

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física
Polo **ufscar** Sorocaba



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE

DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

**ANÁLISE DE POTÊNCIA ELÉTRICA EM TEMPO
REAL: EXPERIMENTO DIDÁTICO COM ARDUINO E
LÂMPADAS FLUORESCENTES**

KAIQUE THIAGO DE SOUZA

ORIENTADOR: PROF. DR. MARCO AURÉLIO EUFLAUZINO MARIA

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. ANTÔNIO AUGUSTO SOARES

Sorocaba - SP
Novembro de 2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

**ANÁLISE DE POTÊNCIA ELÉTRICA EM TEMPO
REAL: EXPERIMENTO DIDÁTICO COM ARDUINO E
LÂMPADAS FLUORESCENTES**

KAIQUE THIAGO DE SOUZA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS-So) da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Física no Ensino Médio.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Euflauzino Maria.

Co-orientador: Prof. Dr. Antônio Augusto Soares.

Sorocaba - SP
Novembro de 2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências e Tecnologias Para a Sustentabilidade
Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Kaíque Thiago de Souza, realizada em 25/10/2024.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Marco Aurélio Eufлаuzino Maria (UFSCar)

Prof. Dr. Francisco Paulo Marques Rouxinol (UNICAMP)

Prof. Dr. Marlon Caetano Ramos Pessanha (UFSCar)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

Souza, Kaíque Thiago de

Análise de potência elétrica em tempo real: Experimento didático com Arduino e lâmpadas fluorescentes. / Kaíque Thiago de Souza -- 2024.
170f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba
Orientador (a): Marco Aurélio Euflauzino Maria
Banca Examinadora: Francisco Paulo Marques Rouxinol,
Marlon Caetano Ramos Pessanha
Bibliografia

1. Ensino de física. 2. Experimentação no ensino de física. 3. Experimentação com arduino. I. Souza, Kaíque Thiago de. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -
CRB/8 6979

DEDICATÓRIA

À minha querida mãe, cujo amor, apoio inabalável e orientação moldaram o caminho que trilhei. À minha amada família, aos amigos que sempre estiveram ao meu lado e à minha irmã, todos vocês trouxeram luz e significado à minha vida.

AGRADECIMENTO

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) durante todo o período de formação.

Gostaria de expressar minha gratidão aos meus orientadores, Marco Maria e Antônio Soares, pela orientação e apoio ao longo desta jornada. Sua sabedoria e dedicação foram fundamentais na formação do sucesso desta pesquisa.

Estendo meus sinceros agradecimentos aos membros da minha família pelo incentivo contínuo e compreensão. Sua fé em mim tem sido uma fonte constante de motivação.

Sou imensamente grato a todos aqueles que estiveram ao meu lado e ofereceram seu apoio de diversas maneiras. Suas contribuições, independentemente de serem pequenas ou grandes, fizeram uma diferença significativa.

Por fim, quero reconhecer o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

Agradeço a todos por fazerem parte desta jornada e por me ajudarem a alcançar esta conquista. Sua generosidade e incentivo serão sempre valorizados.

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo.”

Nelson Mandela.

RESUMO

SOUZA, Kaíque Thiago de. Análise de Potência Elétrica: Experimento Didático com Arduino e Lâmpadas fluorescentes. 2024. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2024.

O ensino de física pode ser enriquecido através da integração da experimentação em laboratórios ou em sala de aula, criando um ambiente inspirador para os alunos explorarem o objeto de estudo e se motivarem a adquirir novos conhecimentos no contexto científico. A incorporação das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) desempenha um papel fundamental nessa abordagem, como evidenciado pelo uso do Arduino para a coleta de dados em experimentos didáticos. Neste contexto, o propósito desta dissertação é apresentar um experimento didático sobre eletricidade, destinado aos alunos do Ensino Médio, com o objetivo de abordar conceitos fundamentais como corrente elétrica, tensão elétrica e potência elétrica. A metodologia adotada consiste em um estudo de caso, fundamentado na teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, para analisar os resultados qualitativos à luz dessa perspectiva. O experimento foi conduzido com uma turma do terceiro ano do Ensino Médio, fora do horário regular de aulas, em uma instituição de ensino privada. Os dados da pesquisa foram obtidos por meio de pré-testes, pós-testes, pesquisas de opinião e relatórios. Este trabalho proporcionou um ambiente de estudo propício para estimular os alunos, promovendo uma aprendizagem eficaz sobre os fenômenos físicos abordados. Além disso, contribuiu para o desenvolvimento de habilidades alinhadas com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa. Ensino de Física. Eletricidade. Experimentação. Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC).

ABSTRACT

The enhancement of physics education can be achieved through the integration of experimentation in laboratories or classrooms, creating an inspiring environment for students to explore the subject matter and motivate themselves to acquire new knowledge in the scientific context. The incorporation of Information and Communication Technologies (ICTs) plays a fundamental role in this approach, as evidenced by the use of Arduino for data collection in educational experiments. In this context, the purpose of this dissertation is to present an educational experiment on electricity, designed for high school students, with the aim of addressing fundamental concepts such as electric current, electric voltage, and electrical power. The adopted methodology consists of a case study, grounded in David Ausubel's Theory of Meaningful Learning, to analyze qualitative results in light of this perspective. The experiment was conducted with a third-year high school class, outside of regular class hours, at a private educational institution. Research data were obtained through pre-tests, post-tests, opinion surveys, and reports. This work provided a conducive learning environment to inspire students, facilitating effective learning about the addressed physical phenomena. Furthermore, it contributed to the development of skills aligned with the guidelines of the National Common Curricular Base (BNCC).

Keywords: Meaningful Learning. Physics Education. Electricity. Experimentation. Information and Communication Technology (ICT).

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Representação do átomo de hidrogênio em seu estado fundamental no modelo atômico de Bohr. O próton em vermelho e o nêutron em cinza, no núcleo, e o elétron em azul orbitando-o. 29
- Figura 2: Representação das transições eletrônicas proposto no modelo atômico de Niels Bohr. A seta A (vermelha) indica a transição do 3º nível de energia para o 2º nível, a seta B (verde) indica a transição do 2º nível de energia para o 1º nível (estado fundamental) e a seta C (azul) a transição do 3º nível de energia para o estado fundamental. 30
- Figura 3: Composição de um átomo de hidrogênio realizada através de informações capturadas por um microscópio de fotoionização. 31
- Figura 4: Atração e Repulsão das cargas. As setas indicam a direção e sentido das forças entre as cargas. 32
- Figura 5: Representação da força elétrica F e do vetor unitário r . 33
- Figura 6: Representação do campo elétrico através das linhas de campo. 34
- Figura 7: Seção de área aa' de um condutor sendo percorrido por uma corrente elétrica i . 35
- Figura 8: Corrente se divide ao encontrar uma bifurcação no fio condutor. 36
- Figura 9: Um componente ôhmico é atravessado por uma corrente elétrica que varia linearmente com a diferença de potencial aplicada a ele. 38
- Figura 10: Circuito elétrico com ligações em série. 40
- Figura 11: (a) Circuito com associação em série de resistores e substituído por um (b) resistor equivalente. 41
- Figura 12: Circuito elétrico com lâmpadas conectadas em paralelo a uma fonte de energia. 43
- Figura 13: (a) Circuito de três resistores conectados em paralelo e (b) substituído por um resistor equivalente. 43
- Figura 14: Representação da conexão do amperímetro e voltímetro em um circuito de uma malha. O amperímetro (A), dessa forma, tem a função de medir a corrente total e deve ser conectado em série no circuito, neste caso, entre os pontos a e b. Já o

voltímetro (V) é conectado em paralelo entre os pontos c e d e, assim é capaz de mensurar a d.d.p. apenas do resistor R1 .	45
Figura 15: Diagrama do processo de assimilação de um novo conteúdo. O novo subunçor pode ou não ser alterado.	50
Figura 16: Arduino UNO R3	53
Figura 17: Sensor de corrente elétrica ACS712	53
Figura 18: Sensor de tensão elétrica ZMPT101B.	54
Figura 19: Diagrama da montagem do dispositivo. É representado o (a) sensor de tensão elétrica, (b) sensor de corrente elétrica e o (c) potenciômetro conectados ao (d) Arduino. As lâmpadas estão conectadas em paralelo e alimentadas pela rede elétrica residencial. O sensor de tensão elétrica foi conectado capaz de medir a tensão elétrica residencial e o sensor de corrente elétrica para medir a corrente total do circuito. O potenciômetro tem a função de calibrar o sensor de corrente elétrica.	56
Figura 20: Coleta os dados do dispositivo. É notável a variação de corrente e potência elétrica, nos gráficos, de acordo com o funcionamento das lâmpadas. Na tabela à esquerda são os dados coletados; CH1 é o instante de tempo, CH2 a corrente medida e CH3 a tensão medida da rede elétrica residencial.	57
Figura 21: Gráficos sobre (a) Questão 1 do Pré-teste e Pós-teste e (b) a comparação entre as respostas antes e depois da aplicação.	63
Figura 22: Gráfico sobre (a) Questão 2 do Pré-teste e Pós-teste e (b) a comparação entre as respostas antes e depois da aplicação.	65
Figura 23: Gráfico sobre (a) Questão 3 do Pré-teste e Questão 4 do Pós-teste e (b) a comparação entre as respostas antes e depois da aplicação.	67
Figura 24: Associação de lâmpadas associadas às questões.	68
Figura 25: Gráfico sobre (a) Questão 4A do Pré-teste e Questão 5A do Pós-teste e (b) a comparação entre os resultados.	69
Figura 26: Gráfico sobre (a) Questão 4B do Pré-teste e Questão 5B do Pós-teste e (b) a comparação entre as respostas antes e depois da aplicação.	71
Figura 27: Gráfico sobre (a) Questão 4C do Pré-teste e Questão 5C do Pós-teste e (b) a comparação entre as respostas antes e depois da aplicação..	72
Figura 28: Gráfico sobre (a) Questão 4D do Pré-teste e Questão 5D do Pós-teste e (b) a comparação entre as respostas antes e depois da aplicação.	74

Figura 29: Gráfico sobre (a) Questão 4E do Pré-teste e Questão 5E do Pós-teste e (b) a comparação entre as respostas antes e depois da aplicação.	75
Figura 30: Gráfico sobre (a) Questão 5 do Pré-teste e Questão 6 do Pós-teste e (b) a comparação entre as respostas antes e depois da aplicação.	77
Figura 31: Dados da Questão 3 do Pós-teste.	79
Figura 32: Gráfico da questão 3 do Pós-teste com a classificação “0,35A”.	80
Figura 33: Gráfico de Tensão por tempo construído pelo Grupo 1. O eixo da vertical indica os valores de tensão elétrica, em volts, e o horizontal de tempo, em segundos.	81
Figura 34: Gráfico de Tensão por tempo construído pelo Grupo 2. O eixo da vertical indica os valores de tensão elétrica, em volts, e o horizontal de tempo, em segundos.	82
Figura 35: Gráfico de Corrente por tempo a respeito da lâmpada 1 construída pelo Grupo 1. O eixo da vertical indica os valores de corrente elétrica, em amperes, e o horizontal de tempo, em segundos.	83
Figura 36: Gráfico de Corrente por tempo a respeito da lâmpada 2 construída pelo Grupo 1. O eixo da vertical indica os valores de corrente elétrica, em amperes, e o horizontal de tempo, em segundos.	83
Figura 37: Gráfico de Corrente por tempo a respeito da lâmpada 3 construída pelo Grupo 1. O eixo da vertical indica os valores de corrente elétrica, em amperes, e o horizontal de tempo, em segundos.	84
Figura 38: Gráfico de Corrente por tempo a respeito da lâmpada 1 construída pelo Grupo 2. O eixo da vertical indica os valores de corrente elétrica, em amperes, e o horizontal de tempo, em segundos.	85
Figura 39: Gráfico de Corrente por tempo a respeito da lâmpada 2 construída pelo Grupo 2. O eixo da vertical indica os valores de corrente elétrica, em amperes, e o horizontal de tempo, em segundos.	85
Figura 40: Gráfico de Corrente por tempo a respeito da lâmpada 3 construída pelo Grupo 2. O eixo da vertical indica os valores de corrente elétrica, em amperes, e o horizontal de tempo, em segundos.	86
Figura 41: Gráfico de Potência por tempo a respeito da lâmpada 1 construída pelo Grupo 1. O eixo da vertical indica os valores de potência elétrica, em watts, e o horizontal de tempo, em segundos.	87

- Figura 42: Gráfico de Potência por tempo a respeito da lâmpada 2 construída pelo Grupo 1. O eixo da vertical indica os valores de potência elétrica, em watts, e o horizontal de tempo, em segundos.. 88
- Figura 43: Gráfico de Potência por tempo a respeito da lâmpada 3 construída pelo Grupo 1. O eixo da vertical indica os valores de potência elétrica, em watts, e o horizontal de tempo, em segundos. 88
- Figura 44: Gráfico de Potência por tempo a respeito da lâmpada 1 construída pelo Grupo 2. O eixo da vertical indica os valores de potência elétrica, em watts, e o horizontal de tempo, em segundos. 89
- Figura 45: Gráfico de Potência por tempo a respeito da lâmpada 2 construída pelo Grupo 2. O eixo da vertical indica os valores de potência elétrica, em watts, e o horizontal de tempo, em segundos. 90
- Figura 46: Gráfico de Potência por tempo a respeito da lâmpada 3 construída pelo Grupo 2. O eixo da vertical indica os valores de potência elétrica, em watts, e o horizontal de tempo, em segundos. 91
- Figura 47: Gráfico de Potência por tempo a respeito da associação de lâmpadas construída pelo Grupo 1. O eixo da vertical indica os valores de potência elétrica, em watts, e o horizontal de tempo, em segundos. 93
- Figura 48: Gráfico de Potência por tempo a respeito da associação de lâmpadas construída pelo Grupo 2. O eixo da vertical indica os valores de potência elétrica, em watts, e o horizontal de tempo, em segundos. 94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Respostas de alguns alunos sobre a contribuição da atividade no entendimento do conteúdo.	95
Tabela 2: Resposta de todos os alunos referente à pergunta 2.	96
Tabela 3: Resposta de alguns alunos sobre indicar a atividade para outros alunos.	97
Tabela 4: Respostas de todos os alunos referente à pergunta 4 da pesquisa de opinião.	97

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MNPEF - *Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física*

UFSCar - *Universidade Federal de São Carlos*

SBF - *Sociedade Brasileira de Física*

PROFIS-So - *Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física campus Sorocaba*

CAPES - *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior*

EM - *Ensino Médio*

BNCC - *Base Nacional Comum Curricular*

TDIC - *Tecnologia Digital da Informação e Comunicação*

LED - *Light Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz)*

CEP - *Comitê de Ética e Pesquisa*

TCLE - *Termo de Consentimento Livre e Esclarecido*

TALE - *Termo de Assentimento Livre e Esclarecido*

SIC - *Assim escrito [latim]*

IDE - *Integrated Development Environment*

USB - *Universal Serial Bus*

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
1.2 TRABALHOS SIMILARES NO MNPEF	20
1.2 OBJETIVOS	22
REVISÃO DA LITERATURA E JUSTIFICATIVA	24
2.1 REVISÃO DE LITERATURA E JUSTIFICATIVA	24
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E PREPARAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	28
3.1 CONTEÚDO DE FÍSICA	28
3.1.1 Eletricidade	28
3.1.2 Carga Elétrica	28
3.1.3 Lei de Coulomb e Campo Elétrico	32
3.1.4 Corrente Elétrica	34
3.1.5 Potencial e Fonte de Tensão Elétrica	36
3.1.6 Resistência Elétrica e Primeira Lei de Ohm	38
3.1.7 Associação de Resistores ou Equipamentos Elétricos	40
3.1.8 Amperímetro e Voltímetro	45
3.1.9 Potência e Energia Elétrica	46
3.2 TEORIA DE APRENDIZAGEM	48
CARACTERÍSTICAS DO DISPOSITIVO EXPERIMENTAL E DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA	52
4.1 O DISPOSITIVO EXPERIMENTAL	52
4.2 DESCRIÇÃO METODOLÓGICA	57
4.3 PRECAUÇÕES	59
APLICAÇÃO DO PRODUTO, RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
5.1 RESULTADOS DA COMPARAÇÃO ENTRE O PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE	61
5.1.1 Questão 1 (Pré-teste) e Questão 1 (Pós-teste)	62
5.1.2 Questão 2 (Pré-teste) e Questão 2 (Pós-teste)	64
5.1.3 Questão 3 (Pré-teste) e Questão 4 (Pós-teste)	66
5.1.4 Questão 4A (Pré-teste) e Questão 5A (Pós-teste)	68
5.1.5 Questão 4B (Pré-teste) e Questão 5B (Pós-teste)	70
5.1.6 Questão 4C (Pré-teste) e Questão 5C (Pós-teste)	71
5.1.7 Questão 4D (Pré-teste) e Questão 5D (Pós-teste)	73
5.1.8 Questão 4E (Pré-teste) e Questão 5E (Pós-teste)	74
5.1.9 Questão 5 (Pré-teste) e Questão 6 (Pós-teste)	76
5.1.10 Questão 3 (Pós-teste)	78
5.2 RELATÓRIO DOS ALUNOS	81
5.2.1 Questão 1	81
5.2.2 Questão 2	81

5.2.3 Questão 3	86
5.2.4 Questão 4	91
5.2.5 Questão 5	92
5.3 PESQUISA DE OPINIÃO	94
5.3.1 Pergunta 1	95
5.3.2 Pergunta 2	96
5.3.3 Pergunta 3	97
5.3.4 Pergunta 4	97
CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
REFERÊNCIAS	101
APÊNDICE A: PRODUTO EDUCACIONAL	103
APÊNDICE B: PRÉ-TESTE, PÓS-TESTE E PESQUISA DE OPINIÃO	150
APÊNDICE C: DOCUMENTOS RELACIONADOS AO CEP	154

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

A busca pelo conhecimento sempre foi algo natural à humanidade. Em nossa história sempre buscamos formas para conhecer e entender a nossa realidade. Porém, esse não é um caminho simples e muitas vezes acabamos incorrendo em um pensamento ou ideia não verdadeira, por termos informações incompletas ou pela complexidade do objeto de estudo. Há muito tempo já se procurava um método capaz de reduzir cada vez mais esse erro; um exemplo clássico é Aristóteles (Moreira, 2012). No entanto, é importante ressaltar que a experimentação aristotélica, baseada na experiência sensível e na observação direta dos fenômenos, difere da abordagem moderna inaugurada por Galileu e Bacon (Bravo Filho e Hora, 2015).

Segundo Giordan (1999), a experimentação e a observação já eram valorizadas no pensamento aristotélico, essencial para quem buscava compreender os fenômenos da natureza e desenvolver o conhecimento científico. No entanto, mais de 2300 anos após Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.), muitas propostas de ensino ainda não colocam a experimentação e a observação como elementos centrais na construção do conhecimento escolar. Giordan destaca que, apesar de reconhecerem a importância dessas práticas, professores de Ciências do ensino básico e médio frequentemente enfrentam desafios para integrá-las de forma sistemática em suas aulas. Em muitos trabalhos, os depoimentos dos alunos são sempre exaltando esta metodologia por ser motivadora e lúdica.

Batista et al. (2009) trouxeram em seus estudos uma luz à discussão sobre a importância da experimentação no ensino de Física em um relato de uma atividade desenvolvida com alunos do 1º ano do Ensino Médio (EM). A dinâmica do trabalho contou com a confecção de experimentos por parte dos alunos sob orientação do professor e, por fim, com a apresentação do resultado final à turma. Os autores concluíram que os alunos apresentaram grande motivação, tornaram-se responsáveis pelos seus processos de

ensino-aprendizagem e ficaram satisfeitos com os resultados do projeto, propiciando um ambiente mais favorável para que a atividade (e provavelmente também a aprendizagem) fosse mais significativa - que acontece quando novos conceitos são construídos com base em proposições já existentes na estrutura cognitiva do estudante, ou seja, em seus conhecimentos prévios (Moreira, 2022).

Integrando as ideias sobre o uso de experimentação e tecnologias digitais no ensino de Física, é relevante considerar o papel dos computadores como ferramenta complementar. Conforme discutido por Araújo e Abib (2003), a introdução de novas tecnologias, incluindo computadores, tem potencial para enriquecer as práticas pedagógicas. Os computadores oferecem uma vasta gama de recursos, desde a simulação de fenômenos físicos até a coleta e análise de dados experimentais. Como destacado por Batista et al. (2009) e Vaniel et al. (2011), a motivação dos alunos e a promoção de uma abordagem não tradicional no ensino de Física são aspectos essenciais. Nesse contexto, a utilização de computadores pode proporcionar uma experiência mais imersiva e interativa, aproximando os estudantes das tecnologias contemporâneas e incentivando o pensamento crítico e criativo. Assim, ao combinar os benefícios da experimentação física e das tecnologias digitais, é possível criar um ambiente de aprendizagem mais dinâmico e enriquecedor (Araújo e Abib, 2003).

Algo importante na experimentação é os estudantes entenderem o método científico e compreender que os modelos matemáticos são aproximações que podem descrever, dentro de suas incertezas, o que observamos na natureza.

Vaniel et al. (2011) explicam a importância da inserção e apropriação desses recursos por parte dos professores de Física através de um curso de formação de docentes. Segundo os autores, existe uma necessidade de ensinar Física de forma não tradicional, com apenas lousa e giz, e defendem a inserção das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) para que o estudante possa promover reflexões críticas e se torne autônomo em seu processo de ensino-aprendizagem.

Uma alternativa que vem ganhando notoriedade como ferramenta para ensinar Física utilizando as TDIC é usufruir da plataforma de prototipagem Arduino. Segundo o site oficial¹, o “Arduino projeta, fabrica e oferece suporte a dispositivos eletrônicos e software, permitindo que pessoas ao redor do mundo acessem facilmente tecnologias avançadas que interagem com o mundo físico. Nossos produtos são diretos, simples e poderosos, prontos para atender às necessidades dos usuários, desde estudantes e entusiastas até desenvolvedores profissionais”.

¹ Disponível em: <https://www.arduino.cc/>

Alguns trabalhos, que serão citados neste parágrafo, demonstraram em seus estudos que a utilização do Arduino (e seus similares) como uma ferramenta para aquisição de dados em experimentos didáticos pode ser motivadora, geradora de interesse e capaz de auxiliar no ensino de Física e Ciências, facilitando o processo de aprendizagem e compreensão mais profunda dos estudantes sobre o mundo contemporâneo e desafios da sociedade moderna. Além disso, a combinação do Arduino com uma variedade de sensores permite aos estudantes a realização de experimentos que, anteriormente, seriam considerados inexecutáveis. Fetzner Filho (2015) trouxe em seu estudos formas de adquirir dados e gráficos de Posição por Tempo para movimentos uniforme e uniformemente acelerado, para trabalhar conceitos de velocidade média e instantânea, velocidade limite, aceleração média, queda livre, forças conservativas e dissipativas etc. Outra forma de utilizar o Arduino para realizar aquisição de dados para experimentação no ensino de Física foi apresentada por Martinazzo et al. (2014). Esses autores trouxeram estudos sobre calorimetria e movimento, como variação da temperatura na evaporação do álcool, lei do resfriamento de Newton, movimento harmônico simples amortecido e movimento uniformemente variado. Santos (2015) apresenta uma proposta para aquisição de dados de temperatura de água esquentada por aquecedor de 1kW, na qual foi possível trabalhar questões como capacidade térmica, calor específico da água, temperatura de ebulição etc.

Para evitar que o experimento se torne uma "caixa preta" para os alunos, o professor pode incentivar que eles participem ativamente de todo o processo de construção, caso a escola disponha da infraestrutura necessária. Assim, os alunos compreendem cada etapa do funcionamento. Caso essa construção completa não seja viável, o professor pode adotar outras estratégias, como solicitar apresentações detalhadas em que os alunos expliquem o funcionamento interno do experimento, descrevendo o máximo de detalhes sobre os conceitos e processos envolvidos. Dessa forma, eles aprofundam sua compreensão e evitam uma visão superficial do fenômeno.

A inclusão de experimentos com Arduino no ensino de física tem o potencial de transformar profundamente o aprendizado. Esses dispositivos oferecem uma maneira prática e interativa de explorar conceitos abstratos, permitindo que os estudantes vejam, em tempo real, os resultados de suas ações em experimentos sobre velocidade, aceleração, circuitos elétricos, ondas e outros tópicos fundamentais. Isso aumenta o engajamento dos alunos e facilita a compreensão de conceitos complexos, tornando a física mais acessível e empolgante.

Para as próximas gerações, essa abordagem pode formar alunos mais bem preparados para lidar com tecnologias e métodos científicos, fomentando habilidades em programação,

resolução de problemas e pensamento crítico. Isso é especialmente relevante em um mundo cada vez mais digital, onde a familiaridade com a tecnologia é essencial. Além disso, o uso do Arduino no ensino pode inspirar mais jovens a seguir carreiras em ciência, tecnologia, engenharia e matemática, contribuindo para uma força de trabalho futura mais qualificada e adaptável às inovações tecnológicas.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como propósito central a concepção e a aplicação de um experimento didático utilizando a plataforma Arduino para aquisição de dados de corrente e tensão elétrica em uma associação de lâmpadas, com o objetivo de conferir significado e relevância aos conhecimentos prévios e teóricos dos alunos sobre eletricidade e temas correlatos. Este experimento tem como foco o estudo da potência elétrica em lâmpadas econômicas, mais especificamente, lâmpadas fluorescentes. A relevância desse estudo transcende o âmbito acadêmico, pois aborda um tema atual e de grande importância para o cotidiano, visto que lâmpadas fluorescentes são amplamente utilizadas como uma opção mais eficiente e sustentável no consumo de energia. Investigar e compreender a potência elétrica dessas lâmpadas não apenas fortalece o aprendizado conceitual dos alunos em eletricidade, mas também proporciona conhecimentos práticos e aplicáveis que podem impactar positivamente o uso racional de recursos energéticos em suas vidas cotidianas.

1.1 TRABALHOS SIMILARES NO MNPEF

Neste subcapítulo, apresento alguns trabalhos relevantes realizados no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), coordenado pela Sociedade Brasileira de Física (SBF). Todos os trabalhos mencionados estão disponíveis no repositório do site oficial do programa.

A dissertação de Manoel dos Santos Júnior (2017) oferece uma análise histórica da educação tradicional, desde seus primórdios até sua inserção no Brasil, além de destacar como a experimentação pode complementar o processo de ensino e aprendizagem. O autor argumenta que a experimentação "apresenta-se como ferramenta de apoio que reforça a prática pedagógica, auxiliando a compreensão da estrutura superficial e profunda de conceitos teóricos abstratos, que dialogam, da teoria à prática, com metodologias de ensino as quais se propõem a um fazer didático interativo, participativo, produtivo, engajado com a compreensão de um conhecimento concreto, sensorial, palpável cognitivamente" (DOS

SANTOS JÚNIOR, 2017, p. 33). Em sua proposta, Manoel introduz sete experimentos sobre eletrodinâmica, utilizados como ferramentas de demonstração nas aulas teóricas, e conclui que "a experimentação proporciona um reencontro com um padrão de ensino-aprendizagem que os educandos vivenciam mesmo fora do ambiente escolar" (DOS SANTOS JÚNIOR, 2017, p. 105).

Por sua vez, o trabalho de Sousa utiliza a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel para ensinar conceitos de eletrodinâmica, por meio de circuitos elétricos resistivos na plataforma Tinkercad Arduino. O produto educacional contém uma sequência didática que integra aulas teóricas e práticas, organizadas em experimentos sobre condutores e isolantes, medição de corrente elétrica, tensão e associação de resistores. A avaliação dos estudantes foi realizada por meio de pré e pós-testes, visando verificar o nível de aprendizagem dos conceitos abordados. A abordagem enfatiza a importância de conectar novos conhecimentos aos conceitos previamente adquiridos pelos alunos, promovendo uma aprendizagem significativa. Os resultados indicam que o uso de experimentos na plataforma virtual, aliados à mediação do professor, favoreceu a compreensão dos conceitos de física, permitindo aos alunos aplicar esse conhecimento em novos contextos, comprovando a eficácia da metodologia.

Na dissertação de Edson Pereira da Silva, o foco é investigar o uso da plataforma Arduino como recurso didático no ensino de eletrodinâmica para alunos do terceiro ano do ensino médio, a partir da perspectiva sociointeracionista de Vygotsky. Realizada na Escola Estadual João Leal, em Nazaré do Piauí, a pesquisa contou com um grupo reduzido de alunos, devido às restrições impostas pela pandemia de Covid-19. Seu produto educacional envolve uma abordagem qualitativa com a aplicação de três experimentos práticos sobre corrente elétrica, resistores e associação de resistores, utilizando roteiros específicos para orientar os estudantes na montagem dos circuitos e na execução dos experimentos. A avaliação foi conduzida por meio de questionários de verificação de aprendizagem e observações comportamentais, focando na interação social e na mediação do professor. Os resultados apontam que o uso do Arduino facilitou a compreensão dos conceitos de física, promovendo uma aprendizagem significativa e colaborativa. Os roteiros incluem instruções detalhadas para a execução das práticas experimentais, abrangendo desde a introdução ao uso do Arduino até a realização de experimentos específicos, como a medição de corrente elétrica e resistência. A pesquisa conclui que a introdução de recursos tecnológicos no ensino de física pode aumentar o interesse e a motivação dos alunos, além de melhorar a compreensão dos conteúdos.

Por fim, a dissertação de Souza aborda a aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino médio, com o objetivo de promover uma aprendizagem significativa e crítica dos conceitos de Cinemática Clássica e Relativística. Utilizando a plataforma Arduino e Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs), o estudo propõe um experimento que ilustra o movimento, integrando simulações, vídeos e vivências socioculturais dos estudantes. A proposta de Souza fundamenta-se na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira (2019) e na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, e envolve atividades colaborativas que promovem a troca de significados entre professor e alunos. A sequência didática inicia-se com a identificação do conhecimento prévio dos estudantes e segue com a reestruturação desse conhecimento à luz das teorias científicas da Cinemática Clássica e Relativística. A abordagem metodológica enfatiza a experimentação prática com Arduino, como forma de estimular a curiosidade e o engajamento dos estudantes. Os roteiros incluídos na dissertação fornecem diretrizes detalhadas para a execução dos experimentos, descrevendo materiais, procedimentos para montagem de circuitos elétricos e orientações para atividades práticas e discussões de resultados. Conclui-se que o uso integrado de experimentos, mapas conceituais e tecnologias digitais promove uma compreensão mais profunda e crítica dos conceitos científicos, alinhada às teorias de aprendizagem mencionadas.

Todos os trabalhos foram encontrados no acervo do site oficial do MNPEF e na ferramenta de busca do Google Acadêmico.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo nesta dissertação foi o de propor e analisar uma atividade utilizando a tecnologia do Arduino para experimentação em eletrodinâmica destinada aos alunos do Ensino Médio.

Como objetivos de pesquisa, temos:

- Avaliar os conhecimentos prévios e a contribuição desta atividade para a compreensão e consolidação de conceitos relativos à temática de eletricidade;
- Criar um ambiente favorável para estimular a curiosidade dos alunos a respeito do Arduino e novas tecnologias digitais.

E como objetivos de ensino, temos:

- Trabalhar conceitos de eletricidade - corrente elétrica, tensão elétrica e potência elétrica;
- Evidenciar a relação entre as grandezas acima mencionadas;
- Interação entre hardware e software (Arduino e Excel);
- Como trabalhar com gráficos, tabelas e aquisição de dados;
- Trabalhar em grupo;

Capítulo 2

REVISÃO DA LITERATURA E JUSTIFICATIVA

2.1 REVISÃO DA LITERATURA E JUSTIFICATIVA

O desinteresse em estudar Física por parte dos estudantes é um problema notável na educação brasileira (Fister et al., 2023), e a utilização de experimentos didáticos e tecnologias digitais pode contribuir com uma abordagem para lidar melhor com esse obstáculo. Alves e Stachak (2005) discutem a importância de aulas experimentais no processo de ensino-aprendizagem em Física e como podem influenciar no rendimento e engajamento dos estudantes, além de resgatar suas motivações, interesses e autoestima. Moreira et al. (2018) fizeram uma revisão sistemática de publicações para avaliar as contribuições do Arduino no ensino de Física. Os autores defendem que o Arduino e os sensores conectados a ele são grandes aliados por serem uma tecnologia de fácil utilização e baixo custo, podendo ser utilizados para constatar diversos fenômenos físicos e contribuir para a alfabetização científica, incentivando o pensamento crítico e promovendo a curiosidade dos alunos, além de inovar na maneira de ensinar e auxiliar o estudante a lidar com as novas tecnologias e suas constantes mudanças. Neste contexto, destacamos a importância da implementação de mais experimentação no ensino de Física e da utilização do Arduino como uma tecnologia digital capaz de auxiliar nessa empreitada.

A integração de experimentos didáticos e tecnologias digitais, como o Arduino, no ensino de Física pode contribuir com a implementação dos pressupostos da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para a Educação Básica.

Segundo o próprio documento, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) define-se como um “documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica” (BRASIL, 2018, p.7).

A BNCC define dez competências gerais e algumas competências específicas que o estudante deve atingir de acordo com a área de conhecimento. Para cada uma dessas competências específicas são atribuídas habilidades a serem desenvolvidas para que o estudante consiga atingir a competência. No caso de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, área em que a Física está inserida, a BNCC apresenta três competências específicas para o EM:

1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.
2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.
3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BRASIL, 2018, p.553).

O experimento proposto neste trabalho pode colaborar com o desenvolvimento de três habilidades, transcritas abaixo. As duas primeiras dizem respeito à competência 1 e a terceira diz respeito à competência 3.

(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.

(EM13CNT106) Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.

(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais (BRASIL, 2018, p.560).

Dependendo da abordagem adotada pelo professor em sala de aula, este experimento pode favorecer o desenvolvimento das duas primeiras habilidades, que por sua vez, atendem a primeira competência, abordando quantidade de carga, carga em movimento (corrente elétrica), realizar previsões sobre os possíveis formatos dos gráficos, calcular o consumo de energia elétrica e seu custo, além de compreender os impactos em escalas maiores.

A terceira habilidade atende à última competência, que diz sobre investigar situações-problemas e avaliar as implicações tecnológicas no mundo utilizando as TDIC. As situações-problemas se encontram no meio de um espectro entre pedagogias da resposta e pedagogias do problema. Pedagogias da resposta referem-se a pedagogias mais tradicionais em que o aluno recebe informações e reproduz em uma resposta, com caráter mais fechado, o qual o problema é mais internalista. Enquanto as pedagogias de problema faz com que os estudantes se envolvam em problemas abertos de forma totalmente independente sem uma estrutura clara ou orientação bem definida, com problemas com maior caráter socioambiental: a abordagem de situação-problema se encaixa entre esses dois casos (Astolfi et al., 2002). Nesse contexto, esse trabalho se encaixa como uma situação problema, pois há uma estrutura bem definida e orientação dos alunos por parte do professor (com a distribuição de roteiros e relatórios, por exemplo), mas também permite que os alunos interajam de forma independente com o aparato experimental, formulem hipóteses, testem e realizem previsões.

É importante ressaltar que, ao aplicar essa atividade em sala de aula, o professor deve considerar o contexto sociocultural e socioambiental dos alunos, bem como seus objetivos quanto à BNCC, adaptando-a conforme necessário para alcançar tais objetivos.

Este trabalho possivelmente contribuiu para o desenvolvimento de três habilidades definidas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC): a habilidade de investigação, promovida pela experimentação com uma tecnologia moderna; o pensamento crítico, estimulado pelo questionamento e pela análise dos conceitos ligados ao consumo e à eficiência de energia elétrica; e a comunicação, aprimorada por meio das discussões em que os alunos compartilharam suas observações e conclusões com os colegas. Além disso, busca-se auxiliar com a universalização do acesso ao conhecimento em tecnologia e Arduino, permitindo que mais pessoas possam se beneficiar dessas áreas de conhecimento.

Após a conclusão da pesquisa, a comunidade de professores passou a ter acesso gratuito ao produto educacional, que inclui uma sequência didática, além de roteiros de montagem e utilização do experimento. Devido ao fato de que o experimento pode ser reutilizado inúmeras vezes, além da possibilidade de aproveitar o mesmo Arduino em outros projetos e protótipos, consideramos esta abordagem como um experimento de baixo custo, requerendo apenas o investimento inicial de montagem.

Capítulo 3

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E PREPARAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

3.1 CONTEÚDO DE FÍSICA

3.1.1 Eletricidade

Eletricidade é o conjunto de fenômenos físicos que envolvem cargas elétricas. Aparelhos eletrônicos estão presentes no nosso cotidiano como celulares, computadores, televisões ou nas lâmpadas que iluminam nossa casa. Além disso, a eletricidade também descreve alguns fenômenos físicos presentes na natureza, como relâmpagos, e a princípios como a gaiola de Faraday (Halliday, Resnick e Walker, 2019). Neste capítulo, será explicitado todo o conteúdo acerca da eletricidade que está presente no experimento proposto.

3.1.2 Carga Elétrica

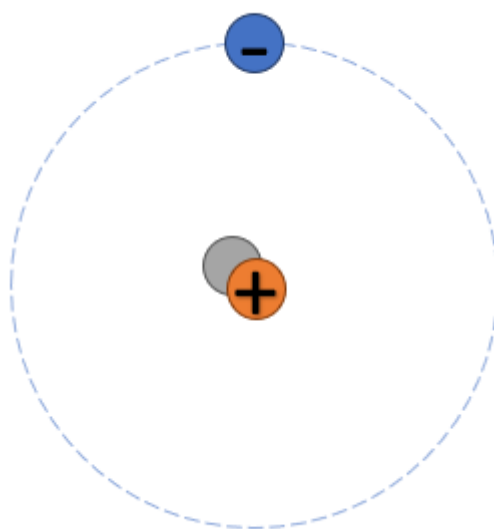
Carga elétrica é uma propriedade intrínseca da matéria quando tratamos da eletricidade. A unidade de medida que utilizamos para descrevê-la é o coulomb [C]. Destaca-se que essa grandeza assume apenas valores discretos e não contínuos. É denominado de carga elementar o menor valor de carga elétrica possível, e essas cargas estão presentes em

duas partículas que são de grande importância para a estrutura do universo: o elétron e o próton.

Para diferenciar os tipos de cargas presentes nos elétrons e nos prótons, é comum ouvir que o elétron tem “carga negativa” e o próton tem “carga positiva”. Pensando nisso, o elétron assume um valor de $e = -1,6 \cdot 10^{-19} C$ e o próton um valor de $p = +1,6 \cdot 10^{-19} C$. Sendo assim, corpos eletrificados podem assumir cargas que sejam múltiplos inteiros desses valores de carga elementar. Em geral, as cargas elementares podem ser representadas pela letra “e” e “p”.

Nos modelos atômicos mais atuais, os átomos são compreendidos como formados por prótons e nêutrons (outra partícula contida nos átomos, mas de carga nula) nos núcleos e os elétrons orbitando-os, como mostra a figura 1, onde é representado o modelo atômico de Bohr (Halliday, Resnick e Walker, 2019).

Figura 1: Representação do átomo de hidrogênio em seu estado fundamental no modelo atômico de Bohr. O próton em vermelho e o nêutron em cinza, no núcleo, e o elétron em azul orbitando-o.

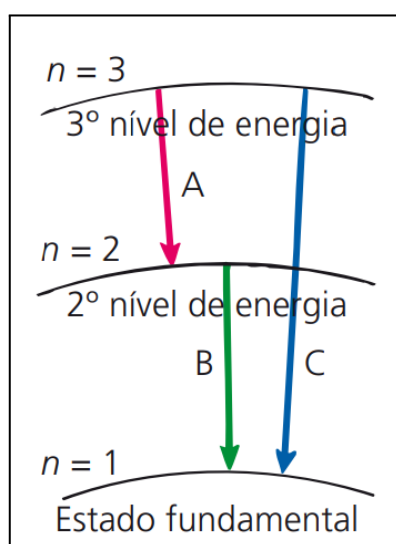


Fonte: Autor.

O modelo atômico proposto por Niels Bohr postula que os elétrons em um átomo ocupam estados estacionários de energia, denotando órbitas distintas e bem definidas. De acordo com essa teoria, os elétrons não possuem a capacidade de transitar por estados

intermediários de energia. A contribuição de Bohr representa uma ruptura com a física clássica, desafiando a concepção de que elétrons acelerados devem irradiar energia. Em vez disso, ele argumenta que a emissão ocorre por meio de fenômenos de transição eletrônica, quando um elétron transita de um nível energético superior para um inferior, resultando na emissão de um fóton, como mostra a figura 2 (Eisberg e Resnick, 1979). A energia desse fóton pode ser calculada utilizando a relação $E = h \cdot f$, onde E é a energia do fóton, f é a frequência associada e h a constante de Planck ($h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ m}^2 \cdot \text{kg/s}$).

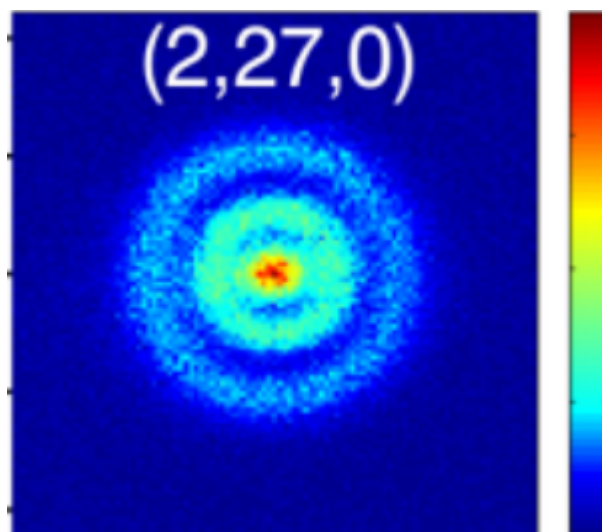
Figura 2: Representação das transições eletrônicas proposto no modelo atômico de Niels Bohr. A seta A (vermelha) indica a transição do 3º nível de energia para o 2º nível, a seta B (verde) indica a transição do 2º nível de energia para o 1º nível (estado fundamental) e a seta C (azul) a transição do 3º nível de energia para o estado fundamental.



Fonte: Adaptado de Hewitt (p.607, 2021).

Estudos de cerca de um século atrás, como os de Schrödinger, mostraram que o elétron não possui uma órbita tão bem definida assim — uma ideia relativamente recente quando comparada à história mais longa da física clássica. Na verdade, de acordo com a teoria quântica, o elétron pode estar em uma nuvem de probabilidade. Na figura 3 temos uma representação mais realista de como seria o átomo de hidrogênio, construída como uma composição computadorizada através de microscopia de fotoionização, que consiste em projetar elétrons do átomo de hidrogênio em um detector.

Figura 3: Composição de um átomo de hidrogênio realizada através de informações capturadas por um microscópio de fotoionização.

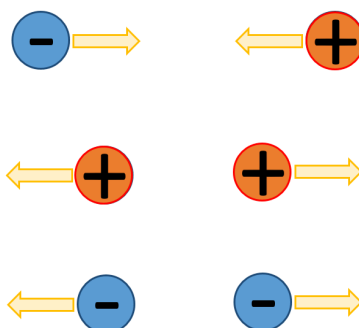


Fonte: Adaptado de Aneta Stoldona et al (2013).

A figura representa a distribuição eletrônica do átomo, denominada “nuvem de elétrons”. Em concordância com a função de onda, existe maior probabilidade de encontrar um elétron onde as cores são o vermelho, o amarelo ou o ciano, e menor probabilidade onde a cor é o azul escuro. Vale destacar que este átomo de hidrogênio não está em seu estado fundamental e que, por mais que pareça, a indicação em vermelho da figura não está no núcleo do átomo - que é expressivamente inferior.

As cargas elétricas interagem entre si, manifestando uma força, denominada força elétrica. Cargas têm a capacidade de se atraírem ou de se repelirem. A atração ocorre quando cargas positivas interagem com cargas negativas. A repulsão acontece quando somente cargas positivas interagem entre si, ou somente cargas negativas interagem entre si, como ilustra a figura 4 (Halliday, Resnick e Walker, 2019).

Figura 4: Atração e Repulsão das cargas. As setas indicam a direção e sentido das forças entre as cargas.



Fonte: Autor.

O conceito de carga infinitesimal encontra aplicação no estudo das cargas elétricas. Ao considerarmos um corpo eletricamente carregado com uma carga total q , podemos conceber que uma parte infinitesimal desse corpo, representada por dq , contém uma carga minúscula. Isso se torna crucial para as discussões subsequentes.

É importante diferenciar o conceito de carga infinitesimal da carga elementar, que é a menor unidade de carga elétrica observada na natureza. A carga elementar, representada pela letra "e", é uma quantidade fundamental associada a partículas subatômicas, como elétrons e prótons. Em contraste, a carga infinitesimal é uma abstração matemática que nos permite analisar o comportamento contínuo da distribuição de carga em um corpo.

Ao descrever uma carga infinitesimal, estamos essencialmente aproximando a distribuição de carga em um corpo como sendo contínua, facilitando a aplicação de conceitos matemáticos, como integração. No entanto, ao lidar com sistemas microscópicos, a carga elementar é a unidade discreta e fundamental que compõe esses sistemas.

Dessa forma, ao explorar o conceito de carga infinitesimal, estamos simplificando a análise de sistemas macroscópicos carregados, enquanto a carga elementar permanece como a menor parcela quantizada de carga elétrica presente nas partículas subatômicas.

3.1.3 Lei de Coulomb e Campo Elétrico

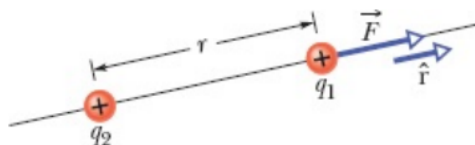
A Lei de Coulomb, formulada pelo físico Charles Coulomb no século XVIII, é um princípio fundamental da eletrostática. Essa lei descreve as forças elétricas entre partículas

carregadas eletricamente. Em termos simples, ela estabelece que a força entre duas cargas elétricas é diretamente proporcional ao produto de suas magnitudes e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas. Em outras palavras, quanto maior a carga e mais próximas as partículas, maior será a força de repulsão ou atração entre elas. Ela pode ser expressa como:

$$\vec{F} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \hat{r} \quad (3-1)$$

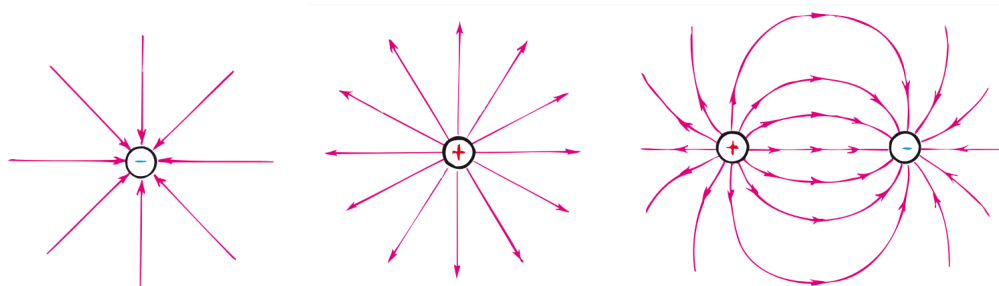
onde q_1 e q_2 são as cargas das partículas 1 e 2, respectivamente; a constante eletrostática é representada pela letra k e tem valor de $9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$, r é a distância entre essas duas cargas, e \hat{r} representa o vetor unitário na direção e sentido da distância r , como mostrado na figura 5 (Halliday, Resnick e Walker, 2019).

Figura 5: Representação da força elétrica \vec{F} e do vetor unitário \hat{r} .



Fonte: Adaptado de Halliday, Resnick e Walker (p.36, 2019).

Forças de campo podem ser entendidas como forças que atuam sem contato mútuo entre as partículas em questão, como a força gravitacional e a força elétrica. Essas forças são intermediadas por um campo, neste caso o campo elétrico. Para conseguir representar o campo elétrico, utilizamos as denominadas linhas de campo, que têm a mesma direção e sentido da força elétrica de uma carga de prova positiva naquele ponto do espaço, como representado na figura 6 (Hewitt, 2021).

Figura 6: Representação do campo elétrico através das linhas de campo.

Fonte: Adaptado de Hewitt (p.48-49, 2021).

A intensidade de um campo elétrico é definida como o quociente entre força que uma carga q experimenta e o valor da carga,

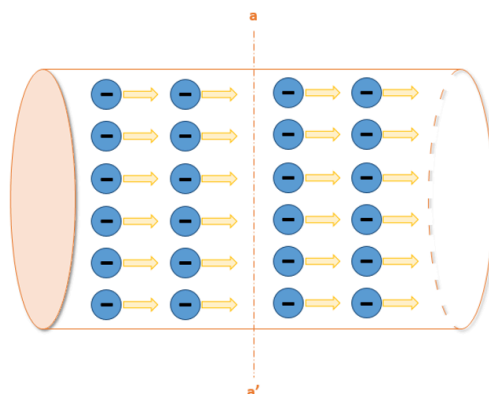
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}. \quad (3-2)$$

Nota-se que se trata de uma grandeza vetorial, em concordância com o que foi explicitado acima, e a unidade de medida no SI é N/C (Newton por Coulomb). O campo elétrico gerado por uma partícula eletricamente carregada, com carga q_1 , pode ser expressa como:

$$\vec{E} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q}{r^2 \cdot q} \cdot \hat{r} = k \cdot \frac{q_1}{r^2} \cdot \hat{r}. \quad (3-3)$$

3.1.4 Corrente Elétrica

A corrente elétrica é o movimento ordenado de cargas elétricas que passa por um elemento condutor, como um fio de cobre, por exemplo. A corrente elétrica é usualmente representado pela letra i . Em um condutor, os elétrons das camadas mais externas não estão firmemente presos ao núcleo. Pelo contrário, são livres para se mover pelo material (Hewitt, 2021). Ao ser conectado em uma fonte de energia, esses “elétrons livres” se movem ordenadamente pelo condutor, criando assim a corrente elétrica, como mostra a figura 7.

Figura 7: Seção de área aa' de um condutor sendo percorrido por uma corrente elétrica i .

Fonte: Autor.

Quando uma carga dq passa pelo plano aa' em um intervalo de tempo dt (infinitesimal de um intervalo de tempo t), a corrente elétrica é definida por

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (3-4)$$

A partir da equação (3-4), conseguimos calcular a quantidade de carga que passa pelo plano aa' em um intervalo de tempo de 0 a t .

$$q = \int dq = \int_0^t i \cdot dt \quad (3-5)$$

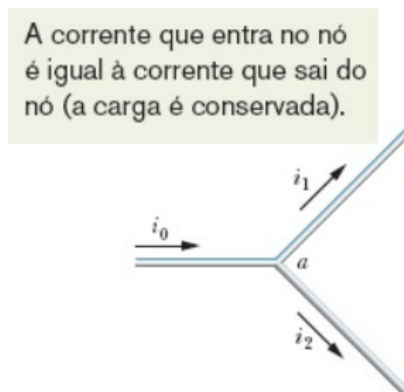
Nesse caso, é possível realizar o cálculo mesmo que a corrente não seja constante e dependa do tempo. A unidade de medida utilizada para a corrente elétrica é chamada de Ampère [A]:

$$1 \text{ Ampère} = 1 \text{ A} = 1 \text{ C/s} .$$

A lei de conservação de cargas, proposta por Benjamin Franklin, diz que cargas elétricas não podem ser criadas e nem destruídas em nenhum processo. Isso nos leva a concluir que um fluxo de corrente, quando se depara com uma bifurcação no condutor (comumente chamada de nó), deve se dividir obedecendo a conservação de cargas. Um exemplo é mostrado na figura 8 (Halliday, Resnick e Walker, 2019).

Figura 8: Corrente se divide ao encontrar uma bifurcação no fio condutor, de forma que

$$i_0 = i_1 + i_2. \quad (3-6)$$



Fonte: Adaptado de Halliday, Resnick e Walker (p. 322, 2010).

No caso acima, quando a corrente i_0 chega no ponto a , se divide em duas correntes: i_1 e i_2 . Sendo assim, pela conservação de cargas, temos que

$$i_0 = i_1 + i_2. \quad (3-7)$$

3.1.5 Potencial e Fonte de Tensão Elétrica

Para introduzir o conceito de potencial elétrico, vamos imaginar uma situação. Duas partículas eletricamente carregadas com cargas iguais, fixas e separadas a uma distância, devem se repelir. Se soltarmos uma das partículas, pela ação da força elétrica, ela começa a se mover e ganhar energia cinética. Pela lei da conservação de energia, seria necessário então haver uma energia potencial, a qual chamaremos de energia potencial elétrica. É importante ressaltar que, quanto menor a distância entre as partículas e maior a carga de prova (carga da partícula que se moveu), maior será a força elétrica e conseqüentemente mais energia cinética ela vai adquirir no processo descrito, de acordo com a equação (3-1). Para tratarmos desse problema independentemente da carga de prova, inserimos um novo conceito que se chama potencial elétrico, que é definido como a quantidade de energia potencial elétrica por unidade de carga. A unidade de medida dessa grandeza é o Volt [V] (Hewitt, 2021):

$$\text{Potencial elétrico} = \frac{\text{Energia Potencial Elétrica}}{\text{Carga}},$$

$$V = \frac{E_{EL}}{q}, \quad (3-8)$$

$$1 \text{ volt} = 1 V = 1 \text{ Joule/Coulomb} = 1 \frac{J}{C}.$$

Para que a corrente possa fluir sobre um condutor elétrico, é necessário que se tenha uma diferença de potencial (ddp), ou seja, as extremidades do condutor devem ter valores diferentes de potencial elétrico. Equipamentos e dispositivos elétricos e eletrônicos funcionam da mesma maneira. Nos circuitos elétricos, utilizamos as fontes de tensão, como pilhas, baterias, rede residencial etc, com essa finalidade (fornecer uma ddp para dispositivos). Elas são capazes de fornecer a energia necessária para que o circuito funcione corretamente.

Em decorrência do que foi discutido acima, uma fonte tem a função de realizar trabalho mecânico sobre os portadores de carga e manter a diferença de potencial entre os terminais do circuito. A diferença de potencial fornecida pela fonte é denominada força eletromotriz (fem) e é representada pela letra ε (Halliday, Resnick e Walker, 2019).

O trabalho da força elétrica pode ser escrito como

$$W_{EL} = - \Delta E_{EL} \quad (3-9)$$

e desenvolvendo esta equação podemos escrever

$$\begin{aligned} W_{EL} &= - \left(E_{EL}^{final} - E_{EL}^{inicial} \right) \\ W_{EL} &= \left(E_{EL}^{inicial} - E_{EL}^{final} \right) \\ W_{EL} &= q \cdot V^{inicial} - q \cdot V^{final} \\ W_{EL} &= q \cdot \left(V^{inicial} - V^{final} \right) \\ W_{EL} &= - q \cdot \Delta V \end{aligned} \quad (3-10)$$

Sabemos que o trabalho de qualquer força pode ser escrito como sendo o produto entre a intensidade da força e a distância proporcionada pela força, como

$$W = \int_i^f \vec{F} \cdot d\vec{s} \quad (3-11)$$

$$W = \int_i^f q\vec{E} \cdot d\vec{s} = q \int_i^f \vec{E} d\vec{s} \quad (3-16)$$

Igualando as equações, temos que:

$$- q \cdot \Delta V = q \cdot \int_i^f \vec{E} d\vec{s} \quad (3-12)$$

$$- \Delta V = \int_i^f \vec{E} d\vec{s} \quad (3-13)$$

Em um caso particular, onde o campo elétrico é constante e a trajetória paralela ao campo ($\vec{E} \cdot d\vec{s} = Ed\cos(0^\circ) = Eds$), temos que

$$-\Delta V = E \int_i^f ds \quad (3-14)$$

ou então

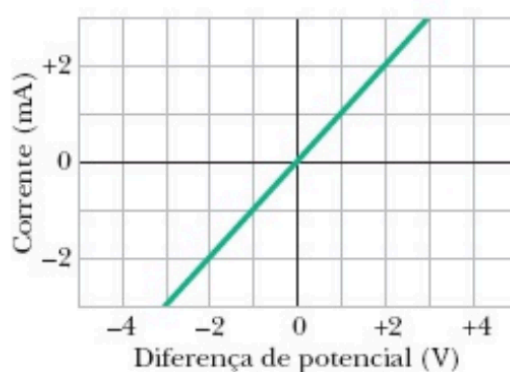
$$\Delta V = -E\Delta x \quad (3-15)$$

onde Δx é a distância percorrida pela partícula. Assim, conseguimos relacionar a diferença de potencial (ou potencial elétrico) com o campo elétrico (Halliday, Resnick e Walker, 2019).

3.1.6 Resistência Elétrica e Primeira Lei de Ohm

Ao considerarmos a aplicação de uma mesma diferença de potencial em diferentes aparelhos ou dispositivos elétricos, evidenciam-se resultados divergentes para os valores de corrente elétrica. Essa discrepância é intrinsecamente governada pela resistência elétrica do dispositivo em questão. A mensuração desta propriedade ocorre mediante dois pontos condutores, onde uma diferença de potencial V é estabelecida e a corrente resultante i é registrada. Segundo Halliday et al., (2019), um componente obedece a lei de Ohm se a corrente varia linearmente com a diferença de potencial aplicada a ele. Portanto, dizemos que um componente eletrônico que obedece a lei de Ohm apresenta um gráfico de corrente por tensão elétrica conforme a figura 9.

Figura 9: Um componente ôhmico é atravessado por uma corrente elétrica que varia linearmente com a diferença de potencial aplicada a ele.



Fonte: Adaptado Halliday, Resnick e Walker (p. 340, 2019).

A formalização matemática desta relação é expressa pela equação

$$R = V/i. \quad (3-16)$$

Consistente com tal equação, a unidade fundamental de resistência no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o volt por Ampère, designado como Ohm e representado pelo símbolo Ω . Ao analisarmos a expressão

$$i = V/R, \quad (3-17)$$

reforça-se a pertinência da designação "resistência", uma vez que um aumento na resistência à passagem de corrente elétrica corresponde a uma diminuição na intensidade de corrente, para uma mesma diferença de potencial (Halliday, Resnick e Walker, 2019).

Não apenas os dispositivos e aparelhos elétricos, os fios e outros condutores também oferecem resistência à passagem de corrente elétrica. As geometrias desses condutores influenciam no valor de sua resistência elétrica. Analogamente ao fluxo de um fluido através de uma tubulação, onde a vazão é ditada tanto pela diferença de pressão entre as extremidades quanto pela resistência da própria tubulação a resistência de um fio é influenciada pela sua espessura, comprimento e resistividade elétrica (representado por ρ). Fios de maior seção transversal apresentam menor resistência, enquanto fios mais longos tendem a exibir resistência superior em relação aos mais curtos. Além disso, fios confeccionados com materiais como o cobre demonstram menor resistência em comparação com materiais como o aço, mantendo-se outras características geométricas (Hewitt, 2021).

A relação matemática que descreve a resistência em função das suas dimensões e da condutividade elétrica pode ser descrita pela segunda lei de Ohm:

$$R = \rho \frac{L}{A}, \quad (3-18)$$

onde L é o comprimento e A a seção de área do condutor (Halliday, Resnick e Walker, 2019).

Caso a resistividade elétrica não seja constante em todo o condutor, é possível realizar esse cálculo a partir da integral

$$R = \int dR = \frac{1}{A} \int_0^L \rho(L) dL, \quad (3-19)$$

para quando a resistividade depende do comprimento. Quando a resistividade varia conforme o raio r da seção transversal do condutor (considerada como circular) pode-se usar a equação (3-18) para o cálculo da resistência elétrica:

$$R = \int dR = L \int_{r_1}^{r_2} \frac{\rho(r) dr}{\pi r^2}. \quad (3-20)$$

Vale salientar que a resistência elétrica é sensível à temperatura. O aumento na agitação térmica das partículas em um condutor provoca um aumento na resistência à passagem da corrente elétrica. É notável destacar que certos materiais, os chamados supercondutores, exibem resistência nula em temperaturas extremamente baixas.

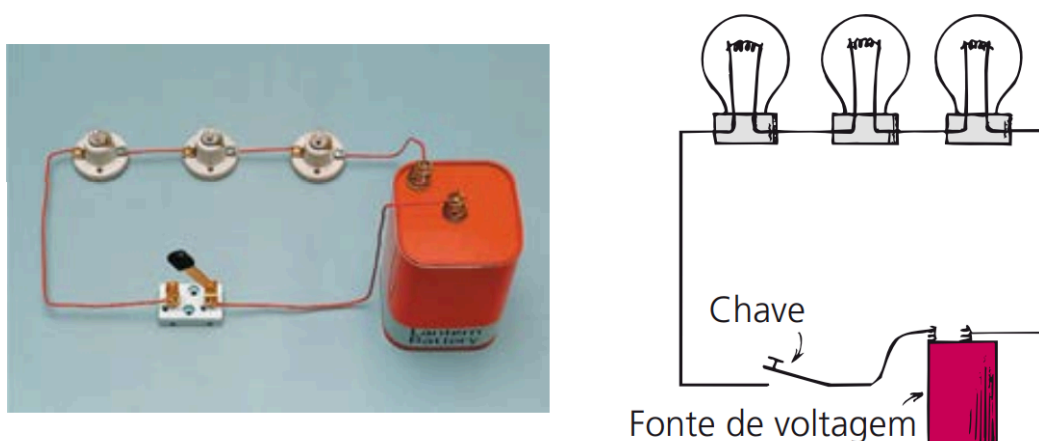
O físico alemão Georg Simon Ohm, em 1826, elucidou a relação crucial entre voltagem, corrente e resistência, aprimorando substancialmente nossa compreensão dos fundamentos da eletricidade e conferindo origem à consagrada unidade de medida - o Ohm (Hewitt, 2021).

3.1.7 Associação de Resistores ou Equipamentos Elétricos

3.1.7.1 Associação em série

Um circuito em série é uma configuração onde os componentes elétricos estão conectados um após o outro, formando uma única trajetória para a corrente elétrica fluir. Na figura 10, é mostrado um circuito com lâmpadas em série. Ao desligar a chave, a corrente será interrompida e todas as lâmpadas (que basicamente podem ser consideradas como resistências elétricas) apagam.

Figura 10: Circuito elétrico com ligações em série.



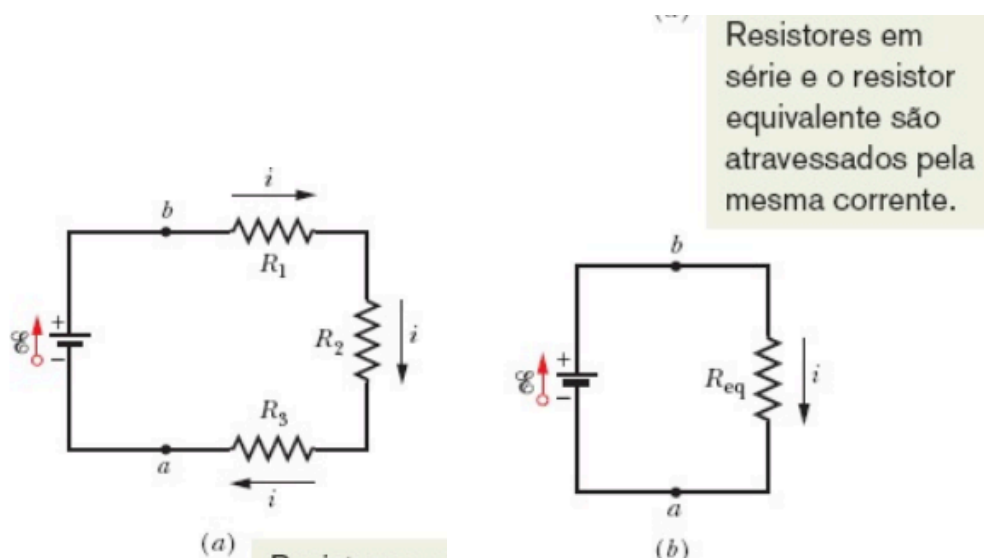
Fonte: Retirado Hewitt (p. 442, 2021).

No presente circuito, dado que a corrente segue um único trajeto, sua intensidade será igual em todas as lâmpadas, mesmo quando as diferenças de potencial individuais divergem.

Além disso, a soma das diferenças de potencial em cada lâmpada se igualará à tensão elétrica fornecida pela fonte. Em situações em que a corrente dispõe de múltiplos caminhos, os elementos do circuito não são considerados em série. A situação ilustrada na figura 10 pode ser reanalisada substituindo cada uma das resistências por um circuito mais simples com apenas uma resistência, denominada resistência equivalente (Halliday, Resnick e Walker, 2019). Um circuito equivalente refere-se a um circuito que contém todas as características - corrente elétrica, resistência etc. - do circuito em questão.

Na figura 11 é ilustrado como substituir três resistores por apenas um equivalente.

Figura 11: (a) Circuito com associação em série de resistores e substituído por um (b) resistor equivalente.



Fonte: Retirado de Halliday, Resnick e Walker (p. 381, 2019).

Sabendo que a soma da diferença de potencial de cada resistor é igual à força eletromotriz aplicada ao circuito, temos que

$$(3-21)$$

$$i R_1 + i R_2 + i R_3 = \varepsilon,$$

a partir da figura 11(a). Desenvolvendo a equação acima, obtemos

$$(3-22)$$

$$i(R_1 + R_2 + R_3) = \varepsilon,$$

ou

$$i = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + R_3}.$$

Analisando a figura 11(b) e refazendo os passos acima, chegamos em (3-24)

$$i = \frac{\varepsilon}{R_{eq}}.$$

Igualando as equações, obtemos a seguinte relação: (3-25)

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3.$$

Ao refazer esses procedimentos para uma generalização de n resistores, temos que: (3-26)

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

ou

(3-27)

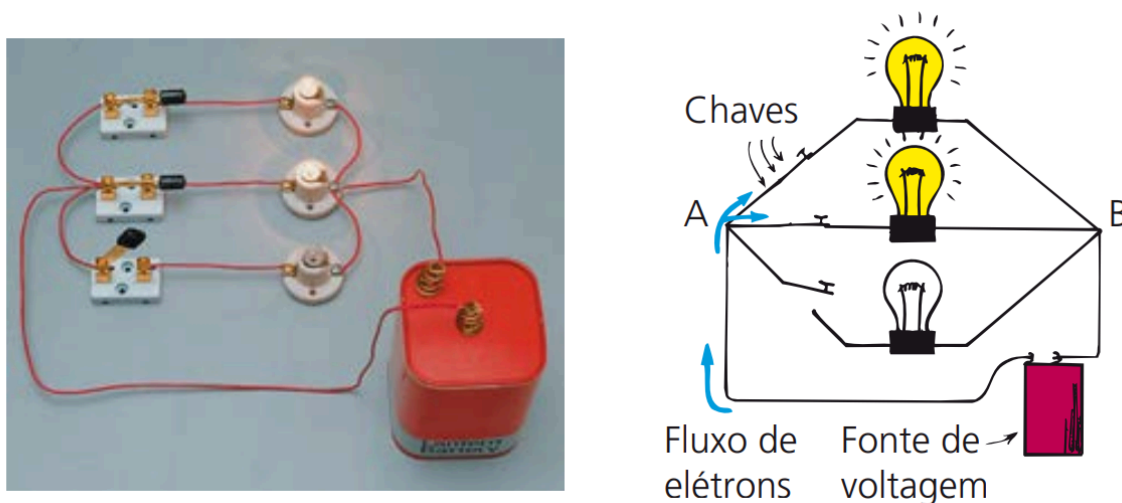
$$R_{eq} = \sum_{j=1}^n R_j.$$

É importante notar que, para componentes elétricos associados em série, a resistência equivalente sempre vai ser maior que todos os resistores (Halliday, Resnick e Walker, 2019).

3.1.7.2 Associação em paralelo

A associação em paralelo é uma configuração de circuito na qual os componentes elétricos são conectados em diferentes ramos que compartilham os mesmos pontos de entrada e saída, ou seja, estão submetidos à mesma diferença de potencial. Nesse arranjo, a diferença de potencial elétrico (ddp) em cada componente é a mesma, enquanto a corrente se divide entre eles, como mostra a figura 12. Isso permite que os componentes operem independentemente, contribuindo para uma maior capacidade de corrente total no circuito.

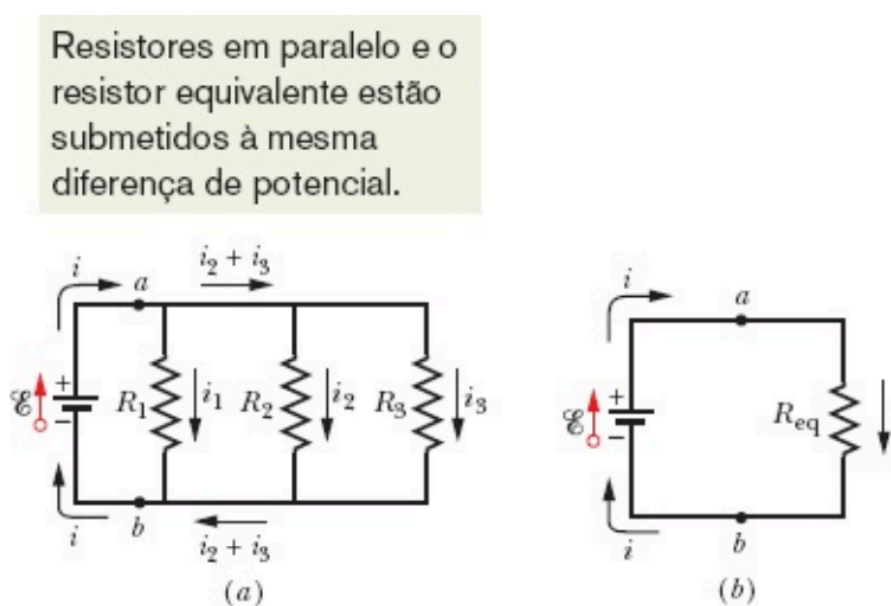
Figura 12: Circuito elétrico com lâmpadas conectadas em paralelo a uma fonte de energia.



Fonte: Retirado de Hewitt (p. 444, 2021).

Da mesma forma como as ligações em série, em paralelo também é possível substituir todas as resistências por apenas uma resistência, obtendo um circuito equivalente, como mostra a figura 13.

Figura 13: (a) Circuito de três resistores conectados em paralelo e (b) substituído por um resistor equivalente.



Fonte: Retirado de Halliday, Resnick e Walker (p. 390, 2019).

Pela conservação da carga, é possível concluir que a soma das correntes i_1 , i_2 e i_3 é igual à corrente total i fornecida pela fonte. Sabendo que os resistores estão submetidos a uma mesma diferença de potencial, podemos escrever as correntes na forma

$$i_1 = \frac{\varepsilon}{R_1}, \quad i_2 = \frac{\varepsilon}{R_2} \quad \text{e} \quad i_3 = \frac{\varepsilon}{R_3} \quad (3-28)$$

a partir da figura 13(a). Sendo assim, temos que

$$i = i_1 + i_2 + i_3 = \frac{\varepsilon}{R_1} + \frac{\varepsilon}{R_2} + \frac{\varepsilon}{R_3} = \varepsilon \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right). \quad (3-29)$$

Já o circuito com a resistência equivalente da figura 13(b), obtemos

$$i = \frac{\varepsilon}{R_{eq}}, \quad (3-30)$$

e comparando as equações, podemos concluir que

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (3-31)$$

Ao refazer esses procedimentos para uma generalização de n resistores, temos que:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (3-32)$$

ou

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{R_j}. \quad (3-33)$$

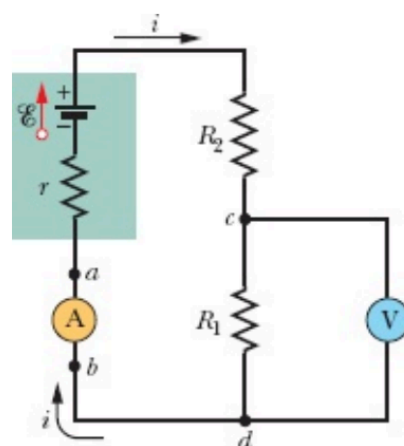
É importante notar que, para componentes elétricos associados em paralelo, a resistência equivalente sempre vai ser menor que cada um dos resistores da associação (Halliday, Resnick e Walker, 2019).

3.1.8 Amperímetro e Voltímetro

O amperímetro é um instrumento para medir correntes elétricas em circuitos elétricos. Em contextos nos quais necessitamos ter conhecimento dessa medida, é necessário interromper o circuito (cortar o circuito) e inserir o amperímetro (com uma conexão em série), proporcionando assim a passagem da corrente pelo instrumento. É imprescindível que a resistência interna do amperímetro seja consideravelmente menor do que as demais resistências do circuito, caso contrário, a presença do amperímetro resultaria na modificação do valor da corrente a ser medida. Um amperímetro idealizado (teórico) tem a resistência nula.

Por outro lado, o voltímetro, também um instrumento de medida, é aplicado para mensurar as diferenças de potencial. Para realizar a medição da diferença de potencial entre dois pontos em um circuito, basta conectar os terminais do voltímetro, em uma ligação em paralelo, sem a necessidade de interromper ou seccionar os condutores do circuito. É de suma importância que a resistência interna do voltímetro seja significativamente superior àquela apresentada pelos elementos do circuito conectados entre os mesmos pontos nos quais o voltímetro se acopla. A negligência dessa condição resultaria em uma distorção significativa na magnitude da diferença de potencial que se almeja medir.

Figura 14: Representação da conexão do amperímetro e voltímetro em um circuito de uma malha (caminho fechado formado por componentes elétricos conectados). O amperímetro (A), dessa forma, tem a função de medir a corrente total e deve ser conectado em série no circuito, neste caso, entre os pontos a e b. Já o voltímetro (V) é conectado em paralelo entre os pontos c e d e, assim é capaz de mensurar a d.d.p. apenas do resistor R_1 .



Fonte: Retirado de Halliday, Resnick e Walker (p. 400, 2019).

É pertinente destacar a existência de dispositivos de medida multifuncionais que, por meio da manipulação de uma chave seletora, podem operar tanto como amperímetro quanto como voltímetro e, em determinados casos, como ohmímetro – um instrumento voltado para a aferição da resistência elétrica. Tais instrumentos versáteis recebem a denominação de multímetros (Halliday, Resnick e Walker, 2019).

3.1.9 Potência e Energia Elétrica

As funções dos circuitos elétricos são variadas: podem resultar no aquecimento de um fluido (energia térmica), em um motor girando (energia mecânica), em uma luz acesa (energia luminosa) etc. Em todos esses casos, há uma transformação de energia elétrica em alguma outra forma de energia (Hewitt, 2021).

A energia elétrica em questão é a energia potencial elétrica. A partir da definição de potencial elétrico dada neste capítulo, temos que:

$$V = \frac{E_{EL}}{q}, \quad (3-34)$$

onde V é o potencial elétrico, E_{EL} a energia potencial elétrica e q a carga. A partir dessa equação, conseguimos encontrar uma expressão para a taxa de transferência de energia no tempo. Primeiramente isolamos a energia potencial elétrica e posteriormente derivamos no tempo:

$$U = q \cdot V \quad (3-35)$$

$$\frac{dU}{dt} = \frac{d(q \cdot V)}{dt} \quad (3-36)$$

$$\frac{dU}{dt} = V \frac{dq}{dt} + q \frac{dV}{dt}. \quad (3-37)$$

Definimos como potência elétrica o gasto energético no tempo, portanto $P = \frac{dU}{dt}$. Além disso, em um circuito elétrico fechado a diferença de potencial é constante, logo $\frac{dV}{dt} = 0$. Feitas essas considerações, temos que:

$$P = \frac{dU}{dt} = V \frac{dq}{dt}, \quad (3-38)$$

sabendo que $i = \frac{dq}{dt}$, podemos encontrar uma expressão para potência elétrica:

$$P = Vi. \quad (3-39)$$

Analisando a unidade de medida dessa grandeza, temos que:

$$1 V \cdot A = 1 \frac{J}{C} \cdot \frac{C}{s} = 1 \frac{J}{s} = 1 W. \quad (3-40)$$

A medida de *joule por segundo* é também descrita como *watt* e recebe o símbolo *W*. De acordo com a relação $V = R \cdot i$, pode-se ter variações na forma de escrever a expressão para a potência e inserir a resistência. Podemos substituir a corrente por $i = \frac{V}{R}$ e o potencial elétrico por $V = R \cdot i$, assim temos:

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (3-41)$$

e

$$P = Ri^2. \quad (3-42)$$

É possível calcular a energia elétrica gasta por um circuito a partir de sua potência e a quantidade de tempo em que está ligado. Utilizando a definição de potência, temos que $dU = Pdt$. Vamos substituir a letra U pela E, nesse caso, pois agora estamos falando sobre a energia gasta em um circuito e não uma energia potencial associada a ele. Utilizando essa expressão e integrando (considerando que a potência elétrica seja constante), obtemos:

$$E = \int_{t_1}^{t_2} dE = \int_{t_1}^{t_2} P \cdot dt = P \cdot (t_2 - t_1) = P \cdot \Delta t. \quad (3-43)$$

Nas faturas de consumo de energia elétrica que recebemos em nossas casas, podemos ver a quantidade de energia gasta e também o valor que pagamos. Porém, na descrição, a energia elétrica gasta é dada em quilowatt-hora e não em joule. Essa unidade representa a quantidade de energia gasta por um equipamento elétrico durante uma hora com base na sua potência medida em quilowatt. Isso acontece pois o joule é uma unidade de medida muito baixa para avaliar o consumo de energia elétrica residencial, sendo assim em quilowatt-hora é mais adequado para análise do contribuinte. Para que possamos transformar essas unidades de medida, temos que:

$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ k} \frac{\text{J}}{\text{s}} (3600\text{s}) = 3600 \text{ kJ} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}. \quad (3-44)$$

Dessa forma, conseguimos calcular o valor gasto, em reais, de um equipamento elétrico funcionando em um determinado intervalo de tempo (Halliday, Resnick e Walker, 2019).

3.2 TEORIA DE APRENDIZAGEM

Para fundamentar e respaldar a metodologia de pesquisa empregada neste projeto, utilizamos a teoria de aprendizagem desenvolvida por David Ausubel (1918 - 2008) denominada Teoria de Aprendizagem Significativa. Segundo Moreira (2022) “Ausubel foi Professor Emérito da Universidade de Columbia, em Nova York. Médico-psiquiatra de formação, dedicou sua carreira acadêmica à psicologia educacional”. A teoria de Ausubel volta-se à aprendizagem cognitiva.

Para o psicólogo, o aspecto mais importante para que ocorra uma aprendizagem significativa é aquilo que o estudante já sabe, ou seja, seus conhecimentos prévios. Para isso, é necessário que a nova informação seja sustentada por esses conhecimentos prévios.

Ausubel entende a estrutura cognitiva dos indivíduos como uma rede de conceitos ou informações armazenados e organizados entre si de forma hierárquica, ou seja, as informações mais específicas estão ligadas a fundamentos mais gerais. Quando delineamos uma área do conhecimento como a Física, significa todos os conhecimentos que o aluno tem sobre o assunto.

Novos conceitos podem ser aprendidos quando amparados por sua estrutura cognitiva. Por exemplo: se o aluno possui em sua estrutura cognitiva o conceito de carga elétrica, provavelmente será mais fácil aprender o de corrente elétrica. Isso porque a noção de carga elétrica sustenta esse novo conhecimento que é a carga elétrica em movimento.

É denominado subsunçor o conhecimento que serve como alicerce para novas ideias. Isto significa que no exemplo anterior, o conceito de carga elétrica serviu como subsunçor para a nova informação que é a corrente elétrica.

A aprendizagem significativa ocorre quando há ancoragem e a interação do novo conhecimento com sua estrutura cognitiva ou seus subsunçores. Se não há essa interação, Ausubel diz que a aprendizagem foi mecânica.

Essa interação entre o novo conceito e a estrutura cognitiva pode complementar o subsunçor que se ancorou e virar um novo subsunçor mais abrangente. Citando o mesmo exemplo, a interação entre o conceito carga elétrica (subsunçor) e a nova informação corrente elétrica pode resultar em um novo subsunçor e dar base para novos conhecimentos mais específicos, tal como o comportamento da corrente em circuitos elétricos, formando assim uma árvore de conhecimentos que estão relacionados entre si e são fundamentados em conceitos mais gerais.

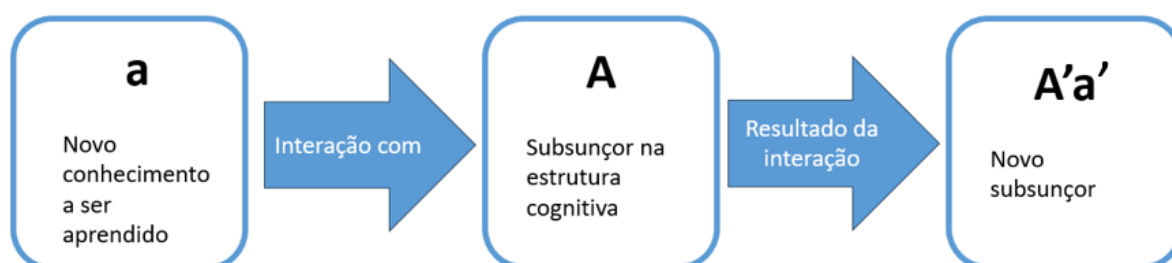
Para explicar como esses conceitos se relacionam, Ausubel introduz a ideia de diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

A diferenciação progressiva ocorre quando um novo conhecimento é introduzido e, através da interação com os conhecimentos prévios, torna-se mais refinado e diferenciado. No exemplo da corrente elétrica, isso pode ocorrer quando o aluno aprende não apenas sobre corrente elétrica, mas também sobre os diferentes tipos de corrente, como corrente contínua e alternada, e como elas se comportam em diferentes circuitos.

Por outro lado, a reconciliação integradora acontece quando diferentes conceitos ou conhecimentos aparentemente discrepantes são unificados ou integrados em uma compreensão mais ampla. Neste caso, o subsunçor também é alterado para que esse conceito mais abrangente dê conta desses casos distintos (Moreira, 2012).

Suponha que um estudante já tenha um subsunçor (A) sobre a relação entre tensão, corrente e resistência em circuitos elétricos, conforme descrito pela Lei de Ohm. Ele entende que a corrente elétrica (i) em um circuito é diretamente proporcional à tensão (V) aplicada e inversamente proporcional à resistência (R) do circuito, expressa pela equação $V = Ri$. Agora, ele está aprendendo sobre semicondutores e diodos. Os semicondutores têm uma característica única em que sua resistência elétrica pode variar com a temperatura e a polaridade. Quando o aluno aprende sobre a aplicação dos diodos em circuitos elétricos, pode se deparar com o conceito de curva característica de um diodo, que não se encaixa diretamente na relação linear da Lei de Ohm. Inicialmente, pode haver uma discrepância entre o novo conhecimento sobre a curva característica do diodo (a) e o subsunçor existente sobre a Lei de Ohm (A). No entanto, através da reconciliação integradora, o aluno pode entender que a Lei de Ohm é uma simplificação válida para muitas situações, mas que não se aplica diretamente a todos os dispositivos, como os diodos. Assim, o processo de reconciliação integradora leva à expansão do subsunçor inicial (A) para um novo subsunçor mais abrangente (A') que incorpora tanto a relação de Ohm para circuitos simples quanto a compreensão das características específicas dos semicondutores e diodos na eletrodinâmica clássica. O resultado final seria representado como A'a', refletindo a integração dos dois conceitos na estrutura cognitiva do aluno dentro do contexto da física clássica. O diagrama da figura 15 representa esse processo de assimilação:

Figura 15: Diagrama do processo de assimilação de um novo conteúdo. O novo subsunçor pode ou não ser alterado.



Fonte: Autor.

Em outros casos, o subsunçor pode ser aprendido depois de um conhecimento mais específico, tendo em mente que o subsunçor é sempre um conceito mais abrangente. Por

exemplo, em muitos casos, se ensina os tipos de energia (cinética, potencial gravitacional, potencial elástica, etc.) e somente depois o caso mais abrangente: a energia mecânica.

Um material didático que facilite a aprendizagem significativa, denominado potencialmente significativo, é aquele capaz de ser assimilado facilmente pela estrutura cognitiva de forma não arbitrária. Para isso é necessário que seja pensado com base no que os estudantes já sabem (Moreira, 2022).

Com objetivo de produzir um material potencialmente significativo, este trabalho pretendeu identificar e avaliar os subsunçores existentes nas estruturas cognitivas dos estudantes sobre o tema de eletricidade, através de perguntas e questões que foram disponibilizadas de forma online antes da aplicação. E, para avaliar a contribuição dos novos conhecimentos adquiridos no experimento à estrutura cognitiva dos alunos, realizamos outro teste ao final da prática para detectar se houve melhoria no domínio do tema e consequentemente se resultou em subsunçores alterados.

Capítulo 4

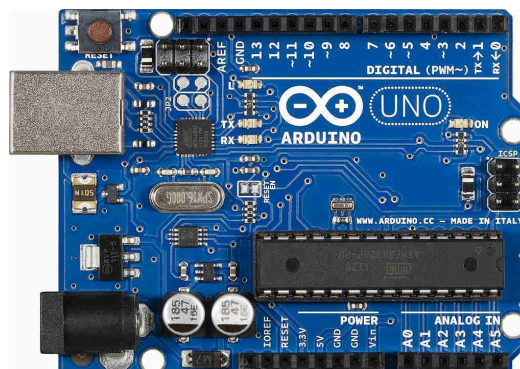
CARACTERÍSTICAS DO DISPOSITIVO EXPERIMENTAL E DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

4.1 O DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

O aparato experimental desenvolvido com o uso do Arduino é uma ferramenta para o estudo do conceito de potência elétrica, permitindo a medição em tempo real de corrente e tensão elétrica das lâmpadas fluorescentes alimentadas pela tensão da rede residencial. Através da conexão com um computador, os dados são transmitidos e representados em gráficos interativos, possibilitando uma análise dinâmica das variações ao longo do tempo.

Utilizamos o Arduino UNO R3², exibido na figura 16, na confecção deste aparato pela sua popularidade, facilidade de uso e custo acessível, mas existem outras opções viáveis para adaptar, como Raspberry Pi, ESP32 ou outros modelos de Arduino, por exemplo.

² Arduino UNO R3 - datasheet: <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>

Figura 16: Arduino UNO R3.

Fonte:

https://pt.made-in-china.com/co_sunhokey/product_Arduino-Uno-R3-Development-Board-Microcontroller-for-DIY-Project_rogunohrg.html

Para realizar a medição da corrente elétrica, foi utilizado o sensor de corrente ACS712³, evidenciado na figura 17. Existem opções de 5 A até 30 A, escolhemos este por ter maior precisão para correntes menores que 1 A, já que todos eles retornam valores entre 0 e 5V e que, posteriormente, é transformados em números inteiros que variam de 0 a 1023 pelo Arduino, pois a resolução dos pinos analógicos é de 10 bits ($2^{10} = 1024$).

Figura 17: Sensor de corrente elétrica ACS712.

Fonte: <https://www.byteflopp.com.br/sensor-de-corrente-acs712>

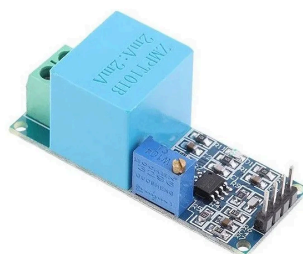
O sensor ACS712 opera com base no efeito Hall, que ocorre quando uma corrente flui através de um condutor posicionado em um campo magnético externo perpendicular ao fluxo de cargas. Neste dispositivo, o condutor utilizado é uma fita de cobre. Ao passar as cargas da corrente pelo campo magnético, elas são afetadas pela força magnética, resultando no

³ ACS712 Datasheet - Allegro Microsystems. Disponível em: <https://www.allegromicro.com/-/media/files/datasheets/acs712-datasheet.ashx>

acúmulo de elétrons em uma das bordas da fita e na presença de cargas positivas na outra borda. Esse desequilíbrio gera um campo elétrico no interior da fita e conseqüentemente uma força elétrica que contrapõe à força magnética, até que um equilíbrio entre as forças elétrica e magnética seja alcançado. Tal campo elétrico, gerado no interior da fita de cobre, produz um potencial elétrico, denominado diferença de potencial de Hall. Essa tensão é detectada por um elemento sensível ao efeito Hall, um semiconductor, e é processada por uma unidade de condicionamento para fornecer uma saída proporcional à corrente elétrica medida (Allegro MicroSystems LLC, 2021; Halliday & Resnick, 2013). Este sensor é capaz de medir tanto correntes alternadas como correntes contínuas.

Para garantir a precisão da medição da tensão elétrica em nosso projeto, escolhemos o sensor ZMPT101B⁴, exposto na figura 18, devido às suas características e funcionalidades. Esse sensor é amplamente utilizado em aplicações de monitoramento de tensão e é projetado para trabalhar com tensões de 0 a 250V em corrente alternada, o que torna ideal para o contexto de nossa pesquisa.

Figura 18: Sensor de tensão elétrica ZMPT101B.



Fonte:

<https://www.eletragate.com/modulo-sensor-de-tensao-ac-0-a-250v-voltmetro-zmpt101b>

Este sensor funciona utilizando um transformador de tensão integrado a um circuito condicionador de sinal. Esse transformador possui bobinas primária e secundária, sendo que a tensão da rede elétrica é aplicada à bobina primária, gerando um campo magnético que induz uma tensão proporcional à razão do número de espiras entre as bobinas primária e secundária. Esse processo resulta em uma tensão de saída reduzida (Halliday & Resnick, 9ª ed., 2013). O sinal de saída passa pelo circuito condicionador de sinal que é responsável por processar e torná-la adequada para leitura por um microcontrolador, como o Arduino, por exemplo.

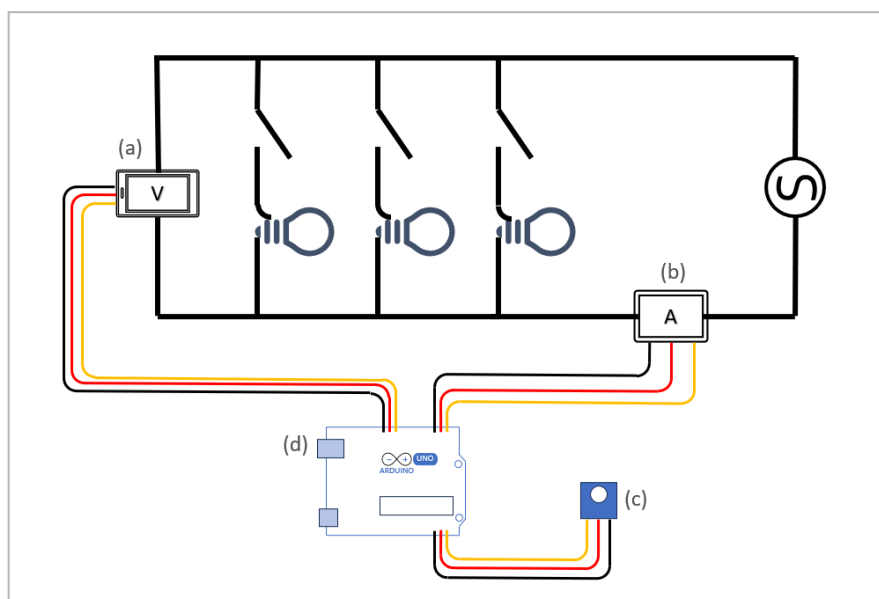
⁴ ZMPT101B - https://www.usinainfo.com.br/index.php?controller=attachment&id_attachment=655

A leitura dos dados fornecidos pelo ACS712 e pelo ZMPT101B é realizada por meio de duas portas analógicas do Arduino. Ambos os sensores retornam valores entre 0 e 5V que, posteriormente, são convertidos 1024 valores inteiros pelo Arduino com resolução de 10 bits. Esses valores são convertidos em corrente e tensão elétrica, respectivamente, por meio do código.

Para a seleção das lâmpadas, buscamos a melhor relação custo-benefício, visando a maior potência possível e relevância para o cotidiano dos alunos. As lâmpadas de LED, devido à baixa potência e corrente elétrica, não apresentaram resultados satisfatórios nos testes realizados no aparato experimental. Os dados mostraram-se muito sensíveis às variações, prejudicando a geração de gráficos adequados. Por outro lado, as lâmpadas halógenas apresentaram bom desempenho, mas após poucos minutos de uso atingiam temperaturas elevadas, representando um risco de queimaduras para os alunos. Com base nessas avaliações, as lâmpadas fluorescentes se mostraram a melhor opção, pois atendem a todos os requisitos necessários para o estudo.

Um diagrama da montagem do aparato experimental é mostrado na figura 19. As lâmpadas são conectadas em paralelo, com um interruptor individual para cada uma delas. Os sensores de tensão e corrente elétrica são conectados aos terminais A0 e A2, respectivamente. Há também um potenciômetro, que é utilizado para calibração do sensor de corrente elétrica, conectado na entrada, também analógica, A5.

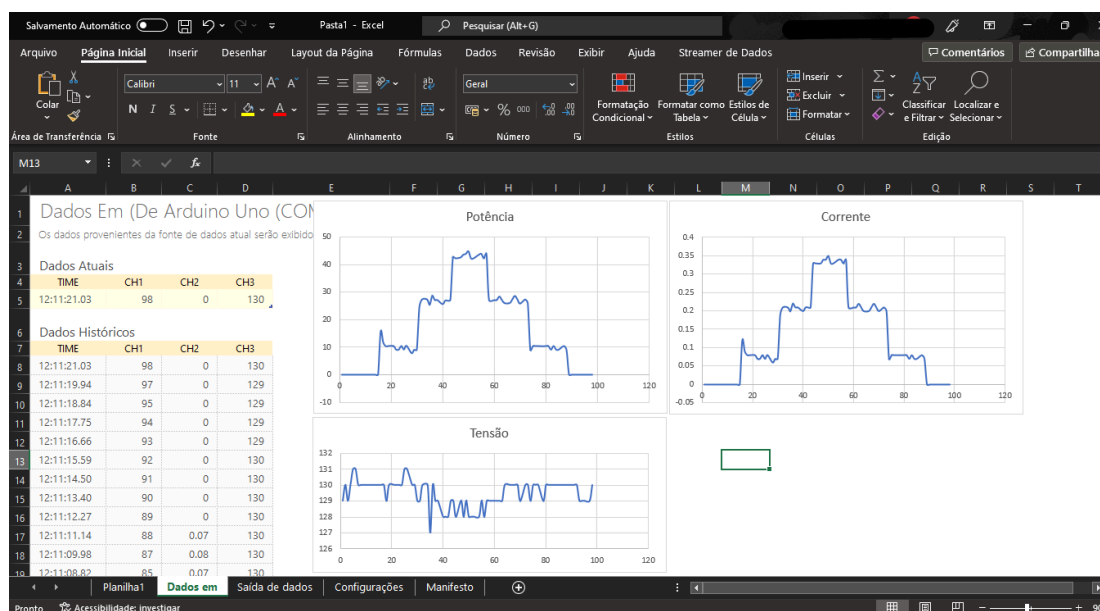
Figura 19: Diagrama da montagem do dispositivo. É representado o (a) sensor de tensão elétrica, (b) sensor de corrente elétrica e o (c) potenciômetro conectados ao (d) Arduino. As lâmpadas estão conectadas em paralelo e alimentadas pela rede elétrica residencial. O sensor de tensão elétrica foi conectado capaz de medir a tensão elétrica residencial e o sensor de corrente elétrica para medir a corrente total do circuito. O potenciômetro tem a função de calibrar o sensor de corrente elétrica.



Fonte: Autor.

As lâmpadas são alimentadas pela rede elétrica residencial enquanto o Arduino é conectado, via USB, a um computador. Para visualização e estudos dos dados gerados pelo aparato, é utilizado o Excel do Office 365. Dessa forma, é possível analisar os dados e construir gráficos interativos em tempo real que mudam conforme liga ou desliga cada uma das lâmpadas. É importante ressaltar que o experimento fornece apenas dados de corrente e tensão elétrica; a potência é calculada pelos alunos, na própria planilha, multiplicando a corrente pela tensão. A figura 20 mostra a tela do computador durante uma coleta de dados.

Figura 20: Coleta os dados do dispositivo. É notável a variação de corrente e potência elétrica, nos gráficos, de acordo com o funcionamento das lâmpadas. Na tabela à esquerda são os dados coletados; CH1 é o instante de tempo, CH2 a corrente medida e CH3 a tensão medida da rede elétrica residencial.



Fonte: Autor.

A leitura dos dados é feita utilizando o Excel do pacote Office 365 pela facilidade, simplicidade e segurança para se conseguir a transposição dos dados do arduino para o computador. Outras opções viáveis para trabalhar com gráficos interativos utilizando dados do Arduino incluem plataformas como MATLAB, Python e Processing, as quais possibilitam a visualização dinâmica dos dados, fornecendo flexibilidade e recursos avançados para a apresentação dos resultados obtidos.

A construção e montagem de todo o experimento, a configuração do Excel para leitura dos dados, a calibração e o funcionamento com mais detalhes são apresentados no Produto Educacional.

4.2 DESCRIÇÃO METODOLÓGICA

Neste trabalho propomos e avaliamos o dispositivo experimental descrito. No produto educacional, foi disponibilizado uma descrição detalhada do aparato, bem como roteiro e

relatório para os estudantes, sequência didática e roteiro de montagem e utilização para o professor terceiro. O grupo estudado foi composto por 13 estudantes do terceiro ano do Ensino Médio da rede privada, no contraturno das aulas, localizada na cidade de Campinas em São Paulo.

Com intuito de verificar o conhecimento prévio dos alunos sobre os tópicos abordados no experimento proposto, e também de observar como esse trabalho contribuiu para o aprendizado dos estudantes, foram aplicados três questionários aos estudantes. Anterior à aplicação, os alunos responderam a um pré-teste e após a aplicação a um pós-teste e uma pesquisa de opinião. Os questionários estão detalhados abaixo.

Pré-teste: foi constituído por cinco perguntas sobre eletricidade para avaliar os conhecimentos prévios dos alunos acerca do tema. Esse questionário foi feito de forma online via formulário da plataforma Google.

Pós-teste: formado por cinco perguntas relacionadas com a prática. A intenção é que as questões sejam praticamente as mesmas que do pré-teste, com algumas diferenças para conseguirmos comparar as respostas dos alunos e avaliar se houve indícios de que a aprendizagem foi realmente significativa, observando, dessa forma, as contribuições do experimento proposto. O questionário foi realizado de forma online via formulário da plataforma Google, o qual o link foi disponibilizado ao término da prática.

A discussão dos dados gerados no pré-teste e no pós-teste foi feita comparando as respostas dos estudantes nos dois questionários. Analisamos, de forma quantitativa descritiva, a melhora entre os dois testes. Para isso, em cada questão, foram definidos critérios de avaliação para determinar se o estudante respondeu às questões de forma não satisfatória, satisfatória ou ótima. Assim, foi possível dimensionar o quanto cada estudante evoluiu nas questões apresentadas. É importante ressaltar que, apesar da análise ser quantitativa descritiva, não foi possível realizar um estudo estatístico por conta do número de alunos ser pequeno para tal.

Convém mencionar que o fato dos questionários serem feitos de forma on-line pode influenciar nas respostas dos estudantes devido a facilidade de buscar respostas na internet. Porém, têm questões com distratores que dificultam essa influência. Outro ponto é que esses testes foram passados aos estudantes antes da popularização do Chat GPT e outras inteligências artificiais que possam corroborar para essa interferência.

Pesquisa de opinião: composto por quatro perguntas simples sobre as impressões dos estudantes acerca do experimento e utilização de instrumentos tecnológicos para o ensino de

Física, como Arduino e seus componentes e aquisição de dados automática em um computador.

Durante a aplicação do experimento, os estudantes receberam um roteiro para aquisição dos dados e um questionário em formato de relatório, que auxiliaram para dominarem e se apropriarem do aparato experimental, realizar as medidas necessárias, calcular potência elétrica e construir os gráficos interativos. Além disso, desenvolveram habilidades essenciais de atitude e de procedimento para atuar em um ambiente tecnológico.

O pré-teste, pós-teste e pesquisa de opinião estão disponíveis no Apêndice B e o relatório está disponível no Produto Educacional. Todos os dados gerados no ambiente online foram salvos em um pendrive e apagados do ambiente virtual.

A aplicação do produto educacional foi realizada conforme a Sequência Didática, disponível no Produto Educacional.

4.3 PRECAUÇÕES

Todos os cuidados para a redução de riscos foram tomados. Foram utilizadas lâmpadas fluorescentes de baixa potência, minimizando um possível risco de queimaduras; a corrente máxima foi de 1 A, e todas as conexões elétricas foram feitas previamente pelo pesquisador, encontrando-se devidamente isoladas.

O estudo foi conduzido no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, realizado em colaboração com o Centro de Ciências e Tecnologias para a Sustentabilidade da Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba. A pesquisa recebeu aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) dessa instituição, seguindo todas as diretrizes estabelecidas pelo comitê, conforme evidenciado pelo parecer detalhado do CEP no apêndice C. Os documentos de consentimento dos pais ou responsáveis legais de menores de 18 anos, o TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido), bem como os documentos de aprovação dos alunos participantes, o TALE (Termo de Assentimento Livre e Esclarecido), estão igualmente disponíveis no apêndice correspondente.

A importância do CEP é notável, pois desempenha um papel crucial na identificação e mitigação de riscos durante a pesquisa, ao estabelecer padrões e procedimentos que promovem a consistência e a estabilidade do processo. Isso resulta em uma otimização dos recursos utilizados, redução das chances de ocorrência de equívocos e aprimoramento da

qualidade do trabalho final. No contexto específico deste estudo, o CEP desempenhou um papel fundamental ao assegurar a integridade da pesquisa envolvendo estudantes, ao mesmo tempo em que garantia a proteção e o bem-estar de todos os participantes envolvidos.

Capítulo 5

APLICAÇÃO DO PRODUTO, RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo explora a aplicação do produto educacional desenvolvido, analisando os resultados obtidos e as discussões relacionadas. Serão destacadas as experiências dos alunos ao utilizar o aparato experimental para explorar o conceito de potência elétrica no ensino de física. Os resultados do pré-teste, pós-teste, relatório e pesquisa de opinião serão analisados e discutidos, fornecendo uma visão abrangente das aprendizagens proporcionadas por esse recurso. O objetivo é apresentar as contribuições e os impactos do produto educacional na compreensão dos princípios elétricos e no desenvolvimento das habilidades dos estudantes, promovendo um ambiente de aprendizado mais significativo.

5.1 RESULTADOS DA COMPARAÇÃO ENTRE O PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE

Nesta seção, iremos relatar os resultados do Pré-teste e Pós-teste e fazer uma comparação entre eles. Para facilitar a análise desses resultados, os dados foram organizados conforme descrito a seguir.

Primeiramente definiu-se um critério de avaliação para classificar as respostas dos alunos entre “Não satisfatório”, “Satisfatório” e “Ótimo”. A partir disso, construiu-se gráficos de barras com essas classificações mais a opção “Não respondeu”. Organizados dessa forma, tem-se um panorama melhor sobre a turma que participou da aplicação.

Para fazer a comparação entre as respostas de Pré-teste e Pós-teste, analisou-se a evolução dos alunos em cada uma das perguntas da seguinte forma:

- **Melhorou muito:** Se o estudante avançou dois níveis do critério de avaliação ou não respondeu ao Pré-teste e teve evolução no Pós-teste.
- **Melhorou:** Se o estudante avançou um nível do critério de avaliação.
- **Igual:** Se o estudante não avançou e nem regrediu no critério de avaliação.
- **Decaiu:** Se o estudante regrediu um nível no critério de avaliação.
- **Decaiu muito:** Se o estudante regrediu dois níveis no critério de avaliação.
- **Não respondeu ao Pós-teste:** Se o estudante respondeu o Pré-teste e não respondeu ao Pós-teste.

Organizados dessa forma, os dados explicitam um cenário mais individual de cada estudante.

5.1.1 Questão 1 (Pré-teste) e Questão 1 (Pós-teste)

5.1.1.1 Enunciado

O enunciado transcrito abaixo é o mesmo para o Pré-teste quanto para o Pós-teste.
“Qual o significado físico da Potência Elétrica?”

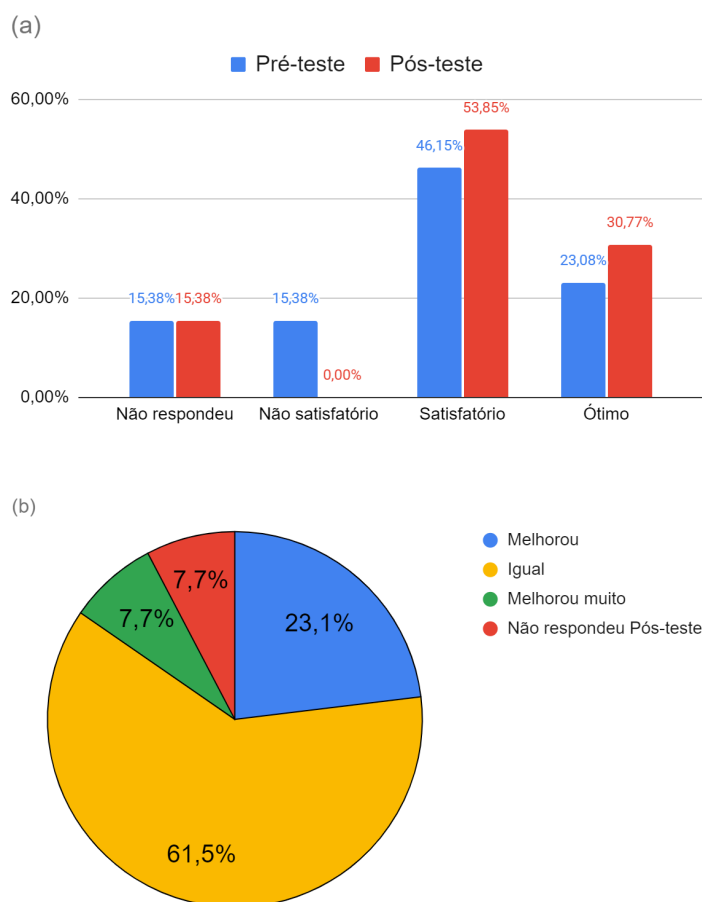
5.1.1.2 Critérios de avaliação

- **Não Satisfatório:** Respostas que não indicam consumo de energia ou confundem potência com potencial elétrico.
- **Satisfatório:** Respostas que indicam consumo de energia (sem relacionar com o tempo) ou apenas explicitam a fórmula de potência elétrica ($P = i.U$).
- **Ótimo:** Respostas que explicitam o consumo de energia por unidade (ou quantidade) de tempo.

5.1.1.3 Resultados

A figura 21 representa a porcentagem de alunos em cada uma das classificações definidas acima.

Figura 21: Gráficos sobre (a) Questão 1 do Pré-teste e Pós-teste e (b) a comparação entre as respostas antes e depois da aplicação.



Fonte: Autor.

É possível notar que a quantidade de alunos que não respondeu ao Pré-teste e Pós-teste permaneceu o mesmo, enquanto aumentou o número de alunos que tiraram “Ótimo” e “Satisfatório”. Não houve a classificação “Não satisfatório” depois da aplicação do experimento aqui proposto.

Como pode ser observado da figura 21(c), em um cenário mais individualizado dos alunos, nota-se que a grande maioria obteve a mesma classificação entre o antes e depois da atividade. Três alunos melhoraram, um melhorou muito e um não respondeu ao Pós-teste.

O enunciado dessa questão favorece mais uma aprendizagem mecânica do que significativa, pois em geral perguntas diretas tendem a isso. Neste caso, conseguimos evidenciar que houve algum grau de aprendizagem, mas não podemos inferir qual das duas.

5.1.2 Questão 2 (Pré-teste) e Questão 2 (Pós-teste)

4.1.2.1 Enunciado

O enunciado transcrito abaixo é o mesmo para o Pré-teste quanto para o Pós-teste.

“Qual a relação entre Potência e Corrente Elétrica?”

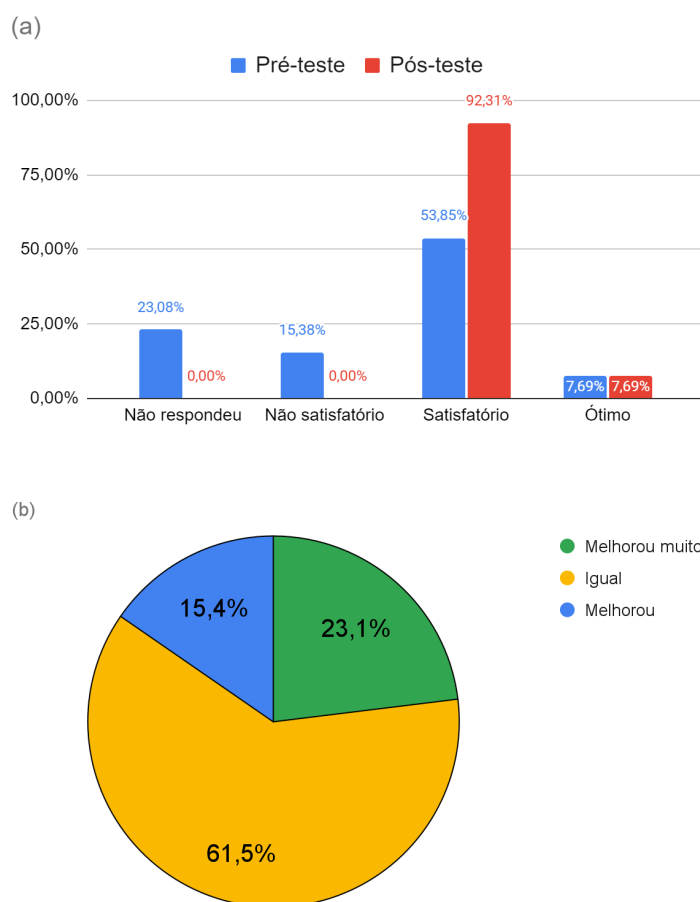
5.1.2.2 Critérios de avaliação

- **Não Satisfatório:** Respostas que não indicam relação entre corrente e potência elétrica.
- **Satisfatório:** Respostas que explicitam apenas a fórmula de potência elétrica.
- **Ótimo:** Respostas que indicam relação de proporcionalidade entre corrente e potência elétrica (ou consumo maior de energia).

5.1.2.3 Resultados

A figura 22 mostra o desempenho dos alunos de acordo com suas classificações previamente definidas.

Figura 22: Gráfico sobre (a) Questão 2 do Pré-teste e Pós-teste e (b) a comparação entre as respostas antes e depois da aplicação.



Fonte: Autor.

Tivemos uma boa evolução nessa questão, pois boa parte dos alunos não respondeu ao Pré-teste e teve, no mínimo, “Satisfatório” no Pós-teste. A quantidade de alunos que não respondeu ou obteve uma resposta 'Não satisfatória' reduziu-se a zero, ao mesmo tempo em que a porcentagem de alunos que alcançaram uma resposta 'Satisfatória' aumentou significativamente - aproximadamente 40%.

Comparando as respostas dos alunos, também tivemos uma ótima evolução nessa questão quando comparado antes e depois da atividade. Não houve piora no desempenho dos alunos, pelo contrário, quase 40% melhoraram ou melhoraram muito, enquanto 61,5% dos alunos permaneceram na mesma classificação.

5.1.3 Questão 3 (Pré-teste) e Questão 4 (Pós-teste)

A partir deste ponto, as questões do Pré-teste e Pós-teste possuem números diferentes, porém avaliam o mesmo aspecto do conhecimento sobre o tema. A Questão 3 do Pós-teste será avaliada em momento posterior.

5.1.3.1 Enunciado

Questão 3 do Pré-teste: “Se uma lâmpada foi ligada em uma tomada cuja tensão elétrica é de 127 V e, utilizando um amperímetro, medir uma corrente elétrica com valor de 0,6 A, qual deve ser a potência elétrica desta lâmpada?”

Questão 4 do Pós-teste: “Qual a potência de um dispositivo conectado à rede elétrica com 120 V quando se mede uma corrente elétrica de 1,2A”?

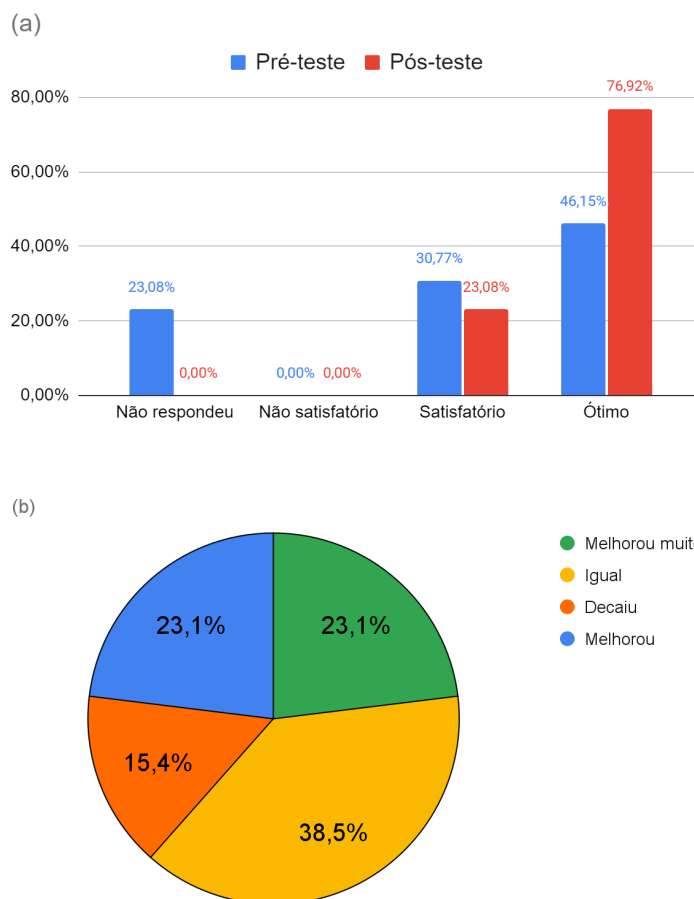
5.1.3.2 Critérios de avaliação

- **Não Satisfatório**: Respostas com valores errados.
- **Satisfatório**: Respostas com valores corretos, mas com unidade de medida errada - ou sem.
- **Ótimo**: Respostas com valores e unidade de medida corretos.

5.1.3.3 Resultados

A figura 23 representa a classificação dos alunos quanto às questões apresentadas acima.

Figura 23: Gráfico sobre (a) Questão 3 do Pré-teste e Questão 4 do Pós-teste e (b) a comparação entre as respostas antes e depois da aplicação.



Fonte: Autor.

Analisando esses gráficos, é possível notar que também houve evolução, pois o número de alunos que não respondeu às questões caiu para zero enquanto que o de alunos que obtiveram “Ótimo” aumentou significativamente.

Como esperado, temos um alto índice de alunos que obtiveram “Melhorou muito” por não terem respondido ao Pré-teste. Alguns alunos melhoraram sua performance depois da atividade e a maioria permanecem igual. Embora os gráficos (a) e (b) sugiram uma melhora aparente dos alunos, o gráfico (c) revela que alguns alunos tiveram uma queda no desempenho após a aplicação do experimento.

O enunciado dessa questão favorece a verificação de procedimentos de resolução de exercícios, associado às unidades de medidas. Pensando em um espectro entre aprendizagem mecânica e significativa, a aprendizagem gerada nesse tipo de enunciado tende a estar um

pouco mais para a mecânica. Todavia, não tem como concluirmos isso apenas nesse contexto: precisaria de outras aplicações para análise, em outras realidades ou então um tempo após a aplicação desta atividade.

5.1.4 Questão 4A (Pré-teste) e Questão 5A (Pós-teste)

5.1.4.1 Enunciado

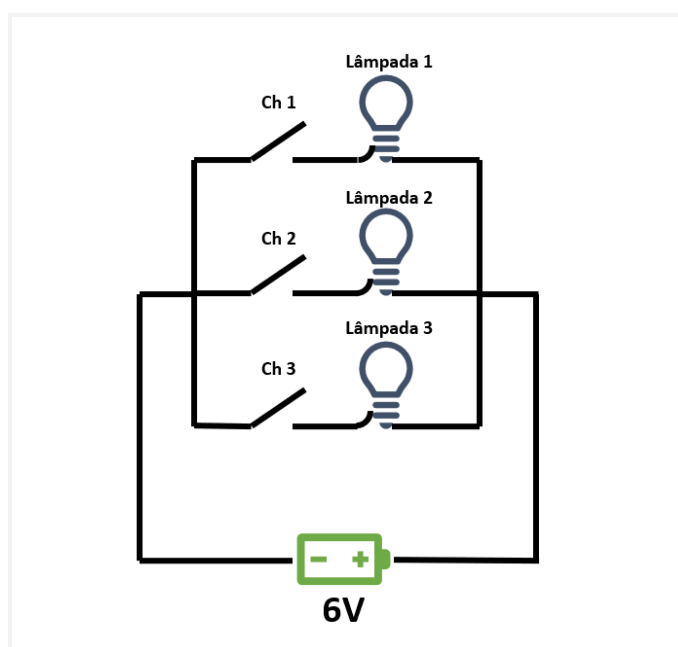
O enunciado transcrito abaixo é comum a todos os itens das questões 4 do Pré-teste e 5 do Pós-teste.

“Analise o diagrama na figura abaixo. A lâmpada 1 tem potência de 1 W, a lâmpada 2 tem potência de 1,6 W e a lâmpada 3 tem potência de 1,2 W. Todos os interruptores estão desligados. Sabendo disso, qual deve ser a corrente elétrica quando:”

Agora, o enunciado do item A:

“Apenas o interruptor 1 é ligado?”

Figura 24: Associação de lâmpadas associadas às questões.



Fonte: Autor.

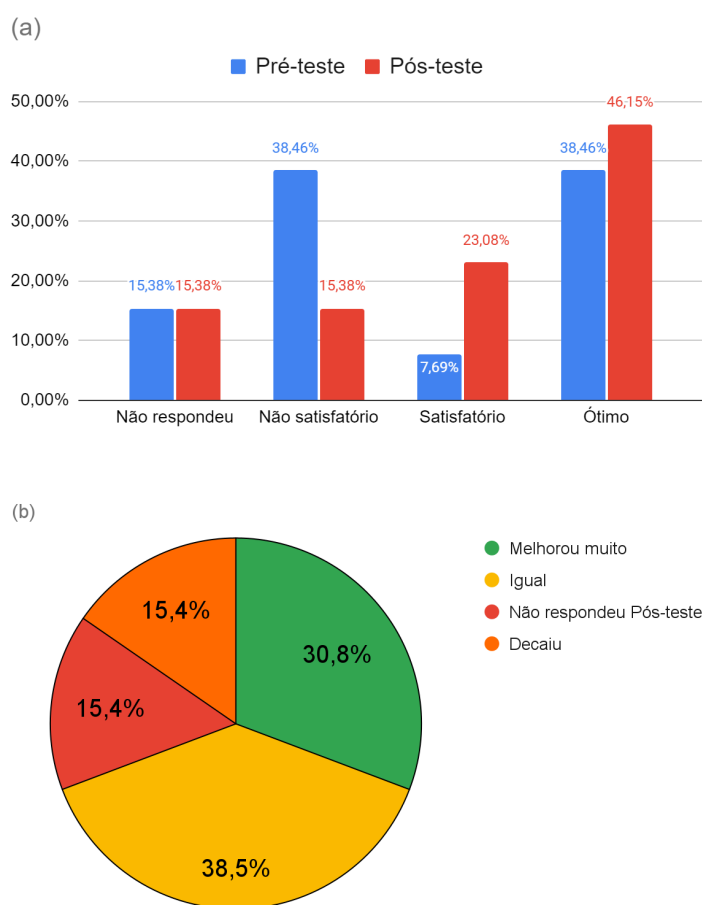
5.1.4.2 Critérios de avaliação

- **Não Satisfatório:** Respostas com valores errados.
- **Satisfatório:** Respostas com valores corretos, mas com unidade de medida errada - ou sem.
- **Ótimo:** Respostas com valores e unidade de medida corretos.

5.1.4.3 Resultados

Na figura 25 estão os dados referente à questão acima.

Figura 25: Gráfico sobre (a) Questão 4A do Pré-teste e Questão 5A do Pós-teste e (b) a comparação entre os resultados.



Fonte: Autor.

Analisando os dados, nota-se que a quantidade de alunos que obteve “Não satisfatório” diminuiu após a atividade. Respostas consideradas satisfatórias e ótimas aumentaram expressivamente.

Apesar do número de respostas não satisfatórias ter diminuído, 15,4% dos estudantes decaíram em suas respostas.

5.1.5 Questão 4B (Pré-teste) e Questão 5B (Pós-teste)

5.1.5.1 Enunciado

Esta questão dá continuidade à anterior, assim como será o formato até a Questão 4E e 5E, em que o enunciado em conjunto com a figura precedente traz a contextualização do problema. O enunciado transcrito abaixo é o mesmo para o Pré-teste quanto para o Pós-teste nos itens B.

“Apenas o interruptor 2 é ligado?”

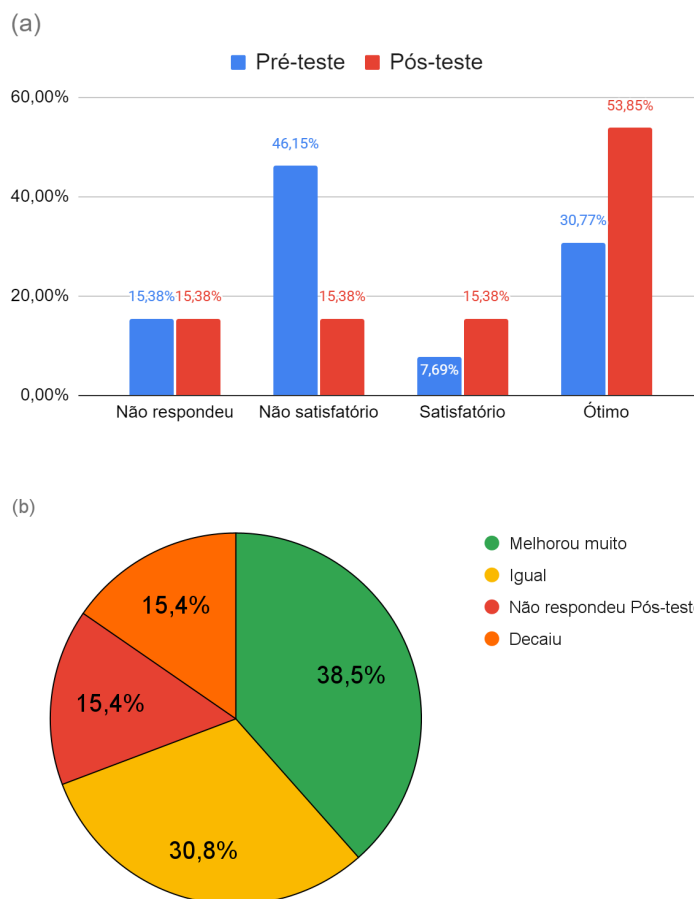
5.1.5.2 Critérios de avaliação

- **Não Satisfatório:** Respostas com valores errados.
- **Satisfatório:** Respostas com valores corretos, mas com unidade de medida errada - ou sem.
- **Ótimo:** Respostas com valores e unidade de medida corretos.

5.1.5.3 Resultados

Estão representados abaixo os dados de Pré-teste e Pós-teste referente à questão citada anteriormente.

Figura 26: Gráfico sobre (a) Questão 4B do Pré-teste e Questão 5B do Pós-teste e (b) a comparação entre as respostas antes e depois da aplicação.



Fonte: Autor.

Os indicadores apontam uma melhora na performance dos alunos, uma vez que o número de respostas não satisfatórias diminuiu, enquanto as respostas consideradas ótimas aumentaram.

De acordo com a figura 26(c), nota-se que boa parte dos estudantes melhorou significativamente após a atividade, em contrapartida muitos alunos deixaram de responder o Pós-teste ou decaíram na sua performance.

5.1.6 Questão 4C (Pré-teste) e Questão 5C (Pós-teste)

5.1.6.1 Enunciado

O enunciado transcrito abaixo é o mesmo para o Pré-teste quanto para o Pós-teste.

“Os interruptores 1 e 3 são ligados?”

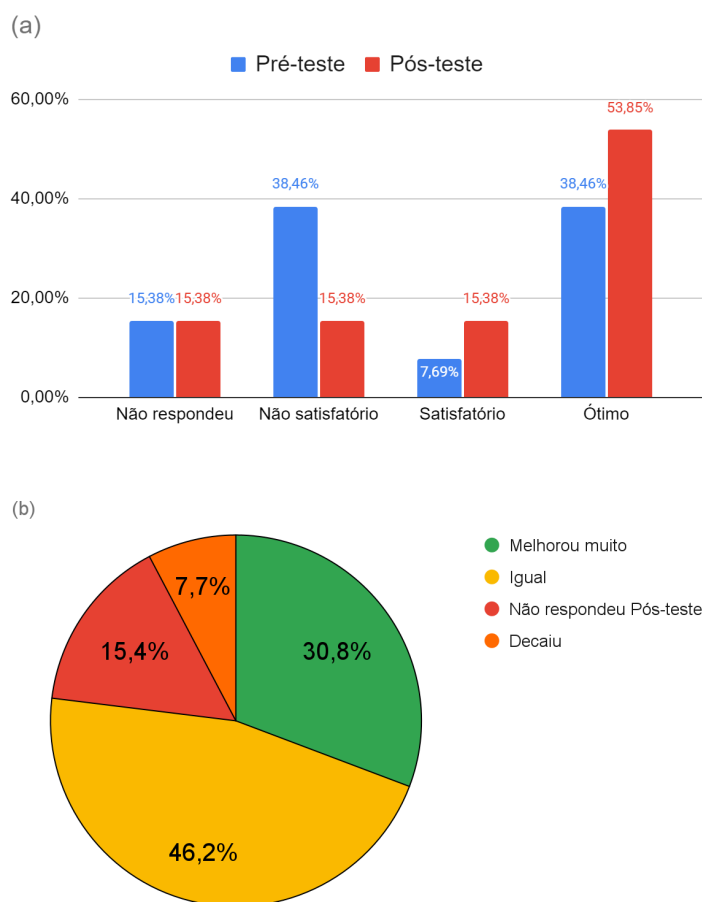
5.1.6.2 Critérios de avaliação

- **Não Satisfatório:** Respostas com valores errados.
- **Satisfatório:** Respostas com valores corretos, mas com unidade de medida errada - ou sem.
- **Ótimo:** Respostas com valores e unidade de medida corretos.

5.1.6.3 Resultados

A figura 27 apresenta a porcentagem em cada em cada uma das classificações definidas sobre a questão mencionada acima.

Figura 27: Gráfico sobre (a) Questão 4C do Pré-teste e Questão 5C do Pós-teste e (b) a comparação entre as respostas antes e depois da aplicação.



Fonte: Autor.

É possível perceber que o número de alunos que obteve “Não satisfatório” reduziu em 23,1% enquanto “Ótimo” e “Satisfatório” aumentaram.

Nesta questão, pode-se constatar que uma significativa parcela dos alunos apresentou um avanço considerável, progredindo dois níveis na classificação dos critérios de avaliação. Cerca de metade dos alunos manteve-se no mesmo nível e 7,7% dos estudantes tiveram um desempenho inferior.

5.1.7 Questão 4D (Pré-teste) e Questão 5D (Pós-teste)

5.1.7.1 Enunciado

O enunciado transcrito abaixo é o mesmo para o Pré-teste quanto para o Pós-teste.

“Os interruptores 2 e 3 são ligados?”

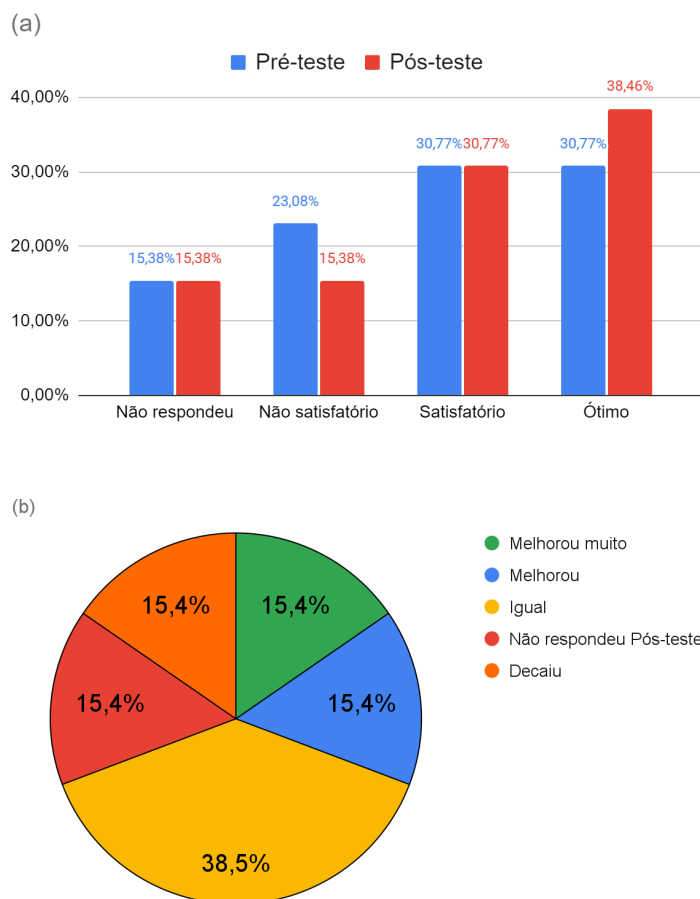
5.1.7.2 Critérios de avaliação

- **Não Satisfatório:** Respostas com valores errados.
- **Satisfatório:** Respostas com valores corretos, mas com unidade de medida errada - ou sem.
- **Ótimo:** Respostas com valores e unidade de medida corretos.

5.1.7.3 Resultados

O resultado das classificações referente à questão, segundo os critérios de avaliação, está representado na figura 28.

Figura 28: Gráfico sobre (a) Questão 4D do Pré-teste e Questão 5D do Pós-teste e (b) a comparação entre as respostas antes e depois da aplicação.



Fonte: Autor.

A atividade não se mostra muito eficiente nessa questão, pois os índices são praticamente os mesmos no Pré-teste e Pós-teste.

Apesar de os índices da figura 28(a) e 28(b) serem muito parecidos, o gráfico da figura 28(c) mostra que menos de 40% dos alunos se mantiveram no mesmo nível de classificação. Os números se dividiram igualmente entre “Melhorou muito”, ”Melhorou”, ”Decaiu” e “Não respondeu o Pós-teste”.

5.1.8 Questão 4E (Pré-teste) e Questão 5E (Pós-teste)

5.1.8.1 Enunciado

O enunciado transcrito abaixo é o mesmo para o Pré-teste quanto para o Pós-teste.

“Todos os interruptores são ligados? ”

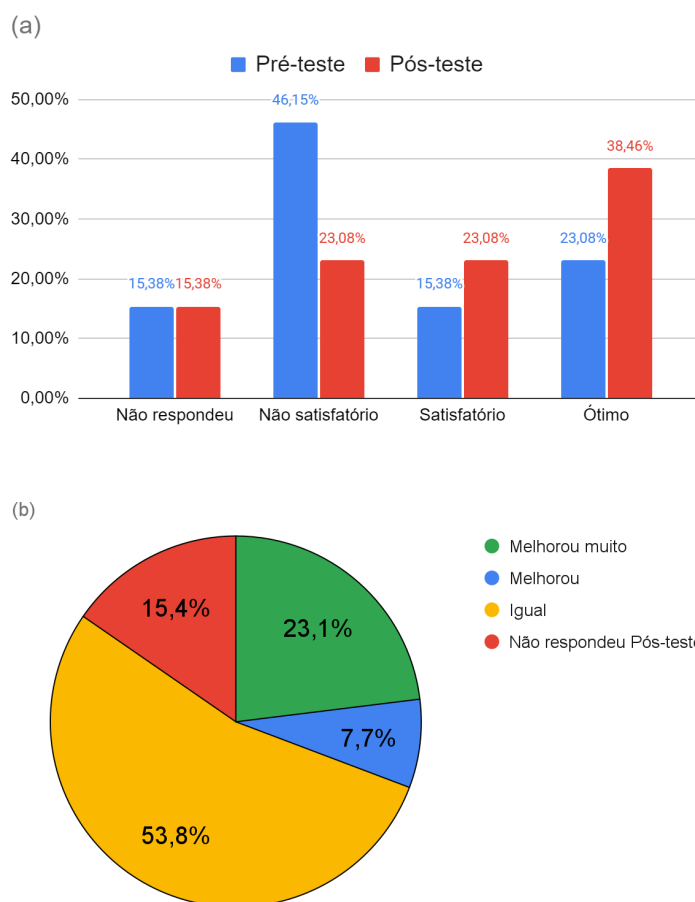
5.1.8.2 Critérios de avaliação

- **Não Satisfatório:** Respostas com valores errados.
- **Satisfatório:** Respostas com valores corretos, mas com unidade de medida errada - ou sem.
- **Ótimo:** Respostas com valores e unidade de medida corretos.

5.1.8.3 Resultados

Os dados da última questão de número 4 está representada na figura 29.

Figura 29: Gráfico sobre (a) Questão 4E do Pré-teste e Questão 5E do Pós-teste e (b) a comparação entre as respostas antes e depois da aplicação.



Fonte: Autor.

Novamente temos que o produto educacional contribuiu positivamente com o resultado dos alunos, pois os índices negativos, como “Não satisfatório”, diminuí e os índices positivos aumentam, como “Ótimo”.

Outra vez um resultado que contribui com a proposta, pois 30,8% dos estudantes apresentaram melhora na questão, dos quais 23,1% avançaram em dois níveis no critério de avaliação.

5.1.9 Questão 5 (Pré-teste) e Questão 6 (Pós-teste)

5.1.9.1 Enunciado

O enunciado transcrito abaixo é o mesmo para o Pré-teste quanto para o Pós-teste.

“Um aquecedor de 1000 W é projetado para operar em 220 V. Considerando que a resistência elétrica não se altere, explique o que aconteceria com o funcionamento desse aquecedor se ele fosse ligado em 120 V.”

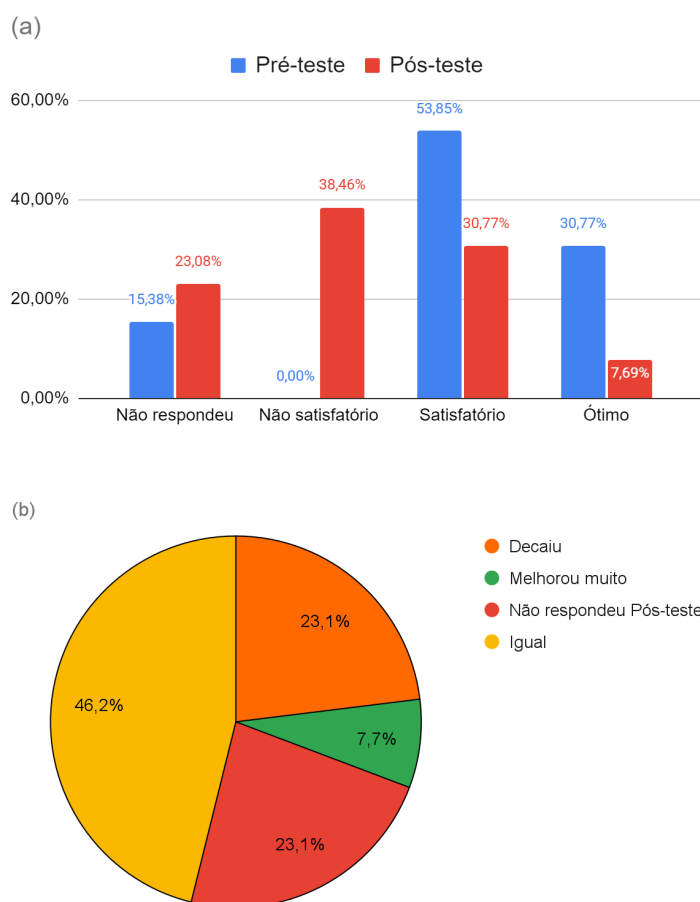
5.1.9.2 Critérios de avaliação

- **Não Satisfatório:** Respostas que falam apenas em mal funcionamento ou que o aquecedor iria queimar; Respostas que indicam que o aquecedor iria funcionar melhor, com maior corrente ou maior consumo de energia (ou potência).
- **Satisfatório:** Respostas que explicam o mal desempenho do aquecedor por não alcançar potência máxima ou não ter energia suficiente.
- **Ótimo:** Respostas que explicam o mal desempenho do aquecedor (não alcançar potência máxima) pelo fato da corrente ser menor ou que calcular o valor da potência dissipada neste caso (aproximadamente 297,5 W).

5.1.9.3 Resultados

Os dados para avaliar a contribuição da atividade nesta questão estão representados na figura 30.

Figura 30: Gráfico sobre (a) Questão 5 do Pré-teste e Questão 6 do Pós-teste e (b) a comparação entre as respostas antes e depois da aplicação.



Fonte: Autor.

Observa-se que a atividade teve um impacto variado no resultado dessa questão, conforme indicado pelos dados acima. Notamos que o número de respostas consideradas 'Ótimas' diminuiu, enquanto as categorias 'Não satisfatório' e 'Satisfatório' permaneceram estáveis, e o número de alunos que não responderam aumentou.

Como esperávamos, o número de alunos que decaíram em suas respostas é expressivo, enquanto apenas uma pequena parcela melhorou em suas respostas.

Constatamos que os alunos obtiveram um desempenho melhor em questões mais diretas e teóricas em comparação a este caso, que envolve um problema mais vinculado à realidade, relacionado a aparelhos eletrônicos reais, como eletrodomésticos. Essa observação sugere que esses estudantes podem não ter sido adequadamente preparados para desenvolver hipóteses e resolver problemas práticos em contextos reais.

Em uma perspectiva ausubeliana, podemos inferir que os alunos podem não ter os subsunçores necessários para a resolução desse problema e para a ancoragem desse novo conhecimento. Isso indica que os conceitos teóricos aprendidos anteriormente podem não ter sido devidamente conectados às situações práticas e aplicadas, o que resulta em uma aprendizagem menos significativa.

Portanto, é importante reconhecer a importância de proporcionar aos alunos oportunidades de aplicar os conhecimentos teóricos em situações mais concretas e reais. Isso permitirá que eles desenvolvam uma compreensão mais abrangente e profunda dos conceitos acerca do tema.

5.1.10 Questão 3 (Pós-teste)

A questão 3 do Pós-teste não teve uma questão semelhante no Pré-teste para se fazer comparações como foi feito anteriormente, lembrando que o Pré-teste foi com cinco questões e o Pós-teste com seis questões.

5.1.10.1 Enunciado

O enunciado da questão três do Pós-teste está transcrita abaixo.

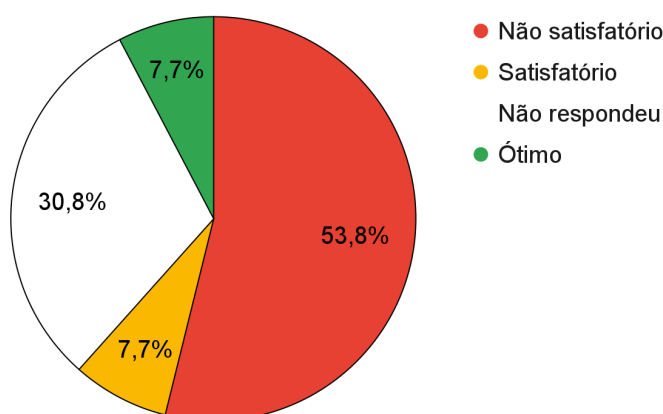
“Qual a potência elétrica fornecida a um circuito que contém duas lâmpadas conectadas em paralelo em uma rede elétrica de 127 V? Uma das lâmpadas tem especificações de 20 W e a outra de 25 W quando conectadas em 127 V.”

5.1.10.2 Critérios de avaliação

- **Não satisfatório:** Respostas com valores errados.
- **Satisfatório:** Respostas com valores corretos, mas com unidade de medida errada - ou sem.
- **Ótimo:** Respostas com valores e unidade de medida corretos.

5.1.10.3 Resultados

Os dados referentes à questão estão representados abaixo.

Figura 31: Dados da Questão 3 do Pós-teste.

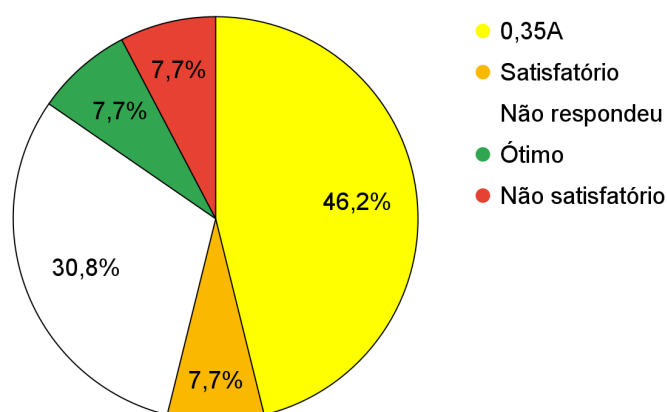
Fonte: Autor.

Nesta questão mais da metade dos estudantes não respondeu à questão satisfatoriamente. Embora seja uma questão simples, cujo resultado é obtido apenas somando as potências das duas lâmpadas, ela contém os chamados ‘distratores’, que são informações escritas no enunciado que não tem relação direta com a resolução do problema - neste caso, o distrator é a tensão elétrica de 127 V. Com isso, os alunos são induzidos a utilizar esse valor na resolução do problema. Sendo assim, como os alunos tinham os dados de potência elétrica e tensão elétrica, automaticamente pensaram em calcular a corrente elétrica ($P = i.U$). Assim, caímos em três situações:

1. $P = 20W$, $U = 127V$ e $i = 0,16A$;
2. $P = 25W$, $U = 127V$ e $i = 0,20A$;
3. $P = 45W$, $U = 127V$ e $i = 0,35A$.

O primeiro e o segundo caso relacionam a corrente elétrica com apenas uma das lâmpadas. O terceiro caso relaciona a corrente elétrica com as duas lâmpadas ao mesmo tempo.

Nenhum aluno respondeu $i = 0,16A$ ou $i = 0,20A$, mas muitos alunos responderam $i=0,35A$. A figura 32 representa esses mesmos dados com uma das classificações de “0,35A” para representar os estudantes que responderam isso.

Figura 32: Gráfico da questão 3 do Pós-teste com a classificação “0,35A”.

Fonte: Autor.

Com base nesses dados, constatamos que quase metade dos estudantes foi influenciada pelo distrator. Importante ressaltar que para chegar nesse resultado, é necessário calcular a potência elétrica fornecida ao circuito, como pede a questão. Assim, podemos relacionar o desempenho desfavorável nessa questão com possíveis desafios na interpretação do enunciado, o que pode ter gerado distrações entre os alunos.

Houve, em muitos casos, indícios de aprendizagem por conta da evolução dos alunos nos exercícios entre pré-teste e pós-teste. Para que se pudesse ter mais convicção de qual o tipo de aprendizagem foi em cada caso, seria necessário mais aplicações do experimento em mais turmas e, em todos os casos, aplicar um segundo pós-teste depois de passado algumas semanas ou meses da data da atividade. Assim, se a aprendizagem foi realmente significativa, restaria algum resíduo do que foi aprendido no experimento. A aprendizagem mecânica é esquecida depois de pouco tempo se o aluno não utilizar esse conhecimento frequentemente. Em nosso contexto, a atividade foi realizada no fim do segundo semestre com alunos do último ano do Ensino Médio, portanto não houve possibilidade de realizar um segundo pós-teste para avaliar se o conhecimento se manteve na estrutura cognitiva do estudante ou se a aprendizagem foi mecânica.

5.2 RELATÓRIO DOS ALUNOS

O relatório foi realizado pelos alunos durante a aplicação da atividade e está disponível no Produto Educacional. Os alunos foram divididos em dois grupos para responder a questão.

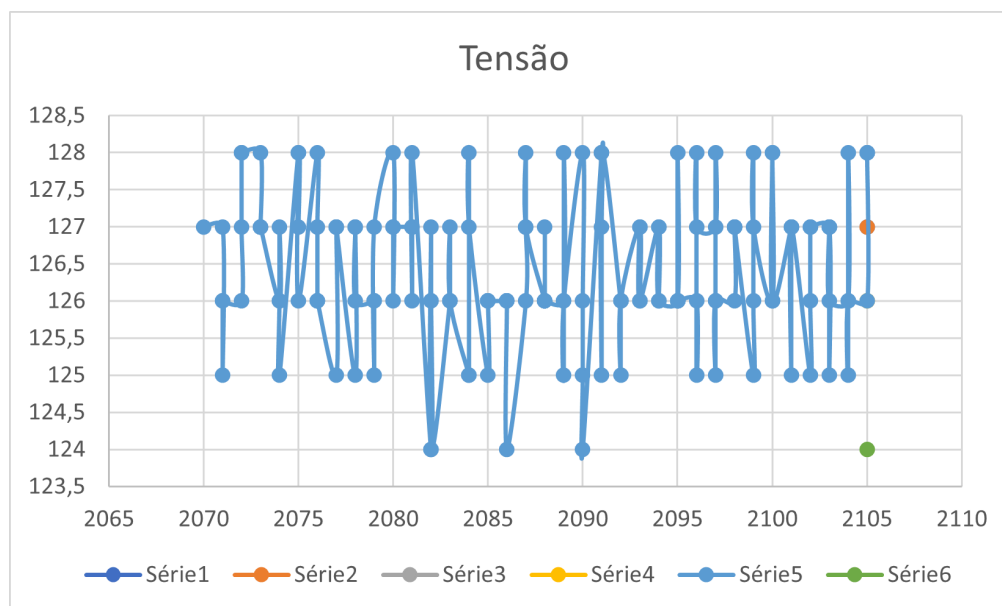
5.2.1 Questão 1

O enunciado da primeira questão é “Qual a tensão elétrica medida?”.

5.2.1.1 Grupo 1

A resposta do Grupo 1 foi “127 V” e anexaram o gráfico da figura a seguir.

Figura 33: Gráfico de Tensão por tempo construído pelo Grupo 1. O eixo da vertical indica os valores de tensão elétrica, em volts, e o horizontal de tempo, em segundos.

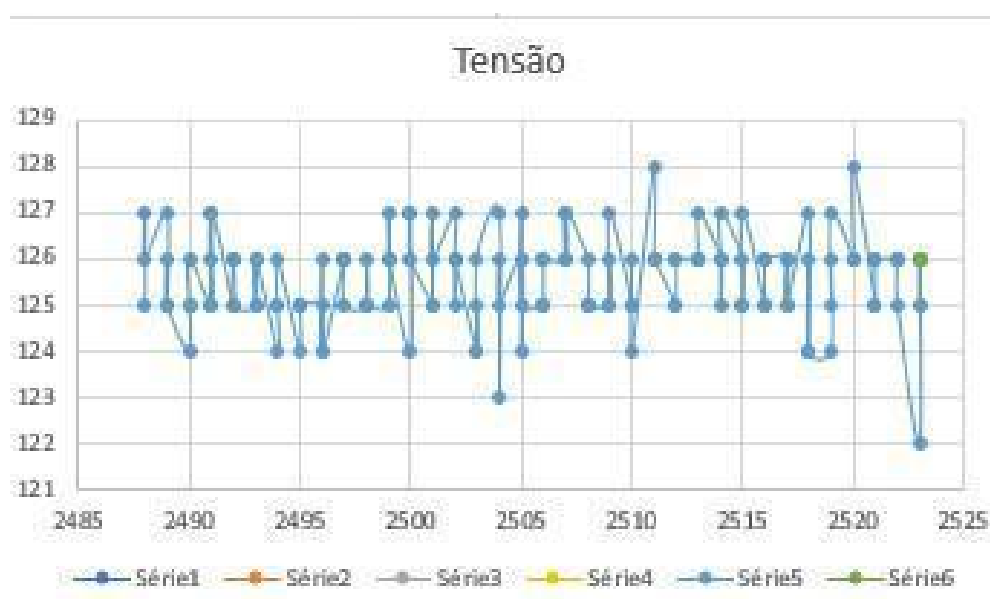


Fonte: Grupo 1.

5.2.1.2 Grupo 2

A resposta do Grupo 2 foi “126 v” e anexaram o gráfico da figura 35.

Figura 34: Gráfico de Tensão por tempo construído pelo Grupo 2. O eixo da vertical indica os valores de tensão elétrica, em volts, e o horizontal de tempo, em segundos.



Fonte: Grupo 2.

5.2.1.3 Discussão

É possível perceber que a Tensão Elétrica da rede elétrica da escola tem uma pequena variação entre 124 V e 128 V. Essa variação é comum, principalmente quando estamos lidando com um sensor com boa precisão. Durante a aula foi discutido com os alunos sobre essas variações e também sobre a margem de erro do sensor. Pensando nisso, os alunos responderam um valor que compreende essa variação com uma possível margem de erro do sensor.

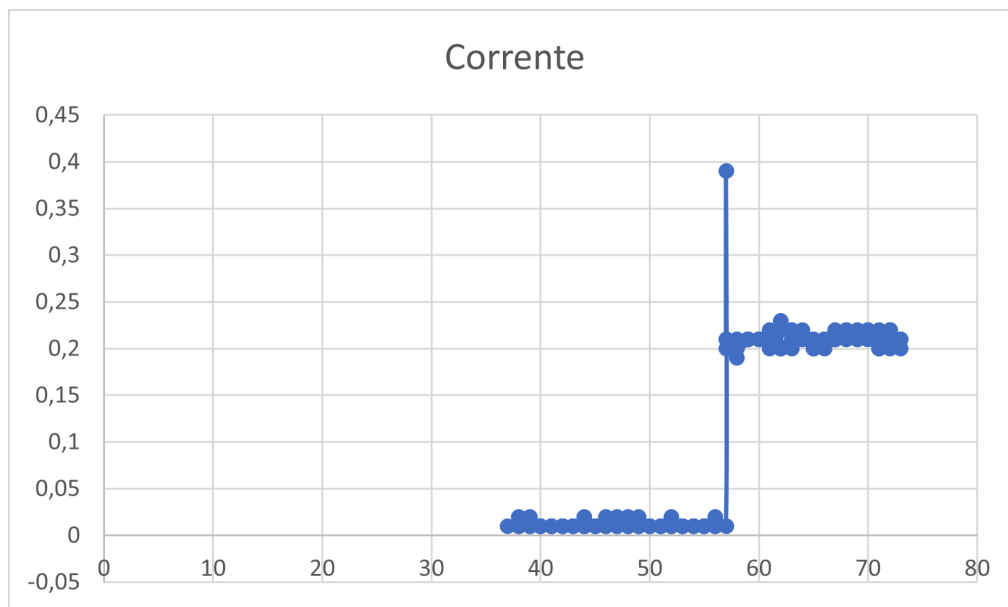
5.2.2 Questão 2

O enunciado da questão é “Qual a corrente elétrica medida nas lâmpadas?”.

5.2.2.1 Grupo 1

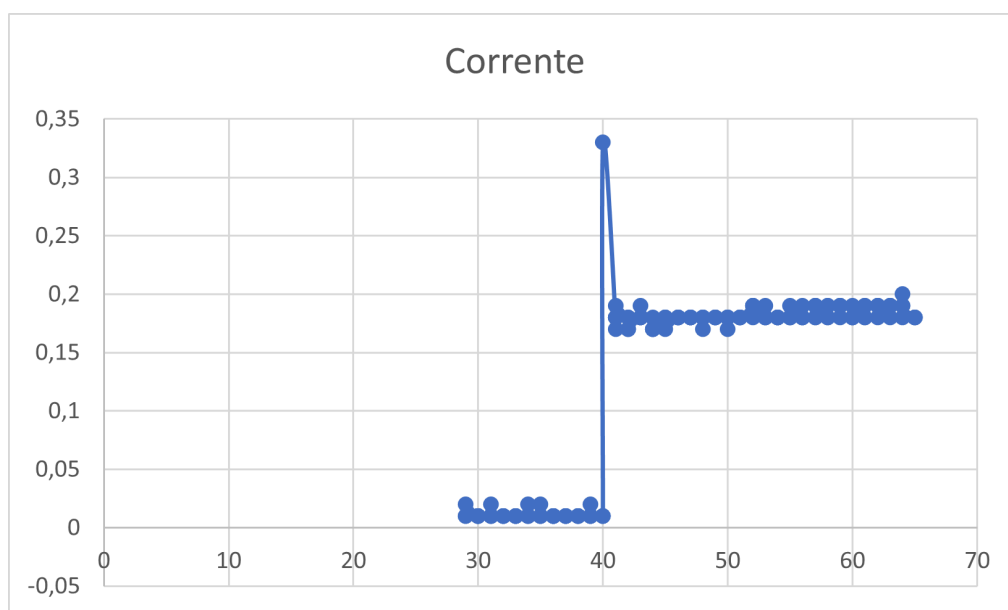
A resposta do Grupo 1 foi "0,20A; 0,17A; 0,13A" e anexaram os gráficos representados nas figuras 36, 37 e 38.

Figura 35: Gráfico de Corrente por tempo a respeito da lâmpada 1 construída pelo Grupo 1. O eixo da vertical indica os valores de corrente elétrica, em amperes, e o horizontal de tempo, em segundos.



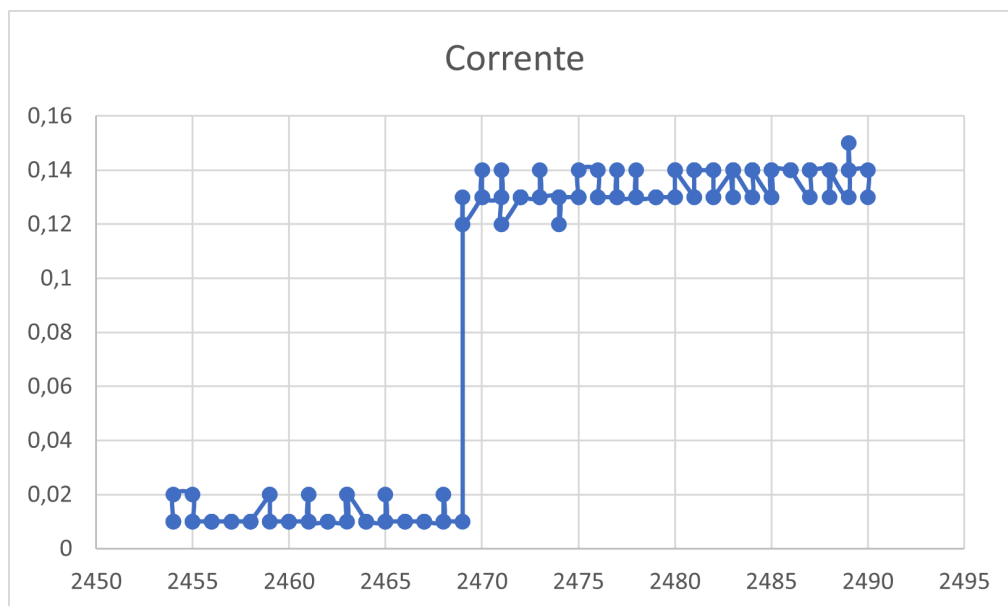
Fonte: Grupo 1.

Figura 36: Gráfico de Corrente por tempo a respeito da lâmpada 2 construída pelo Grupo 1. O eixo da vertical indica os valores de corrente elétrica, em amperes, e o horizontal de tempo, em segundos.



Fonte: Grupo 1.

Figura 37: Gráfico de Corrente por tempo a respeito da lâmpada 3 construída pelo Grupo 1. O eixo da vertical indica os valores de corrente elétrica, em amperes, e o horizontal de tempo, em segundos.

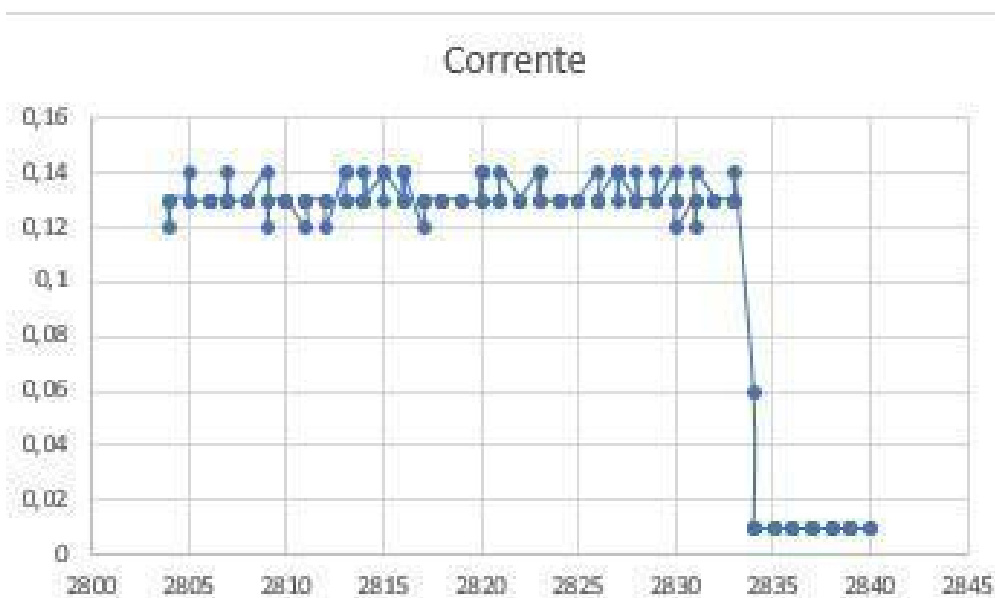


Fonte: Grupo 1.

5.2.2.2 Grupo 2

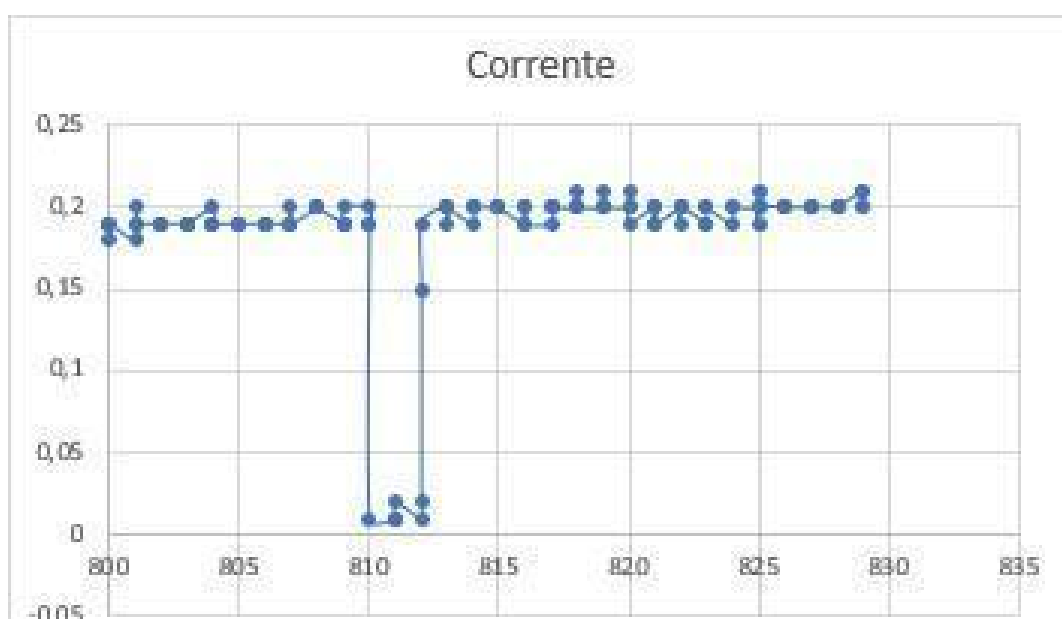
A resposta do Grupo 2 foi "Lampada 1 - 0,13 A ; lampada 2 - 0,18 A; lampada 3 - 0,23 A" e anexaram os gráficos representados nas figuras a seguir.

Figura 38: Gráfico de Corrente por tempo a respeito da lâmpada 1 construída pelo Grupo 2. O eixo da vertical indica os valores de corrente elétrica, em amperes, e o horizontal de tempo, em segundos.



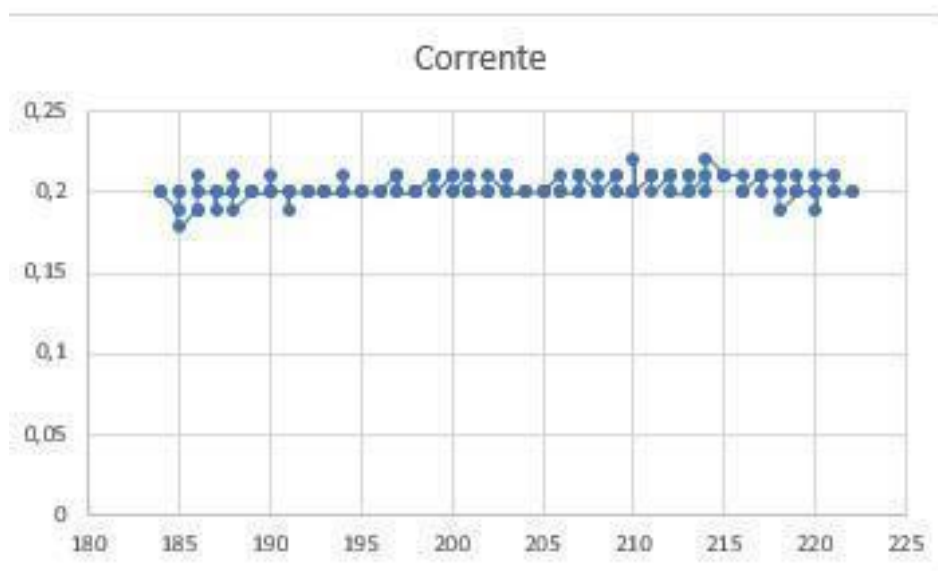
Fonte: Grupo 2.

Figura 39: Gráfico de Corrente por tempo a respeito da lâmpada 2 construída pelo Grupo 2. O eixo da vertical indica os valores de corrente elétrica, em amperes, e o horizontal de tempo, em segundos.



Fonte: Grupo 2.

Figura 40: Gráfico de Corrente por tempo a respeito da lâmpada 3 construída pelo Grupo 2. O eixo da vertical indica os valores de corrente elétrica, em amperes, e o horizontal de tempo, em segundos.



Fonte: Grupo 2.

5.2.2.3 Discussão

Como no caso da tensão elétrica, houve uma pequena variação nas correntes elétricas medidas também. A discussão feita para a tensão elétrica acerca das pequenas variações e também do erro do sensor já serviu para as correntes. Principalmente nos dois primeiros gráficos, é possível perceber um pico inicial de corrente. Durante a aplicação, questionamos os alunos a respeito disso e eles levantaram algumas hipóteses, como que para iniciar o funcionamento das lâmpadas, precisaria de maior energia inicialmente.

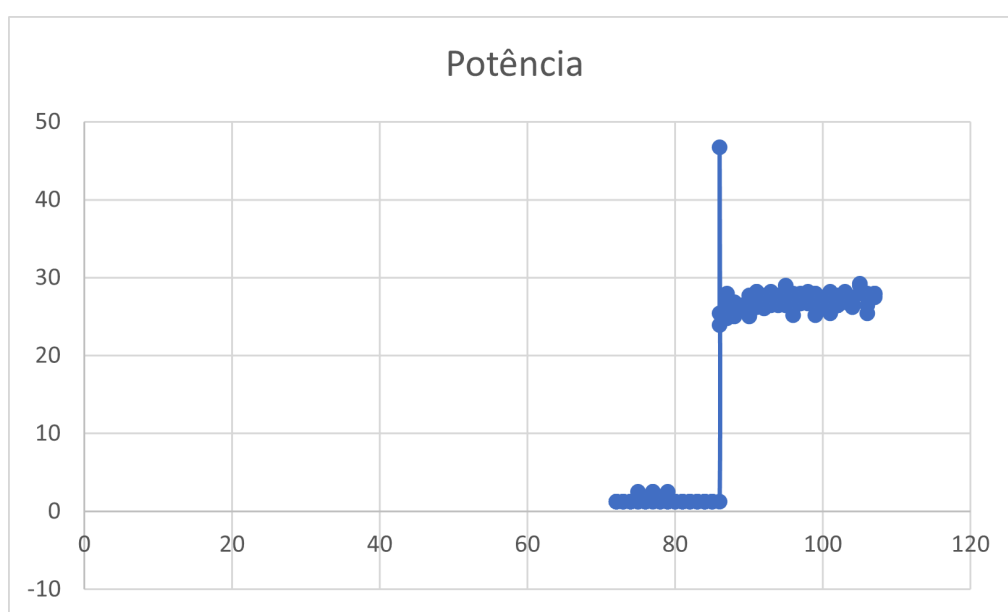
5.2.3 Questão 3

O enunciado dessa questão é “Qual a potência elétrica das lâmpadas?”.

5.2.3.1 Grupo 1

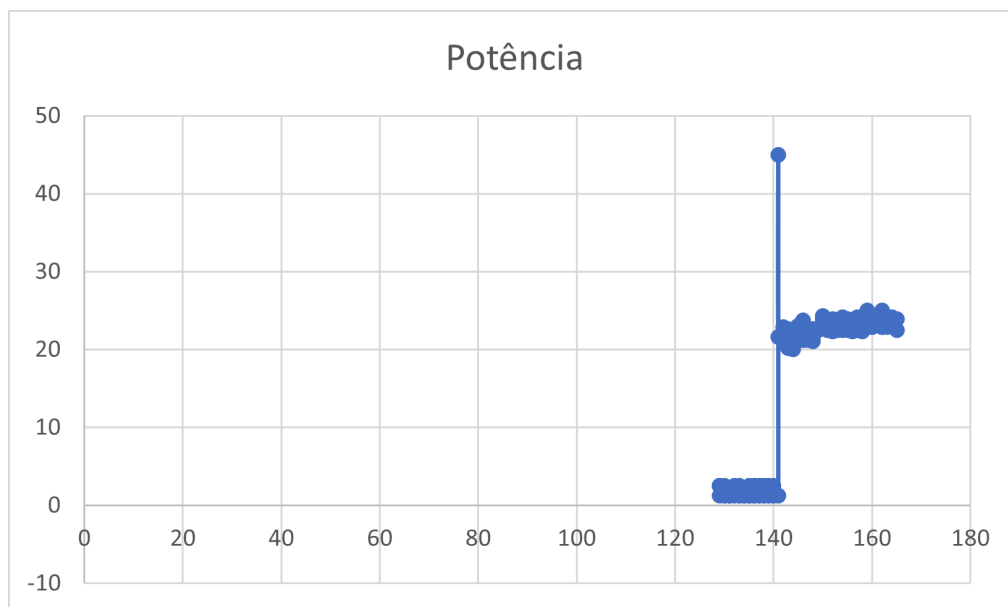
A resposta do Grupo 1 foi "27W, 23W, 17W" e anexaram os gráficos representados nas figuras seguintes.

Figura 41: Gráfico de Potência por tempo a respeito da lâmpada 1 construída pelo Grupo 1. O eixo da vertical indica os valores de potência elétrica, em watts, e o horizontal de tempo, em segundos.



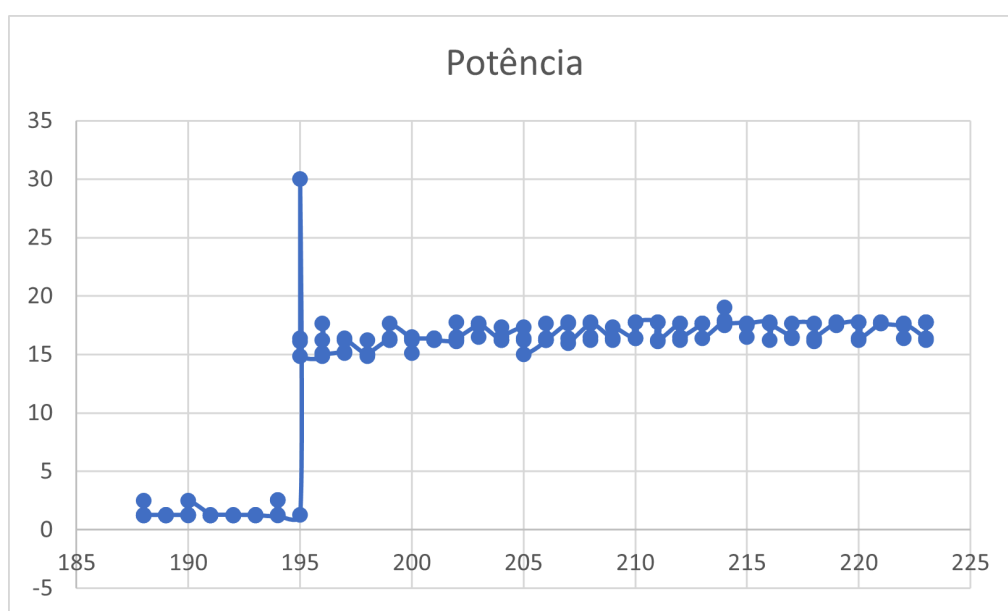
Fonte: Grupo 1.

Figura 42: Gráfico de Potência por tempo a respeito da lâmpada 2 construída pelo Grupo 1. O eixo da vertical indica os valores de potência elétrica, em watts, e o horizontal de tempo, em segundos.



Fonte: Grupo 1.

Figura 43: Gráfico de Potência por tempo a respeito da lâmpada 3 construída pelo Grupo 1. O eixo da vertical indica os valores de potência elétrica, em watts, e o horizontal de tempo, em segundos.



Fonte: Grupo 1.

5.2.3.2 Grupo 2

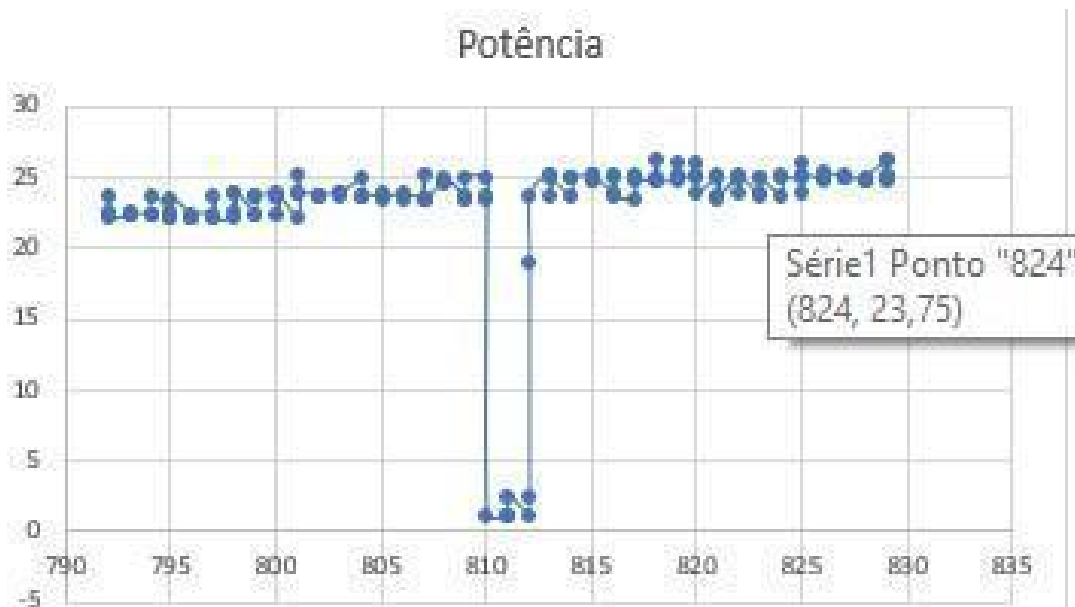
A resposta do Grupo 2 foi "Lampada 1 - 17 W; Lampada 2 - 23 W; Lampada 3 - 27 W" e anexaram os gráficos representados nas figuras a seguir.

Figura 44: Gráfico de Potência por tempo a respeito da lâmpada 1 construída pelo Grupo 2. O eixo da vertical indica os valores de potência elétrica, em watts, e o horizontal de tempo, em segundos.



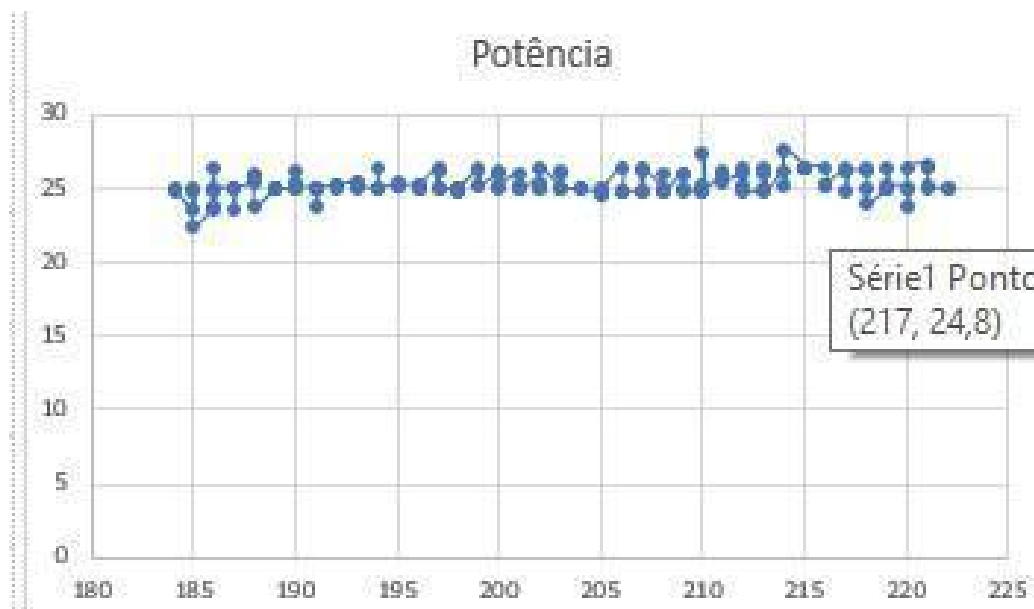
Fonte: Grupo 2.

Figura 45: Gráfico de Potência por tempo a respeito da lâmpada 2 construída pelo Grupo 2. O eixo da vertical indica os valores de potência elétrica, em watts, e o horizontal de tempo, em segundos.



Fonte: Grupo 2.

Figura 46: Gráfico de Potência por tempo a respeito da lâmpada 3 construída pelo Grupo 2. O eixo da vertical indica os valores de potência elétrica, em watts, e o horizontal de tempo, em segundos.



Fonte: Grupo 2.

5.2.3.3 Discussão

É fácil perceber que os gráficos de corrente e potência são muito semelhantes. Até mesmo os picos iniciais que apareceram na corrente, apareceram também nos gráficos de potência. Nota-se que os alunos tiveram dificuldade para ajustar a escala dos gráficos, porém isso não interfere no entendimento da disciplina.

5.2.4 Questão 4

O enunciado da quarta questão é “Compare e explique os gráficos de corrente e potência obtidos no passo 8.”.

5.2.4.1 Grupo 1

A resposta do Grupo 1 foi "Quando a corrente aumenta o gráfico de potência também aumenta pela relação entre a corrente e a potência, $P=u*i$ ".

5.2.4.2 Grupo 2

A resposta do Grupo 2 foi "Os gráficos de corrente e potência são iguais porque pela equação ($P = i \cdot u$) eles são diretamente proporcionais, ou seja, se um aumenta o outro também aumenta."

5.2.4.3 Discussão

Os alunos conseguiram associar a relação de proporcionalidade entre corrente e potência através da equação de potência " $P = U \cdot i$ ", ou seja, se a corrente aumenta a potência também deve aumentar, desde que mantenha-se o mesmo valor de tensão elétrica.

5.2.5 Questão 5

O enunciado da quinta questão é:

“Calcule a energia gasta:

- a) da lâmpada 1;
- b) da lâmpada 2;
- c) da lâmpada 3;
- d) na associação de lâmpadas”.

Vale ressaltar que, durante a aplicação, o docente instruiu os alunos de que, na associação das lâmpadas, o objetivo era criar um gráfico como exemplificado no passo 8 do Roteiro do Aluno, disponível no Produto Educacional (Apêndice A).

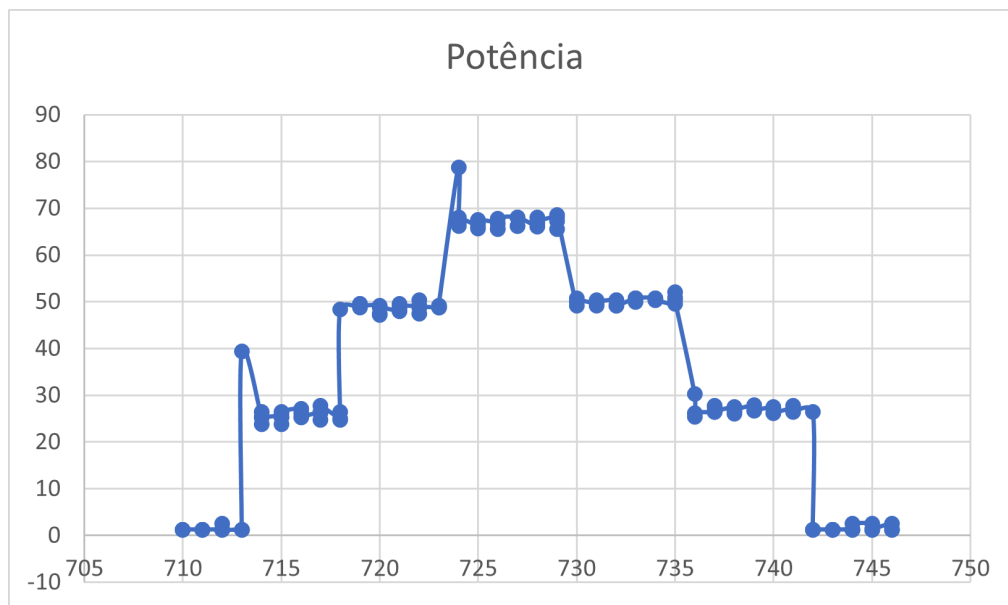
5.2.5.1 Grupo 1

As respostas do Grupo 1 foram:

- a) "E= 27*20, E= 540J"
- b) "E= 25*24, E= 600J";
- c) "E= 17*28, E= 476J";
- d) "E= 68*5, E= 340J".

Os alunos do Grupo 1 anexaram o seguinte gráfico:

Figura 47: Gráfico de Potência por tempo a respeito da associação de lâmpadas construída pelo Grupo 1. O eixo da vertical indica os valores de potência elétrica, em watts, e o horizontal de tempo, em segundos.



Fonte: Grupo 1.

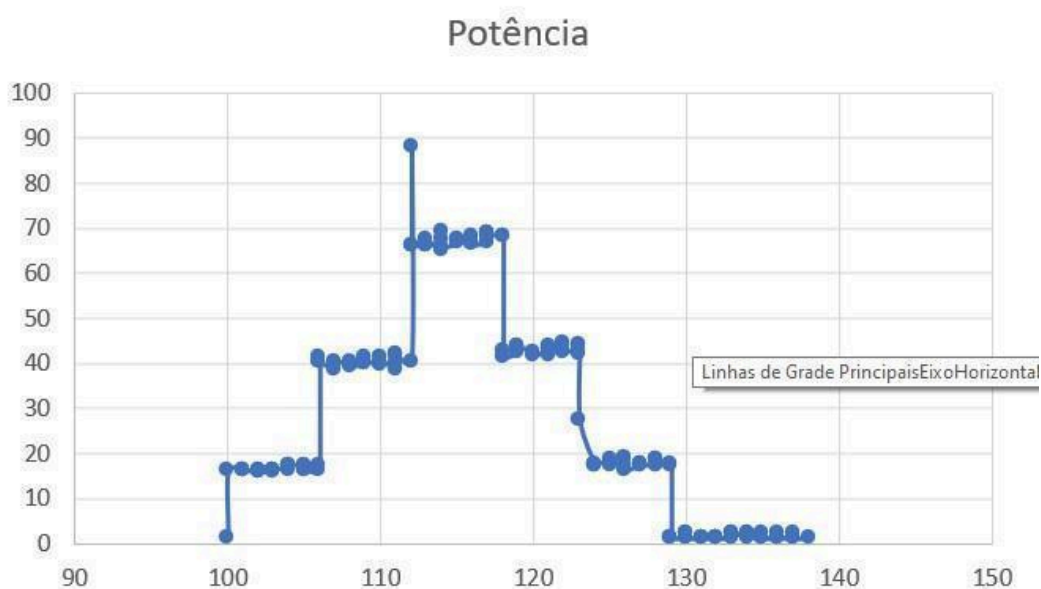
5.2.5.2 Grupo 2

As respostas do Grupo 2 foram:

- " $e = 510 \text{ J}$ ";
- " $e = 1140 \text{ J}$ ";
- " $e = 1000 \text{ J}$ ";
- " $e = 915 \text{ J}$ ".

Os alunos do Grupo 2 anexaram o seguinte gráfico:

Figura 48: Gráfico de Potência por tempo a respeito da associação de lâmpadas construída pelo Grupo 2. O eixo da vertical indica os valores de potência elétrica, em watts, e o horizontal de tempo, em segundos.



Fonte: Grupo 2.

5.2.5.3 Discussão

Para resolver esse problema, os alunos lembraram da relação entre energia gasta e potência elétrica “ $P = \frac{E}{\Delta t}$ ” ou “ $E = P \cdot \Delta t$ ”, onde E é a energia gasta e Δt o intervalo de tempo de funcionamento das lâmpadas. Porém, o docente teve que relembrar os alunos sobre como calcular e coletar essas informações através dos gráficos, calculando a área abaixo da curva. Assim os alunos fizeram e, no último gráfico, sobre a associação de lâmpadas, os alunos conseguiram, de forma autônoma, calcular a área abaixo da curva em cada um dos “degraus” da curva e somar ao final, chegando assim na energia total gasta.

5.3 PESQUISA DE OPINIÃO

Este subcapítulo tem como objetivo explorar as impressões e opiniões dos alunos em relação ao experimento, incluindo avaliar a receptividade e o interesse no experimento

proposto. As impressões pessoais dos alunos fornecem compreensões valiosas sobre o processo de aprendizado, permitindo identificar pontos fortes e fracos da atividade e ajustar suas estratégias para melhorar a eficácia do processo. Além disso, ao expressar suas impressões, os alunos também desenvolvem maior autoconhecimento em relação ao seu próprio processo de aprendizado, o que contribui para que se tornem estudantes mais eficazes. Além disso, a valorização das impressões pessoais fortalece o ambiente de aprendizado, criando um espaço mais positivo e encorajador.

5.3.1 Pergunta 1

O enunciado da pergunta foi: “Você achou que a atividade contribuiu para um melhor entendimento sobre potência elétrica e suas relações/implicações?”.

Todos os alunos responderam que sim. Alguns, redigiram um pouco mais sobre a contribuição da atividade:

Tabela 1: Respostas de alguns alunos sobre a contribuição da atividade no entendimento do conteúdo.

“sim! muito mais fácil aprender na pratica” (SIC)
“Sim, pois pudemos colocar nossos conhecimentos em prática.”
“Sim, os gráficos ajudaram muiito na compreensão” (SIC)
“Sim, me ajudou a entender melhor de uma maneira prática a relação entre potência e outros aspectos de elétrica.”
“Sim, ajudou a criar uma linha de raciocínio a respeito das interações das diversas relações entre os dados”
“Sim, acredito que a atividade serviu como forma de comprovar os conteúdos estudados em sala de aula, além de demonstrar as relações entre potência, diferença de potencial e corrente com maior facilidade”

A análise das respostas dos alunos revela que a atividade experimental desempenhou um papel fundamental como um complemento à teoria no processo de aprendizagem sobre potência elétrica e suas relações/implicações. Os relatos dos alunos destacaram que a experimentação permitiu a aplicação prática dos conceitos teóricos previamente aprendidos

em sala de aula. Ao vivenciar diretamente os fenômenos elétricos através do experimento proposto, os alunos puderam consolidar e aprofundar sua compreensão, relacionando a teoria com a prática, tornando os conceitos mais tangíveis e facilitando a internalização e a assimilação do conhecimento.

5.3.2 Pergunta 2

A pergunta 2 foi: “Qual a sua opinião sobre a utilização de equipamentos tecnológicos no ensino da Física?”.

Cada aluno respondeu de forma diferente, mas todos com opiniões positivas a respeito da utilização de equipamentos tecnológicos no ensino.

Tabela 2: Resposta de todos os alunos referente à pergunta 2.

“É bem didático pois permite visualizar as relações do arduino”
“Acredito que eles ajudam o aluno a ter um melhor entendimento da matéria”
“Acho muito interessante, pois você não apenas calcula algo, você vê como é feito o sistema”
“Acho que contribui muito para um entendimento melhor e prático de aspectos muito abstratos da Física”
“Acho uma ótima ideia, eles ajudam a medir e demonstrar com precisão teorias que podem ser difíceis de compreender”
“Gostei muito, pois já tinha aprendido sobre esses equipamentos na teoria, mas nunca tinha visto eles funcionando”
“Muito importante e eficiente”
“Acredito que auxiliam muito no entendimento e é uma maneira de prender mais a atenção dos alunos, por conta de ser algo dinâmico”
“Eu acho que utilizar equipamentos tecnológicos no ensino é muito produtivo, pois assim podemos ver como tudo funciona, o que nós garante maior entendimento do circuito elétrico”

Pode-se destacar a importância do uso de experimentos e tecnologias digitais em sala de aula, pois eles proporcionam aos alunos uma compreensão mais concreta dos fenômenos físicos, indo além da abstração da teoria apresentada em sala de aula.

5.3.3 Pergunta 3

O enunciado da pergunta 3 é: “Você indicaria a atividade para outros alunos que precisam aprender sobre potência elétrica?”.

Todos os alunos responderam sim. Apenas dois alunos redigiram mais sobre a pergunta, transcritas na tabela abaixo.

Tabela 3: Resposta de alguns alunos sobre indicar a atividade para outros alunos.

“Sim, pois acredito que colocar em prática o que aprendemos na sala de aula torna o aprender mais interessante”
“Sim, a atividade foi muito útil”

5.3.4 Pergunta 4

A pergunta 4 foi apresentada aos alunos da seguinte forma: “Na sua opinião, o que foi mais marcante durante a atividade?”.

Outra vez os alunos tiveram respostas diversas, transcritas abaixo.

Tabela 4: Respostas de todos os alunos referente à pergunta 4 da pesquisa de opinião.

“Acho que a compreensão da relação dos gráficos”
“Você ter os gráficos em tempo real”
“As lâmpadas ligadas e desligadas mudando o grafico usado no Excel” (SIC)
“Foi a observação da variação dos gráficos de potência e corrente enquanto o gráfico de tensão se mantinha constante sempre.”
“Os gráficos feitos em relação de tempo”
“Poder realmente ter contato com os equipamentos”
“Ver os dados em tempo real nos gráficos”
“Poder visualizar as alterações dos gráficos quando um interruptor era ligado ou desligado”
“O que foi mais marcante foi poder ver os gráficos da corrente e potência elétrica se alterando conforme as lâmpadas eram ligadas”

Para a maioria dos alunos, o aspecto mais notável foi a visualização em tempo real dos gráficos, que interagem de forma automática com o circuito elétrico. Acreditamos que essa percepção tenha sido influenciada pelo fato de o experimento envolver componentes elétricos presentes no cotidiano dos estudantes, como lâmpadas e interruptores, permitindo uma compreensão mais clara de como ocorre o consumo de energia elétrica em suas residências.

Capítulo 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho alcançou seus objetivos ao propor e analisar uma atividade experimental com a utilização do Arduino para explorar conceitos de eletricidade, voltada para alunos do Ensino Médio. Através de um ambiente de aprendizado estimulante, trabalhamos conceitos fundamentais, como corrente elétrica, tensão elétrica e potência elétrica, com a utilização de lâmpadas fluorescentes conectadas em paralelo. O uso do Arduino foi essencial para automatizar a coleta de dados e gerar gráficos interativos, proporcionando uma compreensão mais visual e concreta das interações entre essas grandezas. Os resultados sugerem que a experimentação prática pode ter contribuído para uma compreensão mais aprofundada dos conceitos estudados, ao aproximar os alunos da realidade dos fenômenos elétricos.

Além disso, a avaliação dos conhecimentos prévios dos alunos e a análise dos resultados sugerem que a atividade impactou positivamente a consolidação dos conceitos eletrodinâmicos. Ao manipularem diretamente o Arduino, os alunos não apenas expandiram seu conhecimento sobre eletricidade, mas também desenvolveram habilidades essenciais para o ambiente tecnológico atual, como programação e resolução de problemas. A proposta de criar um ambiente propício à curiosidade em relação ao Arduino e às tecnologias digitais foi cumprida, como mostram os resultados da pesquisa de opinião. Ao trocar uma aula teórica por uma experimental com Arduino, foi possível promover uma aprendizagem mais ativa e significativa, em que o aluno, ao visualizar diretamente os resultados, constrói o conhecimento de forma prática. Esse tipo de abordagem é particularmente eficaz em comparação a aulas expositivas tradicionais, onde o aprendizado tende a ser mais passivo e menos conectado à prática real.

Para as próximas gerações, essa abordagem pode contribuir para uma formação mais sólida, desenvolvendo habilidades em programação, resolução de problemas e pensamento crítico, competências fundamentais em um mundo cada vez mais digital. O uso do Arduino

pode inspirar mais jovens a seguirem carreiras em ciência, tecnologia, engenharia e matemática, fortalecendo uma força de trabalho futura mais qualificada e adaptável às inovações tecnológicas. Contudo, é importante considerar que a introdução dessas tecnologias em sala de aula pode ter alguns desafios. Por um lado, há o risco de que a dependência de dispositivos digitais limite o entendimento profundo de alguns conceitos teóricos e de habilidades manuais. Além disso, falhas técnicas podem comprometer a fluidez das atividades. Por isso, é essencial equilibrar a abordagem prática com a compreensão dos conceitos fundamentais.

Para dar continuidade ao trabalho, surgem várias possibilidades de aprofundamento. Primeiramente, seria interessante explorar fenômenos como os picos de corrente elétrica e potência no instante de acendimento de uma nova lâmpada, o que não foi discutido neste estudo. Outras sugestões incluem investigar os efeitos da digitalização dos instrumentos de medida, abordando o impacto da interpolação causada por equipamentos eletrônicos em comparação com a precisão dos instrumentos analógicos. Além disso, seria proveitoso pedir aos alunos uma apresentação detalhada do experimento para evitar que ele se torne uma "caixa preta", promovendo a compreensão total do processo. Outra possibilidade é a realização de um segundo pós-teste algum tempo depois para verificar a retenção do conhecimento, a fim de avaliar se ele permanece na estrutura cognitiva dos estudantes, ainda que como um resíduo. Outras ideias incluem estudar conceitos adicionais de eletrodinâmica, como as leis de Kirchhoff, explorar associações mistas de lâmpadas (série e paralelo) e até o uso de lâmpadas de diferentes tipos para comparar sua eficiência energética.

Dessa forma, a atividade desenvolvida neste projeto não apenas cumpriu seus objetivos iniciais, mas também abriu caminho para um aprendizado contínuo e para o estímulo de novas áreas do conhecimento. Esperamos que essa abordagem experimental inspire os alunos a se engajarem com a eletricidade de maneira prática e significativa, preparando-os para enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades que o avanço tecnológico traz.

REFERÊNCIAS

ALVES, V. C.; STACHAK, M. A importância de aulas experimentais no processo ensino aprendizagem em física: eletricidade. **XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, p. 1–4, 2005.

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de ensino de física**, v. 25, p. 176-194, 2003.

Arduino. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 28 jun. 2022.

ASTOLFI, Jean-Pierre et al.. As Palavras-Chave da Didática das Ciências. Trad. Maria Ludovina Figueiredo. Lisboa: **Instituto Piaget**, p. 149-158, 2002.

BATISTA, M. C.; FUSINATO, P. A.; BLINI, R. B. Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de Física. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 31, n. 1, p. 43–49, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BRAVO FILHO, Eronides Soares; HORA, José Sandro Santos. O MÉTODO PROPOSTO POR BACON PARA O PROGRESSO DAS CIÊNCIAS. *Revista Interdisciplinar de Pesquisa e Inovação*, v. 1, n. 1, 2015.

DA SILVA, Edson Pereira; LIRA, Marcos Antônio Tavares. A Utilização Da Plataforma Arduino Como Recurso Didático No Ensino De Eletrodinâmica. *Revista do Professor de Física*, v. 6, n. Especial, p. 78-87, 2022.

DOS SANTOS JÚNIOR, Manoel Raimundo. TRADIÇÃO, TRADICIONALISMO E EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA: Interatividade entre a Teoria e a Prática. 2017. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pará.

EISBERG, R.; RESNICK, R. **FÍSICA QUÂNTICA: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas**. 8a edição, Editora Campus.

FETZNER FILHO, G. Experimentos de baixo custo para o ensino de física em nível médio usando a placa Arduino-UNO. 2015.

FISTER, Pedro Henrique Ferreira et al.. Análise do processo de aprendizagem da disciplina de física pelos discentes do ensino médio no centro de ensino Graça Aranha. **Anais IX CONEDU**. Campina Grande: Realize Editora, 2023.

GALBERT, Angel K. Development of an E-Glove with Embedded Stretchable Sensors for Aiding in Hand Rehabilitation. 2020. Tese de Doutorado. University of Sheffield (United Kingdom).

- GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química nova na escola**, v. 10, n. 10, p. 43–49, 1999.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 10a edição. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- HEWITT, Paul G. Física Conceitual. 12a edição. São Paulo: Pearson, 2021.
- MARTINAZZO, C. A. et al. Arduino: Uma tecnologia no ensino de física. **Revista Perspectiva**, v. 38, n. 143, 2014.
- MOREIRA, D. F. **A experimentação como um caminho para a verdade**. **Pensamento Extemporâneo**, 2012. Disponível em: <<https://pensamentoextemporaneo.com.br/?p=2163>>. Acesso em: 28 jun. 2022
- MOREIRA, M. A. ¿Al afinal, qué es aprendizaje significativo?. **Qurriculum: revista de teoría, investigación y práctica educativa**. La Laguna, Espanha. No. 25 (marzo 2012), p. 29-56, 2012.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 3. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2022.
- MOREIRA, M. P. C. et al. Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 721–745, 2018.
- SANTOS, J. A. DOS. Instrumentação eletrônica com o arduino aplicada ao ensino de física. 2015.
- SOUSA, Ivalda Félix. CIRCUITOS ELÉTRICOS RESISTIVOS NA PLATAFORMA TINKERCAD ARDUÍNO: SEQUÊNCIA DIDÁTICA ATRAVÉS DA TEORIA DE APRENDIZAGEM DE AUSUBEL, 2021.
- SOUZA, Ayrton Nascimento. UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO DE CONCEITOS DE CINEMÁTICA RELATIVÍSTICA NO ENSINO MÉDIO QUE UTILIZA PLATAFORMA ARDUÍNO E TDICS, 2023.
- STODOLNA, Aneta S. et al. Hydrogen atoms under magnification: Direct observation of the nodal structure of Stark states. *Physical Review Letters*, v. 110, n. 21, p. 213001, 2013.
- VANIEL, B. V.; HECKLER, V.; ARAÚJO, R. R. Investigando a inserção das TIC e suas ferramentas no ensino de física: estudo de caso de um curso de formação de professores. **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física–SNEF**, 2011.

Apêndice A

PRODUTO EDUCACIONAL



EXPLORANDO POTÊNCIA ELÉTRICA EM TEMPO REAL COM ARDUINO

Kaique Thiago de Souza



EXPLORANDO POTÊNCIA ELÉTRICA EM TEMPO REAL COM ARDUINO



Kaíque Thiago de Souza
2024

Autor: Kaíque Thiago de Souza

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: Análise de Potência Elétrica em Tempo Real: Experimento Didático com Arduino e Lâmpadas Fluorescentes, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 42 – UFSCar / Sorocaba, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Euflauzino Maria.

Co-orientador: Prof. Dr. Antônio Augusto Soares.

Sorocaba, 2024.

Sumário

Apresentação	3
Introdução	5
Descrição detalhada	8
Sequência didática	13
Objetivos de Aprendizagem	13
Conteúdos estudados previamente	13
Aula 1	13
Aula 2	14
Aula 3	15
Roteiro do aluno	16
Materiais	16
Procedimento Experimental	16
Relatório do aluno	18
Roteiro do professor: construção, instalação e uso do experimento	20
Materiais	20
Montagem do dispositivo	20
Configuração do Excel 365 e coleta de dados	31
Calibração e funcionamento do dispositivo	40
Referências	43

Apresentação

É com entusiasmo que apresentamos este Produto Educacional, desenvolvido e pensado para enriquecer o processo de aprendizagem no Ensino Médio, para explorar conceitos de eletricidade por meio da experimentação prática e interativa, utilizando a tecnologia do Arduino como aliada.

Nossa proposta consiste em um circuito elétrico com três lâmpadas fluorescentes ligadas em paralelo, acompanhado por sensores de tensão e corrente elétrica conectados a um Arduino. O grande diferencial é a automação da coleta de dados e a geração de gráficos em tempo real, permitindo que os alunos visualizem as relações entre as grandezas elétricas de forma dinâmica e interativa conforme manipulam as lâmpadas.

O objetivo central deste Produto Educacional é oferecer aos professores uma ferramenta prática e envolvente para abordar os conceitos fundamentais de eletricidade. Além disso, buscamos:

- Explorar os conceitos de corrente elétrica, tensão elétrica e potência elétrica de maneira concreta e tangível;
- Destacar a interdependência entre essas grandezas elétricas, evidenciando as relações matemáticas subjacentes;
- Fomentar a curiosidade e o interesse dos alunos pelo Arduino e por tecnologias digitais, preparando-os para os desafios contemporâneos.

Este Produto Educacional foi elaborado com base na Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel, com o intuito de proporcionar uma experiência de aprendizado profunda e duradoura. Com essa abordagem, almejamos que o material possa ser utilizado por outros professores de maneira autônoma, sem a necessidade de consulta à dissertação que deu origem a este projeto. Nossa intenção é que o Produto Educacional seja uma ferramenta acessível e eficaz, capaz de ser incorporada de forma versátil nas práticas de ensino, enriquecendo a educação científica no Ensino Médio.

É importante destacar que este trabalho será disponibilizado gratuitamente à comunidade de professores, visando promover o compartilhamento de conhecimento e aprimorar a qualidade do ensino. Além disso, consideramos este experimento de baixo custo, uma vez que pode ser reutilizado inúmeras vezes e possibilita aproveitar o mesmo Arduino em outros projetos e protótipos. Essa abordagem requer apenas um investimento inicial de

montagem, proporcionando um recurso valioso para a educação científica com impacto sustentável. Convidamos todos os professores interessados a explorar este recurso educacional e a integrá-lo em suas metodologias de ensino, contribuindo para uma educação mais enriquecedora e acessível para todos os alunos.

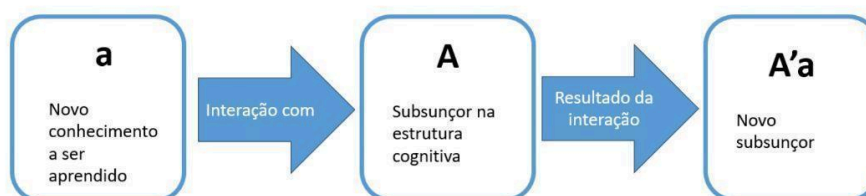
Introdução

Este trabalho fundamenta sua metodologia na Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1918 - 2008), um psicólogo e educador cuja abordagem enfoca a cognição durante o processo de aprendizado. Ausubel destaca a relevância dos conhecimentos prévios dos estudantes e a necessidade de ancorar novas informações nesses conhecimentos existentes. Segundo essa teoria, a estrutura cognitiva de um indivíduo é composta por uma rede hierárquica de conceitos, onde os mais específicos estão interligados a princípios mais amplos. O aprendizado significativo ocorre quando novos conceitos são incorporados nessa estrutura cognitiva por meio de interações com conhecimentos prévios, chamados de subsunçores. Esses subsunçores, essenciais para assimilar novas ideias, podem ser exemplificados pela relação entre conceitos como carga elétrica e corrente elétrica. A aprendizagem significativa, que difere da aprendizagem mecânica, se concretiza quando há uma integração entre o novo conhecimento e os subsunçores existentes, resultando em uma compreensão profunda e alterando esse subsunçor para um futuro conhecimento. A visualização desse processo se assemelha a uma árvore de conhecimento, onde subsunçores modificados se entrelaçam hierarquicamente, formando uma base sólida para o aprendizado duradouro, alinhado à perspectiva de Ausubel.

SAIBA MAIS

Se o leitor quiser se aprofundar mais sobre a Aprendizagem Significativa, teoria de David Ausubel, recomendamos o capítulo 3 do texto “Uso de Simuladores Para Potencializar a Aprendizagem no Ensino de Física”, disponível no QR Code abaixo.



Figura 1: Diagrama do processo de assimilação de um novo conteúdo.

Fonte: Autor.

Desde tempos remotos, a busca incansável por conhecimento tem impulsionado a exploração da realidade, embora repleta de desafios que frequentemente resultam em percepções equivocadas devido à falta de informações ou à complexidade dos objetos de estudo. Nesse contexto, destaca-se Aristóteles, cujos esforços em desenvolver um método para mitigar esses equívocos exemplificam a tenacidade humana na busca pelo entendimento (MOREIRA, 2012). Ao longo do tempo, a experimentação, a observação e a influência do pensamento aristotélico têm desempenhado papéis fundamentais no avanço do conhecimento científico. Giordan (1999) destaca a importância desses elementos na compreensão dos fenômenos naturais, embora seu reconhecimento ainda não esteja universalmente incorporado nas abordagens educacionais, apesar de sua eficácia reconhecida. Batista et al. (2009) iluminam o valor da experimentação no ensino de Física, compartilhando atividades que envolvem os alunos na criação e apresentação de experimentos, conduzindo a um aprendizado mais significativo. A inovação no ensino de Física se concretiza com a adoção das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs). Vaniel et al. (2011) destacam a relevância das TDICs no ensino de Física, argumentando que a abordagem tradicional deve ser complementada por métodos que incentivem a autonomia e a reflexão crítica dos alunos.

Uma abordagem particularmente inovadora é a integração do Arduino, uma plataforma de prototipagem, no ensino de Física. Autores como Fetzner Filho (2015), Martinazzo et al. (2014) e Santos (2015) demonstram como o Arduino capacita os estudantes a coletar dados para experimentos que abordam conceitos outrora complexos, como movimento, calorimetria e eletricidade. Resumidamente, a busca ininterrupta pelo conhecimento tem incentivado a exploração da realidade. A experimentação, observação e o papel influente do pensamento aristotélico formam pilares indispensáveis na jornada do conhecimento científico. A integração do Arduino oferece possibilidades inovadoras,

7

transformando conceitos abstratos em experiências práticas e significativas, estimulando a busca por uma compreensão mais profunda do mundo que nos cerca. Esta proposta consiste em um experimento didático com Arduino para medir corrente e tensão elétrica em lâmpadas fluorescentes, enriquecendo o conhecimento teórico e prévio dos alunos sobre eletricidade. Além de fortalecer a compreensão conceitual da eletricidade, esse enfoque também equipa os alunos com habilidades práticas aplicáveis ao uso eficiente de energia, fomentando a consciência sobre a sustentabilidade. A incorporação de experimentos e tecnologias digitais, conforme apontado por Alves e Stachak (2005), surge como uma possível solução para o desinteresse dos alunos em estudar Física, estimulando o engajamento, melhorando o desempenho e resgatando a motivação. O Arduino, explorado por Moreira et al. (2018), desponta como uma ferramenta poderosa nesse cenário, acessível e de baixo custo, que facilita a compreensão de fenômenos físicos e promove uma compreensão mais profunda das tecnologias em constante evolução.

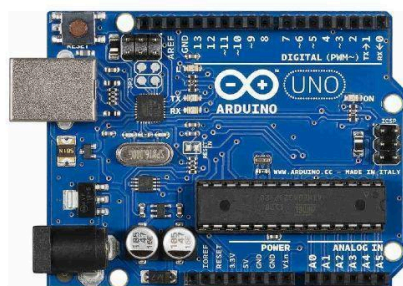
Comprometido com uma abordagem centrada na experimentação e na adoção do Arduino, esse projeto emerge como um caminho promissor para aprimorar o ensino de Física e preparar os alunos para os desafios da sociedade contemporânea, onde o domínio da ciência e da tecnologia é vital. O projeto busca unir esses elementos, oferecendo um material educacional acessível e reutilizável, contribuindo para a melhoria da educação científica no Brasil.

Descrição detalhada

O aparato experimental desenvolvido com o uso do Arduino é uma ferramenta para o estudo do conceito de potência elétrica, permitindo a medição em tempo real de corrente e tensão elétrica das lâmpadas fluorescentes alimentadas pela tensão da rede residencial. Através da conexão com um computador, os dados são transmitidos e representados em gráficos interativos, possibilitando uma análise dinâmica das variações ao longo do tempo.

Utilizamos o Arduino UNO R3, exibido na figura 2, na confecção deste aparato pela sua popularidade, facilidade de uso e custo acessível, mas existem outras opções viáveis para adaptar, como Raspberry Pi, ESP32 ou outros modelos de Arduino, por exemplo.

Figura 2: Arduino UNO R3.



Fonte:

https://pt.made-in-china.com/co_sunhokey/product_Arduino-Uno-R3-Development-Board-Microcontroller-for-DIY-Project_rogunohrg.html

Para realizar a medição da corrente elétrica, foi utilizado o sensor de corrente ACS712¹, evidenciado na figura 3. Existem opções de 5 A até 30 A, escolhemos este por ter

¹ ACS712 Datasheet - Allegro Microsystems. Disponível em: <https://www.allegromicro.com/-/media/files/datasheets/acs712-datasheet.ashx>

SAIBA MAIS

Se o leitor quiser se aprofundar mais sobre o universo dos microcontroladores e compará-los, recomendamos o trabalho de conclusão de curso intitulado “Comparação entre Microcontroladores e Aplicação do FPGA no controle do conversor Boost”, disponível no QR Code abaixo.



9

maior precisão para correntes menores que 1 A, já que todos eles retornam valores inteiros que variam de 0 a 1023.

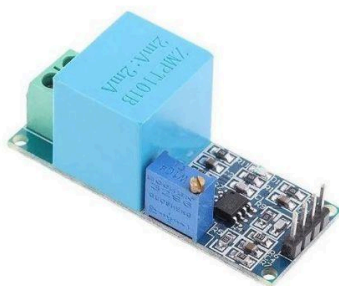
Figura 3: Sensor de corrente elétrica ACS721.



Fonte: <https://www.byteflop.com.br/sensor-de-corrente-ac712>

O sensor ACS712 opera com base no efeito Hall, que ocorre quando uma corrente flui através de um condutor posicionado em um campo magnético externo perpendicular ao fluxo de cargas. Neste dispositivo, o condutor utilizado é uma fita de cobre. Ao passar as cargas da corrente pelo campo magnético, elas são afetadas pela força magnética, resultando no acúmulo de elétrons em uma das bordas da fita e na presença de cargas positivas na outra borda. Esse desequilíbrio gera um campo elétrico no interior da fita e consequentemente uma força elétrica que contrapõe à força magnética, até que um equilíbrio entre as forças elétrica e magnética seja alcançado. Tal campo elétrico, gerado no interior da fita de cobre, produz um potencial elétrico, denominado diferença de potencial de Hall. Essa tensão é detectada por um elemento sensível ao efeito Hall, um semiconductor, e é processada por uma unidade de condicionamento para fornecer uma saída proporcional à corrente elétrica medida (Allegro MicroSystems LLC, 2021; Halliday & Resnick, 2013).

Para garantir a precisão da medição da tensão elétrica em nosso projeto, escolhemos o sensor ZMPT101B, exposto na figura 4, devido às suas características e funcionalidades. Esse sensor é amplamente utilizado em aplicações de monitoramento de tensão e é projetado para trabalhar com tensões de 0 a 250V em corrente alternada, o que torna ideal para o contexto de nossa pesquisa.

Figura 4: Sensor de tensão elétrica ZMPT101B.**Fonte:**

<https://www.eletragate.com/modulo-sensor-de-tensao-ac-0-a-250v-voltmetro-zmpt101b>

Este sensor funciona utilizando um transformador de potencial integrado a um circuito condicionador de sinal. Esse transformador possui bobinas primária e secundária, sendo que a tensão da rede elétrica é aplicada à bobina primária, gerando um campo magnético que induz uma tensão proporcional à razão do número de espiras entre as bobinas primária e secundária. Esse processo resulta em uma tensão de saída reduzida (Halliday & Resnick, 9ª ed., 2013). O sinal de saída passa pelo circuito condicionador de sinal que é responsável por processar e torná-la adequada para leitura por um microcontrolador, como o Arduino, por exemplo.

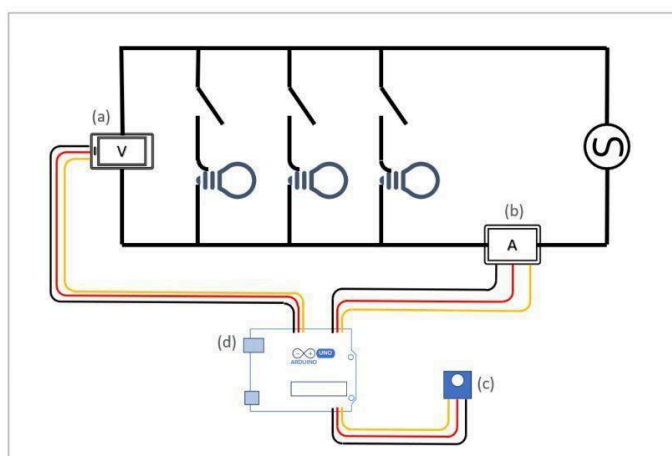
A leitura dos dados fornecidos pelo ACS712 e pelo ZMPT101B é realizada por meio de uma porta analógica do Arduino. Ambos os sensores retornam 1024 valores inteiros que, posteriormente, são convertidos em corrente e tensão elétrica, respectivamente, por meio do código.

Para a seleção das lâmpadas, buscamos a melhor relação custo-benefício, visando a maior potência possível e relevância para o cotidiano dos alunos. As lâmpadas de LED, devido à baixa potência e corrente elétrica, não apresentaram resultados satisfatórios nos testes realizados no aparato experimental. Os dados mostraram-se muito sensíveis às variações, prejudicando a geração de gráficos adequados. Por outro lado, as lâmpadas halógenas apresentaram bom desempenho, mas após poucos minutos de uso atingiam temperaturas elevadas, representando um risco de queimaduras para os alunos. Com base nessas avaliações, as lâmpadas fluorescentes se mostraram a melhor opção, pois atendem a todos os requisitos necessários para o estudo.

11

Um diagrama da montagem do aparato experimental é mostrado na figura 5. As lâmpadas são conectadas em paralelo, com um interruptor individual para cada uma delas. Os sensores de tensão e corrente elétrica são conectados aos terminais A0 e A2, respectivamente. Há também um potenciômetro, que é utilizado para calibração do sensor de corrente elétrica, conectado na entrada, também analógica, A5.

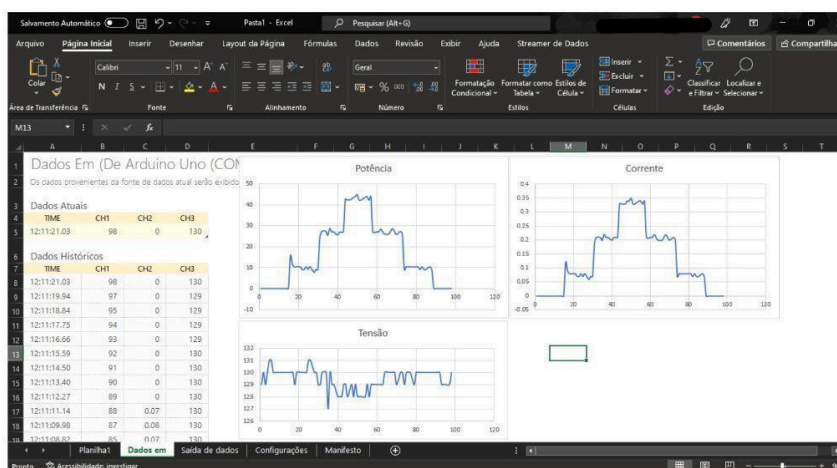
Figura 5: Diagrama da montagem do dispositivo. É representado o (a) sensor de tensão elétrica, (b) sensor de corrente elétrica e o (c) potenciômetro conectados ao (d) Arduino.



Fonte: Autor.

As lâmpadas são alimentadas pela rede elétrica residencial enquanto o Arduino é conectado, via USB, a um computador. Para visualização e estudos dos dados gerados pelo aparato, é utilizado o Excel do Office 365. Dessa forma, é possível analisar os dados em tempo real e construir gráficos interativos que mudam conforme liga ou desliga cada uma das lâmpadas. É importante ressaltar que o experimento fornece apenas dados de corrente e tensão elétrica; a potência é calculada pelos alunos, na própria planilha, multiplicando a corrente pela tensão. A figura 6 mostra a tela do computador durante uma coleta de dados.

Figura 6: Coleta os dados do dispositivo. É notável a variação de corrente e potência elétrica de acordo com o funcionamento das lâmpadas.



Fonte: Autor.

A leitura dos dados é feita utilizando o Excel do pacote Office 365 pela facilidade, simplicidade e segurança para se conseguir a transposição dos dados do arduino para o computador. Outras opções viáveis para trabalhar com gráficos interativos utilizando dados do Arduino incluem plataformas como MATLAB, Python e Processing, as quais possibilitam a visualização dinâmica dos dados, fornecendo flexibilidade e recursos avançados para a apresentação dos resultados obtidos.

A construção e montagem de todo o experimento, a configuração do Excel para leitura dos dados, a calibração e o funcionamento com mais detalhes são apresentados no roteiro do professor.

Sequência Didática

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

- Trabalhar conceitos de eletricidade - corrente elétrica, tensão elétrica e potência elétrica;
- Evidenciar a relação entre as grandezas acima mencionadas;
- Criar um ambiente favorável para estimular a curiosidade dos alunos para o Arduino e novas tecnologias digitais.

CONTEÚDOS ESTUDADOS PREVIAMENTE

Para que a atividade tenha um bom desempenho e que o processo de aprendizagem significativa possa ser maximizado, os alunos já devem ter estudado os conteúdos a seguir em aulas anteriores à atividade:

- Carga e corrente elétrica;
- Primeira lei de Ohm;
- Associação série e paralelo de circuitos elétricos;
- Amperímetro e voltímetro e a diferença entre instrumentos reais e ideais;
- Potência e energia elétrica.

AULA 1 (50 MINUTOS)

1. O Relatório e o Roteiro do Aluno são disponibilizados previamente aos alunos pelo professor - **5 minutos**;
2. O docente orienta os estudantes a como habilitar o uso do *Streamer de Dados* do Excel 365 e

Preferência do professor: se desejar, o professor pode deixar a montagem do aparato experimental para que os alunos façam, como parte da aula. Caso contrário, deixar o aparato montado antes dos alunos terem acesso ao experimento.

como fazer a aquisição dos dados, se possível, utilizando uma apresentação em projetor - **15 minutos**;

3. O professor apresenta o experimento aos alunos - **30 minutos**;

Os detalhes do aparato experimental podem ser analisados e estudados pelos alunos com o amparo do professor, como por exemplo:

- a. O que o experimento mede;
- b. Como mede;
- c. Tipos de associações entre os sensores e as lâmpadas;
- d. O que é Arduino?
- e. Como Arduino funciona?
- f. Funcionamento dos sensores utilizados;

AULA 2 (50 MINUTOS)

1. Os alunos se apropriam do aparato experimental - **35 minutos**;

- a. Para isso, é imprescindível que eles façam os primeiros testes, analisando os comportamentos das curvas de tensão e corrente elétrica ao acender e apagar as lâmpadas;
- b. O professor orienta os estudantes se tiverem dúvidas;
- c. Coletivamente os alunos, dirigidos e ajudados pelo professor, interpretam os dados e gráficos gerados;
- d. O professor pode levantar algumas questões para os alunos, como por exemplo:
 - i. Qual o sentido físico da corrente e potência elétrica?
 - ii. Semelhança entre as curvas de corrente e potência elétrica;
 - iii. O que representa o cálculo da área abaixo da curva *Potência vs Tempo*;

Esta sequência didática pode ser alterada de acordo com a necessidade do leitor.

Os gráficos produzidos pelos alunos podem ser enviados por e-mail, formulário ou uma alternativa de preferência. Em todos os casos, isso deve ser combinado previamente com os estudantes;

15

- e. Se necessário, os alunos podem recorrer a outros materiais, como livros, sites, etc.;
2. O docente realiza a leitura do Roteiro do Aluno e do Relatório para os grupos e tira as eventuais dúvidas que ocorrerem - **15 minutos**;
É importante que os alunos sejam orientados a salvar os gráficos obtidos;

A avaliação dos alunos pode ser feita através do questionário e gráficos fornecidos por eles e também pela participação durante as discussões e aquisição de dados.

AULA 3 (50 MINUTOS)

1. Momento da aquisição dos dados - **50 minutos**;
 - a. Os alunos começam a aquisição de dados e respondem ao questionário;
 - b. Se necessário, o professor auxilia os estudantes no manuseio do aparato experimental, criação dos gráficos, cálculo da potência, etc.;

Se necessário, utilizar 2 aulas de 50 minutos para a aquisição dos dados;

Roteiro do Aluno

MATERIAIS

- Montagem experimental;
- 3 lâmpadas fluorescentes de 16 W, 22 W e 28 W;
- Computador com Microsoft Office 365 - Excel;

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

- 1) Siga o passo a passo do professor para montar o aparato experimental e configurar o Excel 365 para leitura de dados em tempo real e conectar o Arduino, caso esses procedimentos não estejam feitos no início da aula;
- 2) Antes de iniciar a coleta de dados, aproprie-se do aparato experimental e entenda seu funcionamento;
- 3) Inicie a coleta de dados;
- 4) Ligue a lâmpada 1 e acompanhe o carregamento dos dados em tempo real na tela do computador;
- 5) Construa o gráfico de de *Tensão por Tempo* e *Corrente por Tempo*;
- 6) Em outra aba, faça uma tabela da Potência consumida pelo circuito quando a lâmpada 1 está ligada;
- 7) Construa o gráfico de *Potência por Tempo* da lâmpada 1;
- 8) Repita os passos 3 a 7 para as lâmpadas 2 e 3;
- 9) Inicie outra coleta de dados e construa os gráficos de *Tensão por Tempo*, *Corrente por Tempo* e *Potência por Tempo* seguindo os passos:
 - a) inicie com todas as lâmpadas apagadas;

Este roteiro do aluno pode ser alterado de acordo com a necessidade do leitor.

Aguarde aproximadamente 6 segundos entre um passo e outro.

- b) acenda a lâmpada 1;
- c) acenda a lâmpada 2;
- d) acenda a lâmpada 3;
- e) apague a lâmpada 3;
- f) apague a lâmpada 2;
- g) apague a lâmpada 1;
- h) interrompa a coleta de dados.

Relatório do Aluno

1. Qual a tensão elétrica medida? Anexe os gráficos no formulário: *[inserir link do formulário]*

2. Qual a corrente elétrica medida nas lâmpadas? Anexe os gráficos no formulário: *[inserir link do formulário]*

Pode ser adotada outra forma de coleta dos gráficos, como e-mail ou drive compartilhado.

Este relatório pode ser alterado de acordo com a necessidade do leitor.

3. Qual a potência elétrica das lâmpadas? Anexe os gráficos no formulário: *[inserir link do formulário]*

4. Compare e explique os gráficos de corrente e potência obtidos no passo 8.

5. Calcule a energia gasta:
a. da lâmpada 1;



b. da lâmpada 2;



c. da lâmpada 3;



d. na associação de lâmpadas.



Roteiro do professor: construção, instalação e uso do experimento

Neste roteiro, detalhamos o passo a passo da construção do experimento. Em seguida, descrevemos como conectar o dispositivo ao computador e realizar as configurações adequadas para o uso correto do equipamento.

Se a escola possuir a estrutura necessária, como um Espaço Maker, por exemplo, a construção pode ser realizada pelos próprios alunos. Caso contrário, sugerimos que o professor assumam essa responsabilidade.

MATERIAIS

- Arduino UNO R3;
- Conjunto de jumpers;
- Sensor de Corrente Elétrica ACS712;
- Sensor de Tensão Elétrica ZMPT101B;
- Potenciômetro linear de qualquer resistência;
- Protoboard;
- 3 lâmpadas fluorescentes;
- 3 interruptores;
- 3 receptáculos de lâmpada conexão E27;
- Cabo paralelo 2 m x 1,5 mm² com tomada macho.
- Microsoft Office 365 - Excel.

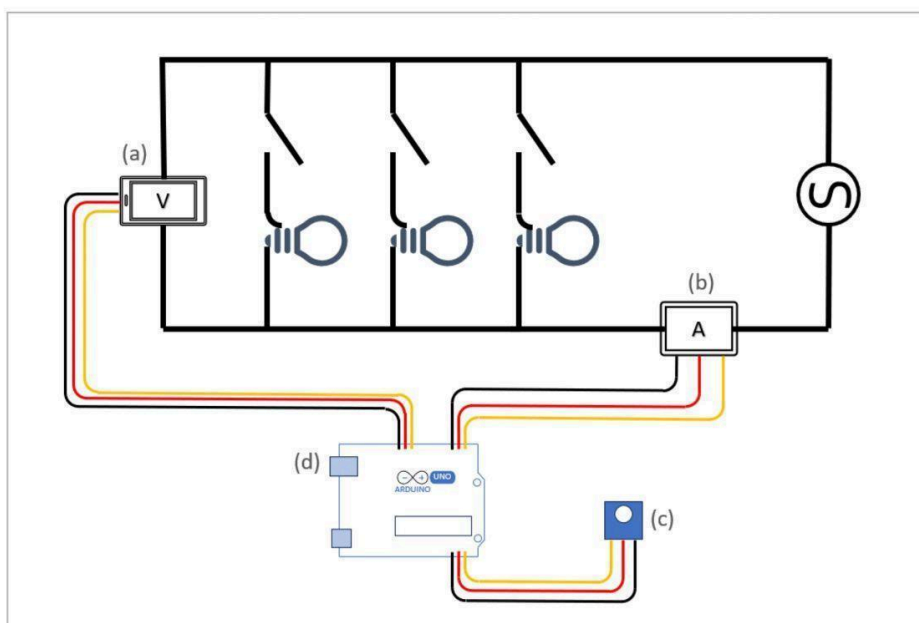
MONTAGEM DO DISPOSITIVO

A montagem seguirá o diagrama ilustrado na figura 7, composta por três lâmpadas interligadas em paralelo, cada uma com seu próprio interruptor. A montagem conta com um

21

sensor em paralelo para medir a tensão da rede elétrica (a) e outro sensor em série para mensurar a corrente elétrica (b) total do circuito. Para calibrar o sensor de corrente elétrica, foi acrescentado um potenciômetro ©. Esses sensores estão interligados ao Arduino (d) que realiza a leitura dos dados e os exibe na tela do computador.

Figura 7: Diagrama da montagem do dispositivo. São representados o (a) sensor de tensão elétrica, (b) sensor de corrente elétrica e o (c) potenciômetro conectados ao (d) Arduino.

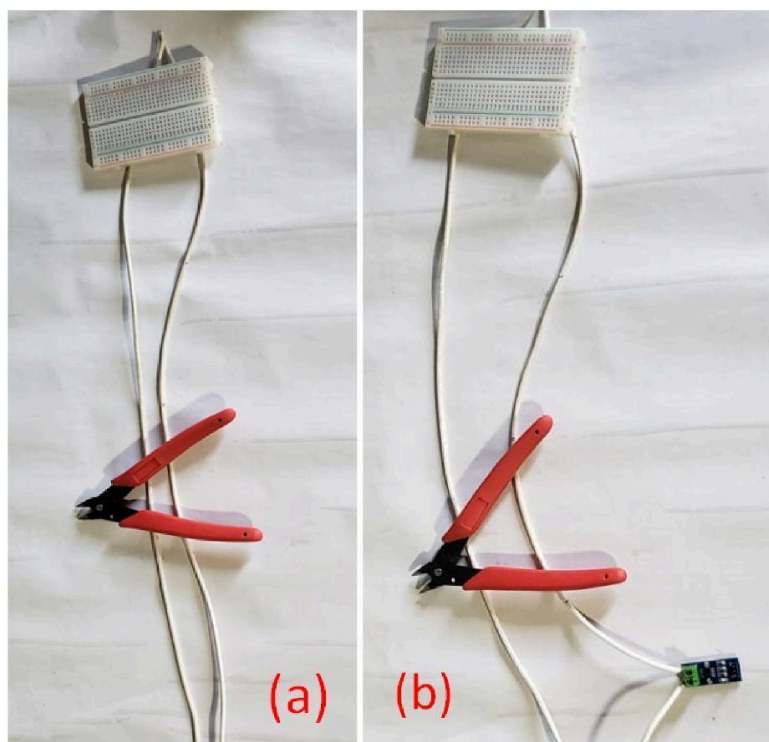


Fonte: Autor.

Primeiramente, monta-se a parte “invasiva” do circuito, ou seja, os sensores e módulos que são conectados diretamente nos fios da lâmpada.

A montagem deve ser iniciada com a inserção do sensor de corrente elétrica ACS712. Para isso, devemos separar os dois fios do cabo paralelo em aproximadamente 80 cm, como mostra a figura 8(a). O próximo passo é cortar um desses fios e conectar nos terminais do sensor de corrente elétrica, representado na figura 8(b), deixando-o em série com o circuito.

Figura 8: Separação do cabo paralelo (a) e conexão em série o sensor de corrente elétrica (b).

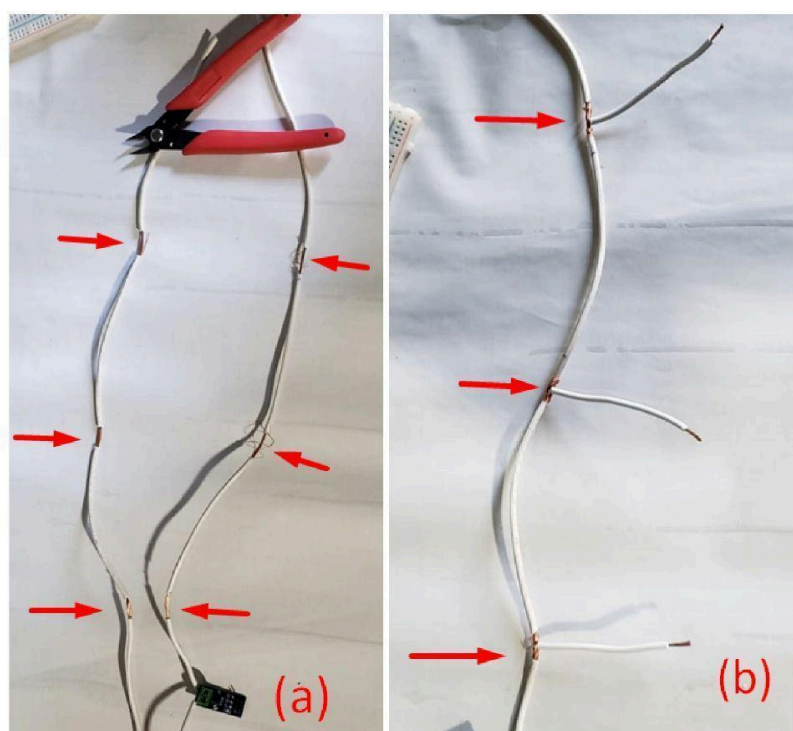


Fonte: Autor.

O próximo passo é preparar o fio para conectar os interruptores e os receptáculos das lâmpadas. Basta descascar três pequenos segmentos de cada fio para realizar uma conexão em T, como ilustra a figura 9(a). Com pequenos fios de aproximadamente 5 cm de comprimento, deve-se fazer a conexão em T com as partes descascadas nos dois fios, como representado na figura 9(b).

23

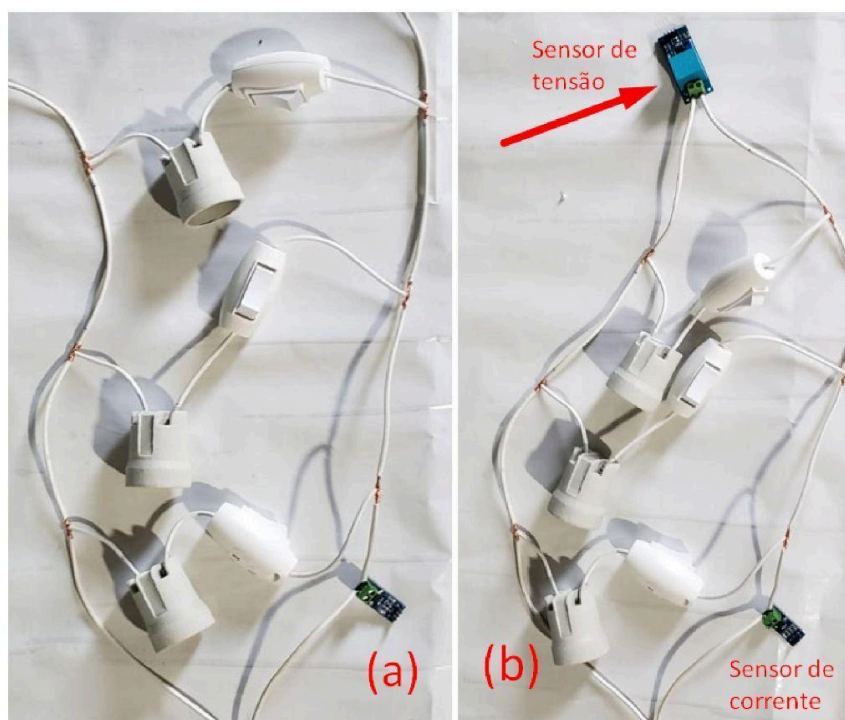
Figura 9: Preparação do fio para conexão dos interruptores e soquetes (a) e a representação da conexão que deve ser feita (b).



Fonte: Autor.

A seguir deve-se conectar um interruptor e um receptáculo de lâmpada em cada um desses três ramais, como mostra a figura 10(a). Quase finalizando esta etapa da montagem do dispositivo, o sensor de tensão elétrica ZMPT101B deve ser conectado em paralelo com os receptáculos, como indica a figura 10(b).

Figura 10: Conexão dos interruptores e receptáculos de lâmpadas (a) em paralelo com o sensor de tensão elétrica (b).

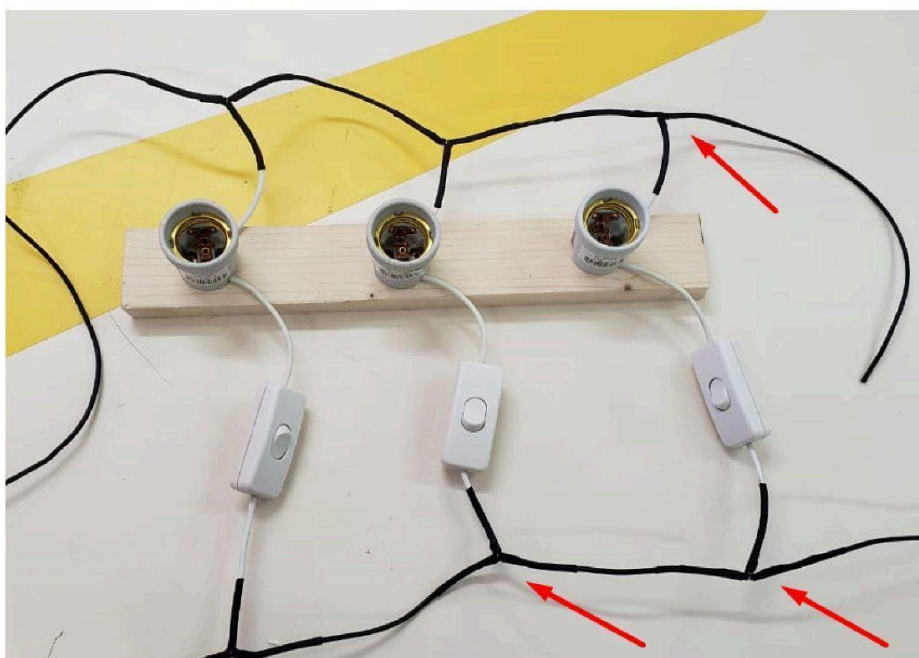


Fonte: Autor.

Agora basta isolar perfeitamente todas as conexões que oferecem risco de choque elétrico utilizando tubo termocontrátil ou fita adesiva isolante, conforme a figura 11. Para facilitar o manuseio do aparato experimental, é indicado parafusar os receptáculos em uma ripa de madeira de aproximadamente 40 cm de comprimento, e a primeira etapa estará completa.

25

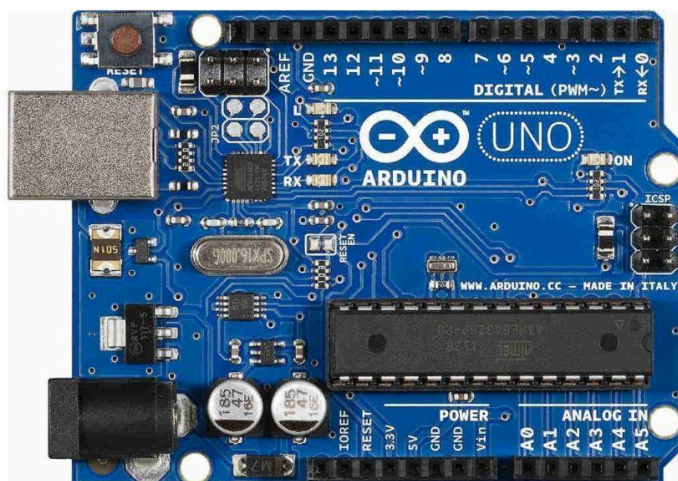
Figura 11: Imagem das conexões devidamente isoladas e com os receptáculos parafusados em uma ripa.



Fonte: Autor.

Iniciando a segunda etapa, agora esses sensores precisam ser ligados ao Arduino UNO (figura 12) juntamente com o potenciômetro. Os sensores de corrente e tensão elétrica são ligados em pinos analógicos (A1 e A0, respectivamente), enquanto o potenciômetro no pino analógico A5. E todos esses componentes devem ser alimentados pelo próprio Arduino, ligados nos pinos de 5 V e GND.

Figura 12: Arduino UNO.



Fonte:

https://pt.made-in-china.com/co_sunhokey/product_Arduino-Uno-R3-Development-Board-Microcontroller-for-DIY-Project_rogunohrg.html

Os pinos digitais estão localizados acima na parte superior da figura 12, de 0 à 13 e os pinos analógicos estão na parte inferior dessa mesma figura, indicados por *ANALOG IN*, de A0 a A5. *POWER* indica onde estão, dentre outros, os pinos de alimentação 5 V e GND.

O sensor de corrente elétrica deve ter o terminal VCC e GND conectados ao positivo e negativo, respectivamente, e o terminal OUT conectado no pino analógico A1, conforme a figura 13.

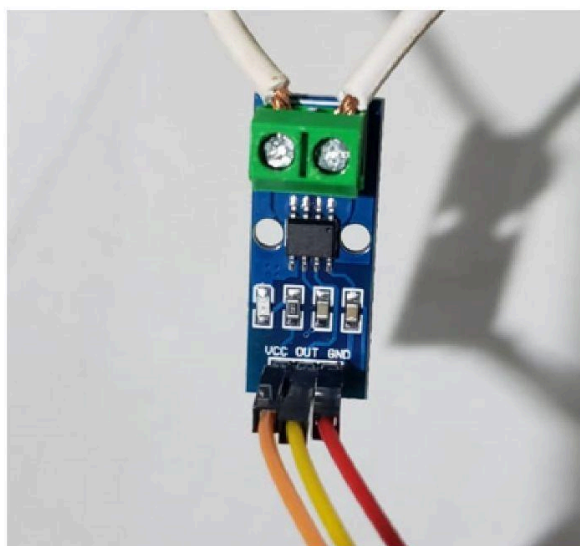
SAIBA MAIS

Se o leitor quiser entender um pouco melhor o funcionamento das portas digitais e analógicas do arduino, recomendamos o vídeo “Como usar Portas Digitais e Analógicas no ARDUINO” disponível na plataforma de vídeos YouTube no canal JuliaLabs. O QR Code abaixo redireciona diretamente ao vídeo.



27

Figura 13: Conexões do sensor de corrente. O fio laranja deve ser conectado ao 5V, o amarelo ao pino analógico A2 e o vermelho ao GND do Arduino.

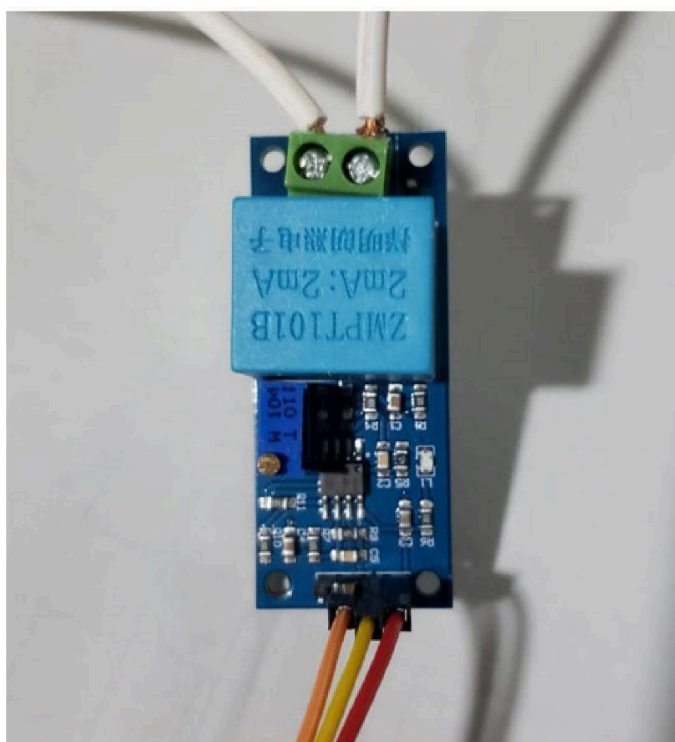


Fonte: Autor.

Para instalar o potenciômetro, é necessário conectar seus pinos laterais aos terminais positivo e negativo. Nesse contexto, não importa qual dos terminais seja positivo ou negativo. Quanto ao terminal central, ele deve ser conectado à entrada analógica A5 do Arduino.

Por último, o sensor de tensão elétrica deve ter os terminais GND e VCC ligados no negativo e positivo, respectivamente, e o terminal OUT no pino analógico A0 do Arduino, como mostra a figura 14.

Figura 14: Conexões do sensor de tensão. O primeiro pino, da esquerda para direita, permanece sem conexão. O fio laranja deve ser conectado ao GND do Arduino. O amarelo deve ser conectado ao pino analógico A0 e o vermelho ao 5V do Arduino.



Fonte: Autor.

Tanto os sensores quanto o potenciômetro podem ser conectados com auxílio de uma protoboard.

O próximo passo é programar o Arduino para que faça as leituras dos sinais analógicos das portas A0, A1 e A5. Para isso, é necessário que seja instalado o Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) - disponível em: <https://www.arduino.cc/en/software>. Ao conectar o Arduino no computador, via USB, e ser reconhecido no IDE, deve-se copiar o código disponibilizado abaixo e colar na interface.

O código disponibilizado é acompanhado de comentários em cada linha para facilitar a compreensão. Nos comentários, estão indicados os valores de calibração que não devem ser modificados, uma vez que a calibração requer a utilização dos potenciômetros, sendo o de

29

tensão elétrica integrado ao sensor. Mais adiante, no tópico de Calibração e Funcionamento do Dispositivo, será detalhadamente explicado o procedimento correto para calibração. Para o funcionamento correto do código, é necessário incluir a biblioteca EmonLib.h - cujo download é disponibilizado pelo link: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/emonlib/>. Para instalação, basta abrir o menu: *Sketch > Incluir Biblioteca (Include Library) > Adicionar Biblioteca .ZIP (Add .ZIP Library...)* e selecionar a pasta zipada.

```
#include "EmonLib.h" //Inclusão da biblioteca

#define CURRENT_CAL 18.40 //Manter esse valor de calibração
#define VOLT_CAL 211.6 //Manter esse valor de calibração

const int pinoTensao = A0; //Pino analógico para sensor de tensão
const int pinoSensor = A1; //Pino analógico para sensor de corrente
float ruido = 0.15; //Ruido que deve ser ajustado com carga
desligada

unsigned long time; //Variável para tempo

EnergyMonitor emon1; //Instância para corrente
EnergyMonitor emon2; //Instância para tensão

void setup() {

  Serial.begin(9600); //Inicia serial

  emon1.current(pinoSensor, CURRENT_CAL); //Manter esses valores
  emon2.voltage(pinoTensao, VOLT_CAL, 1.7); //Manter esses valores

  pinMode(A5, INPUT); //Pino analógico para potenciômetro

  time = millis(); //Recebe instante de tempo que arduino está
ligado em milissegundos
}

void loop() {

  float pot = analogRead(A5); //Lê valor do potenciômetro 0 a 1023

  float calib = pot / 1023; //Normaliza valor do potenciômetro 0 a
```

1

```
emon1.calcVI(17,100); //Manter esse valor
double currentDraw = emon1.Irms; //Recebe valor da corrente
currentDraw = currentDraw-ruído; //Retira o ruído da corrente

if(currentDraw < 0){ //Se a corrente for negativa:
    currentDraw = 0; //Assume valor de zero
}
Serial.print((millis()-time)/1000); //Imprime tempo (s)
Serial.print(",");
Serial.print(currentDraw*calib); //Imprime corrente calibrada
Serial.print(",");

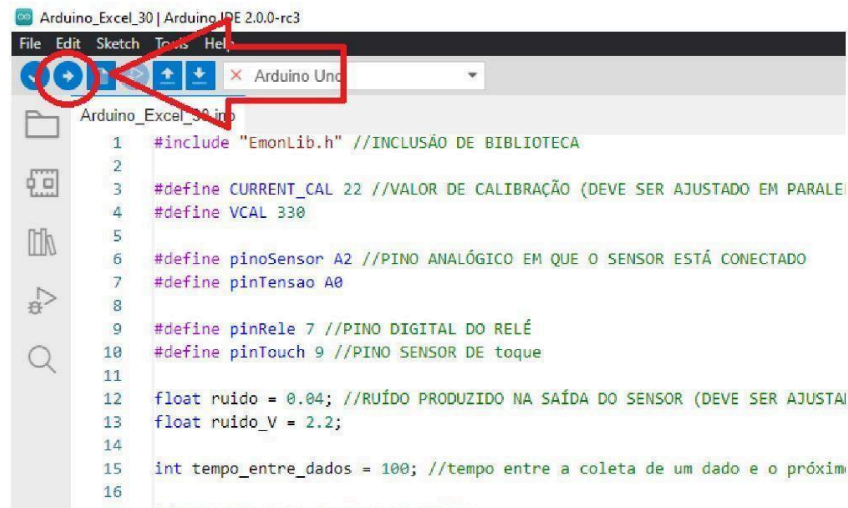
emon2.calcVI(17,2000); //Manter esse valor

float supplyVoltage = emon2.Vrms; //Recebe valor de tensão

Serial.println(supplyVoltage, 0); //Imprime valor inteiro de
tensão
}
```

Para enviar o código ao Arduino, é preciso compilar e exportar clicando na seta localizada no canto superior esquerdo, como aponta na figura 15.

Figura 15: A seta indica onde deve clicar para compilar o código e exportar para o Arduino.



Fonte: Autor.

Feito isso, o dispositivo está praticamente pronto para ser calibrado e testado.

CONFIGURAÇÃO DO EXCEL 365 E COLETA DE DADOS

Este software foi escolhido pela facilidade, simplicidade e segurança

para se conseguir a transposição dos dados do Arduino para o computador. Com a versão do Office 365 é possível fazer a conexão direta do Excel com o Arduino sem a necessidade de softwares terceiros. O próprio Excel oferece um suplemento (ou extensão) de Streamer de Dados, que permite leitura dos dados emitidos pelo Arduino em tempo real (Galbert, 2020). Além disso, outras opções viáveis para trabalhar com

OUTRAS OPÇÕES

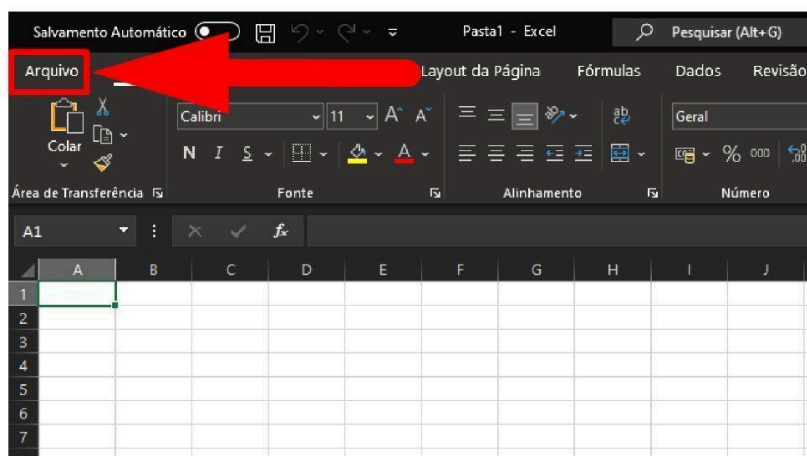
Para facilitar o entendimento e a visualização da habilitação do Streamer de Dados do Excel 365, recomendamos o vídeo "How to enable Data Streamer in Excel", disponível na plataforma de vídeos YouTube. O QR Code abaixo redireciona diretamente ao vídeo citado.



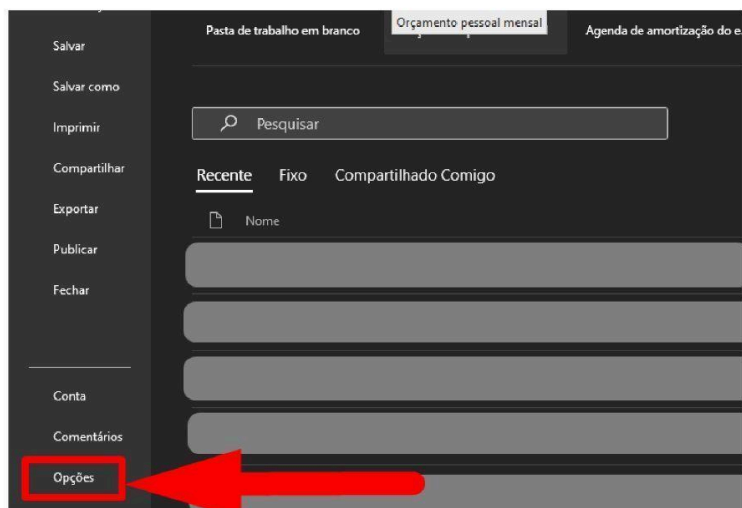
gráficos interativos utilizando dados do Arduino incluem plataformas como MATLAB, Python e Processing, as quais possibilitam a visualização dinâmica dos dados, fornecendo flexibilidade e recursos avançados para a apresentação dos resultados obtidos.

Para utilização desse suplemento é necessário ativá-lo antes. A ativação deve ser feita clicando em “Arquivo”, como mostra a figura 16, e depois em “Opções”, como na figura 17.

Figura 16: A seta vermelha indica onde deve ser clicado para iniciar a ativação do suplemento de Streamer de Dados.

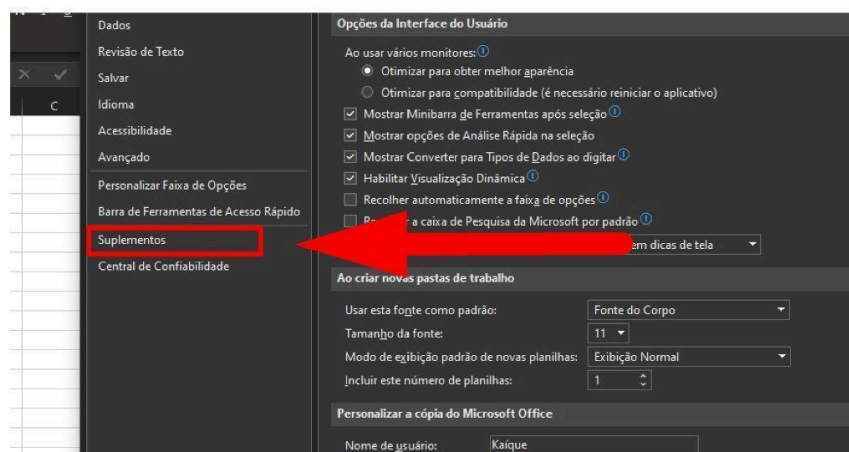


Fonte: Autor.

Figura 17: Indicação da localização do botão “Opções”.

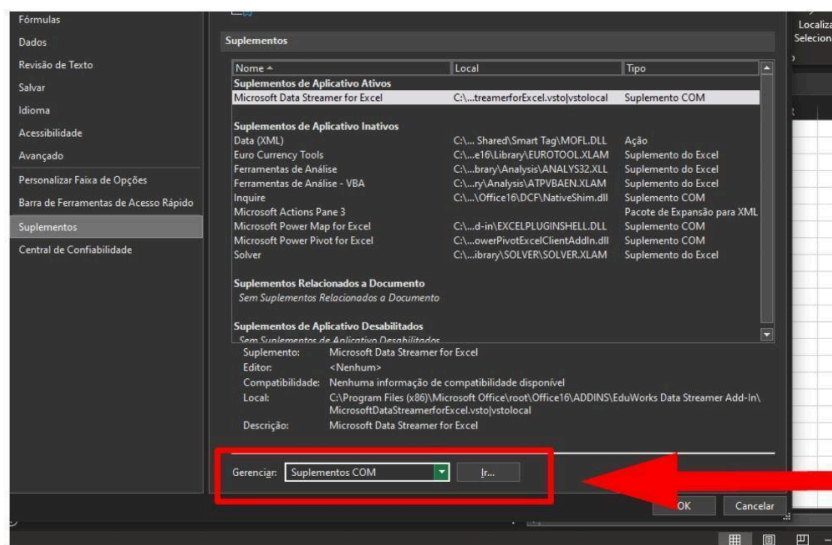
Fonte: Autor.

Depois de clicar em “Suplementos”, como indica figura 18, em “Gerenciar:” é preciso selecionar “Suplementos COM” e clicar em “Ir...”, tal como demonstrado na figura 19.

Figura 18: Localização do botão “Suplementos”.

Fonte: Autor.

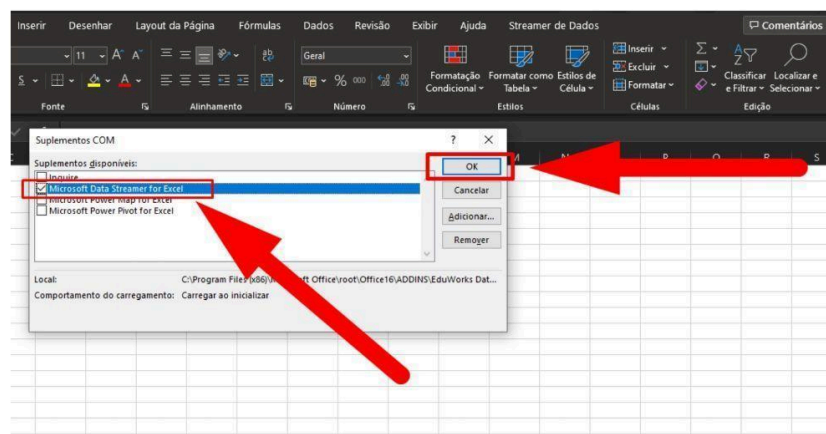
Figura 19: A marcação em vermelho mostra onde deve seleccionar “Suplementos COM” e clicar.



Fonte: Autor.

Feito isso, basta seleccionar “Microsoft Data Streamer for Excel” e depois clicar no botão “OK”, como mostra a figura 20, e o suplemento de Streamer de Dados estará pronto para uso.

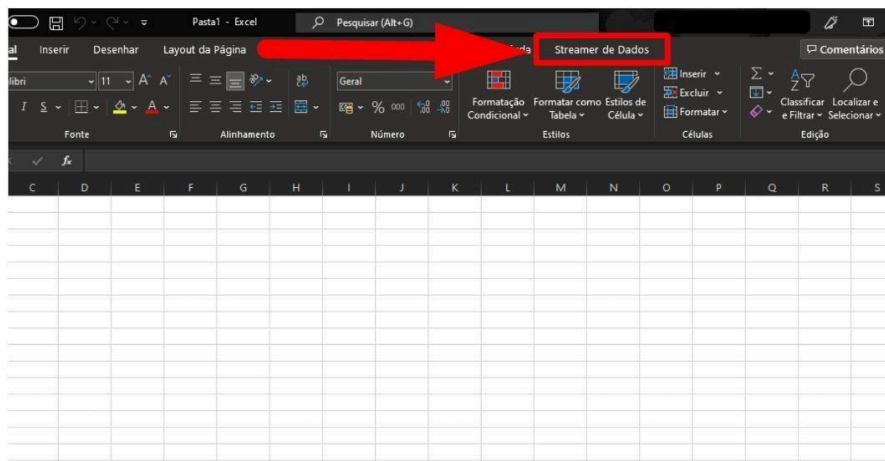
Figura 20: A seta vermelha indica onde deve clicar para finalizar a instalação do suplemento.



Fonte: Autor.

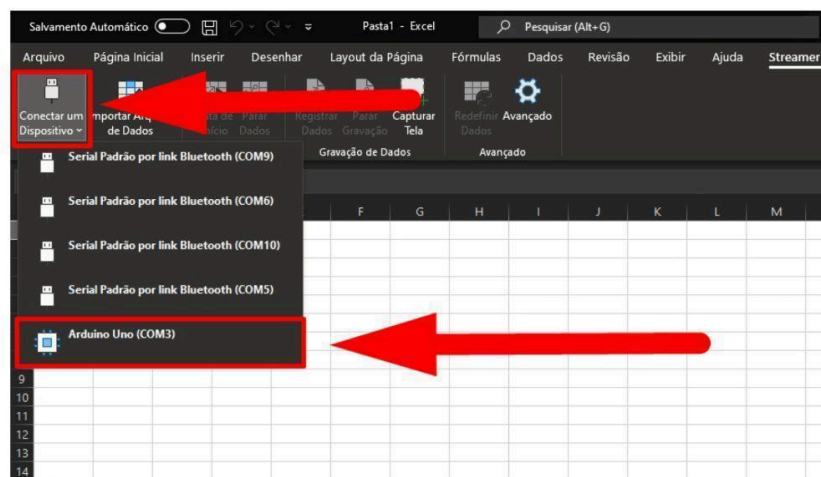
O próximo passo é conectar o Arduino no computador. Sendo assim, ao clicar na aba “Streamer de Dados”, em que a localização está demonstrada na figura 21, é preciso clicar em “Conectar um Dispositivo” e selecionar o arduino e a porta de COM que o arduino se conecta - nesta montagem utilizou o Arduino Uno que se conecta na porta COM3, conforme figura 22. Lembrando que para o Excel reconhecer o Arduino, este precisa estar conectado com o computador via cabo USB.

Figura 21: Indicação do botão “Streamer de Dados”.



Fonte: Autor.

Figura 22: A marcação em vermelho mostra onde se deve clicar para conectar o Excel ao Arduino.



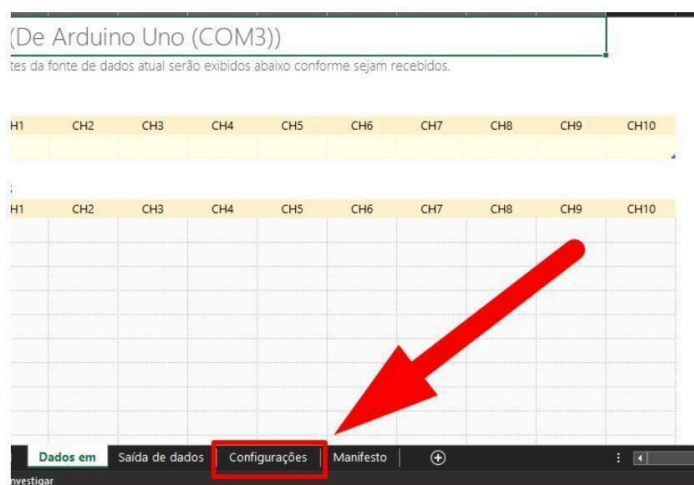
Fonte: Autor.

37

Depois de conectado, o Excel deve exibir a planilha exposta na figura 23 automaticamente - independente do Arduino e seu código. Antes de iniciar a aquisição dos dados, é necessário configurar a planilha. Essa configuração é feita na aba “Configurações” mostrada na figura 23.

Figura 23: Planilha do Excel depois de conectado ao Arduino. A seta vermelha indica a aba “Configurações”.

É importante saber que o Arduino não se conecta ao Excel se estiver com o Monitor Serial do IDE aberto. Quando o Monitor Serial do IDE do Arduino está aberto, ele ocupa a mesma porta de comunicação que o Excel tenta utilizar para estabelecer a conexão direta com o Arduino. Como resultado, ocorre um conflito de uso de porta, impossibilitando a comunicação entre o Arduino e o Excel. Para resolver esse problema, é necessário fechar o Monitor Serial do IDE antes de conectar o Arduino ao Excel, garantindo o uso exclusivo da porta para a comunicação desejada.

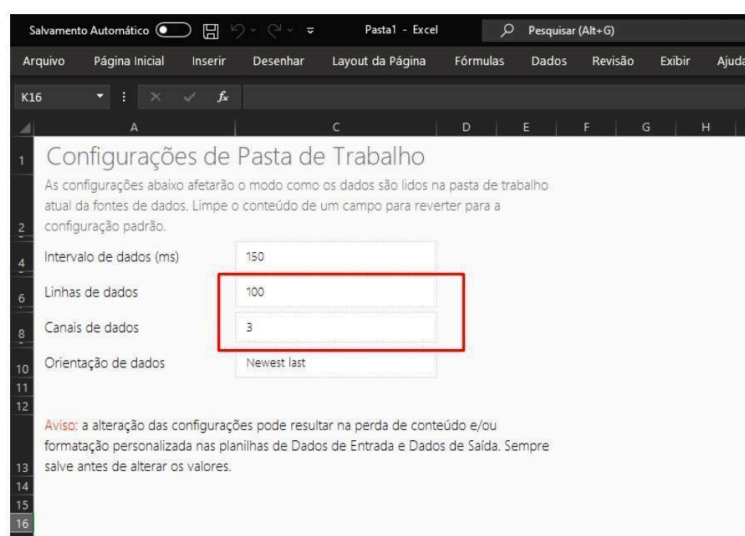


Fonte: Autor.

Esta aba exibe algumas opções que podem ser alteradas, como: Intervalo de tempo (ms), Linhas de dados, Canais de dados e Orientações de dados. A opção “Canais de dados” deve ser alterada para 3 e aproximadamente 100 linhas de dados, como é mostrado na figura 24.

A quantidade de linhas que o professor escolher será a quantidade de pontos de dados que será impressa nos gráficos. Recomendamos 100 linhas, mas fica a critério do professor se for conveniente outro valor.

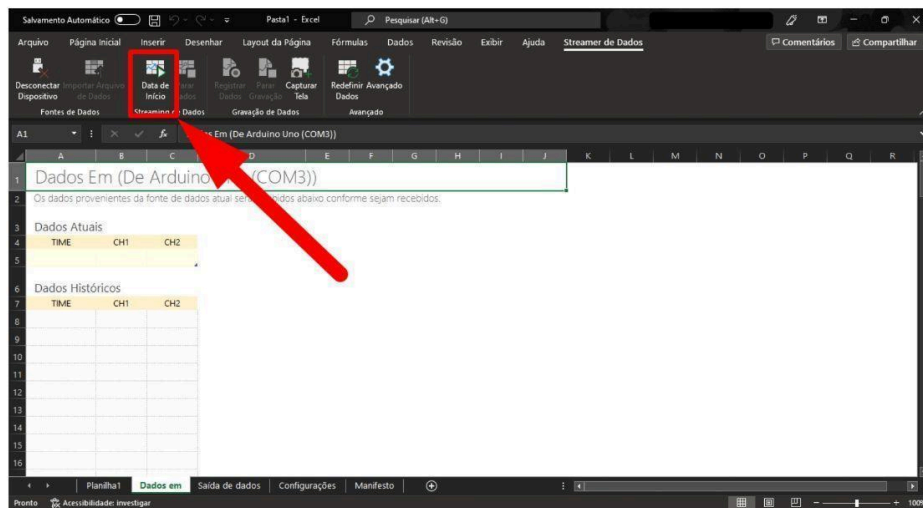
Figura 24: Planilha da aba “Configurações”. Em vermelho, indica-se como devem ser as alterações de linhas e canais.



Fonte: Autor.

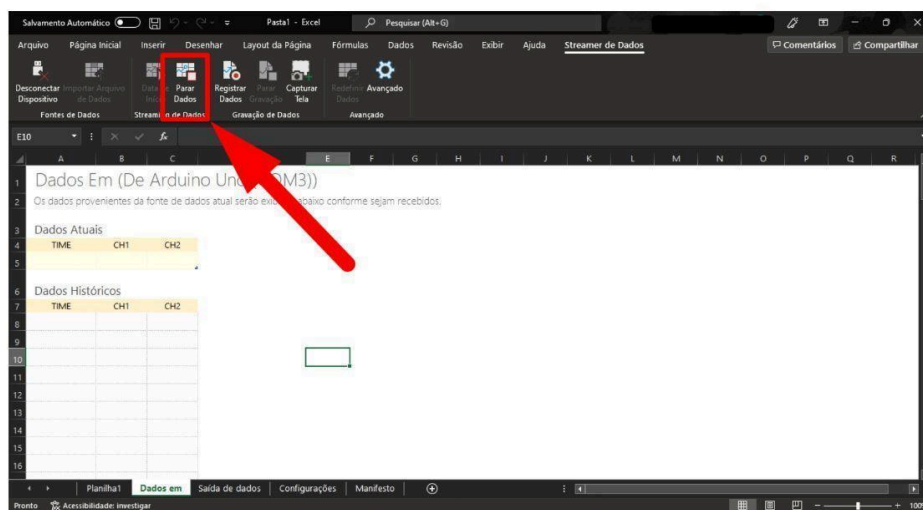
Para iniciar a aquisição de dados deve-se clicar em “Data de Início” na aba “Dados em”, como mostra a figura 25, e para finalizar basta clicar no ícone “Parar Dados”, conforme figura 26.

Figura 25: Indicação do botão “Data de Início” para iniciar aquisição de dados do Arduino.



Fonte: Autor.

Figura 26: Indicação do botão “Parar Dados” para interromper a coleta de dados.



Fonte: Autor.

CALIBRAÇÃO E FUNCIONAMENTO DO DISPOSITIVO

O dispositivo deve ser testado e calibrado antes de ser utilizado em sala de aula. Para isto, será necessário um amperímetro capaz de medir correntes alternadas e um voltímetro.

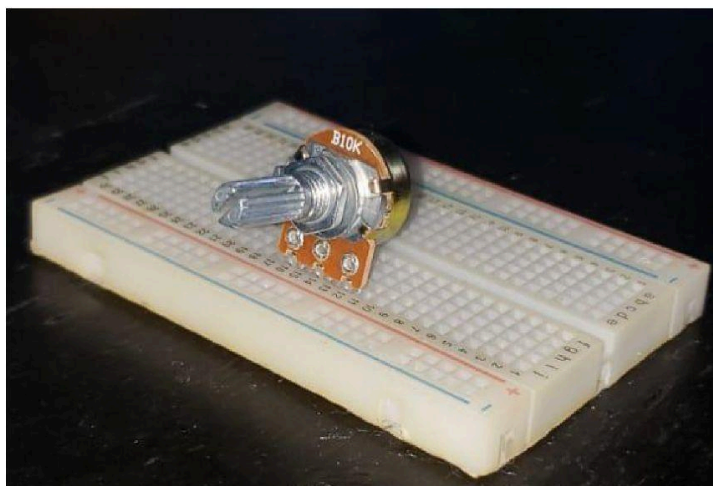
O funcionamento é simples: a coluna CH1 da planilha fornece o instante medido entre o início e o fim da coleta de dados. Já a coluna CH2 fornece os valores de corrente elétrica e o CH3 os valores de tensão elétrica.

Para calibrar o sensor de tensão elétrica, basta ajustar o potenciômetro acoplado ao sensor (identificado na figura 27) com uma pequena chave de fenda até que o valor lido pelo arduino seja igual ao do voltímetro. Já o sensor de corrente elétrica deve ser calibrado da mesma forma, porém através do potenciômetro conectado ao arduino, como mostra a figura 28, até que o valor lido seja igual ao do amperímetro.

Figura 27: Identificação do potenciômetro do sensor de tensão para calibração.



Fonte: Autor.

Figura 28: Potenciômetro linear de 10kΩ.

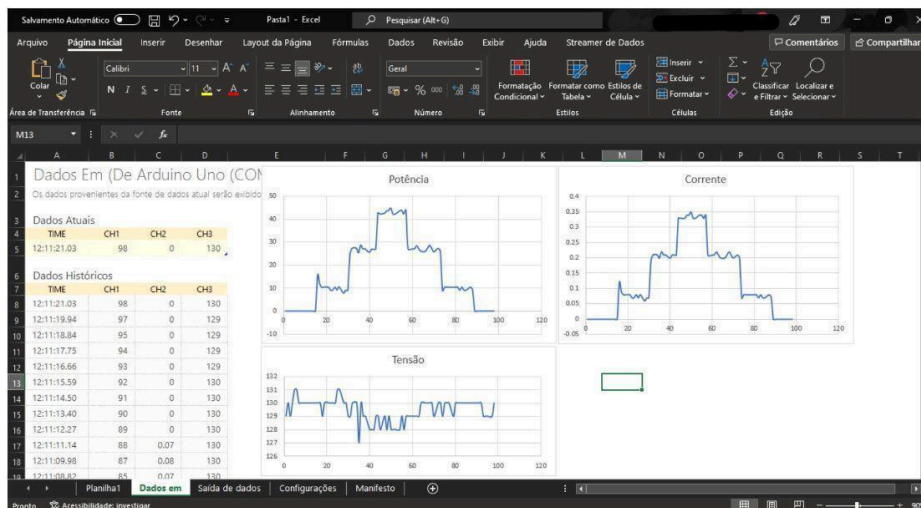
Fonte: Autor.

Para calcular a potência elétrica utilizamos a equação $P = V \cdot i$. Para realizar esse cálculo, nesse caso, deve-se multiplicar as colunas correspondentes à corrente e tensão.

Para que uma representação gráfica da potência consumida por uma dada configuração do circuito mostrado na figura 29 possa ser apresentada em tempo real aos alunos da turma, o professor deve construir no próprio excel um gráfico de dispersão e perceber as relações entre corrente e potência elétrica ao ligar e desligar as lâmpadas.

Por fim, o leitor deve realizar os próprios testes e se apropriar do dispositivo e da proposta pedagógica. Teste acender e apagar as lâmpadas em uma mesma tomada de dados, da forma registrada na figura 29.

Figura 29: Coletando os dados do dispositivo.



Fonte: Autor.

Referências

ALVES, V. C.; STACHAK, M. A importância de aulas experimentais no processo ensino aprendizagem em física: eletricidade. **XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, p. 1–4, 2005.

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de ensino de física**, v. 25, p. 176-194, 2003.

Arduino. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 28 jun. 2022.

ASTOLFI, Jean-Pierre et al.. As Palavras-Chave da Didática das Ciências. Trad. Maria Ludovina Figueiredo. Lisboa: **Instituto Piaget**, p. 149-158, 2002.

BATISTA, M. C.; FUSINATO, P. A.; BLINI, R. B. Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de Física. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 31, n. 1, p. 43–49, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BRAVO FILHO, Eronides Soares; HORA, José Sandro Santos. O MÉTODO PROPOSTO POR BACON PARA O PROGRESSO DAS CIÊNCIAS. *Revista Interdisciplinar de Pesquisa e Inovação*, v. 1, n. 1, 2015.

EISBERG, R.; RESNICK, R. **FÍSICA QUÂNTICA: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas**. 8a edição, Editora Campus.

FETZNER FILHO, G. Experimentos de baixo custo para o ensino de física em nível médio usando a placa Arduino-UNO. 2015.

FISTER, Pedro Henrique Ferreira et al.. Análise do processo de aprendizagem da disciplina de física pelos discentes do ensino médio no centro de ensino Graça Aranha. **Anais IX CONEDU**. Campina Grande: Realize Editora, 2023.

GALBERT, Angel K. Development of an E-Glove with Embedded Stretchable Sensors for Aiding in Hand Rehabilitation. 2020. Tese de Doutorado. University of Sheffield (United Kingdom).

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química nova na escola**, v. 10, n. 10, p. 43–49, 1999.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 10a edição. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

HEWITT, Paul G. Física Conceitual. 12a edição. São Paulo: Pearson, 2021.

MARTINAZZO, C. A. et al. Arduino: Uma tecnologia no ensino de física. **Revista Perspectiva**, v. 38, n. 143, 2014.

MOREIRA, D. F. **A experimentação como um caminho para a verdade. Pensamento Extemporâneo**, 2012. Disponível em: <<https://pensamentoextemporaneo.com.br/?p=2163>>. Acesso em: 28 jun. 2022

MOREIRA, M. A. ¿Al final, qué es aprendizaje significativo?. **Curriculum: revista de teoría, investigación y práctica educativa**. La Laguna, Espanha. No. 25 (marzo 2012), p. 29-56, 2012.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 3. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2022.

MOREIRA, M. P. C. et al. Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 721-745, 2018.

SANTOS, J. A. DOS. Instrumentação eletrônica com o arduino aplicada ao ensino de física. 2015.

STODOLNA, Aneta S. et al. Hydrogen atoms under magnification: Direct observation of the nodal structure of Stark states. *Physical Review Letters*, v. 110, n. 21, p. 213001, 2013.

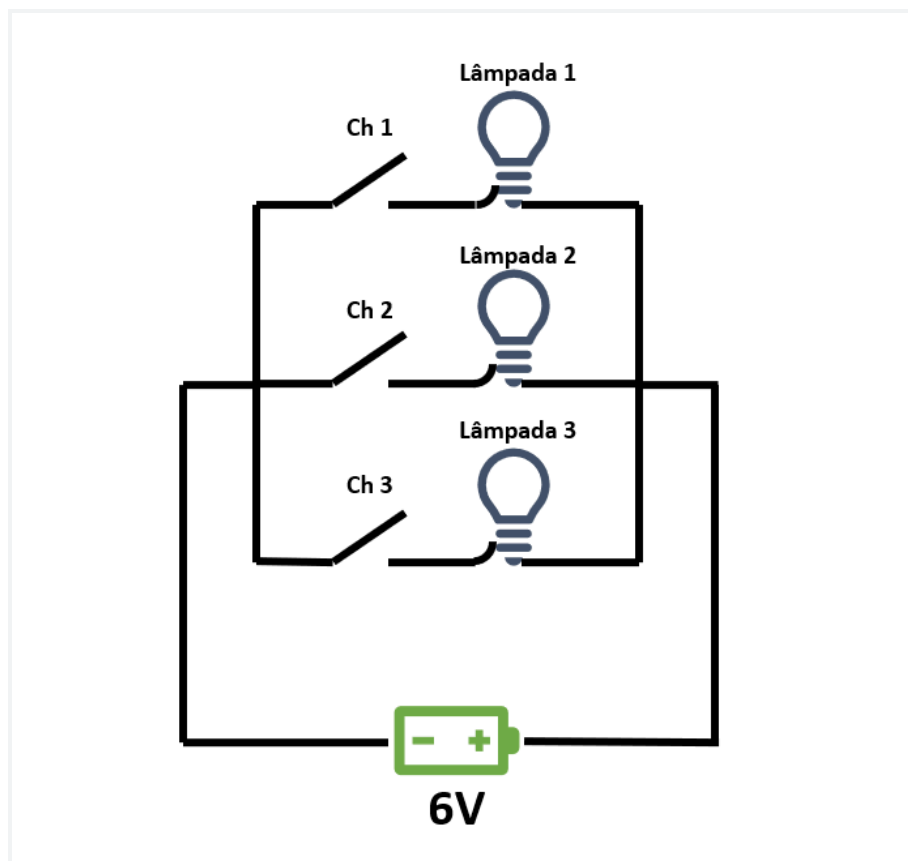
VANIEL, B. V.; HECKLER, V.; ARAÚJO, R. R. Investigando a inserção das TIC e suas ferramentas no ensino de física: estudo de caso de um curso de formação de professores. **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física–SNEF**, 2011.

Apêndice B

PRÉ-TESTE, PÓS-TESTE E PESQUISA DE OPINIÃO

PRÉ-TESTE

1. Qual o significado físico da potência elétrica?
2. Qual a relação entre a potência e a corrente elétrica?
3. Se uma lâmpada foi ligada em uma tomada cuja tensão elétrica é de 127 V e, utilizando um amperímetro, medir uma corrente elétrica com valor de 0,6 A, qual deve ser a potência elétrica desta lâmpada?
4. Analise o diagrama mostrado abaixo:



Fonte: Autor.

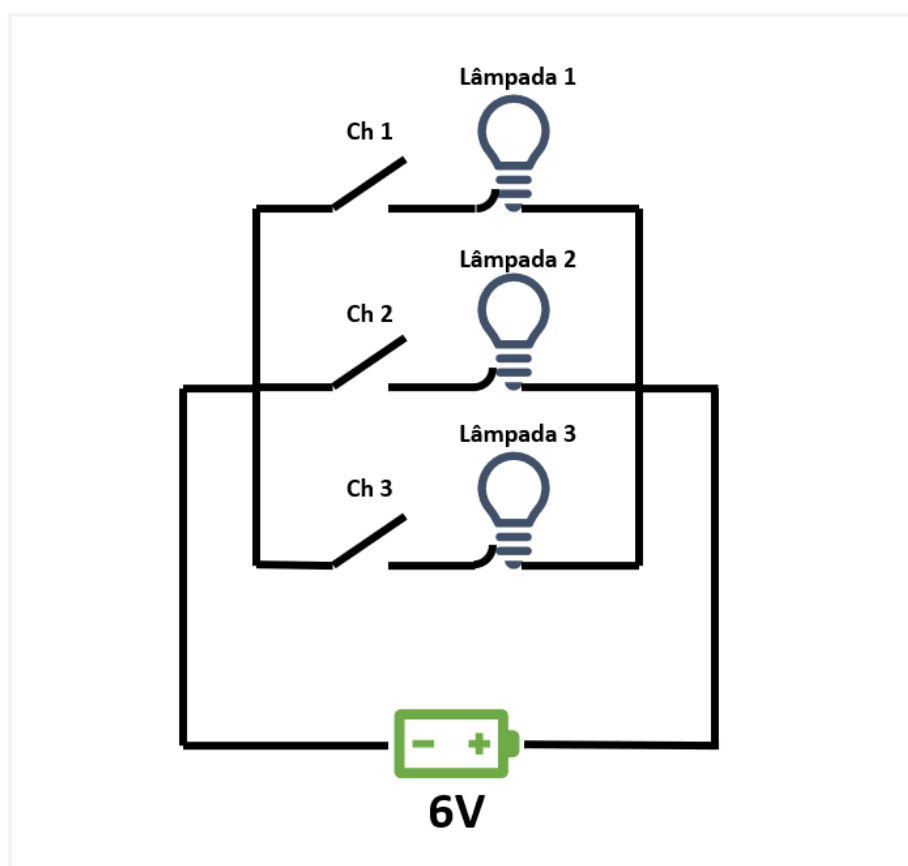
A lâmpada 1 tem potência de 1 W, a lâmpada 2 tem potência de 1,6 W e a lâmpada 3 tem potência de 1,2 W. Todos os interruptores estão desligados. Sabendo disso, qual deve ser a corrente elétrica quando:

- apenas o interruptor 1 é ligado?
- apenas o interruptor 2 é ligado?
- os interruptores 1 e 3 são ligados?
- os interruptores 2 e 3 são ligados?
- todos os interruptores são ligados?

PÓS-TESTE

- Qual o significado físico da potência elétrica?
- Qual a relação entre a potência e a corrente elétrica?

3. Qual a potência elétrica fornecida a um circuito que contém duas lâmpadas conectadas em paralelo em uma rede elétrica de 127 V? Uma das lâmpadas tem especificações de 20 W e a outra de 25 W quando conectadas em 127 V.
4. Qual a potência de um dispositivo conectado à rede elétrica com 120 V quando se mede uma corrente elétrica de:
 - a. 0,2 A?
 - b. 0,5 A?
 - c. 1,2 A?
5. Analise o diagrama mostrado abaixo:



Fonte: Autor.

- A lâmpada 1 tem potência de 1 W, a lâmpada 2 tem potência de 1,6 W e a lâmpada 3 tem potência de 1,2 W. Todos os interruptores estão desligados. Sabendo disso, qual deve ser a corrente elétrica quando:
- a. apenas o interruptor 1 é ligado?
 - b. apenas o interruptor 2 é ligado?
 - c. os interruptores 1 e 3 são ligados?
 - d. os interruptores 2 e 3 são ligados?

- e. todos os interruptores são ligados?

PESQUISA DE OPINIÃO

1. A atividade possibilitou um melhor entendimento sobre potência elétrica e suas relações/implicações?
 - a. Se sim, explique como/em que aspectos.
 - b. Se não, o que poderia ser melhorado?
2. Qual a sua opinião sobre a utilização de equipamentos tecnológicos no ensino da Física?
3. Você indicaria a atividade para outros alunos que precisam aprender sobre potência elétrica?
4. Na sua opinião, o que foi mais marcante durante a atividade?

Apêndice C

DOCUMENTOS RELACIONADOS AO CEP

Neste apêndice encontra-se os documentos necessários e aprovados pelo Comitê Ética e Pesquisa em Seres Humanos:

1. Parecer consubstanciado do CEP
2. TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
3. TALE – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: Arduino como Ferramenta para Aquisição de Dados em Experimento Didático de Eletricidade

Pesquisador: Kaíque Thiago de Souza

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 61048222.8.0000.5504

Instituição Proponente: MNPEF-MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA POLO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.748.534

Apresentação do Projeto:

Desenho: A finalidade da pesquisa é desenvolver um material potencialmente significativo para o Ensino de Física. Será disponibilizado para a comunidade de professores um produto educacional que contará com roteiros de construção e utilização, além de sequência didática para as aulas. Trata-se de um experimento de eletricidade que utiliza o Arduino para realizar a aquisição dos dados. A aplicação da pesquisa será feita com estudantes voluntários de uma escola da rede privada de Campinas, SP. Eles terão que responder a um questionário antes da aplicação e outro depois, a fim de conseguirmos avaliar se houve contribuição da atividade para aprendizagem do conteúdo, à luz do referencial teórico de Ausubel. Eles também serão submetidos a uma pesquisa de opinião sobre o uso de experimentos e tecnologias digitais no ensino de Física. Durante a aplicação, os estudantes irão receber um roteiro para a aquisição dos dados e também um pequeno relatório para ser respondido. ESSA PESQUISA OBSERVA A RESOLUÇÃO Nº 510, DE 07 DE ABRIL DE 2016.

Resumo: Propomos um material didático que será disponibilizado gratuitamente à comunidade de professores do Ensino Médio. Trata-se de um experimento de eletricidade que utiliza o Arduino para a aquisição de dados. As metodologias de ensino empregadas nessa atividade são de experimentação e tecnologia de informação e comunicação. Sob ótica do psicólogo David Ausubel, queremos identificar se o material proposto é potencialmente significativo. O circuito elétrico é

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

UF: SP

Município: SAO CARLOS

CEP: 13.565-905

Telefone: (16)3351-9685

E-mail: cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 5.748.534

composto por uma associação de lâmpadas de LED conectadas em paralelo. Os dados gerados permitem análise de diversas grandezas físicas, tais como corrente elétrica, tensão elétrica e potência elétrica, além de gerar gráficos em tempo real.

Introdução: A busca pelo conhecimento sempre foi algo natural à humanidade. Em nossa história sempre buscamos formas para conhecer e entender a nossa realidade. Porém, esse não é um caminho simples e muitas vezes acabamos incorrendo em um pensamento ou ideia não verdadeira. Há muito tempo já se procurava um método capaz de reduzir cada vez mais esse erro, um exemplo clássico é Aristóteles (MOREIRA, 2012). Segundo Giordan (1999), a experimentação, a observação e o pensamento aristotélico desde aquela época já tinham sua importância para quem decidiu se aprofundar no mundo das ciências para entender os fenômenos presentes na natureza e também para o desenvolvimento do conhecimento científico. Entretanto, passados mais de 2300 anos da existência de Aristóteles, muitas propostas de ensino presentes nas escolas ainda não têm a experimentação e observação como eixo principal para a elaboração do conhecimento de seus alunos. O mesmo autor ressalta que é comum os professores da área de Ciências do ensino básico e médio reconhecerem a importância da experimentação na sala de aula. Em muitos trabalhos, os depoimentos dos alunos é sempre exaltando esta metodologia por ser motivador e lúdico. Batista et al. (2009) trouxeram em seus estudos uma luz à discussão sobre a importância da experimentação no ensino de Física em um relato de uma atividade desenvolvida com alunos do 1º ano do Ensino Médio (EM). A dinâmica do trabalho contou com a confecção de experimentos por parte dos alunos sob orientação do professor e, por fim, tiveram que apresentar o resultado final à turma. Os autores concluíram que os alunos apresentaram grande motivação, tornaram-se responsáveis pelos seus processos de ensino-aprendizagem e ficaram satisfeitos com os resultados do projeto, oferecendo uma aprendizagem mais significativa. Outra abordagem do ensino de Física de forma inovadora e motivadora é através da tecnologia da informação e comunicação, denominadas TIC, como ferramenta pedagógica. Vaniel et al. (2011) explicam a importância da inserção e apropriação dessa metodologia por parte dos professores de Física através de um curso de formação de docentes. Segundo os autores, existe uma carência nas salas de aula de tratar a Física de forma não tradicional, com apenas lousa e giz, e defende a inserção de TIC para que o estudante promova reflexões críticas e se torne autônomo em seu processo de ensino-aprendizagem. Uma alternativa que vem ganhando notoriedade como ferramenta para ensinar Física utilizando as TIC é usufruir da plataforma de prototipagem Arduino. Segundo o site oficial, o "Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica open-source que se baseia em

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

UF: SP

Município: SAO CARLOS

CEP: 13.565-905

Telefone: (16)3351-9685

E-mail: cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 5.748.534

hardware e software flexíveis e fáceis de usar. É destinado a artistas, designers, hobbistas e qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos” (“Arduino”, 2022). Alguns autores mostraram em seus estudos que utilizar Arduino como uma ferramenta de TIC para aquisição de dados em experimentos didáticos pode ser motivador, interessante e capaz de auxiliar no ensino de Física, facilitando o processo de aprendizagem dos estudantes. Fetzner Filho (2015) trouxe em seu estudos formas de adquirir dados e gráficos de Posição vs Tempo para movimentos uniforme e uniformemente acelerados para trabalhar conceitos de velocidade média e instantânea, velocidade limite, aceleração média, queda livre, forças conservativas e dissipativas, etc. Outra maneira de realizar aquisição de dados para experimentação no ensino de Física foi apresentada por Martinazzo et al. (2014). Esses autores trouxeram estudos sobre calorimetria e movimento, como variação da temperatura na evaporação do álcool, lei do resfriamento de Newton, movimento harmônico simples amortecido e movimento uniformemente variado. Santos (2015) apresenta uma proposta para aquisição de dados de temperatura de água esquentada por aquecedor de 1kW, o qual foi possível trabalhar questões como a capacidade térmica e o calor específico da água, temperatura de ebulição, etc. A utilização de TIC e experimentação em sala de aula pode favorecer a aprendizagem significativa, conceito criado pelo psicólogo David Ausubel. Segundo Moreira (2022), a aprendizagem significativa ocorre quando os novos conceitos são fundamentados em proposições preexistentes na estrutura cognitiva do estudante, ou seja, em seus conhecimentos prévios. Neste contexto, é importante ressaltar a realização de trabalhos que reforçam o uso do Arduino como uma ferramenta para o ensino de Física a fim de promover a aprendizagem significativa dos estudantes em sala de aula. Sendo assim, este projeto tem como principal objetivo propor a confecção e aplicação de um experimento didático com a utilização do Arduino para aquisição de dados de corrente e tensão elétrica de uma associação de lâmpadas, buscando dar sentido e significado aos conhecimentos prévios e teóricos que os alunos têm sobre a eletricidade e todos os outros entendimentos vinculados a esta área.

Hipótese: Procuramos avaliar a contribuição para a aprendizagem de um experimento realizado com a utilização de Arduino no ensino de eletricidade. Para tal, iremos identificar quais são os subsunçores (conhecimentos prévios) dos estudantes participantes com um questionário antes da aplicação do experimento. Ao final da prática, os estudantes irão responder outro questionário. Faremos a comparação entre as respostas dadas pelos alunos nesses questionários para identificar se houve contribuição da prática para o domínio do conteúdo dos alunos. Procuramos casos em que os estudantes dão respostas equivocadas no primeiro questionário e corretas no segundo. Ou

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235
Bairro: JARDIM GUANABARA
UF: SP **Município:** SAO CARLOS
Telefone: (16)3351-9685 **CEP:** 13.565-905
E-mail: cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 5.748.534

caso em que o aluno responda corretamente no primeiro questionário, mas no segundo responda com maior propriedade sobre o conteúdo estudado.

Metodologia Proposta: O objetivo desta pesquisa é propor e avaliar um experimento de conteúdos de Física relativos à eletricidade. A população a ser estudada será composta por um grupo de estudantes do terceiro ano do Ensino Médio da rede privada no contraturno das aulas. Com o propósito de estudar o aprendizado dos alunos e a contribuição da prática, iremos passar três questionários aos alunos. Anterior à aplicação, os alunos devem responder a um pré-teste e após a aplicação a um pós-teste e uma pesquisa de opinião. Os questionários estão detalhados abaixo. Pré-teste: será constituído por quatro perguntas sobre eletricidade para que possamos avaliar os conhecimentos prévios dos alunos acerca do tema. Esse questionário será feito de forma online via formulário da plataforma Google, o qual o link será disponibilizado previamente. Pós-teste: será formado por cinco perguntas relacionadas com a prática. A intenção é que as questões sejam praticamente as mesmas que do pré-teste, com algumas diferenças para conseguirmos comparar as respostas dos alunos e avaliar se há indícios de que a aprendizagem foi realmente significativa, observando, dessa forma, as contribuições da experimentação. O questionário será feito de forma online via formulário da plataforma Google, o qual o link será disponibilizado ao término da prática. Pesquisa de opinião: será composto por quatro perguntas simples sobre as impressões dos estudantes acerca do experimento e utilização de instrumentos tecnológicos para o ensino de Física, como Arduino e seus componentes e aquisição de dados automática em um computador. Durante a aplicação do experimento, os estudantes receberão um roteiro para aquisição dos dados e um questionário em formato de relatório. O pré-teste, pós-teste e pesquisa de opinião estão disponíveis no Apêndice E e o relatório está disponível no Apêndice D. **TODOS OS DADOS GERADOS NO AMBIENTE ONLINE SERÃO SALVOS EM UM PENDRIVE E APAGADOR DO AMBIENTE VIRTUAL.** A aplicação do produto educacional será feita conforme a Sequência Didática, disponível no Apêndice C. Todos os cuidados para a redução de riscos serão tomados. As lâmpadas utilizadas serão de LED e baixa potência, minimizando um possível risco de queimaduras; a corrente máxima será de 1 A e todas as ligações elétricas serão feitas previamente pelo pesquisador, encontrando-se devidamente isoladas. Para essa pesquisa serão considerados como critérios de inclusão: - Ser estudante do terceiro ano do ensino médio regularmente matriculado na Escola Comunitária de Campinas, sediada na cidade de Campinas - SP; - Ter preenchido e assinado eletrônica ou fisicamente o termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TALE). Como critério de exclusão serão considerados: - Não preencher e assinar

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

UF: SP

Município: SAO CARLOS

CEP: 13.565-905

Telefone: (16)3351-9685

E-mail: cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 5.748.534

o TCLE ou TALE;-Qualquer ação que cause constrangimento por parte do participante.É importante destacar que embora a pesquisa possa ocorrer com um número qualquer de participantes, prevê-se a participação de um número entre cinco e seis estudantes em cada grupo. Critério de Inclusão: -Ser estudante do terceiro ano do ensino médio regularmente matriculado na Escola Comunitária de Campinas, sediada na cidade de Campinas - SP;-Ter preenchido e assinado eletrônica ou fisicamente o termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TALE). Critério de Exclusão: -Não preencher e assinar o TCLE ou TALE;-Qualquer ação que cause constrangimento por parte do participante.

Metodologia de Análise de Dados: Será feita comparação qualitativa e quantitativa entre os questionários que serão disponibilizados antes e depois da aplicação. Também será possível analisar os relatórios e os gráficos gerados pelos estudantes, além da pesquisa de opinião sobre a prática.

Desfecho Primário: Esperamos que o experimento possa criar um ambiente favorável para aprendizagem do ensino de eletricidade com relação aos tópicos tratados, constituindo uma ferramenta didática que os professores possam utilizá-la em sala de aula.

Desfecho Secundário: Expandir a metodologia seguida neste projeto para outros tópicos de eletricidade

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário: O objetivo deste projeto é avaliar a contribuição de uma atividade experimental utilizando a tecnologia do Arduino para a aprendizagem de eletricidade, voltada aos alunos do Ensino Médio.

Objetivo Secundário: -Trabalhar conceitos de eletricidade - corrente elétrica, tensão elétrica e potência elétrica;-Evidenciar a relação entre as grandezas acima mencionadas;-Avaliar os conhecimentos prévios e a contribuição desta atividade para a compreensão e consolidação de conceitos relativos à temática de eletricidade;-Criar um ambiente favorável para estimular a curiosidade dos alunos para o Arduino e novas tecnologias digitais.

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235
Bairro: JARDIM GUANABARA **CEP:** 13.565-905
UF: SP **Município:** SAO CARLOS
Telefone: (16)3351-9685 **E-mail:** cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 5.748.534

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Nesse projeto de pesquisa serão coletadas informações através do preenchimento de questionários, garantindo-se a confidencialidade dos dados pessoais de cada participante. Entendemos que mesmo as perguntas tendo um cunho totalmente técnico, voltado para a avaliação dos conhecimentos na disciplina de Física, as mesmas podem causar, devido à vivência de cada participante, algum tipo de dano às dimensões física, psíquica, moral, intelectual, social, cultural ou espiritual, conforme prevê as RESOLUÇÕES CNS Nº 466/2012 e Nº 510/2016, EM SEU ARTIGO V. Visando minimizar ou evitar eventuais impactos de ordem não física nos âmbitos emocional, moral ou social, nesta pesquisa:-A todos os participantes serão apresentados em detalhes os objetivos da pesquisa da metodologia a ser empregada, e da segurança dos dados coletados;- Qualquer participante para retirar o consentimento ou assentimento a qualquer momento sem qualquer prejuízo de qualquer ordem;-EM CONFORMIDADE COM A RESOLUÇÃO CNS Nº466/2012 e Nº510/2016, todos os participantes possuem direito a indenização e assistência integral;-Para os casos nos quais ocorrer qualquer desconforto, o(s) participante(s) poderá(ão) buscar atendimento junto setor de apoio psicológico do colégio;-Para os casos no quais ocorrer qualquer dano físico, o(s) participante(s) será(ão) encaminhado(s) ao ambulatório do colégio para os primeiros socorros.

Benefícios: O desenvolvimento de material didático para a disciplina de Física, no ensino médio, constitui o principal benefício dessa pesquisa.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Vide campo conclusões.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Vide campo conclusões.

Recomendações:

Vide campo conclusões.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Solicitações da versão 1:

1-Explicitar como os dados coletados remotamente serão armazenados. Recomenda-se a leitura do documento em anexo em <https://www.propq.ufscar.br/etica/cep/ORIENTAESPARAPROCEDIMENTOSEMPESQUISASCOMQUALQU>

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

UF: SP

Município: SAO CARLOS

CEP: 13.565-905

Telefone: (16)3351-9685

E-mail: cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 5.748.534

ERETAPAEMAMBIENTEVIRTUAL.pdf ATENDIDA

2-Esta pesquisa é contemplada pela norma 510/2016, é necessário retificar esta informação nos termos. ATENDIDA

3-Elaborar uma carta a este parecerista informando como as solicitações foram atendidas. ATENDIDA

Considerações Finais a critério do CEP:

O pesquisador deve manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período de 5 anos após o término da pesquisa.

Diante do exposto, o Comitê de ética em pesquisa - CEP, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS nº 510 de 2016, manifesta-se por considerar "Aprovado" o projeto. Conforme dispõe o Capítulo VI, Artigo 28, da Resolução Nº 510 de 07 de abril de 2016, a responsabilidade do pesquisador é indelegável e indeclinável e compreende os aspectos éticos e legais, cabendo-lhe, após aprovação deste Comitê de Ética em Pesquisa: II - conduzir o processo de Consentimento e de Assentimento Livre e Esclarecido; III - apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento; IV - manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa; V - apresentar no relatório final que o projeto foi desenvolvido conforme delineado, justificando, quando ocorridas, a sua mudança ou interrupção. Este relatório final deverá ser protocolado via notificação na Plataforma Brasil. OBSERVAÇÃO: Nos documentos encaminhados por Notificação NÃO DEVE constar alteração no conteúdo do projeto. Caso o projeto tenha sofrido alterações, o pesquisador deverá submeter uma "EMENDA".

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1981112.pdf	12/10/2022 20:37:30		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_KAIQUE_.pdf	12/10/2022 20:37:07	Kaique Thiago de Souza	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE.pdf	12/10/2022 20:36:47	Kaique Thiago de Souza	Aceito

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

UF: SP

Município: SAO CARLOS

CEP: 13.565-905

Telefone: (16)3351-9685

E-mail: cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 5.748.534

TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	12/10/2022 20:36:38	Kaique Thiago de Souza	Aceito
Outros	CARTA_RESPOSTA.pdf	08/10/2022 10:11:03	Kaique Thiago de Souza	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto_assinada.pdf	13/07/2022 18:16:19	Kaique Thiago de Souza	Aceito
Declaração de concordância	carta_de_autorizacao_assinada.pdf	12/07/2022 18:23:21	Kaique Thiago de Souza	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO CARLOS, 09 de Novembro de 2022

Assinado por:
Adriana Sanches Garcia de Araújo
(Coordenador(a))

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235
Bairro: JARDIM GUANABARA **CEP:** 13.565-905
UF: SP **Município:** SAO CARLOS
Telefone: (16)3351-9685 **E-mail:** cephumanos@ufscar.br



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS/ CAMPUS SOROCABA
Pesquisador responsável: Kaíque Thiago de Souza
Endereço: Rua Antônio Marcos Pensamento da Silva, 217, Real Parque, Campinas, SP
Fone: (19) 98209-1074 E-mail: fisicakaique@gmail.com

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
(Resoluções 466/2012 e 510/2016 do CNS)

Você está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa Arduino como Ferramenta Para Aquisição de Dados e Elaboração de Gráficos em Experimento Didático de Eletricidade, que tem por objetivo propor e avaliar contribuição de experimento para aprendizagem na Física.

Sua participação nessa pesquisa auxiliará na obtenção de dados que poderão ser utilizados para fins científicos e educacionais, proporcionando maiores informações e discussões que poderão trazer benefícios para a área da Educação no Ensino de Física, para a construção de novos conhecimentos e para a identificação de novas alternativas e possibilidades de ensino. O pesquisador realizará o acompanhamento de todos os procedimentos e atividades desenvolvidas durante o trabalho.

Você foi selecionado (a) por ser estudante do ensino médio, da cidade de Campinas / SP, cidade onde o estudo será realizado. O estudo consiste na aplicação de um experimento que será realizado no período da tarde, em horário extraordinário ao das aulas. Antes da prática, você será convidado a responder um pequeno questionário que servirá como avaliação diagnóstica, no qual auxiliará o pesquisador na preparação e apresentação do experimento.

Ao final da realização do experimento, você precisará responder um outro questionário avaliativo que aferirá a retenção e aprofundamento do conteúdo abordado na atividade e uma pequena pesquisa de opinião. Todos os questionários serão apresentados de forma online, com questões objetivas que serão realizadas através do formulário da plataforma Google.

Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP - Brasil. Fone (16)

3351-9685. Endereço eletrônico: cephumanos@ufscar.br



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Sua participação é voluntária e não haverá qualquer compensação por ela. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa ou desistência não trará nenhum prejuízo educacional, seja na relação com a pesquisadora, à Instituição em que estuda ou à Universidade Federal de São Carlos. Todas as informações obtidas através da pesquisa serão confidenciais, sendo assegurado o sigilo sobre a participação do estudante em todas as etapas do estudo. Caso haja menção a nomes, a eles serão atribuídas letras, com garantia de anonimato nos resultados e publicações, impossibilitando sua identificação.

Você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação agora ou a qualquer momento. Você receberá uma via deste termo, rubricada em todas as páginas por você e pelo pesquisador, onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal. É importante que o participante guarde, em seus arquivos, uma cópia deste documento.

Se você tiver qualquer problema ou dúvida durante a sua participação na pesquisa poderá comunicar-se pelo telefone (19)98209-1074.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Eu, _____, portador do CPF _____, nascido (a) em ____/____/____, residente no endereço _____, na cidade de _____, Estado _____, podendo ser contatado (a) pelo número telefônico () _____ fui informado (a) dos objetivos do estudo Arduino como Ferramenta Para Aquisição de Dados em Experimento Didático de Eletricidade, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar. Tendo o termo de consentimento do meu responsável já sido assinado, declaro que concordo em participar desse estudo e que recebi uma via deste Termo de Assentimento Livre e Esclarecido.

Campinas, _____ de _____ de 2022.

Nome do responsável pelo
menor

Nome do menor

Assinatura do pesquisador

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO NACIONAL DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM FÍSICA (MNPEF)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
(Resoluções 466/2012 e 510/2016 do CNS)

ARDUINO COMO FERRAMENTA PARA AQUISIÇÃO DE DADOS EM
EXPERIMENTO DIDÁTICO DE ELETRICIDADE

Eu, Kaique Thiago de Souza, estudante do Programa de Pós-Graduação em Educação Especial da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar convido seu filho(a) a participar da pesquisa “Arduino como Ferramenta para Aquisição de Dados em Experimento Didático de Eletricidade” orientado pelo Prof. Dr. Marco Aurelio Euflauzino Maria.

A busca por práticas que possibilitem a aprendizagem significativa de Física para alunos do Ensino Médio nas escolas regulares tem impulsionado a utilização de metodologias de ensino que proporcionem um melhor aprendizado e que causem interesse dos estudantes no estudo e aplicação dos conteúdos de Física. A proposta deste estudo é propor uma experimentação de eletricidade utilizando Arduino como ferramenta para adquirir dados entre estudantes do ensino médio.

Seu filho (a) foi selecionado (a) por ser estudantes do ensino médio, da cidade de Campinas / SP, cidade onde o estudo será realizado. O estudo consiste em um experimento que será aplicado no período da tarde, fora do horário de aula. Primeiramente, antes de cada experimento, seu filho (a) será convidado a responder um pequeno questionário que servirá como uma avaliação diagnóstica, no qual auxiliará o pesquisador na preparação e apresentação de cada experimentação.

Ao final da realização do experimento o estudante precisará responder um outro questionário avaliativo que aferirá a retenção e aprofundamento do conteúdo abordado na experimentação e uma pequena pesquisa de opinião. Todos os questionários serão

apresentados de forma remota, com questões objetivas que serão realizadas através do formulário da plataforma Google Forms.

A participação de seu filho (a) nesta pesquisa auxiliará na obtenção de dados que poderão ser utilizados para fins científicos e educacionais, proporcionando maiores informações e discussões que poderão trazer benefícios para a área da Educação no Ensino de Física, para a construção de novos conhecimentos e para a identificação de novas alternativas e possibilidades de ensino. O pesquisador realizará o acompanhamento de todos os procedimentos e atividades desenvolvidas durante o trabalho.

A participação do estudante é voluntária e não haverá compensação em dinheiro pela participação. A qualquer momento o (a) senhor (a) pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa ou desistência não trará nenhum prejuízo educacional a seu filho(a), seja na relação com o pesquisador, à Instituição em que estuda ou à Universidade Federal de São Carlos. Todas as informações obtidas através da pesquisa serão confidenciais, sendo assegurado o sigilo sobre a participação do estudante em todas as etapas do estudo. Caso haja menção a nomes, a eles serão atribuídas letras, com garantia de anonimato nos resultados e publicações, impossibilitando sua identificação.

O (a) senhor (a) receberá uma via deste termo, rubricada em todas as páginas por você e pelo pesquisador, onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal. Você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação agora ou a qualquer momento. É importante que o participante guarde, em seus arquivos, uma cópia deste documento.

Se você tiver qualquer problema ou dúvida durante a sua participação na pesquisa poderá comunicar-se pelo telefone (19)98209-1074.

SOBRE O COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP)

A principal ação do CEP é analisar todos os projetos de pesquisa que envolvam seres humanos, em qualquer uma das áreas do conhecimento. A missão do CEP é a prezar pela seguridade aos direitos dos participantes da pesquisa e os direitos e deveres da comunidade científica e do Estado, fazendo cumprir o disposto nas Resoluções do Conselho Nacional de Saúde (CNS), no que diz respeito aos aspectos éticos das pesquisas envolvendo seres humanos. Também é papel do CEP, fiscalizar, educar, ensinar preceitos éticos relacionados à pesquisa envolvendo seres humanos. O CEP está vinculado à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) do CNS, e o seu funcionamento e atuação são regidos pelas normativas do CNS/Conep. O CEP da Universidade Federal de São Carlos está vinculado à Pró-Reitoria de Pesquisa da UFSCar, localizada no prédio da Reitoria (área sul do campus São Carlos). O CEP da Universidade Federal de São Carlos está vinculado à Pró-Reitoria de Pesquisa da UFSCar, localizada no prédio da Reitoria (área sul do campus São Carlos). Endereço: Rodovia Washington Luís km 235 - CEP: 13.565-905 - São Carlos-SP. Telefone: (16) 3351-9685. E-mail: cephumanos@ufscar.br. Horário de atendimento: das 08:30 às 11:30.

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios da participação de meu filho (a) na pesquisa e concordo em participar. O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar que funciona na Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP – Brasil. Fone (16) 3351-9685. Endereço eletrônico: cephumanos@ufscar.br

Endereço para contato (24 horas por dia e sete dias por semana):

Pesquisador Responsável: Kaíque Thiago de Souza

Endereço: Rua Antônio Marcos Pensamento da Silva, número 217, Real Parque.

Contato telefônico: (19)98209-1074 E-mail: fisicakaique@gmail.com

Campinas, __, de _____ de 2022

Kaíque Thiago de Souza
Nome do Pesquisador

Assinatura do Pesquisador

Nome do Responsável

Assinatura do Responsável

Nome do Participante