Respostas                                                                                                                                                                   | Quantidade de alunos |
| Tensão elétrica                                                                                                                                                             | 12                   |
| Potencial elétrico                                                                                                                                                          | 11                   |
| Carga elétrica                                                                                                                                                              | 06                   |
| Energia elétrica                                                                                                                                                            | 05                   |
| Potência elétrica                                                                                                                                                           | 04                   |
| Outras                                                                                                                                                                      | 02                   |
| Não respondeu à questão                                                                                                                                                     | 01                   |
| <b>Total de respostas</b>                                                                                                                                                   | <b>41</b>            |

Fonte: Próprio autor (2023)

Gráfico 2 – Resposta à 2ª questão (conhecimentos prévios)



Fonte: Próprio autor (2023)

Aqui, 29% dos alunos relacionam a unidade “volts” à grandeza tensão elétrica. Ressalta-se, no entanto, que uma porcentagem relevante, 27% confundem as unidades de tensão e potência.

### 3ª QUESTÃO

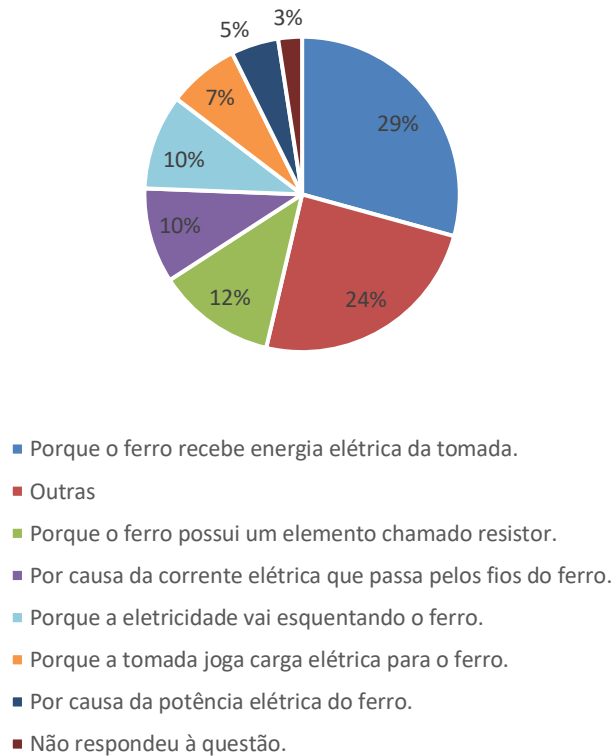
Quadro 7 – 3ª Questão do questionário de conhecimentos prévios

| 3. Para passar a roupa em casa, é necessário ligar o ferro elétrico numa tomada residencial. Por que o ferro começa a esquentar depois de alguns minutos? |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Respostas                                                                                                                                                 | Quantidade de alunos |
| Porque o ferro recebe energia elétrica da tomada.                                                                                                         | 12                   |
| Outras                                                                                                                                                    | 10                   |
| Porque o ferro possui um elemento chamado resistor.                                                                                                       | 05                   |
| Por causa da corrente elétrica que passa pelos fios do ferro.                                                                                             | 04                   |
| Porque a eletricidade vai esquentando o ferro.                                                                                                            | 04                   |
| Porque a tomada joga carga elétrica para o ferro.                                                                                                         | 03                   |
| Por causa da potência elétrica do ferro.                                                                                                                  | 02                   |
| Não respondeu à questão.                                                                                                                                  | 01                   |
| <b>Total de respostas</b>                                                                                                                                 | <b>41</b>            |

Fonte: Próprio autor (2023)

Gráfico 3 – Resposta à 3ª questão (conhecimentos prévios)

3. Para passar a roupa em casa, é necessário ligar o ferro elétrico numa tomada residencial. Por que o ferro começa a esquentar depois de alguns minutos?



Fonte: Próprio autor (2023)

Importante ressaltar que 29% dos alunos relacionam o aquecimento do aparelho à energia que ele recebe, não a que gera, por meio do resistor. Outros 24% apontaram outras causas para o aquecimento.

#### 4ª QUESTÃO

Quadro 8 – 4ª Questão do questionário de conhecimentos prévios

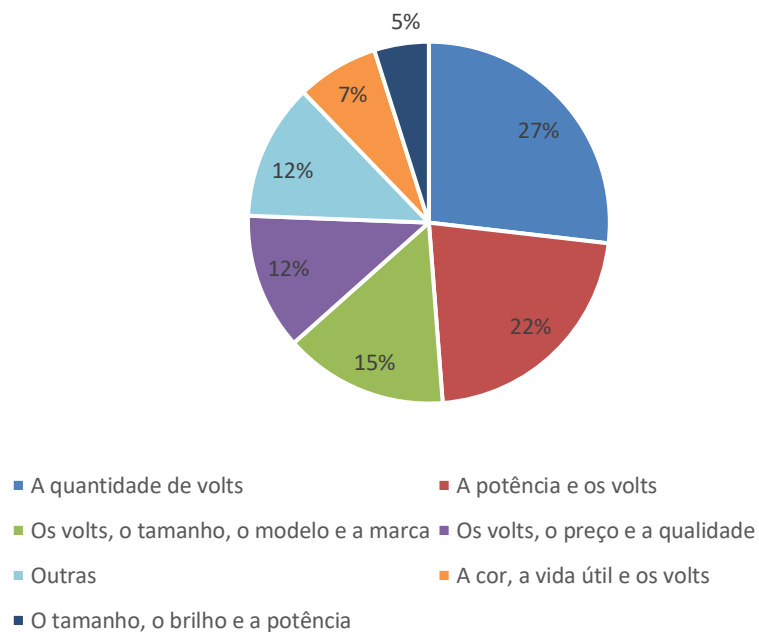
| 4. Suponha que a lâmpada do seu quarto tenha queimado. Você então, se desloca até um comércio, próximo da sua casa, para comprar uma lâmpada nova. Quais são as principais informações técnicas, contidas na embalagem da lâmpada, que você levará em consideração para comprá-la? |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Respostas                                                                                                                                                                                                                                                                          | Quantidade de alunos |
| A quantidade de volts                                                                                                                                                                                                                                                              | 11                   |
| A potência e os volts                                                                                                                                                                                                                                                              | 09                   |
| Os volts, o tamanho, o modelo e a marca                                                                                                                                                                                                                                            | 06                   |
| Os volts, o preço e a qualidade                                                                                                                                                                                                                                                    | 05                   |

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| Outras                           | 05        |
| A cor, a vida útil e os volts    | 03        |
| O tamanho, o brilho e a potência | 02        |
| <b>Total de respostas</b>        | <b>41</b> |

Fonte: Próprio autor (2023)

Gráfico 4 – Resposta à 4ª questão (conhecimentos prévios)

4. Suponha que a lâmpada do seu quarto tenha queimado. Você então, se desloca até um comércio, próximo da sua casa, para comprar uma lâmpada nova. Quais são as principais informações técnicas, contidas na embalagem da lâmpada, que você levará em considera



Fonte: Próprio autor (2023)

A maioria dos alunos marcaram opções que tinham a palavra “volts”, porém, apenas 22% associaram potência e voltagem como informações a se considerar para o uso.

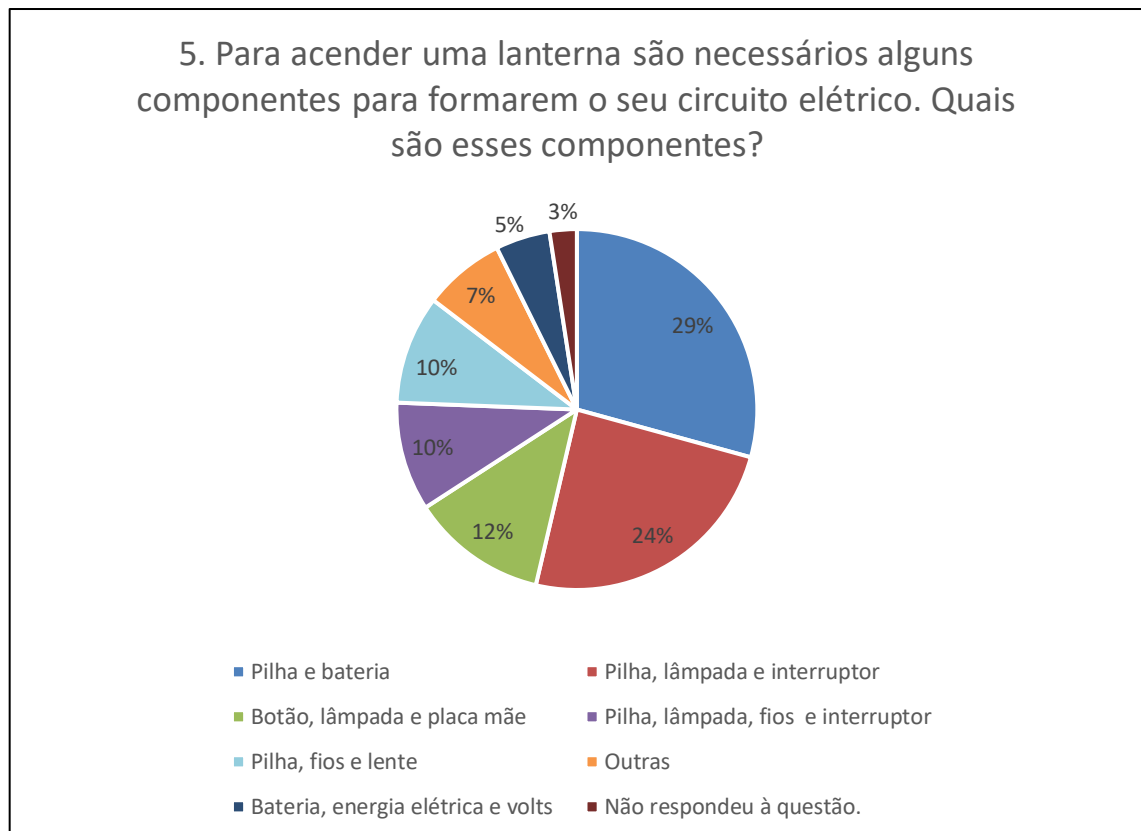
### 5ª QUESTÃO

Quadro 9 – 5ª Questão do questionário de conhecimentos prévios

| 5. Para acender uma lanterna são necessários alguns componentes para formarem o seu circuito elétrico. Quais são esses componentes? |                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Respostas                                                                                                                           | Quantidade de alunos |
| Pilha e bateria                                                                                                                     | 12                   |
| Pilha, lâmpada e interruptor                                                                                                        | 10                   |
| Botão, lâmpada e placa mãe                                                                                                          | 05                   |
| Pilha, lâmpada, fios e interruptor                                                                                                  | 04                   |
| Pilha, fios e lente                                                                                                                 | 04                   |
| Outras                                                                                                                              | 03                   |
| Bateria, energia elétrica e volts                                                                                                   | 02                   |
| Não respondeu à questão.                                                                                                            | 01                   |
| <b>Total de respostas</b>                                                                                                           | <b>41</b>            |

Fonte: Próprio autor (2023)

Gráfico 5 – Resposta à 5ª questão (conhecimentos prévios)



Fonte: Próprio autor (2023)

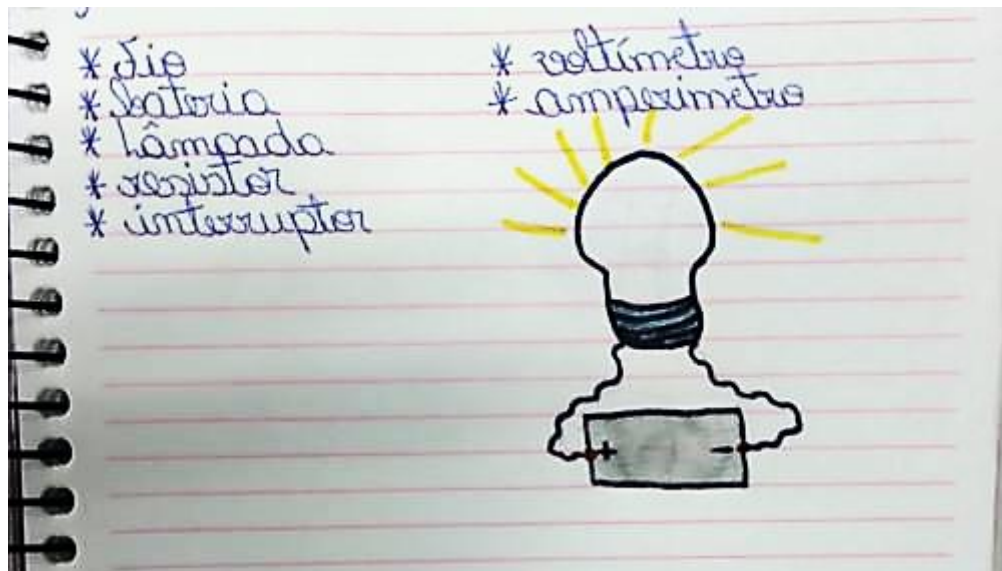
Verifica-se que 29% dos alunos diferenciam pilhas de baterias, ao assinalar essa opção. Apenas 24% optam pelos elementos pilha, lâmpada e interruptor. Somente 10% marcam pilha, lâmpada, interruptor e fios.

### 5.3 Novas situações-problema: 3º Passo (03 aulas)

Iniciou-se a terceira etapa introduzindo o tópico de estudo, com novas situações problema que relacionavam o conhecimento prévio com o novo conhecimento por meio de simulações virtuais (site do *Phet Interactive Simulations*).

Na quarta aula os alunos utilizaram os cadernos para realizarem duas tarefas: na primeira eles anotaram o nome dos objetos que apareceram na projeção da tela da plataforma “Kit para Montar Circuito DC”. Na segunda, eles desenharam um circuito elétrico simples utilizando as anotações da primeira tarefa. A Figura 43 mostra, por exemplo, um circuito simples desenhado por um aluno e as palavras que ele anotou no caderno.

Figura 43 – 4ª atividade da UEPS: nomes dos objetos e desenho de um circuito simples



Fonte: Próprio autor (2023)

Na quinta aula, cada equipe acessou o site do *Phet Interactive Simulations* e montou um circuito elétrico simples na plataforma “Kit para Montar Circuito DC”. A Figura 44 mostra um grupo de alunos interagindo com a simulação virtual de um circuito simples.

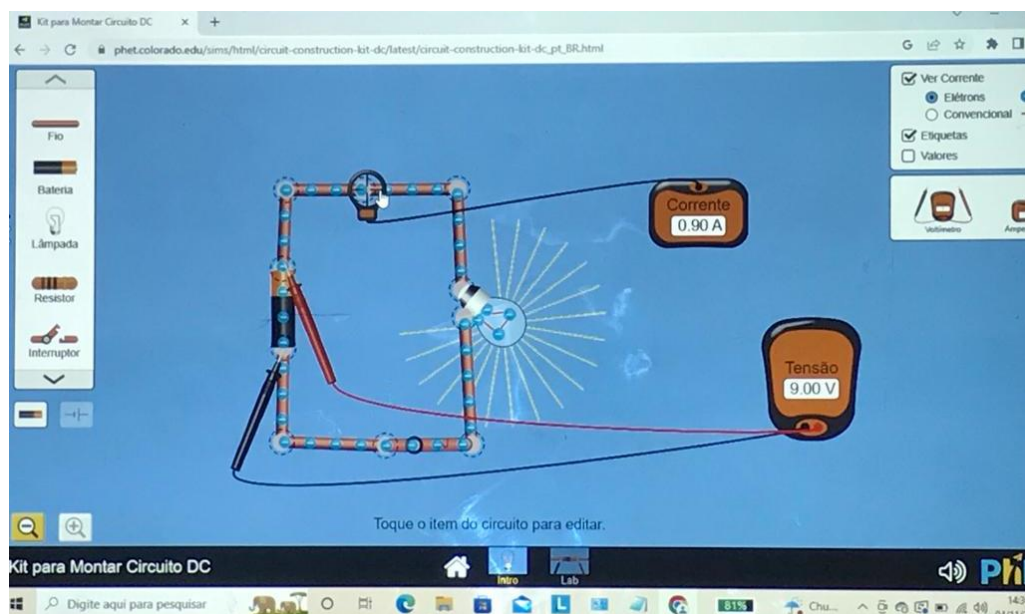
Figura 44 – Grupo de alunos interagindo com a simulação virtual de um circuito simples



Fonte: Próprio autor (2023)

Na sexta aula, as equipes acrescentaram um interruptor, um amperímetro e um voltmímetro para que pudessem compreender melhor a finalidade de cada instrumento de medida e de cada dispositivo elétrico. A Figura 45 mostra a montagem feita por uma equipe de um circuito elétrico, no qual mais objetos foram acrescentados.

Figura 45 – Montagem de um circuito elétrico com mais objetos acrescentados



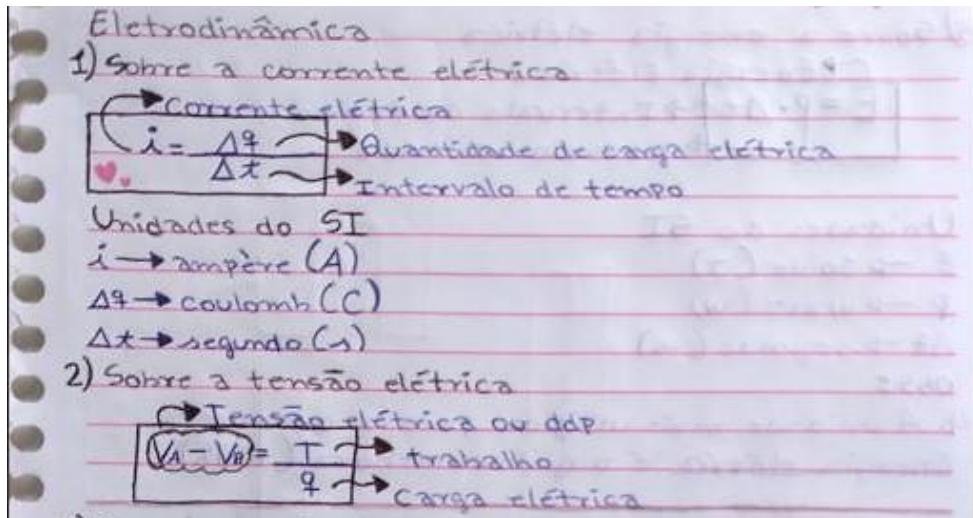
Fonte: Próprio autor (2023)

#### 5.4 Diferenciação progressiva: 4º Passo (05 aulas)

Na quarta etapa apresentamos o novo conteúdo, partindo dos aspectos mais gerais para os mais específicos, ou seja, levamos em conta a diferenciação progressiva. Para a realização desta etapa utilizamos os seguintes recursos didáticos: quadro, pincel, notebook e projetor. Foi com o auxílio desses recursos que fizemos uma abordagem a respeito das grandezas físicas.

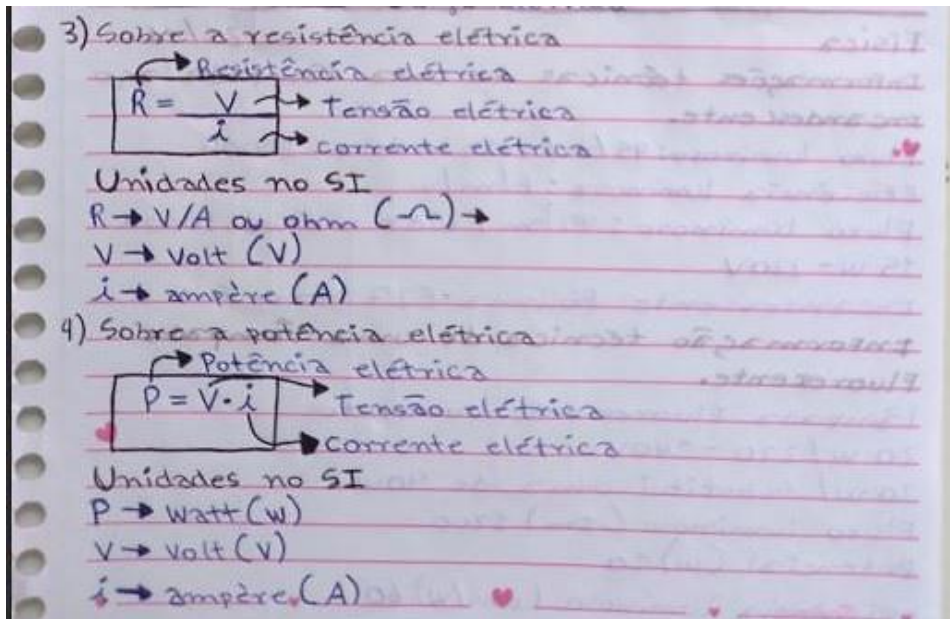
Utilizamos a sétima, a oitava e a nona aulas para uma exposição oral sobre as grandezas físicas estudadas na Eletrodinâmica. Mostramos aos alunos a definição de cada grandeza e a importância delas quando falamos, por exemplo, a respeito dos equipamentos elétricos. A Figura 46, a Figura 47 e a Figura 48 mostram um resumo feito por uma aluna no caderno, ao final dessas três primeiras aulas, com relação às expressões matemáticas onde ela citou o nome das grandezas e das unidades de medida.

Figura 46 – Resumo das expressões matemáticas da corrente e da tensão



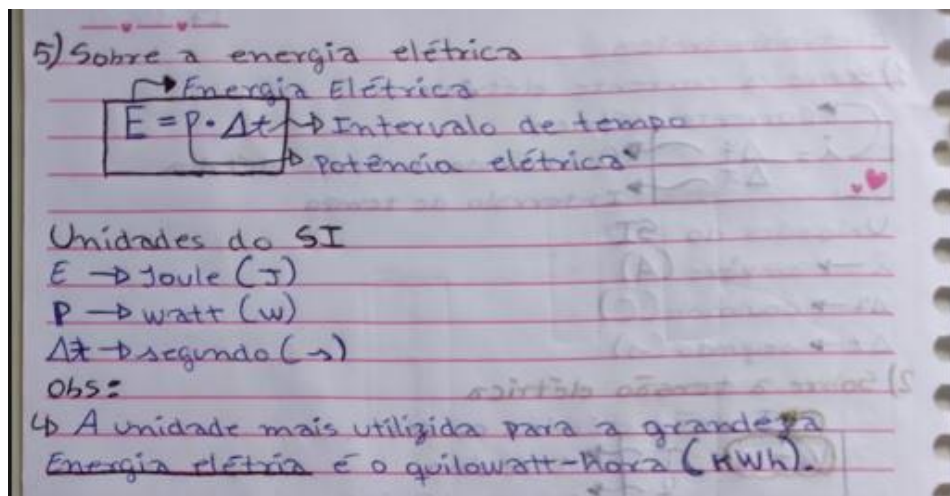
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 47 – Resumo das expressões matemáticas da resistência e da potência



Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 48 – Resumo da expressão matemática da energia elétrica



Fonte: Próprio autor (2023)

Nas últimas aulas dessa etapa (10<sup>a</sup> e 11<sup>a</sup>) fizemos a projeção das embalagens de três lâmpadas diferentes (incandescente, fluorescente e LED) para que os alunos pudessem aprender a identificar as grandezas e as unidades em cada embalagem. Logo, os grupos organizaram um quadro numa folha de papel A4 para fazer essas identificações por escrito, conforme a Figura 49 e a Figura 50 que mostram um quadro de grandezas e unidades organizado por uma equipe.

Figura 49 – 5ª atividade da UEPS: quadro de grandezas e unidades das embalagens (parte 1)

= Lâmpada incandescente 

| Grandeza Física     | Valor | Unidade           |
|---------------------|-------|-------------------|
| Potência            | 15    | W (Watts)         |
| Fluxo luminoso      | 95    | lm (lúmen)        |
| Vida média          | 1000  | h (hora)          |
| Eficiência luminosa | 5     | lm/W (lúmen/Watt) |
| Tensão elétrica     | 220   | V (Volts)         |

= Lâmpada Fluorescente 

| Grandeza Física     | Valor     | Unidade           |
|---------------------|-----------|-------------------|
| Potência            | 20        | W (Watt)          |
| Fluxo luminoso      | 1200      | lm (lúmen)        |
| Eficiência luminosa | 60        | lm/W (lúmen/Watt) |
| Tensão elétrica     | 220 - 240 | V (Volts)         |

Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 50 – 5ª atividade da UEPS: quadro de grandezas e unidades das embalagens (parte 2)

= Lâmpada Led 

| Grandeza Física         | Valor             | Unidade                     |
|-------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Corrente elétrica       | 127 - 36/220 - 65 | V (Volts) / mA (milíampère) |
| Frequência elétrica     | 50 60             | Hz (hertz)                  |
| Potência                | 15                | W (Watts)                   |
| Fluxo luminoso          | 1311              | lm (lúmen)                  |
| Eficiência luminosa     | 87                | lm/W (lúmen/Watt)           |
| Vida útil               | 25000             | h (horas)                   |
| Temperatura de Operação | -10 a 45          | °C (graus Celsius)          |
| Paras                   | 33                | g (gramas)                  |

Fonte: Próprio autor (2023)

A Figura 51, a Figura 52 e a Figura 53 mostram mais um quadro de grandezas e unidades organizado por outra equipe.

Figura 51– 5ª atividade da UEPS: quadro de grandezas e unidades das embalagens (parte 1)

\* Lâmpada incandescente

| Grandezas           | Valor | Unidade           |
|---------------------|-------|-------------------|
| Potência            | 15    | W (watt)          |
| Tensão elétrica     | 220   | V (volt)          |
| Vida média          | 1000  | h (hora)          |
| Fluxo luminoso      | 95    | lm (lúmen)        |
| Eficiência luminosa | 6     | lm/W (lúmen/watt) |

Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 52– 5ª atividade da UEPS: quadro de grandezas e unidades das embalagens (parte 2)

\* Lâmpada fluorescente

| Grandezas físicas   | Valor   | Unidade           |
|---------------------|---------|-------------------|
| Potência            | 20      | W (watt)          |
| Tensão Elétrica     | 220-240 | V (volt)          |
| Fluxo luminoso      | 1200    | lm (lúmen)        |
| Eficiência luminosa | 60      | lm/W (lúmen/watt) |

Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 53 – 5ª atividade da UEPS: quadro de grandezas e unidades das embalagens (parte 3)

\* Lâmpada LED

| Grandezas               | Valor       | Unidade           |
|-------------------------|-------------|-------------------|
| Corrente Elétrica       | 96          | mA (mili ampère)  |
| Temperatura de operação | - 10° a 45° | (Celsius)         |
| Frequência              | 50/60       | Hz (hertz)        |
| Vida útil               | 25000       | h (hora)          |
| Potência                | 15          | W (watt)          |
| Fluxo luminoso          | 1311        | lm (lúmen)        |
| Eficiência luminosa     | 87          | lm/W (lúmen/watt) |
| Autovolt                | 100-240     | V (volt)          |

Fonte: Próprio autor (2023)

### 5.5 Negociação de significados: 5º Passo (04 aulas)

As aulas expositivas continuaram na quinta etapa, onde retomamos os aspectos mais gerais do conteúdo e avançamos na complexidade. Foram estimuladas situações de interação entre os estudantes, envolvendo negociação de significados.

Na décima segunda aula os alunos elaboraram de forma individual um mapa conceitual semelhante ao que foi explicado durante a exibição do vídeo e posteriormente colocado no quadro pelo professor. A Figura 54 mostra um mapa que foi feito por uma aluna sobre algumas de suas preferências pessoais.

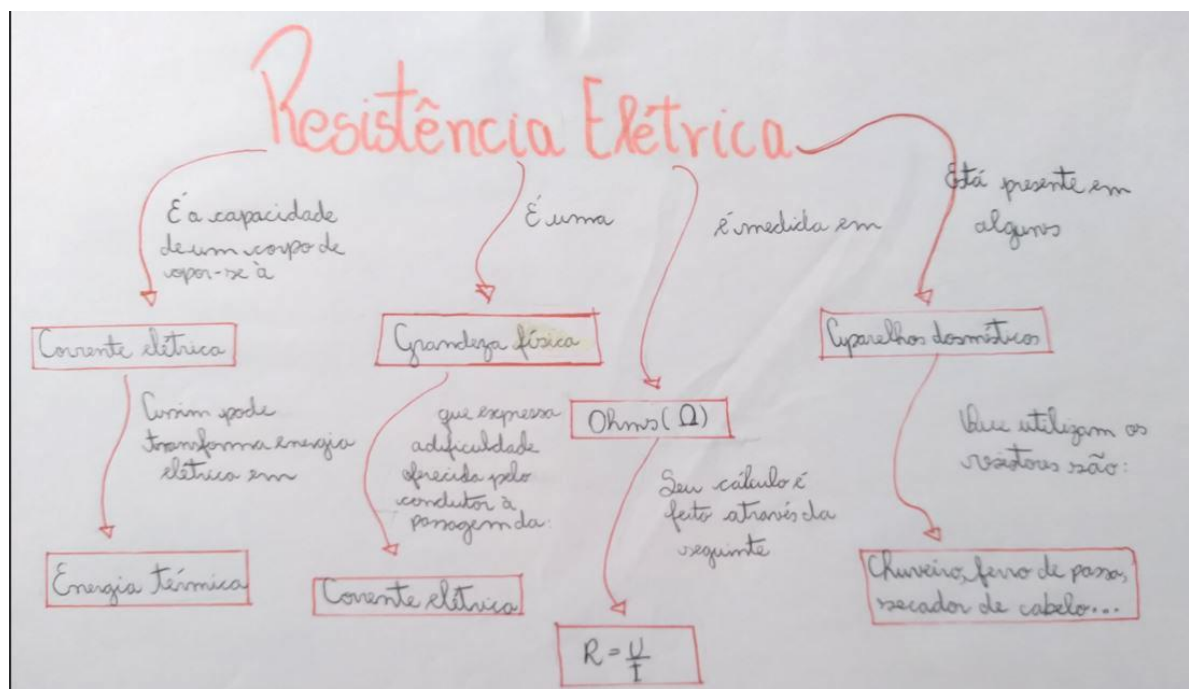
Figura 54 – Mapa conceitual sobre as preferências pessoais de uma aluna



Fonte: Próprio autor (2023)

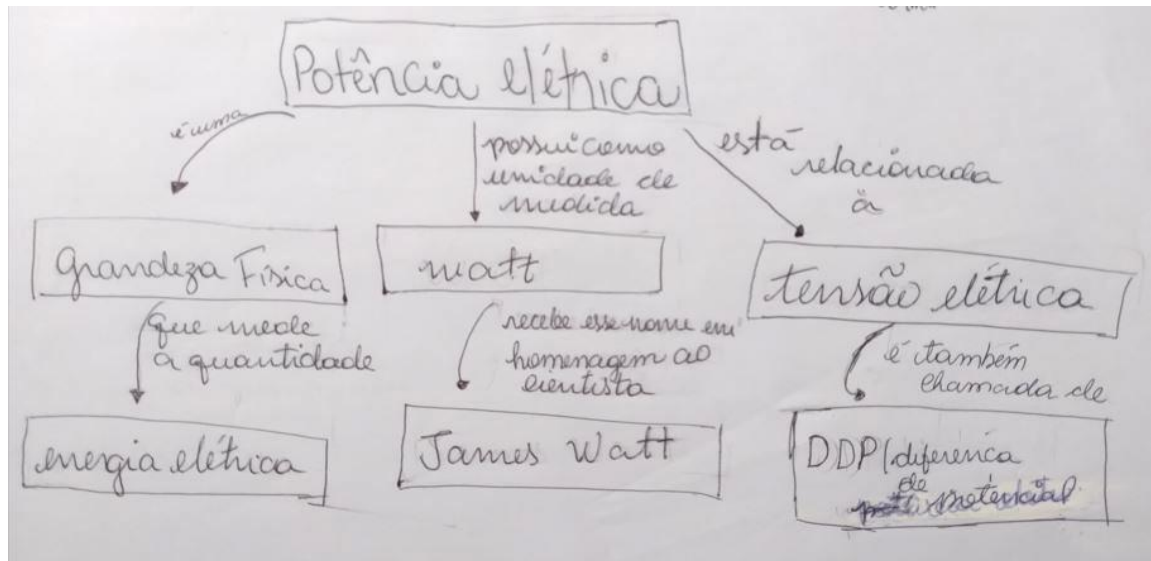
Na décima terceira aula, os alunos formaram grupos para fazerem a sexta atividade da UEPS, que foi a construção dos mapas conceituais sobre as grandezas físicas estudadas na Eletrodinâmica. A Figura 55 mostra um mapa sobre a resistência elétrica. Já Figura 56 e a Figura 57 mostram, respectivamente, um mapa sobre a potência elétrica e outro sobre a corrente elétrica.

Figura 55 – 6ª atividade da UEPS: mapa conceitual sobre a resistência elétrica



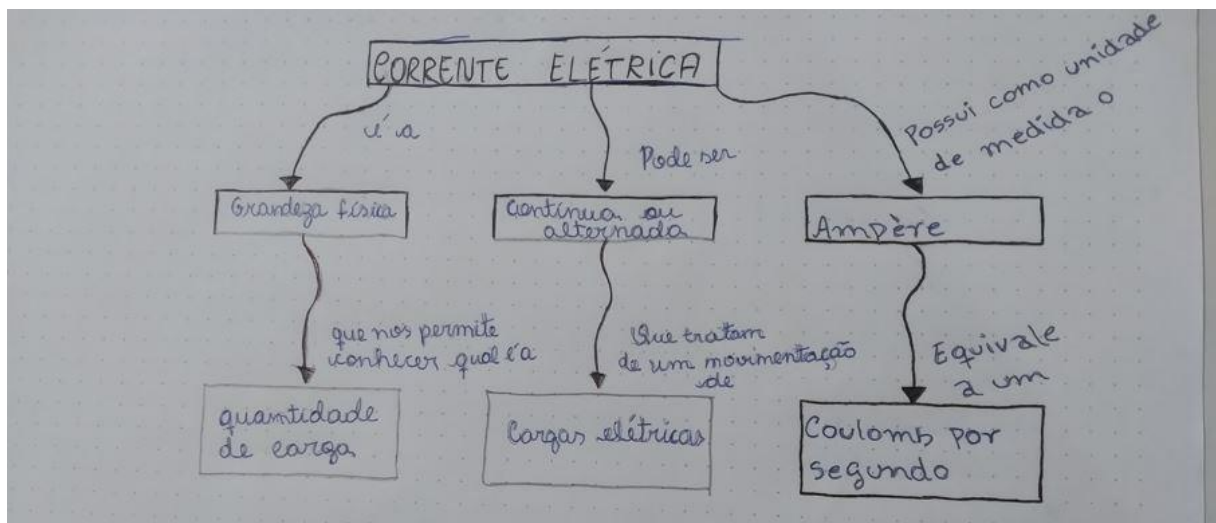
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 56 – 6ª atividade da UEPS: mapa conceitual sobre a potência elétrica



Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 57 – 6ª atividade da UEPS: mapa conceitual sobre a corrente elétrica



Fonte: Próprio autor (2023)

Na décima quarta aula, os alunos formaram grupos e utilizaram um multímetro para medir a tensão elétrica de uma pilha do tipo AA e outra do tipo D. Além disso, mediu-se também a tensão de uma bateria do tipo 23A e outra do tipo retangular.

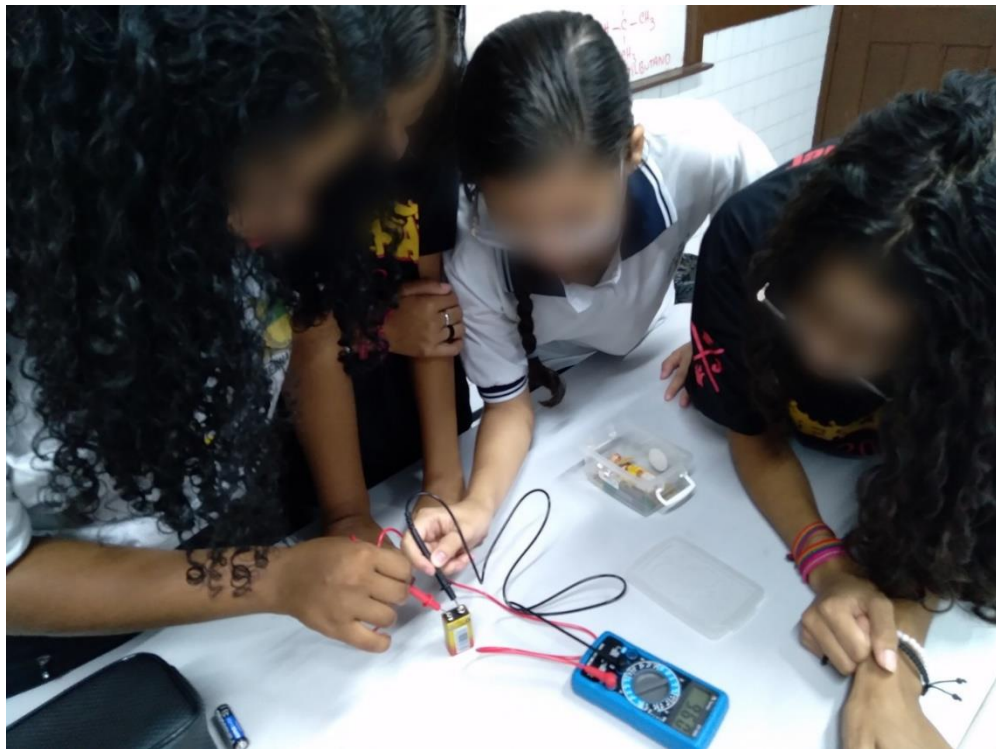
A Figura 58 mostra um grupo de alunas medindo a tensão de uma pilha do tipo AA e a Figura 59 mostra o mesmo grupo medindo a tensão de uma bateria retangular.

Figura 58 – Grupo de alunas medindo a tensão de uma pilha do tipo AA



Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 59 – Grupo de alunas medindo a tensão de uma bateria retangular

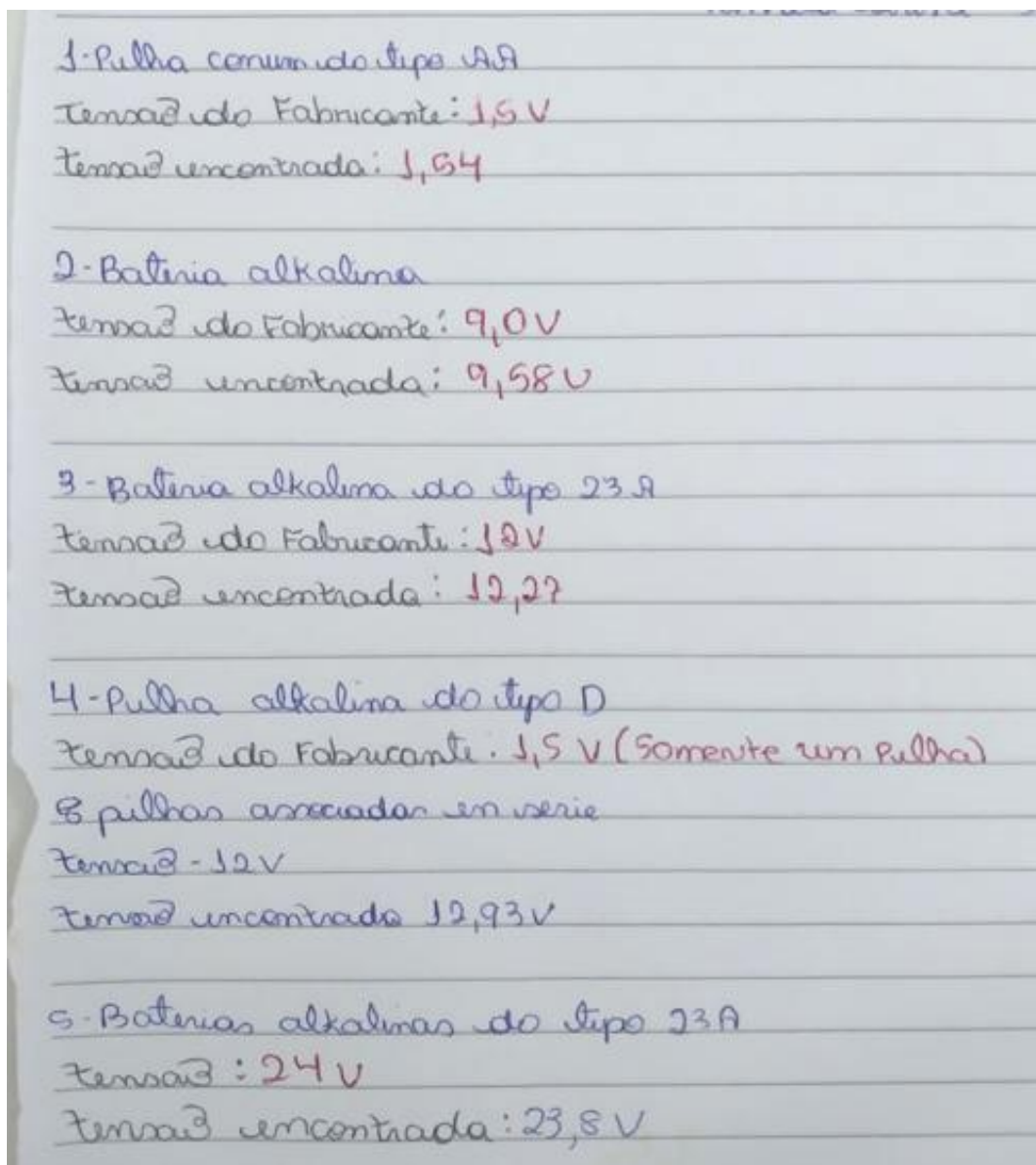


Fonte: Próprio autor (2023)

Cada grupo fez a sétima atividade da UEPS numa folha de papel. Os alunos fizeram anotações dos valores da tensão elétrica estabelecidos pelos fabricantes das pilhas e das baterias. Além disso, as equipes também anotaram os valores encontrados com o uso do multímetro onde foi possível fazer comparações e verificar algumas diferenças entre as informações do fabricante e aquelas obtidas pelo instrumento de medida.

A Figura 60, por exemplo, mostra as anotações feitas por uma equipe com relação às medidas da tensão elétrica de algumas pilhas e baterias.

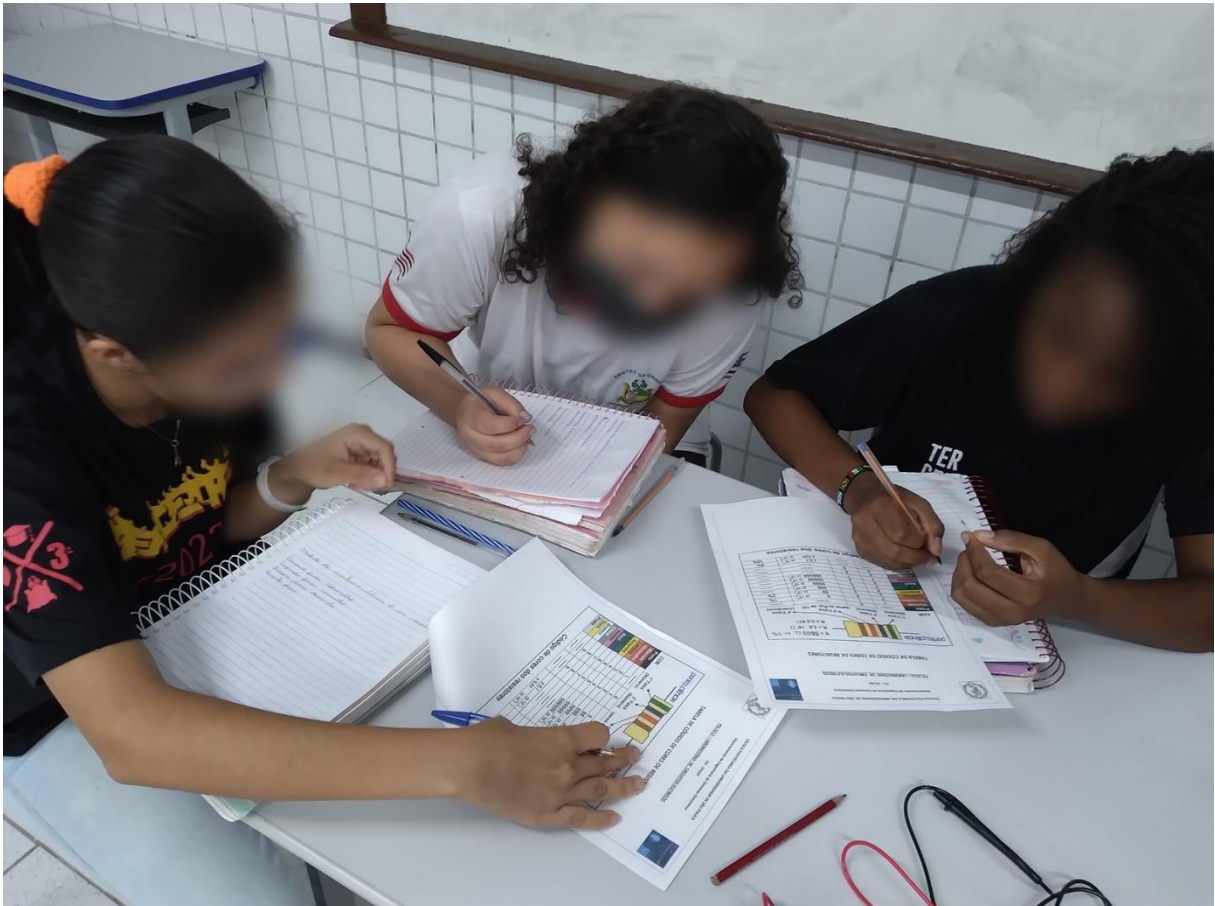
Figura 60 – 7ª atividade da UEPS: anotações das medidas da tensão elétrica em pilhas e baterias



Fonte: Próprio autor (2023)

Na décima quinta aula os alunos reuniram-se novamente em grupos para determinar o valor nominal de alguns resistores utilizando o código de cores. Como exemplo, temos a Figura 61 que mostra uma equipe desenvolvendo essa prática experimental.

Figura 61 – Grupo de alunas utilizando o código de cores para achar o valor nominal de um resistor



Fonte: Próprio autor (2023)

Depois disso, as mesmas equipes realizaram uma outra prática experimental muito importante, ou seja, cada grupo recebeu uma folha com o código de cores para que pudessem aprender a descobrir o valor de alguns resistores que disponibilizamos nessa aula. Os alunos receberam as devidas instruções de como deveriam proceder durante a atividade experimental.

Depois disso, os grupos utilizaram o multímetro e o ajustaram para a escala de um ohmímetro com o objetivo de medir a resistência elétrica dos resistores que eles usaram na prática anterior com o código de cores. Como exemplo, temos a Figura 62 que mostra uma equipe realizando essa tarefa.

Figura 62 – Grupo de alunos utilizando um multímetro para medir a resistência elétrica

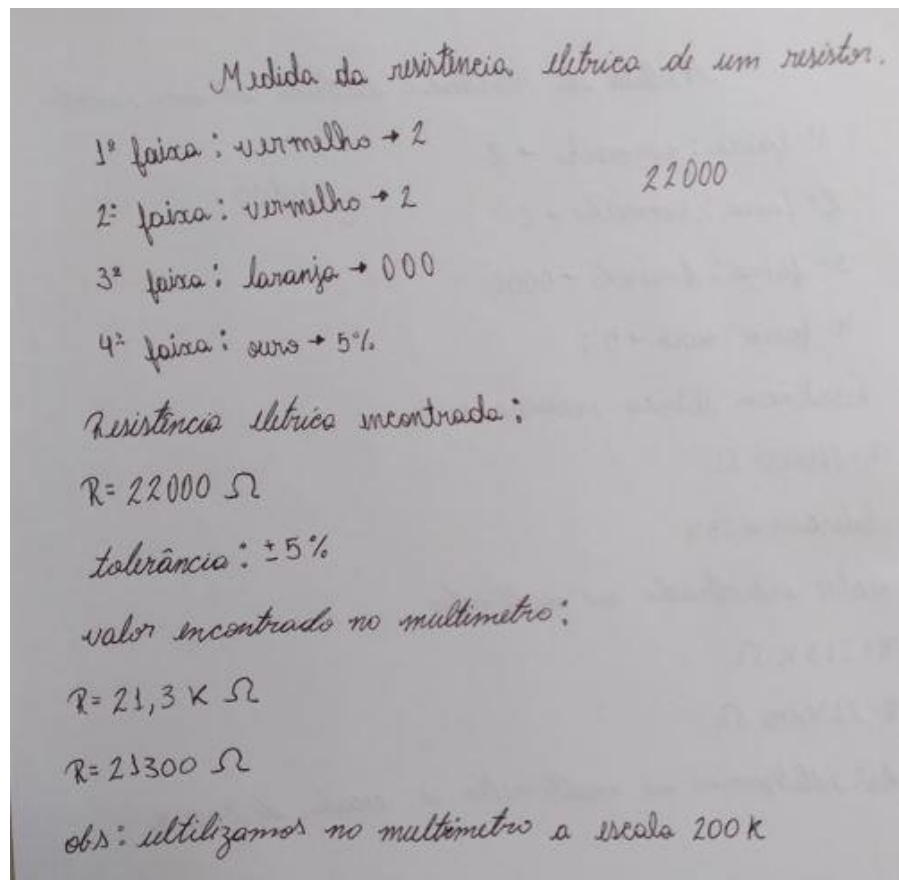


Fonte: Próprio autor (2023)

A equipes anotaram numa folha de papel os valores nominais dos resistores obtidos com o código de cores, onde foram informados os algarismos correspondentes às primeiras faixas e o valor percentual de tolerância correspondente a última faixa. Além disso, eles também anotaram os valores obtidos com o uso do multímetro.

A Figura 63 mostra o registro feito por uma equipe dessas anotações, que constituiu como a oitava atividade da UEPS onde os alunos puderam trocar ideias e fazer comparações a respeito das informações encontradas.

Figura 63 – 8ª atividade da UEPS: anotações feitas durante o uso do código de cores e do multímetro



Fonte: Próprio autor (2023)

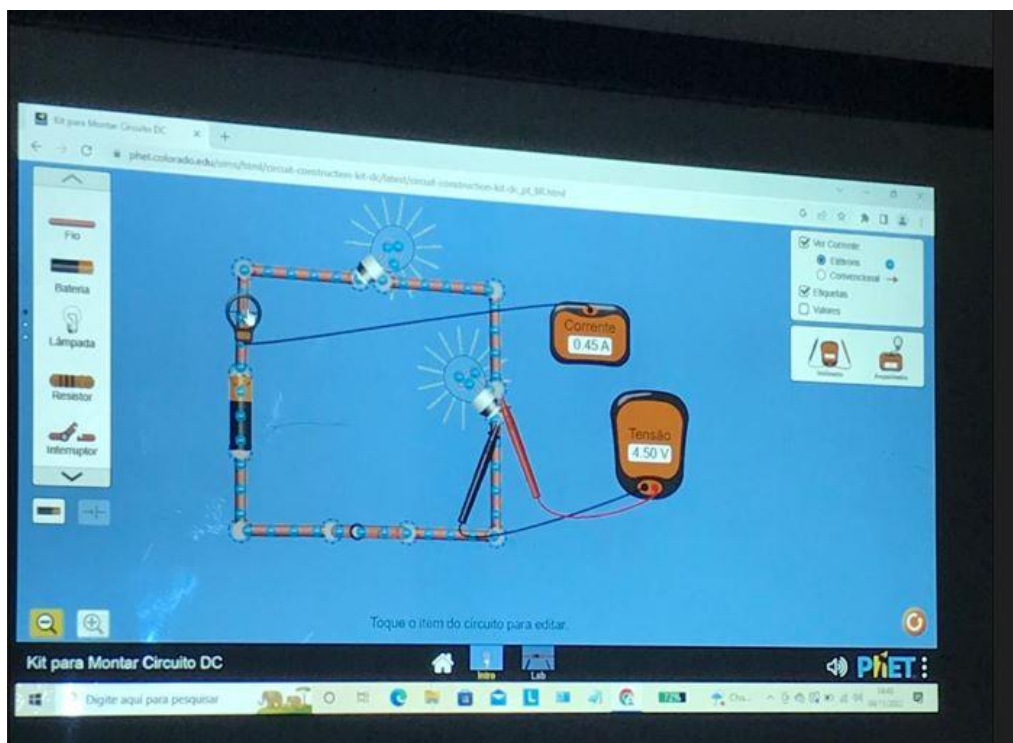
## 5.6 Reconciliação integradora: 6º Passo (05 aulas)

Nesta etapa demos continuidade ao processo de diferenciação progressiva em que retomamos as características mais importantes do tópico específico desta UEPS buscando a reconciliação integradora. Para isso, fizemos uma nova apresentação dos significados através da simulação virtual e da realização de experimentos.

Na décima sexta aula utilizamos um *notebook* e um projetor para fazer uma abordagem sobre circuitos elétricos enfatizando ainda mais as grandezas físicas já estudadas e os instrumentos de medida. Falamos também sobre o resistor e a lâmpada incandescente destacando inclusive os tipos de associação que podem ser feitas com esses componentes. Houve a formação de seis grupos com até sete alunos no máximo, que acessaram novamente a plataforma de Física *Phet Interactive Simulations* para a realização de algumas simulações sobre os tipos de associação de lâmpadas. A primeira tarefa foi realizada por três grupos. Como

exemplo, temos a Figura 64 que mostra a simulação de uma associação de duas lâmpadas em série feita por uma equipe.

Figura 64 – Simulação de uma associação de duas lâmpadas em série



Fonte: Próprio autor (2023)

As outras duas equipes fizeram a simulação com três lâmpadas em série. Em todas as montagens dos circuitos foram utilizados um voltímetro, um amperímetro e uma bateria, além dos fios de ligação. Os alunos anotaram nos cadernos os valores registrados pelos instrumentos de medida durante a simulação, já que esses registros também foram utilizados na última aula dessa etapa para o desenvolvimento dos cálculos.

No decorrer das simulações, os alunos verificaram com o voltímetro que a tensão na bateria e nas lâmpadas eram diferentes. Foi nesse momento que aproveitamos para explicar novamente que isso ocorria porque as lâmpadas estavam conectadas em série e nesse caso a tensão total do circuito, que era fornecida pela bateria, se dividia entre as lâmpadas. Assim, a equipe que simulou um circuito com duas lâmpadas em série encontrou 4,5V para cada lâmpada. Por outro lado, as equipes que simularam um circuito com três lâmpadas em série encontraram 3,0V para cada lâmpada.

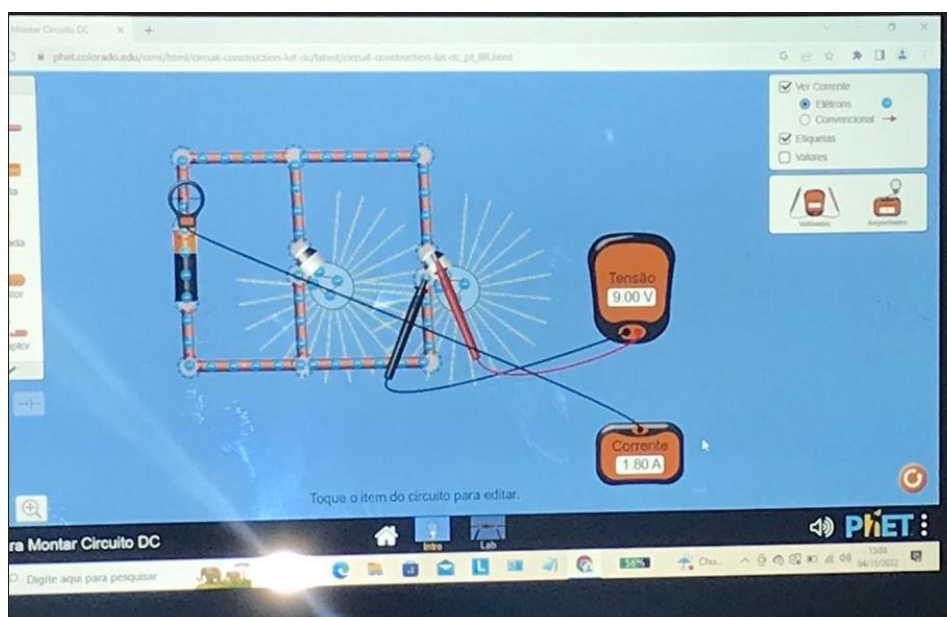
Os alunos também utilizaram o amperímetro nessas simulações e verificaram que ao deslocar o instrumento por todo o circuito, o valor registrado para a corrente era sempre o mesmo. Mais uma vez aproveitamos a ocasião para reforçar uma explicação já dada em aulas anteriores, de que numa associação em série a corrente permanece a mesma em todo o circuito. Dessa forma, uma equipe encontrou 0,45A quando o circuito tinha duas lâmpadas e 0,30A quando o circuito tinha três lâmpadas.

Perguntamos aos alunos o que eles achavam que poderia acontecer caso uma das lâmpadas fosse retirada do circuito, ou seja, se ele ainda iria funcionar ou não. Então uma parte dos alunos respondeu que o circuito não iria mais funcionar, enquanto outra parte disse que o circuito ainda funcionaria. Em seguida, solicitamos a última equipe (da simulação com três lâmpadas) que retirasse uma das lâmpadas para verificar o que aconteceria com o circuito.

Logo, os alunos presentes observaram que as outras lâmpadas apagaram, e foi nesse momento que retomamos uma explicação na qual mencionamos que a retirada de uma lâmpada implicou numa abertura do circuito interrompendo a passagem de corrente nele.

A segunda tarefa foi realizada pelos três grupos restantes. Como exemplo, temos a Figura 65 que mostra a simulação de uma associação de duas lâmpadas em paralelo feita por uma equipe.

Figura 65 – Simulação de uma associação de duas lâmpadas em paralelo



Fonte: Próprio autor (2023)

As outras duas equipes restantes fizeram a simulação com três lâmpadas em paralelo. Vale ressaltar, mais uma vez, que para as montagens dos circuitos foram utilizados um voltímetro, um amperímetro, uma bateria e fios de ligação. Os alunos usaram novamente os cadernos para anotar os valores identificados nos instrumentos de medida durante a simulação, uma vez que essas anotações serviram para o desenvolvimento dos cálculos na última aula desta etapa.

Durante as simulações, os alunos observaram no voltímetro que a tensão na bateria e nas lâmpadas eram iguais. Aproveitamos a ocasião para explicar que isso ocorria porque as lâmpadas estavam associadas em paralelo e que, nesse caso, a tensão total fornecida pela bateria se manteria a mesma no circuito, independentemente da quantidade de lâmpadas. Assim, as equipes que simularam um circuito com duas ou três lâmpadas em paralelo encontraram 9,0V para cada lâmpada.

O amperímetro também foi utilizado pelos alunos nessas simulações e eles observaram que ao deslocar o instrumento em algumas partes do circuito, o valor da corrente não era o mesmo. Aproveitamos esse momento para explicar novamente aos alunos que numa associação em paralelo a corrente se divide em alguns trechos do circuito. Dessa forma, a equipe que simulou com duas lâmpadas acabou encontrando 1,8A no trecho onde estava a bateria e 0,90A nos trechos onde estavam as lâmpadas. As outras equipes que simularam com três lâmpadas encontraram 2,7A no trecho onde estava a bateria e novamente 0,90A nos trechos onde estavam as lâmpadas.

Perguntamos aos alunos o que eles achavam que poderia acontecer caso uma das lâmpadas fosse retirada do circuito paralelo, ou seja, se ele ainda iria funcionar ou não. A maioria respondeu que o circuito funcionaria dessa vez porque quando fizemos a mesma pergunta com relação ao circuito série, as lâmpadas apagaram. Então o resultado agora deveria ser diferente para o circuito paralelo. Em seguida, solicitamos a última equipe (da simulação com três lâmpadas) que retirasse uma das lâmpadas para verificar o que aconteceria dessa vez.

Os alunos observaram que as outras lâmpadas permaneceram acesas, porém somente depois dessa ação é que eles perceberam que o movimento dos elétrons na animação da simulação continuava em todos os trechos do circuito com exceção do trecho onde a lâmpada foi retirada.

Explicamos a eles que a retirada de uma lâmpada nesse tipo de associação não compromete a passagem de corrente em outros trechos do circuito. Foi nesse momento que fizemos uma analogia com a instalação elétrica de uma residência. A partir disso, os alunos compreenderam que a associação de lâmpadas em paralelo é a que deve ser usada em residências e outros tipos de estabelecimentos.

Na décima sétima aula, os alunos acompanharam a exibição de um vídeo sobre a construção de uma lâmpada caseira e a importância do efeito joule para o funcionamento. Depois do vídeo, aproveitamos a ocasião para falar de forma breve sobre as lâmpadas incandescentes destacando o porquê de elas terem sido substituídas pelas lâmpadas LED e fluorescente na maioria das residências e outros estabelecimentos.

Logo após, um grupo de alunas se disponibilizou, de forma voluntária, para a construção de uma lâmpada caseira. Elas utilizaram uma fita adesiva para juntar oito pilhas do tipo D com tensão de 1,5V cada. A lâmpada caseira para funcionar precisava ser submetida a uma tensão de 12V, conforme foi mostrado no vídeo que foi exibido na sala. Depois disso, a equipe pegou a extremidade de cada fio de ligação prendendo os conectores do tipo jacaré em um copo de plástico com o auxílio da fita adesiva. Esses conectores serviram de suporte para colocar a ponta de grafite 0,5mm.

Em seguida, elas colocaram o recipiente de vidro sobre o copo descartável para proteger a ponta de grafite. Nesse momento fizemos uma analogia dessa situação com a da lâmpada incandescente cujo invólucro de vidro protege o filamento de tungstênio. Por último, as alunas da equipe encostaram a outra extremidade de cada fio no polo positivo e polo negativo da junção de pilhas.

A Figura 66 mostra o grupo trabalhando na junção das pilhas e a Figura 67 mostra os conectores do tipo jacaré presos ao copo plástico.

Figura 66 – Grupo de alunas fazendo a junção das pilhas



Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 67 – Conectores do tipo jacaré presos ao copo plástico



Fonte: Próprio autor (2023)

Esperamos por vários minutos para observar o aquecimento da ponta de grafite que resultaria em um brilho gradativo da lâmpada. Mas infelizmente, depois de várias tentativas o experimento da lâmpada caseira não funcionou e o que foi possível observar apenas, mas de maneira muito rápida, foi uma fumaça saindo do grafite. A umidade do ambiente pode ter sido uma provável explicação para a lâmpada não ter acendido, pois caso fosse reduzida a quantidade de partículas de água presente no ambiente, o resultado poderia ter sido diferente.

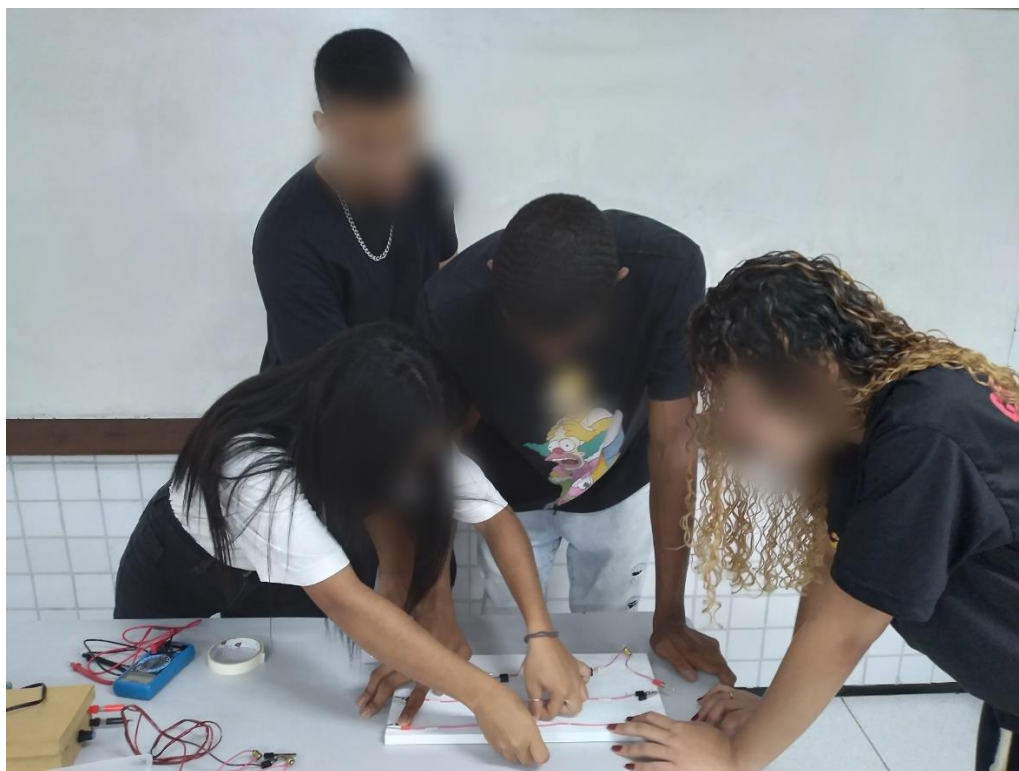
Mesmo diante do não funcionamento do experimento, foi possível observar o envolvimento e a participação de vários alunos de outras equipes na tentativa descobrir alguma falha no aquecimento do grafite. Por diversas vezes, eles reforçaram a fita adesiva na junção das pilhas e usaram várias pontas de grafite 0,5mm, mas infelizmente sem sucesso. Ao final da aula, foram levantadas algumas hipóteses, tais como a qualidade do grafite, a quantidade de pilhas utilizadas e a influência do ar-condicionado no ambiente. Mas bem antes de iniciar a construção da lâmpada, já tínhamos desligado o aparelho com o intuito de realizar os procedimentos experimentais numa temperatura ambiente mais favorável.

Concluimos a aula elogiando a participação do grupo de alunas que se esforçou bastante na construção da lâmpada caseira e nas várias tentativas para que o experimento pudesse entrar em funcionamento. Além disso, mencionamos também a importância do trabalho em equipe, sobretudo quando há troca de ideias entre os componentes e sugestões de como superar os desafios e obstáculos que uma atividade experimental pode oferecer.

Na décima oitava aula, os seis grupos de alunos realizaram algumas tarefas do 2º experimento sobre a associação de lâmpadas em série e em paralelo com uma fonte de tensão contínua. Inicialmente fizemos a montagem do circuito de lâmpadas associadas em série como uma demonstração para os alunos. Em seguida, convidamos uma equipe para fazer a montagem do circuito de lâmpadas associadas em paralelo. Os alunos usaram dois fios de ligação prendendo-os de forma paralela na base de material MDP. Depois, eles pegaram as pequenas lâmpadas incandescentes com conectores do tipo “jacaré” e conectaram nos fios de ligação.

A Figura 68 mostra a atuação dessa equipe no início da montagem, enquanto a Figura 69 já mostra a mesma equipe finalizando praticamente a montagem do circuito.

Figura 68 – Montagem Inicial do circuito sobre associação de lâmpadas em paralelo



Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 69 – Montagem final do circuito sobre associação de lâmpadas em paralelo



Fonte: Próprio autor (2023)

Depois que a montagem de ambos os circuitos foi concluída, a equipe ligou a fonte de tensão contínua e conectou os cabos de ligação no circuito de lâmpadas associadas em série, na qual houve o manuseio do potenciômetro a fim de ajustar gradativamente a tensão a ser aplicada no circuito, conforme a Figura 70.

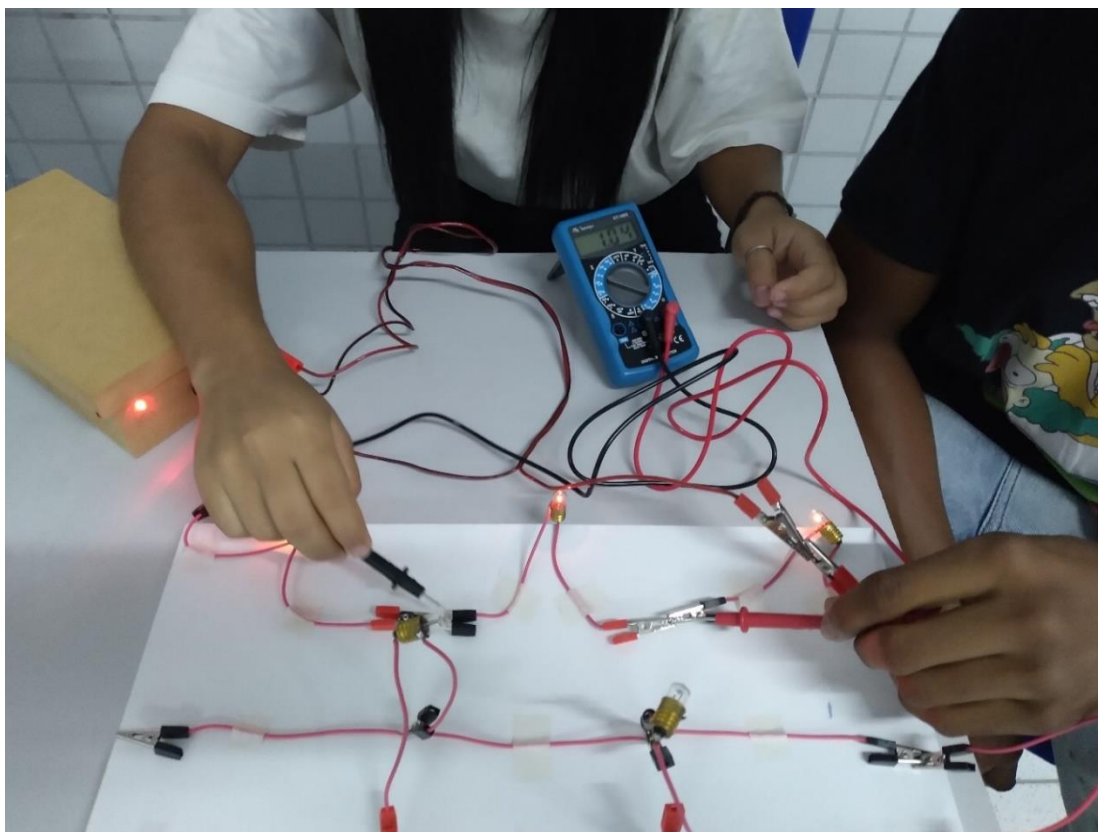
Figura 70 – Alunos ajustando a tensão do circuito com o potenciômetro



Fonte: Próprio autor (2023)

Os alunos ajustaram a tensão da fonte no valor de 3,15V. Em seguida, eles usaram o multímetro para medir a tensão em cada lâmpada e o valor encontrado foi 1,04V. A Figura 71 mostra uma equipe de alunos durante a realização dessa primeira tarefa.

Figura 71 – Alunos medindo a tensão de uma lâmpada associada em série



Fonte: Próprio autor (2023)

Depois, as outras duas equipes também puderam manipular o experimento ajustando a tensão da fonte para outros valores, e à medida que isso ocorria era possível observar a intensidade do brilho das lâmpadas. Foi nesse momento que ressaltamos para os alunos que a tensão máxima que poderíamos obter na fonte para esse tipo de circuito seria 7,5V. Isso porque a tensão máxima de cada lâmpada incandescente é 2,5V. Os alunos puderam relacionar essa situação com aquela vista na simulação virtual quando as lâmpadas estavam em série, ou seja, alguns se manifestaram dizendo que a tensão da fonte se dividia para cada lâmpada.

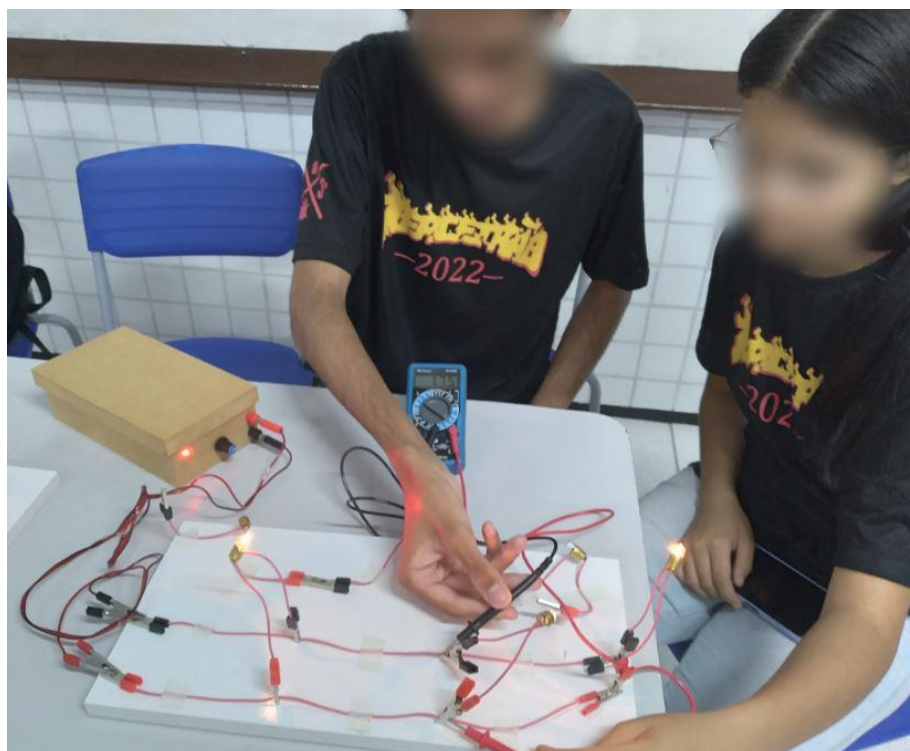
Aproveitamos para retomar algumas informações sobre a associação de lâmpadas em série e solicitamos aos alunos que retirassem uma das lâmpadas do circuito. Mais uma vez, fazendo uma analogia com o simulador da aula anterior, vários alunos responderam que as demais lâmpadas apagariam porque o circuito abriu e não tinha mais como passar corrente nele.

Em seguida, foi a vez das outras três equipes restantes de manipularem o experimento da associação de lâmpadas em paralelo. Inicialmente foi ligada novamente a fonte de tensão contínua e logo após, os cabos de ligação foram

conectados no circuito de lâmpadas. Por último, ajustou-se o potenciômetro da fonte de forma gradativa até obter-se a tensão desejada no circuito.

Dessa vez, uma das equipes utilizou a tensão da fonte no valor de 1,75V. Em seguida, elas também usaram o multímetro para medir a tensão em cada lâmpada e viram que o valor era o mesmo da fonte, ou seja, 1,75V. A Figura 72 mostra a participação dessa equipe na prática experimental desse circuito.

Figura 72 – Alunos medindo a tensão de uma lâmpada associada em paralelo com outras



Fonte: Próprio autor (2023)

Mais tarde, as outras duas equipes manipularam o experimento ajustando a tensão da fonte para valores de até no máximo 2,5V. E assim, cada equipe pôde realizar as medidas sem que os valores ultrapassassem o valor estabelecido pelo fabricante da lâmpada. Logo, os alunos perceberam que o fato de as tensões nas lâmpadas serem iguais à da fonte era por causa do tipo de associação que o circuito apresentava. Algo bastante semelhante ao que aconteceu na simulação virtual e que eles também relataram nesse último experimento.

Depois, solicitamos aos alunos que retirassem uma das lâmpadas do circuito e da mesma forma como aconteceu nas simulações do circuito de lâmpadas em paralelo, eles verificaram o funcionamento do circuito com as outras lâmpadas

acesas. Houve vários relatos de que a corrente só não passava mais pelo trecho onde não havia mais uma lâmpada.

Como última tarefa, pedimos aos alunos que utilizassem a mesma tensão para alimentar os dois circuitos e que prestassem bastante atenção com relação ao brilho das lâmpadas. O valor ajustado com o potenciômetro da fonte foi de 2,5V. Primeiramente os grupos usaram o circuito de lâmpadas em paralelo e observaram o brilho delas. Houve a retirada de uma delas, e mesmo assim eles relataram que o brilho das outras continuou o mesmo.

Por último, as equipes usaram o circuito de lâmpadas em série e viram pouco brilho como se estivessem fracamente acesas. Depois que houve a retirada de uma das lâmpadas, eles relataram que o brilho das outras aumentou. Mas, que ainda brilhavam menos em comparação com as lâmpadas em paralelo.

Retomamos a explicação sobre circuitos elétricos enfatizando que embora a corrente se dividisse entre as lâmpadas em paralelo, ela era maior que a corrente estabelecida no circuito de lâmpadas em série. E que, portanto, essa diferença entre as correntes implicava também na diferença de brilho das lâmpadas de um circuito para o outro. Mas que essas comparações deveriam ser feitas para o mesmo valor de tensão aplicada nos circuitos.

Na décima nona aula apresentamos aos alunos o 3º experimento que foi usado nesta sequência didática para estudar a associação de lâmpadas com uma fonte de tensão alternada. Este experimento já estava pronto. Apesar disso, mais uma vez, tivemos a participação de seis equipes nas quais seus integrantes ajudaram na colocação do trio de lâmpadas em cada circuito. Esses grupos utilizaram no experimento lâmpadas incandescentes de potência elétrica igual a 40W.

A Figura 73 mostra uma equipe que acionou o interruptor de cada circuito para observar todas as lâmpadas acesas. Vale ressaltar que ambos os circuitos foram submetidos, ao mesmo tempo, a uma tensão de 220V. Para isso, foi utilizado uma extensão conectada à tomada da sala de aula.

Figura 73 – Alunos observando os dois circuitos com todas as lâmpadas acesas



Fonte: Próprio autor (2023)

Os alunos puderam então identificar que as três lâmpadas associadas em paralelo brilhavam muito mais do que as três lâmpadas associadas em série. As equipes já tinham observado essa mesma situação no 2º experimento da aula anterior. Por isso alguns alunos se manifestaram afirmando que a corrente no circuito de lâmpadas em paralelo era maior que no outro circuito e isso afetaria no brilho das lâmpadas. De fato, como a resistência equivalente em cada circuito de lâmpadas é diferente, a corrente total em cada circuito também possui um valor diferente, sendo de maior intensidade na associação de lâmpadas em paralelo.

Em um outro momento da aula, uma parte dos grupos manipulou o experimento fazendo a retirada de uma das lâmpadas de apenas um circuito. Como exemplo, temos a Figura 74 que mostra o momento da retirada de uma lâmpada que estava associada em série com as outras.

Figura 74 – Retirada de uma das lâmpadas na associação em série



Fonte: Próprio autor (2023)

O resultado dessa ação já era conhecido por vários alunos ao relatarem, antes mesmo da retirada da lâmpada, que as outras lâmpadas apagariam porque o circuito estava aberto e assim não teria como a corrente elétrica passar por ele. Aproveitamos aquele momento para retomar com os alunos algumas explicações já fornecidas anteriormente sobre a associação de lâmpadas em série. Citamos inclusive que a tensão em cada lâmpada era aproximadamente 73V, pois como já tínhamos visto, desde a aula com o simulador virtual, que a tensão de 220V da tomada se divide para as três lâmpadas.

Uma situação diferente ocorreu quando outra parte dos grupos também retirou uma das lâmpadas do outro circuito. Um exemplo disso, é a Figura 75 que mostra o momento da retirada de uma lâmpada que estava associada em paralelo com as outras.

Figura 75 – Retirada de uma das lâmpadas na associação em paralelo



Fonte: Próprio autor (2023)

Depois dessa ação, vários alunos também se pronunciaram afirmando que as outras lâmpadas permaneceram acesas porque a corrente só deixou de passar no trecho em que a lâmpada foi retirada. Aproveitamos aquela ocasião para retomar com os alunos algumas explicações sobre a associação de lâmpadas em paralelo. Mencionamos para eles que a tensão em cada lâmpada era igual à da tomada (220V), já que se trata de um circuito de lâmpadas em paralelo.

Na vigésima aula, retomamos os conteúdos estudados na sequência didática desenvolvendo juntamente com os alunos a parte dos cálculos. Para isso, foram utilizados os valores que eles anotaram nos cadernos na décima sexta aula, quando fizeram a simulação de lâmpadas associadas em série.

Primeiramente foram calculadas a resistência elétrica e a potência elétrica da lâmpada que foi utilizada naquela simulação virtual. As equipes que simularam com duas lâmpadas em série anotaram 4,5V e 0,45A, respectivamente, para a tensão e para a corrente. A Figura 76 mostra os cálculos que foram feitos por uma equipe que utilizou o simulador virtual com duas lâmpadas em série.

Figura 76 – Cálculos feitos por uma equipe que usou o simulador com duas lâmpadas

2. Circuito com 2 lâmpadas em Série.

Tensão medidas em cada lâmpada: 4,5V

Corrente medidas no circuito: 0,45A

**Cálculo da Resistência Elétrica**

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

$$R = \frac{4,5V}{0,45A}$$

$$R = 10\Omega \rightarrow 0\Omega$$

**Cálculo da Potência Elétrica**

$$P = U \cdot i$$

$$P = 4,5V \cdot 0,45A$$

$$P = 2,025W$$

Fonte: Próprio autor (2023)

Outras equipes usaram o simulador virtual com três lâmpadas em série e anotaram 3,0V e 0,30A, respectivamente, para a tensão e para a corrente. A Figura 77 mostra os cálculos que foram feitos por uma equipe que utilizou o simulador virtual com três lâmpadas em série.

Figura 77 – Cálculos feitos por uma equipe que usou o simulador com três lâmpadas

3- Circuito com três lâmpadas em série:

- \* Tensão medida em cada lâmpada:  $3,0\text{V}$
- \* Corrente medida no circuito:  $0,30\text{A}$
- \* Cálculo da resistência elétrica:

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

$$R = \frac{3,0\text{V}}{0,30\text{A}}$$

$$R = 10\Omega$$

- \* Cálculo da potência elétrica:

$$P = V \cdot i$$

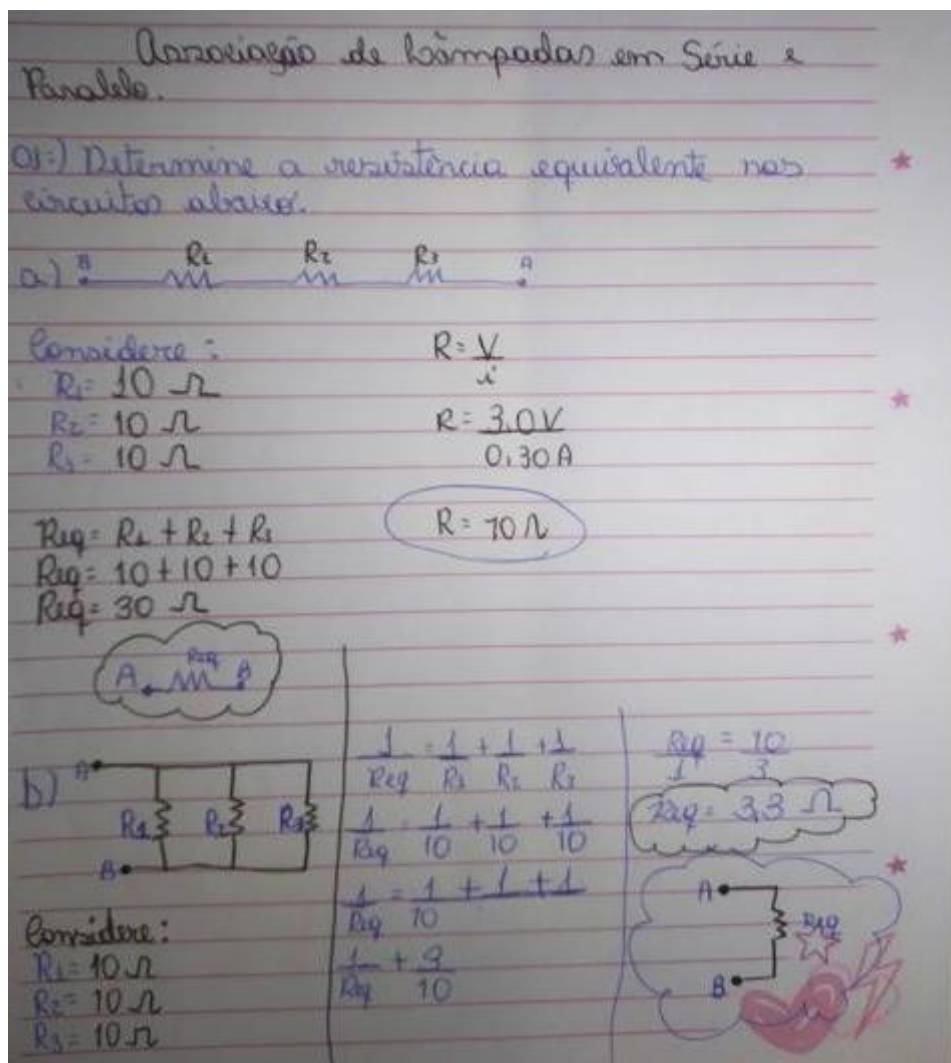
$$P = 3,0\text{V} \cdot 0,30\text{A}$$

$$P = 0,90\text{W}$$

Fonte: Próprio autor (2023)

Por último, foram realizados os cálculos de uma questão sobre associação de resistores em série e em paralelo. Para isso, foi utilizado o valor da resistência encontrada nos cálculos anteriores. A Figura 78 mostra os cálculos que foram feitos por uma equipe que utilizou três resistores associados em série e três em paralelo.

Figura 78 – Cálculos feitos por uma equipe sobre a associação de resistores em série e paralelo



Fonte: Próprio autor (2023)

### 5.7 Avaliação da aprendizagem: 7º Passo (01 aula)

Na vigésima primeira aula explicamos aos alunos que todas as atividades colaborativas feitas e entregues por eles em algumas etapas da UEPS, além das avaliações qualitativas que ocorreram em algumas etapas, serviram para compor uma das notas deles no quarto período letivo escolar. Tanto essas atividades colaborativas quanto as avaliações qualitativas, contribuíram para identificarmos algumas evidências de uma aprendizagem significativa por parte dos alunos com relação aos conteúdos trabalhados durante a implementação desta sequência de ensino.

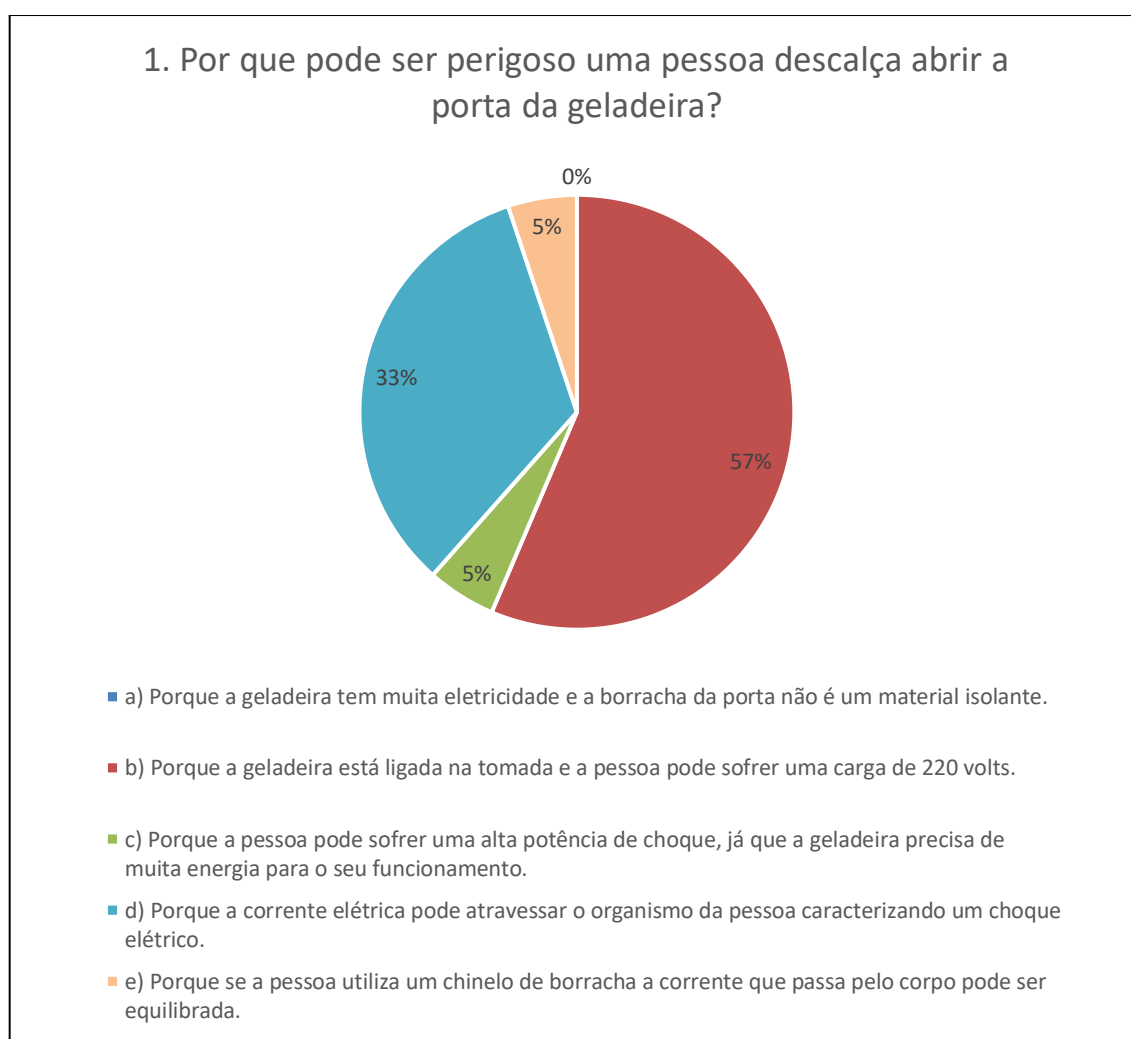
Após essa explicação, aplicamos uma avaliação somativa individual (prova objetiva) composta pelas mesmas questões do questionário de conhecimentos

prévios. Porém, as questões agora eram de múltipla escolha. Vale ressaltar que utilizamos várias respostas subjetivas dos alunos no questionário de conhecimentos prévios, para formar os itens de múltipla escolha da prova objetiva.

A seguir, mostramos os resultados de cada questão através de um quadro informativo.

### 5.7.1 Prova objetiva: resultados

Gráfico 6 – Resposta à 1ª questão (gabarito: item d)

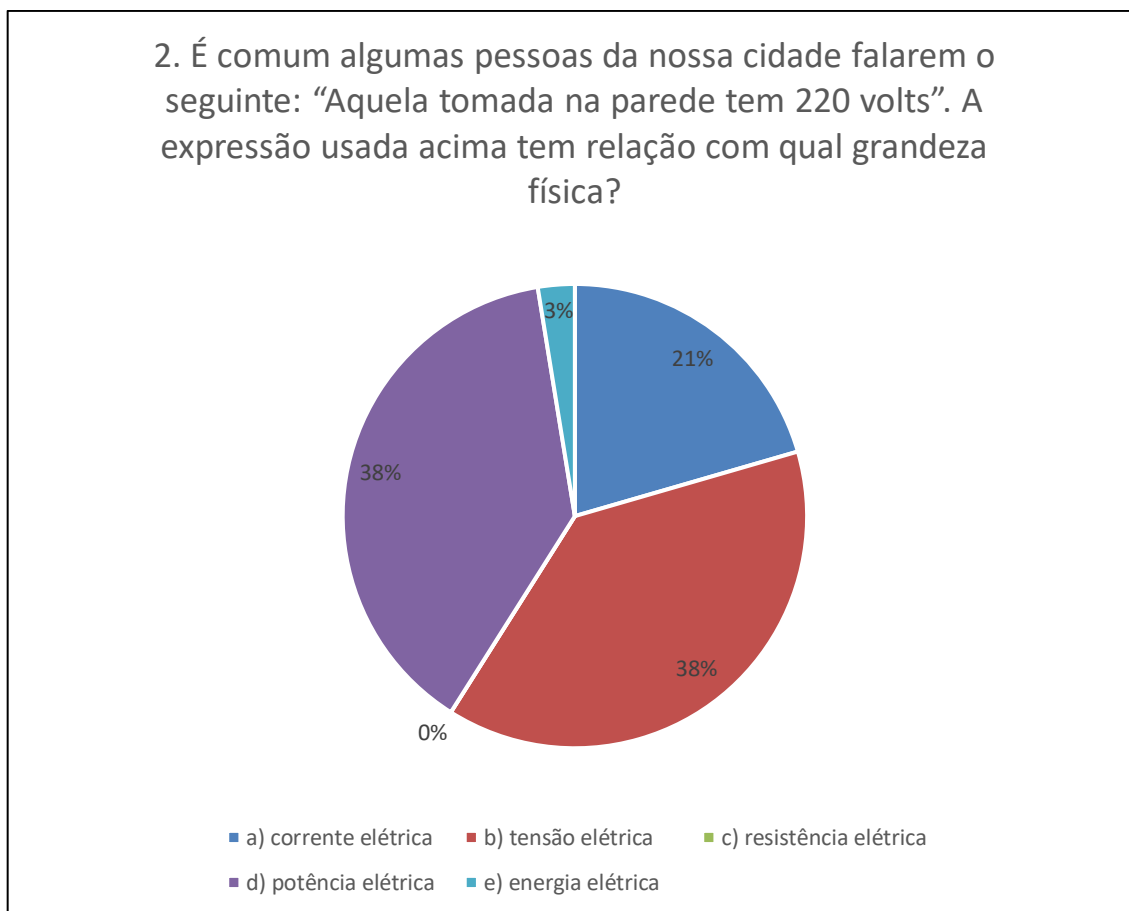


Fonte: Próprio autor (2023)

Verifica-se que 33% dos alunos acertaram a questão, contra 56% dos alunos que acertaram no questionário de conhecimentos prévios.

Outros 57% dos alunos ainda confundem os conceitos de corrente, carga e tensão elétricas.

Gráfico 7 – Resposta à 2ª questão (gabarito: item b)

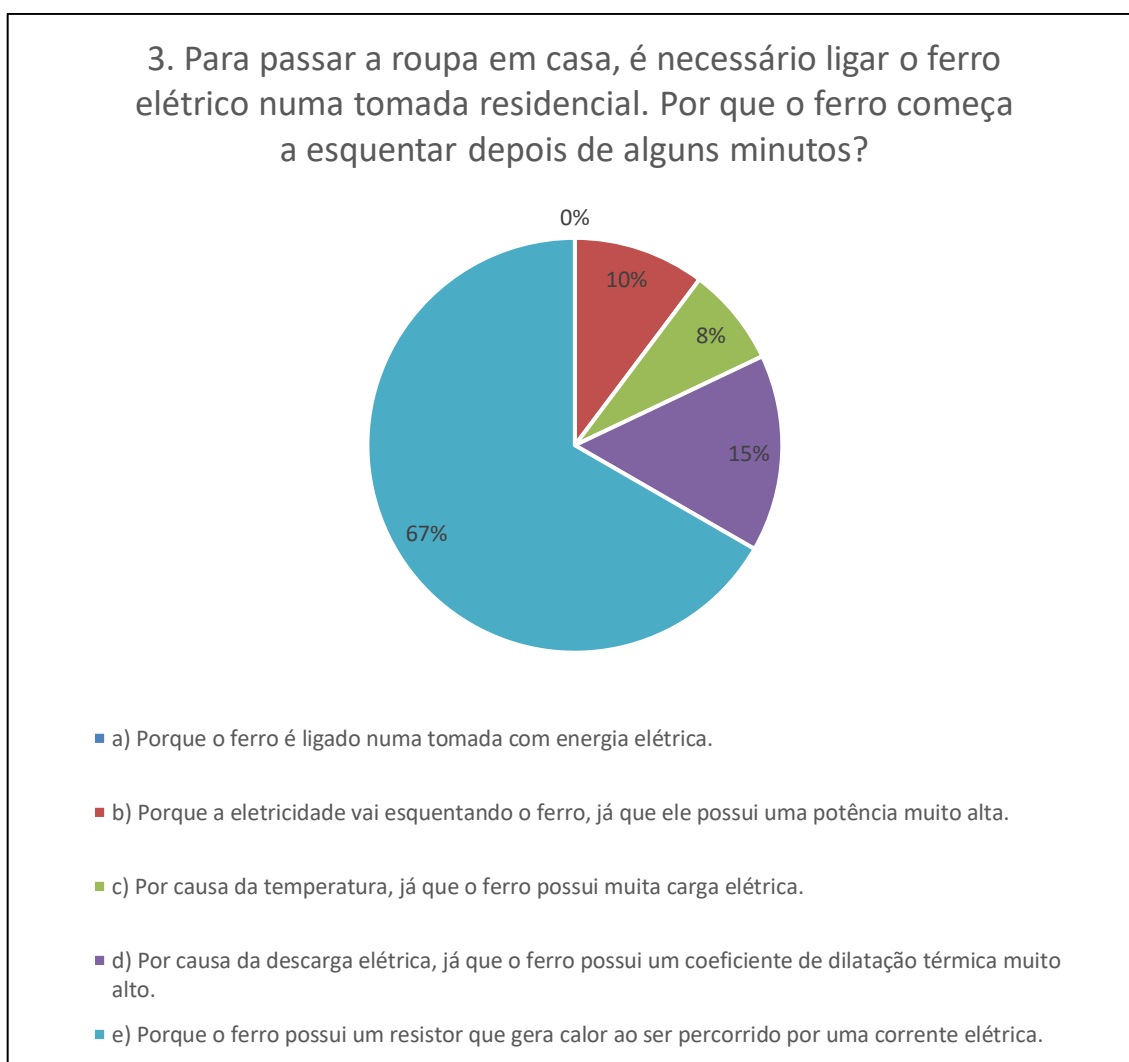


Fonte: Próprio autor (2023)

Ocorre que 38% dos alunos acertaram a questão, contra 29% dos alunos que acertaram no questionário de conhecimentos prévios.

Nota-se um pequeno crescimento na aquisição do conhecimento a respeito do conceito de tensão elétrica, porém ainda há certa confusão com o conceito de potência (outros 38% marcaram essa opção).

Gráfico 8 – Resposta à 3ª questão (gabarito: item e)



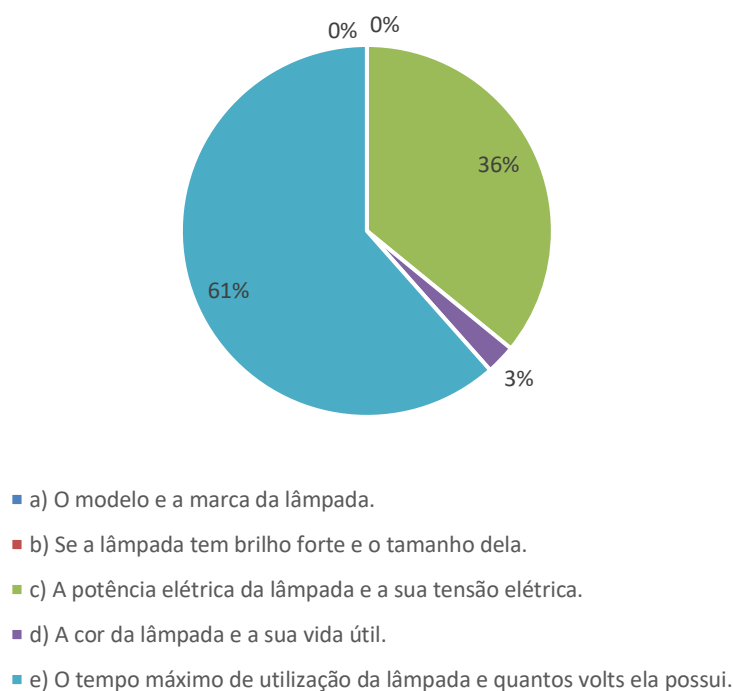
Fonte: Próprio autor (2023)

Verifica-se que 67% dos alunos acertaram a questão, contra 10% dos alunos que associaram à passagem da corrente elétrica no questionário de conhecimentos prévios.

Embora 12% dos alunos tenham associado o aquecimento ao resistor no questionário de conhecimentos prévios, a relação de causa e efeito dá-se entre corrente e calor. A simples presença do resistor não garante o aquecimento.

Gráfico 9 – Resposta à 4ª questão (gabarito: item c)

4. Suponha que a lâmpada do seu quarto tenha queimado. Você então, se desloca até um comércio, próximo da sua casa, para comprar uma lâmpada nova. Quais são as principais informações técnicas, contidas na embalagem da lâmpada, que você levará em considera



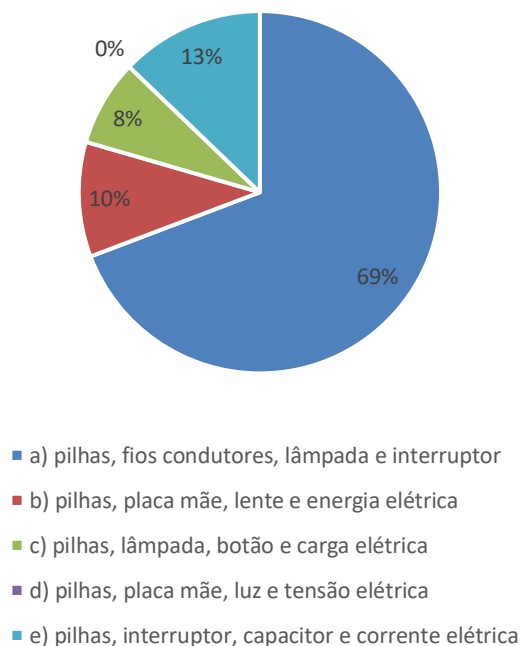
Fonte: Próprio autor (2023)

Ocorre que 36% dos alunos acertaram a questão, contra 22% dos alunos que acertaram no questionário de conhecimentos prévios.

Nota-se um pequeno crescimento na aquisição do conhecimento a respeito da importância da potência e tensão na escolha da lâmpada. A maioria, 61%, não leva em consideração as especificações técnicas como tensão e potência, mas apenas o modelo e a marca.

Gráfico 10 – Resposta à 5ª questão (gabarito: item a)

5. Para acender uma lanterna são necessários alguns componentes para formarem o seu circuito elétrico. Quais são esses componentes?



Fonte: Próprio autor (2023)

Verifica-se que 69% dos alunos acertaram a questão, contra 10% dos alunos que acertaram no questionário de conhecimentos prévios.

Nessa questão, que envolve um circuito elétrico elementar, é que se observa o maior crescimento.

## 5.8 Avaliação da UEPS: 8º Passo (01 aula)

Na vigésima segunda aula ocorreu a avaliação da UEPS. Nesta última etapa, os alunos foram incentivados a falarem sobre o que acharam da implementação da sequência didática de ensino e incentivados a destacarem as facilidades e as dificuldades que encontraram durante a realização das tarefas nas etapas anteriores.

Inicialmente, a nossa estratégia foi distribuir uma folha de papel A4 para que os alunos pudessem copiar e responder a seguinte pergunta que colocamos no quadro: “Qual foi a etapa da sequência didática de ensino que você mais gostou durante as aulas de Física no 4º período? Justifique”.

Logo abaixo citamos algumas respostas dos alunos.

“Mapa mental, pois achei um assunto muito dinâmico e útil para o aprendizado da matéria de Física.”

“Gostei do mapa mental e do mapa conceitual, achei uma forma de ensino de aprender melhor e memorizar as grandezas físicas.”

“Simulação virtual, por que aprendi a fazer um circuito de ligar lâmpadas, nunca tinha participado desse tipo de aula.”

“Simulação virtual porque são equipamentos capazes de reproduzirem atividades reais no ambiente virtual e tão bem divertido e legal de aprender”

“Gostei muito foi da simulação virtual, que me possibilitou entender melhor na “prática” e me deixou bastante animada com o assunto.”

“Gostei muito da simulação virtual, usamos fio, bateria, lâmpada, voltímetro, amperímetro e interruptor... aprendemos sobre circuitos tanto em série como em paralelo”

“A etapa que eu mais gostei foi os experimentos, porque eu interagir mais com o professor, em questão de adquirir mais conhecimento, e foi a que eu mais achei interessante.”

“A etapa que eu mais gostei foi dos experimentos. Gostei de saber sobre a eficiência de cada lâmpada, e como elas funcionavam em cada circuito, sendo ele em série ou paralelo.”

“Experimento. Pois pude observar de perto um fenômeno físico. Poder observar a corrente elétrica em um circuito simples, apenas com 3 lâmpadas e uma bateria fizeram total diferença.”

“Eu gostei mais da parte dos experimentos, achei bem interessante porque se corta um fio, uma ou duas lâmpadas pode apagar. Gostei muito da parte em que tirava a lâmpada do meio e as outras não apagavam.”

Em outro momento da aula, pedimos aos alunos (aqueles que quisessem se manifestar de forma espontânea) que fizessem a leitura em voz alta do que escreveram na folha de papel. A Figura 79 mostra uma aluna fazendo a avaliação da sequência didática, através da leitura das anotações que fez na folha de papel. Ela fez o seguinte relato: “Essas aulas com experimentos me fizeram ter uma visão mais ampla de como a eletricidade é e de como os equipamentos elétricos funcionam, tanto que nunca esqueci a diferença de corrente elétrica contínua e corrente elétrica alternada. Foi o experimento das lâmpadas com a fonte caseira que abriu minha visão sobre a física e me fez querer ir além”.

Figura 79 – Avaliação da sequência didática por parte de uma aluna



Fonte: Próprio autor (2023)

O relato feito pela aluna destacou de maneira bem simples como foi importante a realização de várias práticas experimentais que permitiram a ela compreender mais sobre a eletricidade e o funcionamento dos equipamentos elétricos. Além disso, ela mencionou que aprendeu a diferenciar os tipos de corrente elétrica. Isto é também uma constatação importante, já que, de fato, utilizamos um experimento com uma fonte de tensão contínua e outro como uma fonte de tensão alternada.

Por fim, ela concluiu seu relato afirmando que a sua visão sobre a Física (depois de uma prática experimental) estava “mais aberta”. Foi notório que a motivação dela e de outros alunos se tornou maior durante a realização da sexta etapa da UEPS com a prática dos experimentos despertando mais interesse e uma maior curiosidade dos estudantes nas aulas.

Como afirma Carvalho (2010, p. 57):

Um ensino que tenha por objetivo levar os alunos a se alfabetizarem cientificamente, preparando os nossos jovens para uma participação ativa na sociedade, deve procurar desenvolver novas visões de mundo por parte dos estudantes, considerando o entrelaçamento entre estas e conhecimentos anteriores. No caso da aprendizagem de Física, isto significa, sobretudo, a aquisição pelos alunos de novas práticas e linguagem, sem deixar de relacioná-las com as linguagens e práticas do cotidiano.

Finalizamos a aula fazendo vários comentários e analisando de forma qualitativa o desempenho dos alunos nas atividades colaborativas e na avaliação somativa individual. Explicamos aos alunos que a participação deles em todos os momentos das aulas foi analisada de forma qualitativa. Por outro lado, atribuímos, também, pontos pela participação de cada um deles para ajudar na composição das notas.

Na medida em que, na avaliação de natureza qualitativa, o foco é a identificação de elementos que revelem aspectos importantes do processo de elaboração de conhecimento, com suas possibilidades e dificuldades diferenciadas, a avaliação sobre as produções dos alunos em diferentes instrumentos pode ser representada por categorias descritivas representadas sinteticamente por meio de conceitos (por exemplo: plenamente satisfatório, satisfatório, insatisfatório) ou por pareceres descritivos, que teriam o mérito adicional de poder expressar a apreciação geral do avaliador com a explicação dos pontos-chave de avanços, de dificuldades e de sugestões (Carvalho, 2010, p. 149).

A Figura 80 mostra o professor conversando com os alunos, com temperança, se percebeu ou não evidências de aprendizagem significativa com relação aos conteúdos trabalhados durante a aplicação desta UEPS.

Figura 80 – Professor conversando com os alunos sobre a aprendizagem significativa



Fonte: Próprio autor (2023)

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A possibilidade de ensinar as grandezas físicas da Eletrodinâmica no 3º ano do Ensino Médio, a partir de uma sequência didática fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, foi de grande relevância no desenvolvimento deste trabalho, uma vez que essa sequência permitiu fazer a abordagem desses conteúdos, com base naquilo que o aluno já possuía na sua estrutura cognitiva, ou seja, o seu conhecimento prévio.

Nesse caso, a escolha da utilização de uma UEPS como sequência didática (produto educacional encontrado no Apêndice C) foi necessária, já que ela representa um conjunto de atividades, estratégias e intervenções planejadas etapa por etapa pelo professor para que o entendimento do conteúdo ou tema proposto seja alcançado pelos alunos.

No entanto, todo o processo de implementação da UEPS constitui-se num grande desafio, já que nos deparamos com vários obstáculos como, por exemplo, a falta de uma *internet* própria na escola, tão essencial para as simulações virtuais, em que tivemos que recorrer aos dados móveis para a realização dessas atividades.

Mesmo diante das dificuldades, pudemos perceber o envolvimento da maioria dos alunos nas aulas em que a sequência didática foi aplicada, e isso foi possível constatar com o uso de cada ferramenta educacional que nos propusemos a utilizar. Os mapas mentais e conceituais, por exemplo, ajudaram os alunos a fazerem uma melhor associação das grandezas com outras informações de forma mais estruturada. Ainda assim alguns alunos tiveram muita dificuldade na construção dos mapas.

O questionário de conhecimentos prévios foi uma das ferramentas mais importantes, porque permitiu os alunos manifestarem suas respostas com mais liberdade, embora muitas vezes em contraste com os conceitos e fenômenos que foram estudados no decorrer das aulas. A prova objetiva que foi realizada com as mesmas questões do questionário também teve sua parcela de contribuição positiva, apesar de o desempenho de vários alunos em algumas questões não ter sido bom.

Outro momento em que foi possível verificar um grande envolvimento dos alunos e muita concentração deles, foi na leitura com o código de cores para determinar a resistência elétrica de alguns resistores. Eles de fato, aprenderam a identificar as faixas no resistor. E mais ainda, ao utilizarem o multímetro

conseguiram medir a resistência de vários resistores com diferentes escalas. As comparações que puderam fazer entre as medidas, também contribuiu para que pudessemos perceber mais evidências de aprendizagem significativa.

É importante ressaltar que todas as etapas realizadas nessa sequência didática de ensino foram fundamentais para a compreensão dos conceitos e fenômenos vistos e estudados. Contudo, destacamos que foi possível perceber algumas evidências de uma aprendizagem significativa principalmente em três atividades distintas: a primeira foi a projeção que fizemos das embalagens das lâmpadas, nas quais a maioria dos alunos conseguiram relacionar as grandezas com as suas respectivas unidades.

Ao organizarem essas informações em um quadro, numa folha de papel, lembrou-se muito daqueles manuais de aparelhos eletrônicos e equipamentos elétricos que geralmente nas últimas páginas trazem as informações técnicas sobre os produtos. É possível observar também nesses manuais várias grandezas físicas com as unidades. Infelizmente, por causa do tempo de aula, não realizamos uma atividade colaborativa que nos permitisse fazer uma analogia das embalagens das lâmpadas com os manuais dos aparelhos eletrônicos e equipamentos elétricos.

A segunda atividade que destacamos foi a simulação virtual, na qual os alunos interagiram bastante e se mostraram muito capazes na construção dos diferentes tipos de circuitos. Eles conseguiram compreender melhor, através da simulação, as características de cada circuito elétrico.

Os experimentos que foram trabalhados na antepenúltima etapa da UEPS constituíram a atividade que a maioria dos alunos mais gostaram de participar. Estamos fazendo essa afirmação baseado nas respostas deles durante a avaliação da UEPS. E mesmo o fato do primeiro experimento não ter funcionado, isso não inibiu a iniciativa deles de tentarem encontrar uma solução que pudesse corrigir a falha no experimento. Entretanto, foi mesmo na realização do segundo experimento, que verificamos mais evidências de aprendizagem significativa, uma vez que eles tiveram bastante autonomia na montagem dos circuitos, e no manuseio com a fonte de tensão contínua e com o multímetro ao medir as tensões das lâmpadas em cada circuito. É como afirmam Sales, Sousa e Pontes (2012, p. 22) “[...] quando a própria apresentação dos materiais utilizados para a compreensão de determinado assunto e a sua montagem podem contribuir para despertar a atenção e o interesse dos alunos”.

No que diz respeito à nossa percepção sobre algumas evidências de aprendizagem significativa durante a aplicação da sequência didática de ensino, podemos avaliar a ancoragem através do seguinte exemplo: os alunos desenharam um circuito elétrico simples e fizeram a simulação virtual dele no terceiro passo da UEPS. As informações aprendidas nessa etapa a respeito da corrente, da tensão e dos instrumentos de medidas dessas grandezas serviram como ponto de ancoragem (apoio ou sustentação) às novas ideias e conceitos relevantes que foram apresentados aos alunos durante a realização do segundo experimento no sexto passo da UEPS.

Diante do que foi exposto, acreditamos, assim, que a implementação dessa sequência didática de ensino do tipo UEPS pôde contribuir para uma melhoria nas aulas de Física onde foi possível perceber algumas evidências de aprendizagem significativa por parte dos alunos do 3º ano do Ensino Médio no Centro de Ensino Governador Archer em cada uma das etapas da sequência didática, com exceção da penúltima, na qual somente 49% dos alunos tiveram um desempenho satisfatório na avaliação somativa individual (prova objetiva).

## REFERÊNCIAS

A FÍSICA É LINDA. **Exemplo de mapa conceitual**. 2021. (8 min e 40 s). Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=4J\\_VZ\\_vstbg](https://www.youtube.com/watch?v=4J_VZ_vstbg). Acesso em: 01 out. 2022.

\_\_\_\_\_. **Mapa conceitual - uma metodologia ativa**. 2020. (15 min e 32 s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=yAd5h5lpVo0>. Acesso em: 01 out. 2022.

ARTUSO, Alysson Ramos; WRUBLEWSKI, Marlon. **Física**. 1 ed. v. 3. Curitiba: Positivo, 2013.

AUSUBEL, David P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Paralelo Editora, 2000.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Ministério da Educação / Secretaria de Educação Básica, 2017.

BRASIL. **PCN+ ENSINO MÉDIO: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: Ministério da Educação / Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação / Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2000.

CARVALHO Ana Maria Pessoa de (coordenadora). **Coleção Ideias em Ação: Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física**. 3 ed. v. 3. São Paulo: Editora Ática, 2016.

GODOY, Leandro; AGONOLO, Rosana Maria Dell'; MELO, Wolney. **Ciências da Natureza: eletricidade na sociedade e na vida**. 1 ed. São Paulo: Editora FTD, 2020.

REF, Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. **Física 3: Eletromagnetismo**. 5 ed. São Paulo: Edusp, 2006.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. 10 ed. v. 3. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

\_\_\_\_\_. **Fundamentos de Física**. 8 ed. v. 3. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

HEWITT, Pau. **Física Conceitual**. 12 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

KAZUHITO Yamamoto; FUKU, Luiz Felipe. **Física para o Ensino Médio**. 4 ed. v. 3. São Paulo: Saraiva, 2016.

KNIGHT, Randall D. **Física: uma abordagem estratégica**. 2 ed. v. 3. Porto Alegre: Bookman, 2009.

LOCAWEB BLOG. **Mapa mental: o que é, como fazer e para que serve**. Disponível em: <https://www.locaweb.com.br/blog/temas/primeiros-passos/mapa-mental>. Acesso em: 18 out. 2022.

MANUAL DO MUNDO. **Como fazer uma lâmpada caseira**. 2013. (4 min e 42 s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=n4qbPLCiZCc>. Acesso em: 12 dez. 2022.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz; GUIMARÃES, Carla. **Física: contexto e aplicações**. 2 ed. v. 3. São Paulo: Editora Scipione, 2016.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Física**. 1 ed. v. 3. São Paulo: Editora Scipione, 2006.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa, campos conceituais e pedagogia da autonomia: implicações para o ensino**. Sergipe: 2015.

\_\_\_\_\_. **Grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea**. Rio de Janeiro: 2014.

\_\_\_\_\_. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. 1ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

\_\_\_\_\_. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS. Aprendizagem significativa em revista**. Porto Alegre: 2011.

\_\_\_\_\_. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Mato Grosso: 2010.

\_\_\_\_\_. **Aprendizagem significativa: um conceito subjacente.** Burgos: 1997.

\_\_\_\_\_. **Monografia n° 10 da Série Enloques Teóricos.** Porto Alegre: 1995.

\_\_\_\_\_. **Mapas conceituais no ensino de física.** Porto Alegre: Instituto de Física-UFRGS, 1992.

PENTEADO, Paulo César M. **Física: Conceitos e Aplicações.** 1 ed. v. 3. São Paulo: Moderna, 1998.

PHET INTERACTIVE SIMULATIONS. **Simulações interativas para Ciências e Matemática.** Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/). Acesso em: 24 out. 2022 e 16 dez. 2022.

SALES, Fábio; SOUZA, Raísa Marya; Luciana Pontes. **Experimentos Fáceis de Física.** São Luís: 2012.

SERWAY, Raymond A.; JEWETT, John W. **Princípios de Física.** 3 ed. v. 3. São Paulo: Thomson Learning Edições, 2006.

SILVEIRA, Fernando Lang da. **CREF - Sentido da corrente elétrica.** Porto Alegre, 20 out. 2015. Disponível em: <https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=sentido-da-corrente-eletrica>. Acesso em: 15 dez. 2023.

SOUSA, Graziela; PINHEIRO, Nilcéia. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS).** Blumenau: Revista Dynamis, 2019.

**APÊNDICE A**  
**Questionário de conhecimentos prévios**

CENTRO DE ENSINO GOVERNADOR ARCHER

TURNO: VESPERTINO / PROFESSOR: CAMILO

SÉRIE: 3º ANO / TURMA: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

NOME: \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_

**QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS**

1. Por que pode ser perigoso uma pessoa descalça abrir a porta da geladeira?

---

---

2. É comum algumas pessoas da nossa cidade falarem o seguinte:

*“Aquele tomada na parede tem 220 volts”.*

A expressão usada acima tem relação com qual grandeza física?

---

---

3. Para passar a roupa em casa, é necessário ligar o ferro elétrico numa tomada residencial. Por que o ferro começa a esquentar depois de alguns minutos?

---

---

4. Suponha que a lâmpada do seu quarto tenha queimado. Você então, se desloca até um comércio, próximo da sua casa, para comprar uma lâmpada nova. Quais são as principais informações técnicas, contidas na embalagem da lâmpada, que você levará em consideração para comprá-la?

---

---

5. Para acender uma lanterna são necessários alguns componentes para formarem o seu circuito elétrico. Quais são esses componentes?

---

---

## APÊNDICE B

### Tabela de código de cores

CENTRO DE ENSINO GOVERNADOR ARCHER

TURNO: VESPERTINO / PROFESSOR: CAMILO

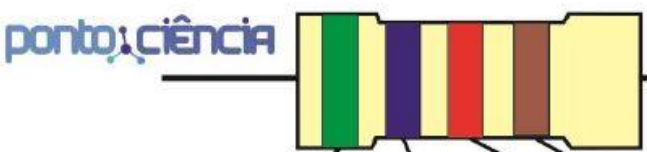
SÉRIE: 3º ANO / TURMA: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

NOME: \_\_\_\_\_

Nº \_\_\_\_\_

### TABELA DE CÓDIGO DE CORES

|  <div style="float: right; text-align: right;"> <math>R = 5600 \, \Omega, \pm 1\%</math><br/> <math>R = 5,6 \cdot 10^3 \, \Omega</math><br/> <math>R = 5,6 \, K\Omega</math> </div> |                      |                      |                                   |                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| COR                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1ª Faixa<br>(Número) | 2ª Faixa<br>(Número) | 3ª Faixa<br>(zeros ou Pot. de 10) | 4ª Faixa<br>(Tolerância) |
| Preto                                                                                                                                                                                                                                                                | —                    | 0                    | —                                 | —                        |
| Marrom                                                                                                                                                                                                                                                               | 1                    | 1                    | 0 (x 10 <sup>1</sup> )            | 1%                       |
| Vermelho                                                                                                                                                                                                                                                             | 2                    | 2                    | 00 (x 10 <sup>2</sup> )           | 2%                       |
| Laranja                                                                                                                                                                                                                                                              | 3                    | 3                    | 000 (x 10 <sup>3</sup> )          | —                        |
| Amarelo                                                                                                                                                                                                                                                              | 4                    | 4                    | 0000 (x 10 <sup>4</sup> )         | —                        |
| Verde                                                                                                                                                                                                                                                                | 5                    | 5                    | 00000 (x 10 <sup>5</sup> )        | —                        |
| Azul                                                                                                                                                                                                                                                                 | 6                    | 6                    | 000000 (x 10 <sup>6</sup> )       | —                        |
| Violeta                                                                                                                                                                                                                                                              | 7                    | 7                    | —                                 | —                        |
| Cinza                                                                                                                                                                                                                                                                | 8                    | 8                    | —                                 | —                        |
| Branco                                                                                                                                                                                                                                                               | 9                    | 9                    | —                                 | —                        |
| Ouro                                                                                                                                                                                                                                                                 | —                    | —                    | x 0,1 (x 10 <sup>-1</sup> )       | 5%                       |
| Prata                                                                                                                                                                                                                                                                | —                    | —                    | x 0,01 (x 10 <sup>-2</sup> )      | 10%                      |
| <b>Código de cores dos resistores</b>                                                                                                                                                                                                                                |                      |                      |                                   |                          |

Fonte: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/516624/mod\\_resource/content/1/Anexo%201%20-%20Tabela%20de%20Codigo%20de%20Cores%20de%20Resistores.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/516624/mod_resource/content/1/Anexo%201%20-%20Tabela%20de%20Codigo%20de%20Cores%20de%20Resistores.pdf)

**APÊNDICE C**  
**PRODUTO EDUCACIONAL**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA EM REDE  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**PRODUTO EDUCACIONAL**



**GRANDEZAS FÍSICAS DA ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO:** uma sequência didática fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



São Luís - MA  
2023

**Autor:**

Camilo Lellis Saraiva Silva

**Orientadora:**

Raisa Marya Corrêa Souza Diniz

© Camilo Lellis Saraiva Silva e Raisal Marya Corrêa Souza Diniz – 2023.  
O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada a fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores e utilizadas para fins didáticos. Por favor, contate os autores caso constatare que houve violação de seus direitos autorais. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas a divulgação do conhecimento científico.

## APRESENTAÇÃO

Caro(a) professor(a),

O objetivo desse produto educacional é analisar a possibilidade do ensino-aprendizagem das principais grandezas físicas da Eletrodinâmica para alunos do 3º ano do Ensino Médio, através de uma sequência didática fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, a fim de verificar se sua utilização pode favorecer a uma melhor compreensão das principais grandezas físicas da Eletrodinâmica.

A escolha de uma UEPS, Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, para o desenvolvimento do nosso produto educacional se deu pelo fato de que ela é uma sequência didática que busca desenvolver uma prática de ensino que seja capaz de atribuir significado àquilo que se aprende.

Utilizamos, para isso, algumas ferramentas educacionais: questionário de conhecimentos prévios, mapa mental, mapa conceitual, simulador virtual e kit experimental, referentes às grandezas físicas fundamentais da Eletrodinâmica.

Esperamos, ao compartilhar o produto com os professores, possibilitar-lhes desenvolver com seus alunos um conhecimento estruturado e potencialmente significativo.

## LISTA DE FIGURAS

|           | <b>p.</b>                                                                       |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Figura 1  | Mapa mental sobre as grandezas físicas da Eletrodinâmica ..... 11               |
| Figura 2  | Tela com objetos que serão usados na montagem do circuito DC ..... 14           |
| Figura 3  | Montagem do circuito DC com a lâmpada acesa ..... 15                            |
| Figura 4  | Informações técnicas de uma lâmpada incandescente ..... 17                      |
| Figura 5  | Informações técnicas de uma lâmpada fluorescente ..... 17                       |
| Figura 6  | Informações técnicas de uma lâmpada LED ..... 18                                |
| Figura 7  | Simulação de lâmpadas em série (fonte de tensão contínua) ..... 21              |
| Figura 8  | Simulação de lâmpadas em paralelo (fonte de tensão contínua) ..... 21           |
| Figura 9  | Primeiro estágio da lâmpada caseira (pouco brilho) ..... 22                     |
| Figura 10 | Segundo estágio da lâmpada caseira (brilho médio) ..... 22                      |
| Figura 11 | Terceiro estágio da lâmpada caseira (brilho intenso) ..... 23                   |
| Figura 12 | Montagem da lâmpada caseira ..... 23                                            |
| Figura 13 | Associação de lâmpadas em série com uma fonte de tensão contínua . 24           |
| Figura 14 | Associação de lâmpadas em paralelo com uma fonte de tensão<br>contínua ..... 24 |
| Figura 15 | Fonte caseira de tensão elétrica contínua ..... 25                              |
| Figura 16 | Circuito elétrico da fonte caseira com ajuste de zero a 12 volts ..... 25       |
| Figura 17 | Associação de lâmpadas em série com uma fonte de tensão alternada 26            |
| Figura 18 | Associação de lâmpadas em paralelo com uma fonte alternada ..... 26             |

## LISTA DE QUADROS

|                                                         | <b>p.</b> |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| Quadro 1 Etapas constitutivas das UEPS.....             | 9         |
| Quadro 2 Encontros e conteúdos no 4º passo da UEPS..... | 16        |

## SUMÁRIO

|                                                                 | <b>p.</b> |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                        | <b>8</b>  |
| <b>2 USO DE UMA UEPS COMO SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....</b>          | <b>8</b>  |
| 2.1 Escolha da UEPS e público-alvo .....                        | 10        |
| 2.2 Aplicação da UEPS .....                                     | 10        |
| 2.2.1 Situação Inicial: 1º Passo (01 aula) .....                | 11        |
| 2.2.2 Situações-problema: 2º Passo (02 aulas) .....             | 12        |
| 2.2.3 Novas situações-problema: 3º Passo (03 aulas) .....       | 14        |
| 2.2.4 Diferenciação progressiva: 4º Passo (05 aulas) .....      | 16        |
| 2.2.5 Negociação de significados: 5º Passo (04 aulas) .....     | 18        |
| 2.2.6 Reconciliação integradora: 6º Passo (05 aulas) .....      | 20        |
| 2.2.7 Avaliação da aprendizagem: 7º Passo (01 aula) .....       | 27        |
| 2.2.8 Avaliação da UEPS: 8º Passo (01 aula) .....               | 27        |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                        | <b>29</b> |
| <b>APÊNDICE I – Questionário de conhecimentos prévios .....</b> | <b>30</b> |
| <b>APÊNDICE II – Tabela de código de cores .....</b>            | <b>31</b> |

## **1 INTRODUÇÃO**

Nosso produto educacional apresenta uma sequência didática de ensino do tipo UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativa) fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, e cuja finalidade é investigar os conhecimentos prévios dos alunos sobre as grandezas físicas fundamentais da Eletrodinâmica.

Inicialmente abordamos o uso de uma UEPS como sequência didática, o motivo da escolha da UEPS e o público-alvo. Em seguida, relatamos a aplicação da sequência didática descrevendo os oito passos ou etapas: situação inicial, situações-problema, novas situações-problema, diferenciação progressiva, negociação de significados, reconciliação integradora, avaliação da aprendizagem, avaliação da UEPS, divididas em 22 aulas, abordando tópicos fundamentais de Eletrodinâmica.

Em tais etapas utilizamos, em nossa prática pedagógica, algumas ferramentas educacionais, tais como: questionário de conhecimentos prévios, mapa mental, mapa conceitual, simulador virtual e kit experimental. Por meio dessa sequência didática, esperamos contribuir com a prática pedagógica, ao sugerir ideias para um ensino que tenha potencial de atingir uma aprendizagem significativa.

## **2 USO DE UMA UEPS COMO SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

A sigla UEPS significa Unidade de Ensino Potencialmente Significativa fundamentada principalmente na teoria da aprendizagem significativa. A UEPS foi construída originalmente pelo físico Marco Antonio Moreira que partiu das premissas de que não há ensino sem aprendizagem, pois segundo ele, o ensino é o meio e a aprendizagem é o fim.

As UEPS, de acordo com Moreira (2011, p. 2), são:

[...] sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula.

Para a construção de uma UEPS deve-se levar em conta o seu objetivo, a sua filosofia, o seu marco teórico e os seus princípios (Moreira, 2011). Além disso,

esse tipo de sequência didática também deve contemplar importantes aspectos transversais, ou seja:

Em todos os passos, os materiais e as estratégias de ensino devem ser diversificados, o questionamento deve ser privilegiado em relação às respostas prontas e o diálogo e a crítica devem ser estimulados; como tarefa de aprendizagem, em atividades desenvolvidas ao longo da UEPS, pode-se pedir aos alunos que proponham, eles mesmos, situações-problema relativa ao tópico em questão; embora a UEPS deva privilegiar as atividades colaborativas, a mesma pode também prever momentos de atividades individuais (Moreira, 2011, p. 5).

É importante ressaltar que as UEPS são propostas como recurso facilitador para a ocorrência da aprendizagem significativa, sendo que a estruturação do processo de ensino, na forma de sequência didática, ocorre através de oito etapas estabelecidas por Moreira (Sousa e Pinheiro, 2019).

Essas etapas são apresentadas no Quadro 1, de forma resumida, segundo Sousa e Pinheiro (2019, p. 116).

Quadro 1 – Etapas constitutivas das UEPS

| <b>Aspectos sequenciais das UEPS</b> |                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Etapa 1</b>                       | Definir o tópico que será abordado, resgatando o conhecimento prévio e as relações que podem ser estabelecidas com o novo conhecimento.                                     |
| <b>Etapa 2</b>                       | Proporcionar situações em que o estudante possa externalizar o conhecimento prévio.                                                                                         |
| <b>Etapa 3</b>                       | Introdução ao tópico de estudo, com situações que relacionem o conhecimento prévio com o novo conhecimento.                                                                 |
| <b>Etapa 4</b>                       | Apresentar o novo conteúdo ou conceito, partindo dos aspectos mais gerais para os mais específicos (diferenciação progressiva).                                             |
| <b>Etapa 5</b>                       | Retomada dos aspectos mais gerais do conteúdo, avançando na complexidade. Promover situações de interação com o grupo de estudantes, envolvendo negociação de significados. |
| <b>Etapa 6</b>                       | Abordagem do tópico de estudo em maior grau de complexidade, com diversificação de atividades.                                                                              |
| <b>Etapa 7</b>                       | Avaliação processual e formativa da aprendizagem.                                                                                                                           |
| <b>Etapa 8</b>                       | Avaliação da UEPS, segundo evidências da aprendizagem significativa.                                                                                                        |

Fonte: Sousa e Pinheiro (2019)

Portanto, as etapas mencionadas acima constituem uma das partes mais importantes no desenvolvimento de uma UEPS, uma vez que elas contemplam aspectos fundamentais e essenciais da aprendizagem significativa, como a modificação de subsunçores, a ancoragem, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. É com base nisso, que segundo Sousa e Pinheiro (2019, p. 118), “[...] a implantação de UEPS tem como objetivo organizar e sistematizar o processo de ensino, oferecendo materiais e procedimentos capazes de desenvolver a aprendizagem significativa em diferentes contextos”.

## **2.1 Escolha da UEPS e público-alvo**

A escolha de uma UEPS para o desenvolvimento do nosso produto educacional se deu pelo fato de que ela é uma sequência didática que possui encaminhamentos lógicos e metodológicos para o desenvolvimento de uma prática de ensino que seja capaz de atribuir significado àquilo que se aprende com o intuito de promover a aprendizagem significativa.

Nesse sentido, a elaboração de uma sequência didática de ensino fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel é um meio de comprovar que a sua utilização pode despertar nos alunos uma melhor compreensão sobre as grandezas físicas estudadas na Eletrodinâmica, a partir do conhecimento prévio que eles possuem, da problematização e contextualização, bem como da prática experimental no ensino de Física.

Essa sequência didática tem como público-alvo estudantes do 3º ano do Ensino Médio.

## **2.2 Aplicação da UEPS**

Essa UEPS deve ser aplicada em 22 aulas, sendo 50 minutos para cada aula.

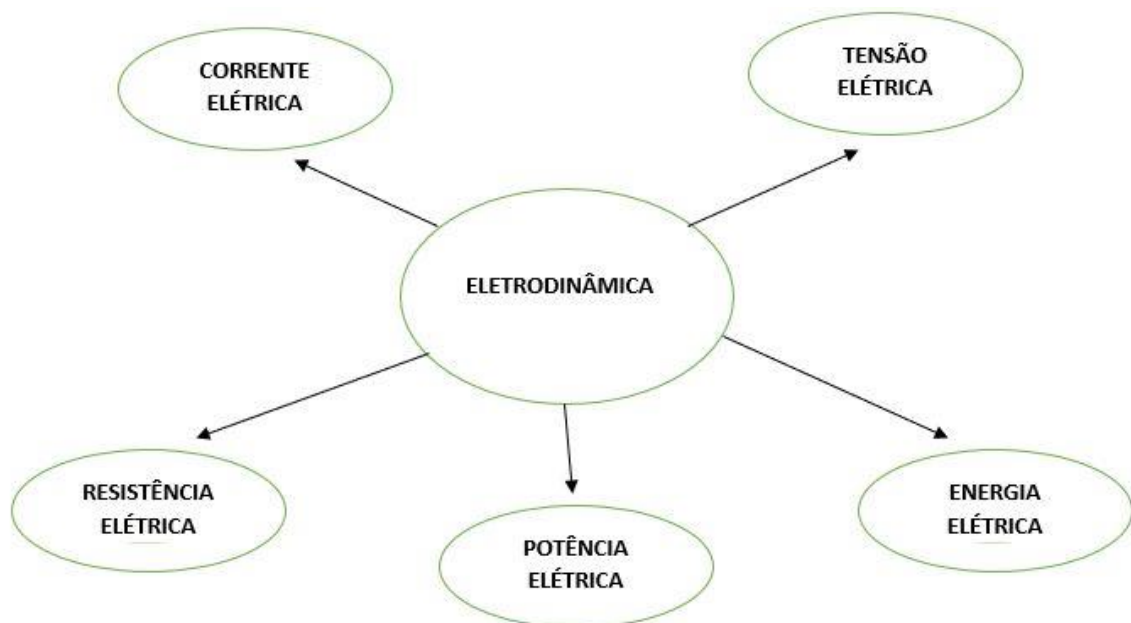
Uma UEPS é constituída de oito passos ou etapas que reúnem aspectos fundamentais e essenciais para a estruturação e elaboração de uma sequência didática de ensino. A seguir, descrevemos como desenvolver cada uma dessas etapas.

### 2.2.1 Situação Inicial: 1º Passo (01 aula)

Iniciamos a primeira aula com uma conversa com os alunos a respeito de uma metodologia diferente de ensino a ser utilizada. Para isso, damos uma explicação sobre a sequência didática do tipo UEPS em que destacamos o seu objetivo, a sua estrutura e a sua implementação nas aulas de Física do 3º ano.

No segundo momento da aula apresentamos o tópico específico (objeto de estudo) da UEPS, ou seja, um breve comentário sobre as principais grandezas físicas estudadas na Eletrodinâmica. A estratégia é desenhar no quadro o mapa mental da Figura 1 para ilustrar a relação da palavra central (Eletrodinâmica) com as palavras adjacentes (grandezas físicas). Em seguida, pedimos aos alunos que reproduzam no caderno esse mesmo mapa.

Figura 1 – Mapa mental sobre as grandezas físicas da Eletrodinâmica



Fonte: Próprio autor (2023)

A fim de compreender a diferença entre mapa conceitual e mapa mental, duas ferramentas usadas nesse trabalho, seguem as definições. Segundo Moreira (1992, p. 2):

De uma maneira ampla, mapas conceituais são apenas diagramas que indicam relações entre conceitos. Mais especificamente, podem ser interpretados como diagramas hierárquicos que procuram refletir a organização conceitual de uma disciplina ou de parte dela. Ou seja, sua existência deriva da estrutura conceitual de uma disciplina.

Desse modo “Mapas conceituais devem ser entendidos como diagramas bidimensionais que procuram mostrar relações hierárquicas entre conceitos de uma disciplina e que derivam sua existência da própria estrutura conceitual da disciplina” (Moreira, 1992, p. 2).

De acordo com o site <https://www.locaweb.com.br/blog/temas/primeiros-passos/mapa-mental> (do blogue *Locaweb Blog*), um mapa mental “é um diagrama visual que consiste na organização de ideias ou informações em torno de um tópico central. Essa ferramenta possibilita fazer ligações entre as ideias e ajuda a assimilá-las mais facilmente”.

Assim, existe uma diferença entre essas duas ferramentas. Os mapas mentais possuem uma estrutura mais simples e mais fácil de serem utilizados em sala de aula, porém os mapas conceituais permitem avaliar melhor a compreensão dos tópicos pelos alunos e representar de forma mais complexa os conceitos estudados.

No terceiro momento da aula solicitamos aos alunos que anotes exemplos de três palavras relacionadas a cada uma das grandezas físicas apresentadas no mapa da Figura 1. Como dica, sugerimos a eles que escrevam o nome de objetos ou equipamentos que possam associar com alguma dessas grandezas.

Os alunos são informados que o registro dessas anotações no caderno constituirá a primeira atividade da UEPS, e que elas são importantes para a participação deles na segunda etapa da sequência didática.

### **2.2.2 Situações-problema: 2º Passo (02 aulas)**

Na segunda aula os alunos formam cinco equipes para construir um mapa mental sobre as grandezas físicas estudadas na Eletrodinâmica. Fazemos um sorteio para saber qual o tópico específico (no caso, a grandeza física) de cada equipe.

Orientamos os alunos para que eles utilizem os cadernos com as anotações referentes à primeira atividade. Com isso, eles têm uma importante ferramenta de pesquisa para auxiliá-los na elaboração do mapa mental.

As equipes realizam a tarefa da construção dos mapas, e assim podemos recebê-los e registrá-los como a segunda atividade da UEPS.

Na terceira aula aplicamos um questionário individual com os alunos a fim de que eles possam revelar seus conhecimentos prévios a respeito dos conteúdos trabalhados no decorrer da UEPS. No Apêndice I encontra-se o questionário de conhecimentos prévios composto das seguintes questões:

- 1) Por que pode ser perigoso uma pessoa descalça abrir a porta da geladeira?
- 2) É comum algumas pessoas da nossa cidade falarem o seguinte:  
*“Aquela tomada na parede tem 220 volts”.*  
A expressão usada acima tem relação com qual grandeza física?
- 3) Para passar a roupa em casa, é necessário ligar o ferro elétrico numa tomada residencial. Por que o ferro começa a esquentar depois de alguns minutos?
- 4) Suponha que a lâmpada do seu quarto tenha queimado. Você então, se desloca até um comércio, próximo da sua casa, para comprar uma lâmpada nova. Quais são as principais informações técnicas, contidas na embalagem da lâmpada, que você levará em consideração para comprá-la?
- 5) Para acender uma lanterna são necessários alguns componentes para formarem o seu circuito elétrico. Quais são esses componentes?

Antes que os alunos comecem a responder o questionário, fazemos apenas a leitura das questões sem fornecer nenhuma explicação detalhada delas, e procuramos incentivá-los ao máximo para que respondam as cinco questões sem a preocupação inicial de acertos ou erros, apenas de acordo com o entendimento deles.

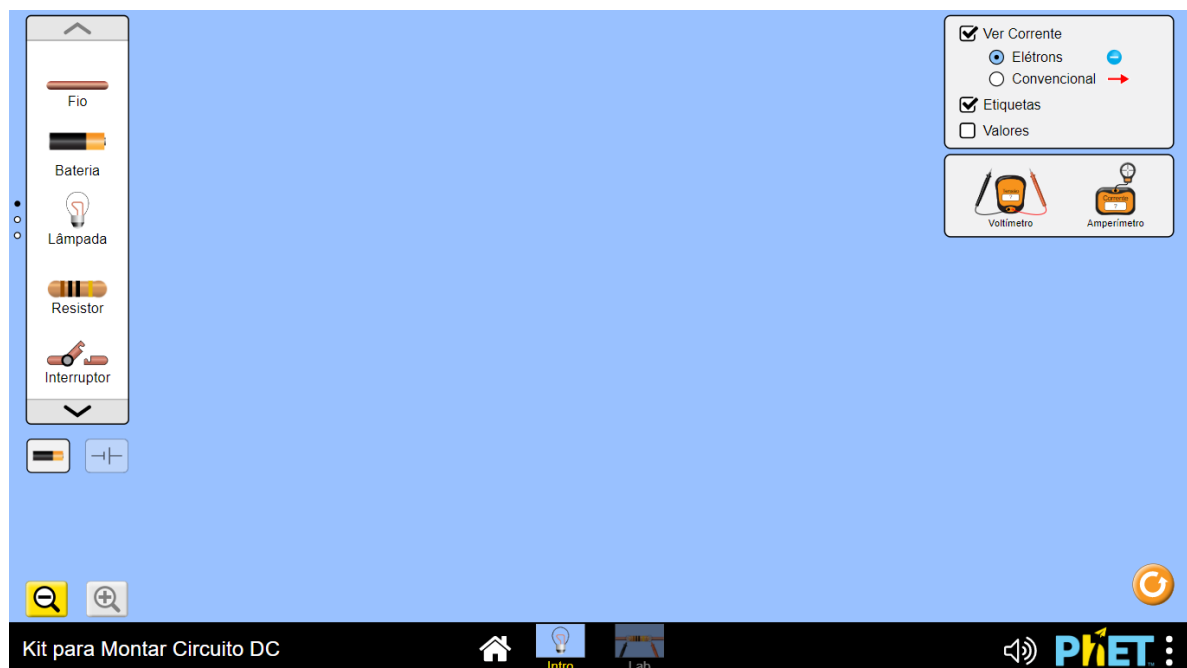
Depois de 40 minutos (prazo estabelecido para que a tarefa seja executada pelos alunos) fazemos o recolhimento do questionário e informamos aos alunos que ele será registrado como a terceira atividade da UEPS.

### 2.2.3 Novas situações-problema: 3º Passo (03 aulas)

Nesta etapa utilizamos um notebook e um projetor para apresentar o site do *Phet Interactive Simulations* ([https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)) da Universidade do Colorado. Esse site permite fazer diversas simulações virtuais de forma *online* nas áreas de Matemática e Ciências. Dessa forma, o nosso objetivo aqui nesse terceiro passo é submeter os alunos a novos conhecimentos, através da simulação virtual dos conteúdos estudados em Eletrodinâmica, levando-se em conta o conhecimento prévio desses estudantes em um nível bem introdutório.

Na quarta aula utilizamos a plataforma de Física do *Phet Interactive Simulations* e clicamos no ícone “Kit para Montar Circuito DC”. Em seguida, pedimos aos alunos que realizem duas tarefas: na primeira eles observam atentamente a projeção e escrevem no caderno o nome dos objetos que aparecem na tela da plataforma, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Tela com objetos que serão usados na montagem do circuito DC



Fonte: Site do *Phet Interactive Simulations*

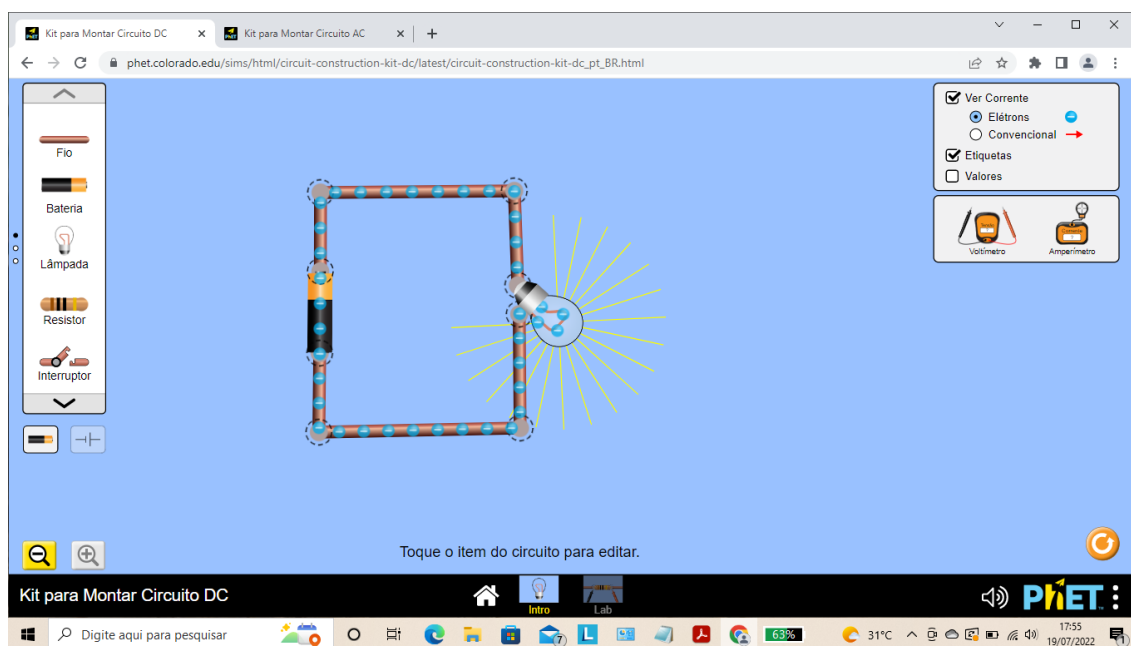
Na segunda tarefa, os alunos utilizam os cadernos para montar, através de um desenho, um circuito com uma lâmpada, uma pilha e alguns pedaços de fio. A prática desse desenho, inclusive, contribui para que eles sejam capazes de construir modelos mentais que resultem da percepção e do conhecimento prévio. Vale

ressaltar ainda que as duas tarefas executadas na turma constituirão a quarta atividade da UEPS.

Na quinta aula, com base nas tarefas que os alunos realizaram anteriormente, faz-se uma exposição oral, em um nível bem introdutório, sobre circuitos e seus elementos. Além disso, fala-se também da importância de dois instrumentos de medidas utilizados em um circuito elétrico: o amperímetro e o voltímetro.

Em seguida, os alunos são organizados em equipes e cada uma delas acessa a plataforma de Física do *Phet Interactive Simulations* clicando no ícone “Kit para Montar Circuito DC”. Cada equipe interage com a simulação virtual e pode montar o circuito da Figura 3, que é semelhante àquele desenhado nos cadernos pelos estudantes na aula anterior. Eles também podem constatar que a montagem desse circuito resulta no acendimento da lâmpada.

Figura 3 – Montagem do circuito DC com a lâmpada acesa



Fonte: Site do *Phet Interactive Simulations*

Na sexta aula, as equipes continuam a interagir com a simulação virtual e dessa vez, os alunos acrescentam ao circuito um interruptor, um amperímetro e um voltímetro para que possam compreender melhor a finalidade de cada um deles no circuito elétrico. A participação de cada membro dos grupos e a interação deles com o simulador, nestas últimas aulas, servem como uma avaliação qualitativa nesta etapa da UEPS.

Essa é mais uma etapa fundamental na sequência didática, porque ela permitirá a introdução de novos conhecimentos aos alunos, sem deixar de lado o conhecimento prévio deles. Entre os conteúdos novos que poderão ser trabalhados destacamos os elementos de um circuito elétrico simples e os instrumentos de medida utilizados nesses circuitos.

#### **2.2.4 Diferenciação progressiva: 4º Passo (05 aulas)**

Para a realização desta etapa utilizamos os seguintes recursos didáticos: quadro, pincel, notebook e projetor. Com o auxílio desses recursos faz-se uma abordagem a respeito das grandezas físicas onde se leva em conta a diferenciação progressiva.

Na sétima aula iniciamos o estudo da corrente elétrica. Um pouco antes, de forma breve, falamos a respeito do mapa mental que foi construído na primeira etapa da UEPS, uma vez que ele apresentava os aspectos mais gerais que foram abordados no estudo da Eletrodinâmica. Com base nisso, detalhamos progressivamente os tópicos do mapa mental em situações mais específicas.

Organizamos o planejamento das aulas, com os respectivos conteúdos, de acordo com o Quadro 2.

Quadro 2 – Encontros e conteúdos no 4º passo da UEPS

| Encontros | Conteúdos que foram ministrados       |
|-----------|---------------------------------------|
| 7ª aula   | Corrente elétrica                     |
| 8ª aula   | Tensão elétrica; Resistência elétrica |
| 9ª aula   | Potência elétrica; Energia elétrica   |

Fonte: Próprio autor (2023)

A distribuição feita no Quadro 2 favorece uma abordagem inicial dos assuntos onde é possível destacar alguns aspectos importantes, como a definição de cada grandeza física e a sua respectiva unidade de medida no SI (Sistema Internacional de Unidades). Nessas aulas utilizamos mais uma vez a avaliação qualitativa observando os seguintes aspectos: a participação dos alunos e as anotações deles no caderno.

Finalizamos essa etapa com mais dois encontros (10ª e 11ª aulas) com uma atividade colaborativa em grupos. Inicialmente utilizamos um projetor, como recurso

didático, para exibir a foto da embalagem de três tipos de lâmpadas: incandescente (Figura 4), fluorescente (Figura 5) e LED (Figura 6).

Figura 4 – Informações técnicas de uma lâmpada incandescente



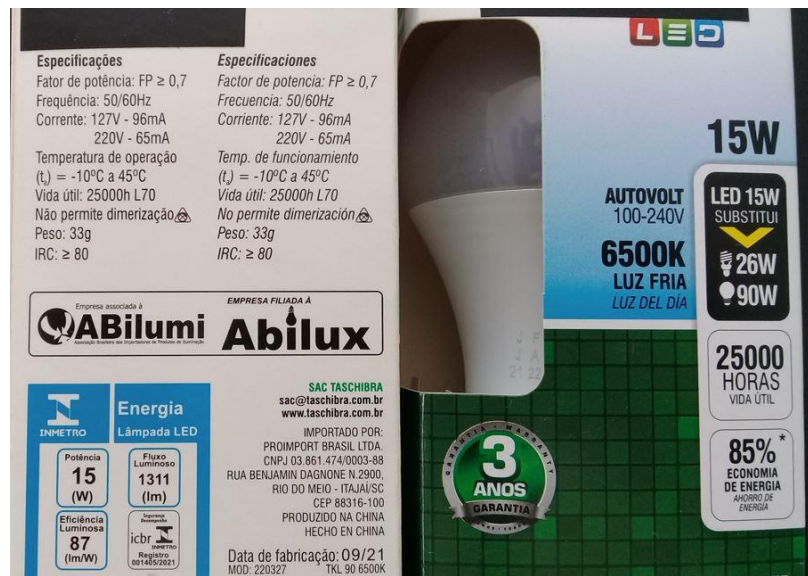
Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 5 – Informações técnicas de uma lâmpada fluorescente



Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 6 – Informações técnicas de uma lâmpada LED



Fonte: Próprio autor (2023)

Os alunos observam atentamente a projeção e anotam no caderno as informações técnicas disponíveis em cada embalagem. Em seguida, eles são organizados em grupos e usam uma folha de papel A4 na qual desenharam um quadro para cada tipo de lâmpada com o nome das grandezas físicas e das unidades de medida, de acordo com as anotações feitas no caderno.

Solicitamos também aos membros de cada equipe que façam um revezamento para ler em voz alta as informações contidas na folha de papel A4. Depois disso, é feito um debate de ideias e discussões sobre as vantagens e desvantagens quanto à utilização dos três tipos de lâmpadas mencionadas nesta etapa. Por último, os grupos entregam a folha de papel A4 que constitui a quinta atividade da UEPS.

### 2.2.5 Negociação de significados: 5º Passo (04 aulas)

Na décima segunda aula exibimos dois vídeos sobre mapa conceitual: o primeiro com o título “Mapa conceitual - uma metodologia ativa” (A Física é linda, 2020) e o segundo com o título “Exemplo de mapa conceitual” (A Física é linda, 2021). Esses vídeos foram produzidos pelo professor Ronaldo Filho do Instituto Federal de Alagoas (IFAL) e estão disponíveis no canal “A Física é linda” do YouTube. Os vídeos são fundamentais para que os alunos possam compreender

como é feita a construção dos mapas e como eles podem auxiliar no entendimento dos conceitos físicos.

Após a exibição dos vídeos, faz-se uma exposição oral sobre o mapa conceitual reforçando a finalidade dele e os passos para a sua construção. Em seguida, colocamos um exemplo no quadro para que os alunos possam tirar as dúvidas. Ao final da aula, solicita-se a eles que elaborem um mapa conceitual com o tema semelhante ao que foi feito em sala de aula como exemplo. Os alunos deverão realizar a tarefa em casa e mostrar ao professor na aula seguinte.

Na décima terceira aula, os alunos formam grupos para construir um mapa conceitual sobre as grandezas físicas estudadas na Eletrodinâmica. Para isso, eles utilizam uma folha de papel A4, além do livro didático e das notas de aula como materiais de pesquisa que auxiliam na construção do mapa.

Após a realização dessa tarefa, os mapas devem ser trocados entre as equipes para que sejam feitas possíveis análises e comparações. Em seguida, cada mapa deve ser devolvido ao grupo de origem havendo a indicação de um aluno ou uma aluna como representante para fazer a leitura em voz alta do mapa conceitual. Ao final dessa aula, cada equipe entrega o seu mapa que constituirá a sexta atividade da sequência didática.

Na décima quarta aula faz-se uma breve exposição oral sobre corrente elétrica e tensão elétrica acrescentando mais informações, tais como os tipos de corrente e os tipos de tensão utilizadas no dia a dia, bem como destaca-se a importância dos instrumentos de medida dessas grandezas físicas.

Após esse momento, formamos grupos de alunos para uma prática experimental com o uso do multímetro. Explicamos a eles sobre as diferentes funções que esse instrumento possui de acordo com a grandeza que se pretende medir. Os membros de cada equipe poderão manusear o multímetro para medir a tensão elétrica de dois tipos de pilhas e dois tipos de bateria. As equipes serão orientadas a fazer as anotações das medidas realizadas numa folha de caderno ou de papel A4 para entregarem ao final da aula como a sétima atividade da sequência didática.

Na décima quinta aula retomamos o conteúdo resistência elétrica, por meio de outra exposição oral, dando uma ênfase maior aos resistores. Explicamos aos alunos a importância desses componentes nos circuitos elétricos, as formas de leitura para descobrir seus valores e os tipos de associações que podem ser feitas

com esses dispositivos. Depois disso, organizamos os alunos em equipes para uma outra prática experimental muito importante, ou seja, cada grupo recebe uma tabela com o código de cores para que possam aprender a descobrir o valor de alguns resistores que disponibilizamos nessa aula. Essa tabela encontra-se disponível no Apêndice II do produto educacional.

Em seguida, os grupos (um de cada vez) recebem uma explicação sobre como descobrir o valor dos resistores utilizando um multímetro. E assim, eles podem manusear o instrumento e aprendem a fazer a leitura nele na condição de um ohmímetro. Ao final da aula, pedimos aos alunos que façam as devidas comparações e os informamos que a oitava atividade da UEPS são as anotações das informações obtidas, tanto na leitura com o código de cores quanto na leitura com o multímetro. Os alunos poderão entregar essa atividade numa folha de papel A4 ou numa folha do caderno.

É importante ressaltar que a construção do mapa no início dessa etapa e as anotações nas folhas das práticas experimentais, ambas realizadas em grupos, são atividades colaborativas que contribuem para que os alunos interajam socialmente e busquem a negociação de significados. Cabe ao professor apenas mediar as ações e discussões durante a realização da etapa.

#### **2.2.6 Reconciliação integradora: 6º Passo (05 aulas)**

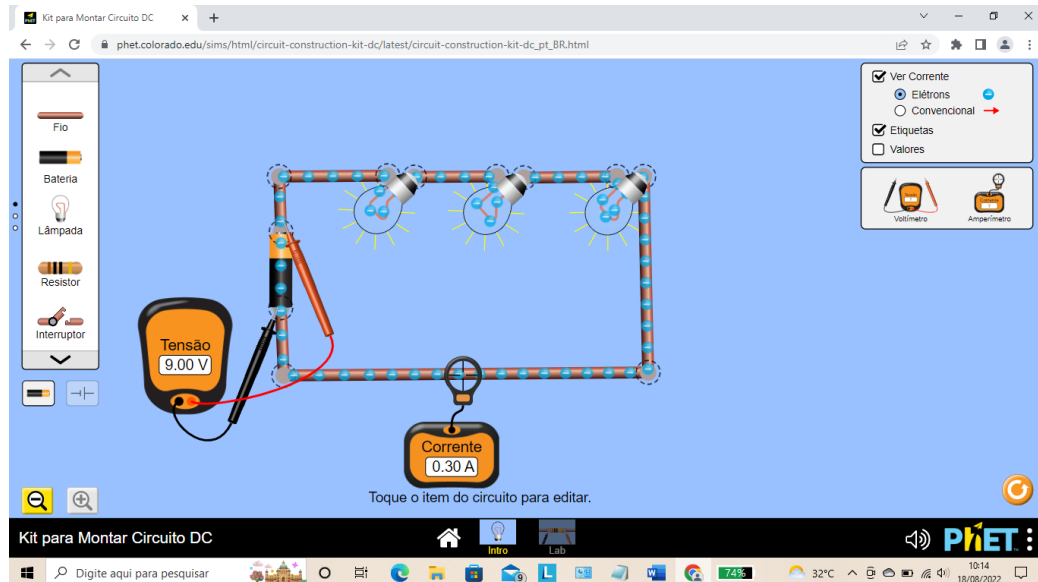
Nesta etapa damos continuidade ao processo de diferenciação progressiva em que retomamos as características mais importantes do tópico específico desta UEPS buscando a reconciliação integradora. Para isso, fazemos uma nova apresentação dos significados através da simulação virtual e da realização de experimentos.

Na décima sexta aula utilizamos um notebook e um projetor para fazer uma abordagem sobre circuitos elétricos enfatizando ainda mais as grandezas físicas já estudadas e os instrumentos de medida. Falamos também sobre o resistor e a lâmpada incandescente destacando inclusive os tipos de associação que podem ser feitas com esses componentes.

Em seguida, os alunos formam grupos e acessam novamente a plataforma de Física *Phet Interactive Simulations* para realizar duas tarefas: a primeira, uma simulação de um circuito elétrico referente a uma associação de lâmpadas em série

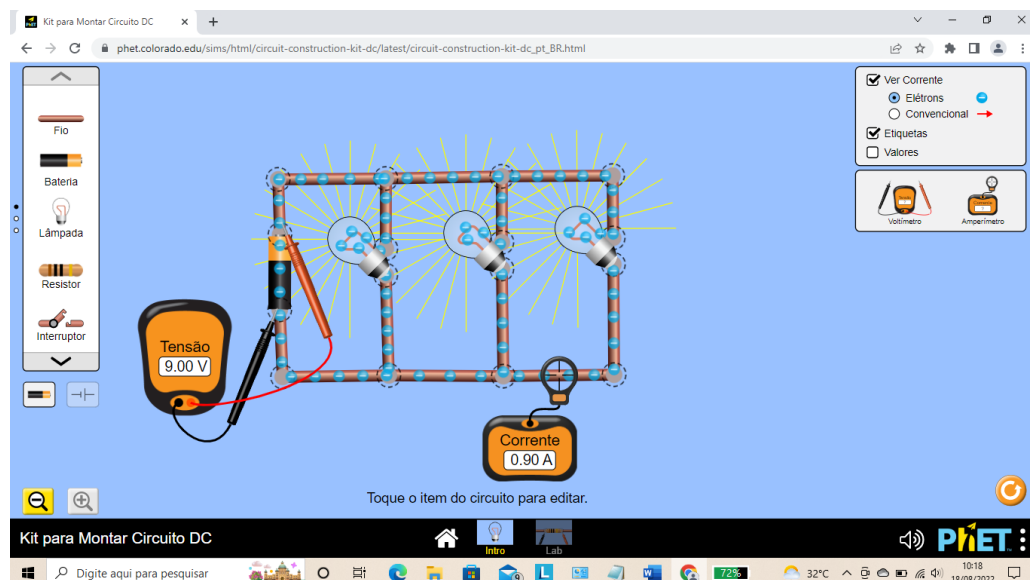
(Figura 7), e a segunda, a simulação de um circuito elétrico referente a uma associação de lâmpadas em paralelo (Figura 8). Em ambas as simulações os alunos utilizam uma bateria como fonte de tensão contínua.

Figura 7 – Simulação de lâmpadas em série (fonte de tensão contínua)



Fonte: Site do Phet Interactive Simulations

Figura 8 – Simulação de lâmpadas em paralelo (fonte de tensão contínua)



Fonte: Site do Phet Interactive Simulations

O uso das simulações virtuais nessa etapa serve para retomarmos os conteúdos vistos anteriormente e para mostrarmos de que maneira os instrumentos de medida, como por exemplo, o voltímetro e o amperímetro, devem ser conectados em um circuito elétrico para que haja um bom funcionamento deles.

Na última fase dessa etapa, os alunos mantêm a formação de grupos para a realização de três experimentos que darão seguimento ao processo de diferenciação progressiva onde todos os principais conteúdos trabalhados nesta UEPS são retomados novamente numa perspectiva integradora.

Na décima sétima aula exibimos o vídeo “Como fazer uma lâmpada caseira” (Manual do Mundo, 2013) que está disponível no canal “Manual do Mundo” do *Youtube*. Em seguida, fazemos a projeção de três fotos nas quais aparecem a lâmpada caseira do vídeo em diferentes estágios quanto à intensidade do seu brilho (pouco, médio e intenso), de acordo com a Figura 9, a Figura 10 e a Figura 11.

Figura 9 – Primeiro estágio da lâmpada caseira (pouco brilho)



Fonte: Site do canal “Manual do Mundo” no *YouTube*

Figura 10 – Segundo estágio da lâmpada caseira (brilho médio)



Fonte: Site do canal “Manual do Mundo” no *YouTube*

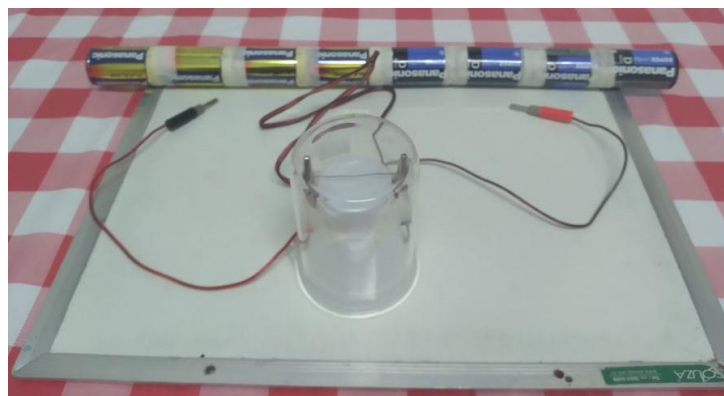
Figura 11 – Terceiro estágio da lâmpada caseira (brilho intenso)



Fonte: Site do canal “Manual do Mundo” no YouTube

Depois disso, reforçamos as explicações do vídeo citando inclusive os materiais utilizados e os passos para a montagem do 1º experimento, conforme a Figura 12, sobre a lâmpada caseira. Para a realização desse experimento utilizamos os seguintes materiais: um copo descartável, um recipiente de vidro, uma fita adesiva, uma ponta de grafite 0.5mm, oito pilhas de 1,5V do tipo D e fios de ligação com uma das extremidades possuindo um conector do tipo “jacaré”.

Figura 12 – Montagem da lâmpada caseira



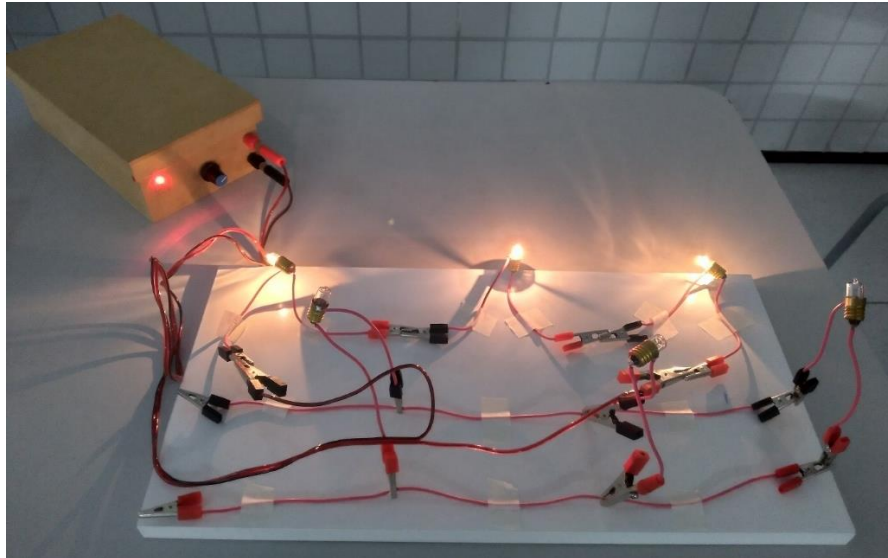
Fonte: Próprio autor (2023)

Os alunos devem ser organizados em equipes e os membros podem interagir, compartilhar ideias e discutir sobre os desafios que poderão surgir durante a construção do experimento da lâmpada caseira.

Na décima oitava aula, os grupos de alunos continuam com a mesma formação para a realização de algumas tarefas do 2º experimento sobre a associação de lâmpadas com uma fonte de tensão contínua, conforme a Figura 13 (associação em série) e a Figura 14 (associação em paralelo). Para a montagem

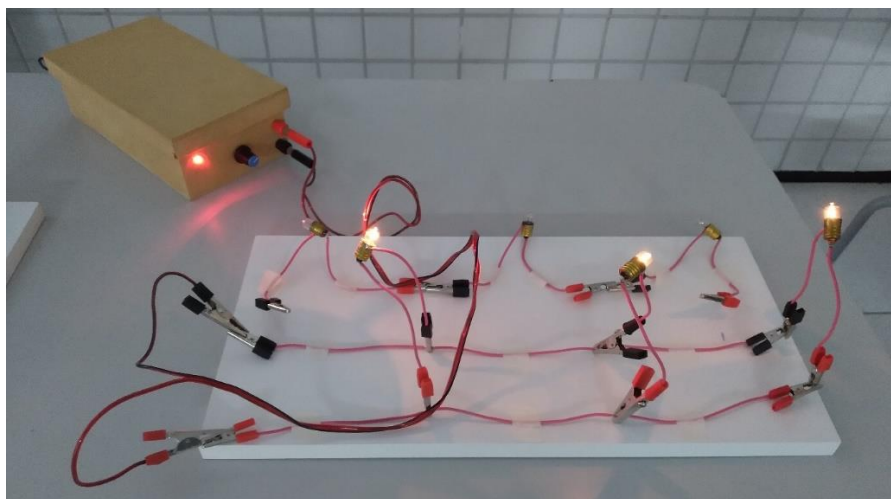
desse experimento pedimos a ajuda dos alunos e assim, utilizamos os seguintes materiais: uma base pequena de material MDP, fios de ligação com conectores do tipo “jacaré” e seis lâmpadas incandescentes de 2,5 V cada.

Figura 13 – Associação de lâmpadas em série com uma fonte de tensão contínua



Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 14 – Associação de lâmpadas em paralelo com uma fonte de tensão contínua

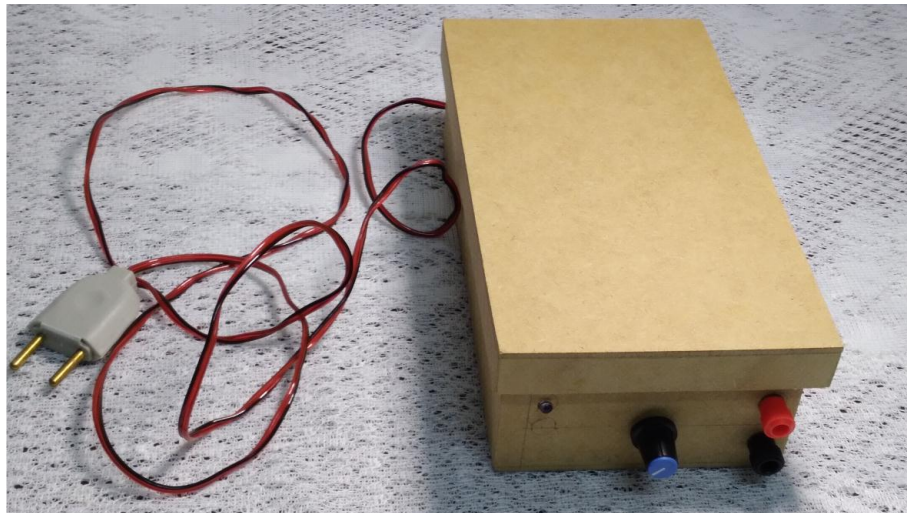


Fonte: Próprio autor (2023)

Para a realização desse experimento, utilizamos uma fonte caseira de tensão elétrica contínua (Figura 15). Essa fonte foi construída na disciplina Atividades Experimentais para o Ensino Fundamental e Médio que pertence ao programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

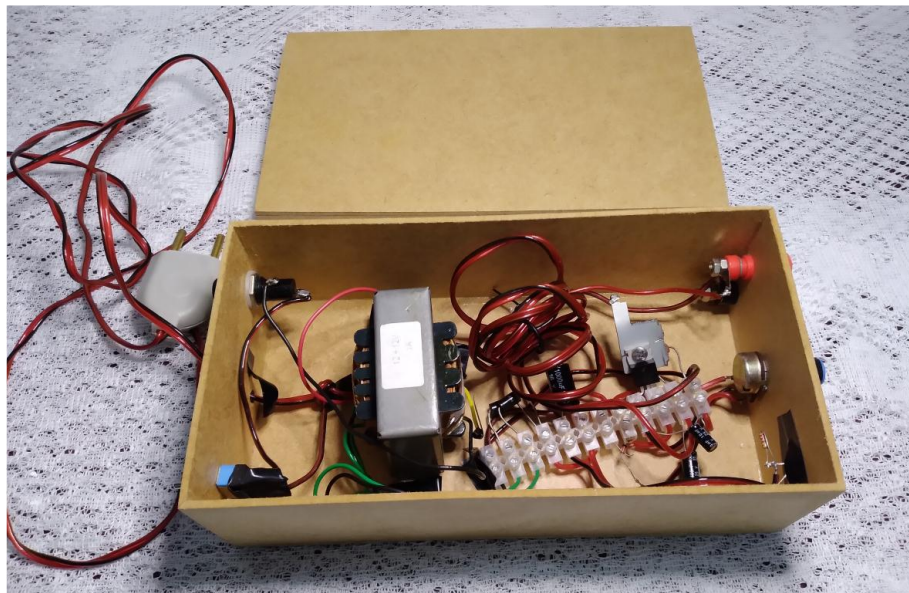
O circuito elétrico dessa fonte é constituído por componentes elétricos e eletrônicos, conforme pode ser visto na Figura 16. Um desses componentes é o potenciômetro, que será utilizado pelos grupos de alunos, quando forem manusear a fonte, para ajustar a tensão de zero a 12 volts.

Figura 15 – Fonte caseira de tensão elétrica contínua



Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 16 – Circuito elétrico da fonte caseira com ajuste de zero a 12 volts

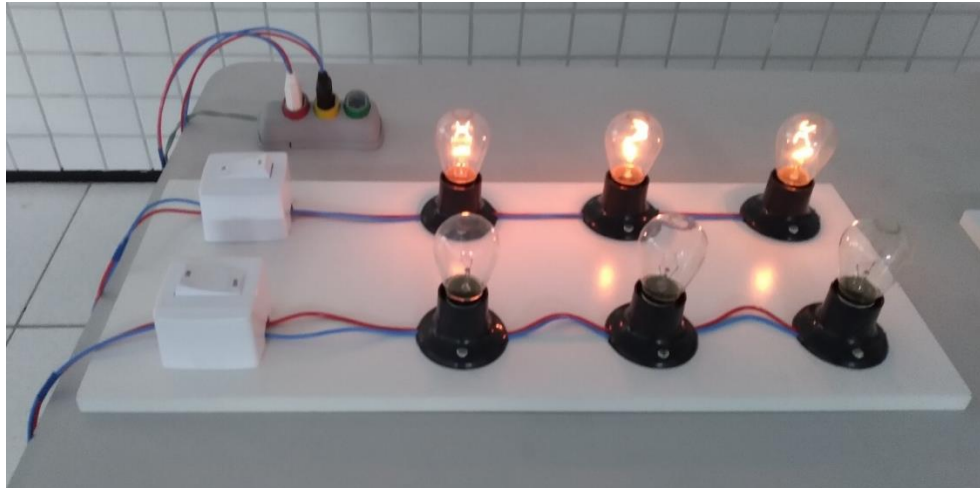


Fonte: Próprio autor (2023)

Na décima nona aula apresentamos aos alunos o 3º experimento sobre a associação de lâmpadas com uma fonte de tensão alternada, conforme a Figura 17 (associação em série) e a Figura 18 (associação em paralelo). Para a construção

desse experimento utilizamos uma base de material MDP em que fixamos seis bocais do tipo E27 e dois interruptores. Além disso, utilizamos também fios de ligação, seis lâmpadas incandescentes e dois *plugs* de conexão.

Figura 17 – Associação de lâmpadas em série com uma fonte de tensão alternada



Fonte: Próprio autor (2023)

Figura 18 – Associação de lâmpadas em paralelo com uma fonte alternada



Fonte: Próprio autor (2023)

Tanto na décima oitava aula como na décima nona aula, os grupos de alunos podem interagir com os experimentos retirando e colocando as lâmpadas para verificar o funcionamento ou não dos circuitos. Durante a participação deles nas práticas experimentais fazemos vários questionamentos sobre as grandezas físicas envolvidas e sobre as particularidades de cada circuito que foi montado.

Solicitamos aos alunos que façam as devidas anotações nos cadernos e que se manifestem oralmente para trocar ideias e interagir socialmente a respeito dos conteúdos que foram estudados nas aulas de Eletrodinâmica e a relação desses assuntos com os fenômenos observados em ambos os experimentos. Aqui nesta etapa fazemos a avaliação qualitativa de cada grupo com base na participação e na interação deles durante a realização dos experimentos.

Na vigésima aula, retomamos os conteúdos estudados na sequência didática desenvolvendo juntamente com os alunos a parte dos cálculos. Para isso, utilizamos os valores que eles anotaram nos cadernos na décima sexta aula, quando fizeram a simulação de lâmpadas associadas em série.

### **2.2.7 Avaliação da aprendizagem: 7º Passo (01 aula)**

Na vigésima primeira aula explicamos aos alunos que todas as atividades colaborativas feitas e entregues por eles em algumas etapas da UEPS, além das avaliações qualitativas que ocorreram em algumas etapas, servem para compor uma das notas deles. Tanto essas atividades colaborativas quanto as avaliações qualitativas, contribuirão para identificarmos algumas evidências de uma aprendizagem significativa por parte dos alunos com relação aos conteúdos trabalhados durante a implementação desta sequência de ensino.

Após essa explicação, aplicamos uma avaliação somativa individual (prova objetiva) composta pelas mesmas questões do questionário de conhecimentos prévios. Porém, as questões agora serão de múltipla escolha. Vale ressaltar que podemos utilizar várias respostas subjetivas dos alunos no questionário de conhecimentos prévios, para formar os itens de múltipla escolha da prova objetiva.

### **2.2.8 Avaliação da UEPS: 8º Passo (01 aula)**

Na vigésima segunda aula ocorre a avaliação da UEPS. Nesta última etapa, os alunos devem ser incentivados a falarem sobre o que acharam da implementação da sequência didática de ensino e incentivados a destacarem as facilidades e as dificuldades que encontraram durante a realização das tarefas nas etapas anteriores.

Inicialmente, a estratégia é distribuir uma folha de papel A4 para que os alunos possam copiar e responder a seguinte pergunta que é colocada no quadro: “Qual foi a etapa da sequência didática de ensino que você mais gostou durante as aulas de Física? Justifique”.

Em outro momento da aula, pede-se aos alunos (aqueles que queiram se manifestar de forma espontânea) que façam a leitura em voz alta do que escreveram na folha de papel.

Finaliza-se a aula fazendo vários comentários e analisando de forma qualitativa, o desempenho dos alunos nas atividades colaborativas e na avaliação somativa individual. Explica-se aos alunos que a participação deles em todos os momentos das aulas foi analisada de forma qualitativa. Por outro lado, atribui-se, também, pontos pela participação de cada um deles para ajudar na composição das notas.

## REFERÊNCIAS

A FÍSICA É LINDA. **Exemplo de mapa conceitual**. 2021. (8 min e 40 s). Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=4J\\_VZ\\_vstbg](https://www.youtube.com/watch?v=4J_VZ_vstbg). Acesso em: 01 out. 2022.

\_\_\_\_\_. **Mapa conceitual - uma metodologia ativa**. 2020. (15 min e 32 s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=yAd5h5lpVo0>. Acesso em: 01 out. 2022.

LOCAWEB BLOG. **Mapa mental: o que é, como fazer e para que serve**. Disponível em: <https://www.locaweb.com.br/blog/temas/primeiros-passos/mapa-mental>. Acesso em: 18 out. 2022.

MANUAL DO MUNDO. **Como fazer uma lâmpada caseira**. 2013. (4 min e 42 s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=n4qbPLCiZCc>. Acesso em: 12 dez. 2022.

MOREIRA, M. A. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS. Aprendizagem significativa em revista**. Porto Alegre: 2011.

\_\_\_\_\_. **Mapas conceituais no ensino de física**. Porto Alegre: Instituto de Física-UFRGS, 1992.

PHET INTERACTIVE SIMULATIONS. **Simulações interativas para Ciências e Matemática**. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/). Acesso em: 24 out. 2022 e 16 dez. 2022.

SOUSA, Graziela; PINHEIRO, Nilcéia. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)**. Blumenau: Revista Dynamis, 2019.

**APÊNDICE I - Questionário de conhecimentos prévios**

ESCOLA: \_\_\_\_\_

TURNO: \_\_\_\_\_ PROFESSOR(A): \_\_\_\_\_

SÉRIE: 3º ANO / TURMA: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

NOME: \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_

**QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS**

1. Por que pode ser perigoso uma pessoa descalça abrir a porta da geladeira?

---

---

2. É comum algumas pessoas da nossa cidade falarem o seguinte:

*“Aquela tomada na parede tem 220 volts”.*

A expressão usada acima tem relação com qual grandeza física?

---

---

3. Para passar a roupa em casa, é necessário ligar o ferro elétrico numa tomada residencial. Por que o ferro começa a esquentar depois de alguns minutos?

---

---

4. Suponha que a lâmpada do seu quarto tenha queimado. Você então, se desloca até um comércio, próximo da sua casa, para comprar uma lâmpada nova. Quais são as principais informações técnicas, contidas na embalagem da lâmpada, que você levará em consideração para comprá-la?

---

---

5. Para acender uma lanterna são necessários alguns componentes para formarem o seu circuito elétrico. Quais são esses componentes?

---

---

## APÊNDICE II - Tabela de código de cores

ESCOLA: \_\_\_\_\_

TURNO: \_\_\_\_\_ PROFESSOR(A): \_\_\_\_\_

SÉRIE: 3º ANO / TURMA: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

NOME: \_\_\_\_\_ Nº \_\_\_\_\_

### TABELA DE CÓDIGO DE CORES

**ponto:ciência**



$R = 5600 \, \Omega, \pm 1\%$   
 $R = 5,6 \cdot 10^3 \, \Omega$   
 $R = 5,6 \, K\Omega$

| COR      | 1ª Faixa<br>(Número) | 2ª Faixa<br>(Número) | 3ª Faixa<br>(zeros ou Pot. de 10)  | 4ª Faixa<br>(Tolerância) |
|----------|----------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------|
| Preto    | —                    | 0                    | —                                  | —                        |
| Marrom   | 1                    | 1                    | 0 ( $\times 10^1$ )                | 1%                       |
| Vermelho | 2                    | 2                    | 00 ( $\times 10^2$ )               | 2%                       |
| Laranja  | 3                    | 3                    | 000 ( $\times 10^3$ )              | —                        |
| Amarelo  | 4                    | 4                    | 0000 ( $\times 10^4$ )             | —                        |
| Verde    | 5                    | 5                    | 00000 ( $\times 10^5$ )            | —                        |
| Azul     | 6                    | 6                    | 000000 ( $\times 10^6$ )           | —                        |
| Violeta  | 7                    | 7                    | —                                  | —                        |
| Cinza    | 8                    | 8                    | —                                  | —                        |
| Branco   | 9                    | 9                    | —                                  | —                        |
| Ouro     | —                    | —                    | $\times 0,1$ ( $\times 10^{-1}$ )  | 5%                       |
| Prata    | —                    | —                    | $\times 0,01$ ( $\times 10^{-2}$ ) | 10%                      |

**Código de cores dos resistores**

Fonte: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/516624/mod\\_resource/content/1/Anexo%20%20-%20Tabela%20de%20Codigo%20de%20Cores%20de%20Resistores.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/516624/mod_resource/content/1/Anexo%20%20-%20Tabela%20de%20Codigo%20de%20Cores%20de%20Resistores.pdf)