



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

RAUL DOUGLAS BRASIL VASCONCELOS

**ENSINO DA PRIMEIRA LEI DE OHM: FAZENDO UMA ANALOGIA COM O USO
DA SIFONAÇÃO**

FORTALEZA - CE

2024

RAUL DOUGLAS BRASIL VASCONCELOS

ENSINO DA PRIMEIRA LEI DE OHM: FAZENDO UMA ANALOGIA COM O USO DA
SIFONAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Licenciatura em
Física da Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial à obtenção do título de
Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias.

FORTALEZA - CE

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- V451e Vasconcelos, Raul Douglas Brasil.
Ensino da primeira lei de Ohm : Fazendo uma analogia com o uso da sifonação / Raul Douglas Brasil
Vasconcelos. – 2024.
48 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
Curso de Física, Fortaleza, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias.
1. Experimentação no ensino de física. 2. Aprendizagem significativa. 3. Primeira lei de Ohm. I. Título.
CDD 530
-

RAUL DOUGLAS BRASIL VASCONCELOS

ENSINO DA PRIMEIRA LEI DE OHM: FAZENDO UMA ANALOGIA COM O USO DA
SIFONAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Licenciatura em
Física da Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial à obtenção do título de
Licenciado em Física.

Aprovada em: 25/09/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Nildo Loiola Dias (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Paulo de Tarso Cavalcante Freire
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Bruno Sousa Araújo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À minha família, amigos e todos que
acreditaram em mim.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, primeiramente, aos meus pais, Regilene Maria Brasil Vasconcelos e Cleiltom Vasconcelos de Brito, por todo o apoio durante minha vida. Da mesma forma, gostaria de agradecer às minhas irmãs, Lorena Raquel Brasil Vasconcelos e Camila Maria Brasil Vasconcelos.

Quero expressar minha gratidão aos professores e colegas que me ajudaram durante toda a minha fase de estudo, em particular o Professor Thiago, que foi fundamental durante o Ensino Médio, e meus colegas Mateus Azevedo, Matheus Rocha, William Mendes, Vinicius Gurgel, Alexandre Marques e Arthur Pontes, entre outros, que tornaram meus dias mais alegres e memoráveis.

Desejo também agradecer aos professores que me apoiaram durante a faculdade, em especial o Prof. Dr. Wandemberg, Prof. Dr. Saulo, Prof. Dr. Antônio Gomes e Prof. Dr. Afrânio, que foram essenciais para minha jornada no curso. Além disso, expresso minha gratidão ao meu orientador, o Prof. Dr. Nildo Loiola Dias, por me auxiliar nos momentos mais desafiadores. Gostaria também de agradecer aos meus colegas de faculdade pelo apoio durante os desafios necessários para a aprovação em várias disciplinas.

Manifesto minha gratidão aos funcionários, médicos e odontólogos do CEMUFC, do CPASE e do Hospital Universitário Walter Cantídio pelo atendimento gentil e pela ajuda com meus problemas de saúde ao longo do período da graduação, em especial à Dra. Virgínia Oliveira, que me tratou com tanta empatia.

Agradeço ao PID pela bolsa e também aos meus colegas durante o período de vigência da mesma, assim como ao meu orientador da bolsa, Prof. Dr. Nildo Loiola Dias.

Agradeço também a Universidade Federal do Ceará e a Pró-Reitoria de Graduação (Prograd) pelo apoio financeiro por meio das bolsas e pelas vivências.

Por fim, agradeço a todos que me acompanharam, apoiaram e acreditaram em mim. Talvez eu não seja capaz de mencionar todos os nomes aqui, mas cada um foi fundamental para minha formação como a pessoa que sou hoje.

Obrigado a todos.

“Ciência não é uma escolha. É uma necessidade.” (Gleiser, 2020).

RESUMO

Tendo em vista as dificuldades de aprendizado apresentadas por muitos alunos na disciplina de Física, faz-se necessário um estudo aprofundado de medidas que podem facilitar esse processo, tornando a aprendizagem mais significativa. Neste trabalho, serão exploradas a aplicação de experimentos no ensino de Física e proposto um experimento sobre a 1ª Lei de Ohm para uma turma do ensino médio, utilizando a sifonação como método para tornar mais intuitiva a compreensão do conteúdo, detalhando sua metodologia e aplicação, além de dois experimentos elétricos, qualitativo e quantitativo, e uma posterior análise das semelhanças e diferenças dos mesmos. Esperamos que este trabalho forneça uma visão esclarecedora sobre como as aulas de Física Experimental podem enriquecer significativamente o processo de ensino-aprendizagem, contribuindo para uma educação mais significativa e eficaz.

Palavras-chave: experimentação no ensino de física; aprendizagem significativa; primeira lei de Ohm.

ABSTRACT

Considering the learning difficulties presented by many students in the Physics discipline, it is necessary to conduct a thorough study of measures that can facilitate this process, making learning more meaningful. In this work, the application of experiments in Physics teaching will be explored, and an experiment on Ohm's First Law will be proposed for a high school class, using siphoning as a method to make the content comprehension more intuitive, detailing its methodology and application, as well as two electrical experiments, qualitative and quantitative, and a subsequent analysis of their similarities and differences. We hope that this work provides an enlightening insight into how Experimental Physics classes can significantly enrich the teaching-learning process, contributing to a more meaningful and effective education.

Keywords: physics education experimentation; meaningful learning; Ohm's first law.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Altura da coluna de água.....	21
Figura 2 – Par de mangueiras usadas no experimento.....	23
Figura 3 – Balde 1 (vermelho) e Balde 2 (transparente) usados no experimento.....	23
Figura 4 – Becker Graduado de 3 litros.....	24
Figura 5 – Balde 2 com o Papel Fixado.....	25
Figura 6 – Verificação da necessidade do Papel Fixado.....	25
Figura 7 – Sifonação por submersão.....	26
Figura 8 – Organização do experimento com as duas mangueiras.....	27
Figura 9 – Experimento usando a mangueira de diâmetro maior.....	29
Figura 10 – Experimento usando a mangueira de diâmetro menor.....	30
Figura 11 – Representação esquemática do circuito para o experimento qualitativo.....	33
Figura 12 – Experimento qualitativo com resistores de 10 Ω , 50 Ω e 100 Ω , respectivamente.....	33
Figura 13 – Representação esquemática do circuito usado no experimento quantitativo...	34
Figura 14 – Resistores de 180 Ω , 470 Ω , 1 k Ω e 3,3 k Ω	35
Figura 15 – Experimento quantitativo com resistor de 180 Ω	35
Figura 16 – Experimento usando a posição acima da mesa.....	45
Figura 17 – Reação da válvula ao fluxo de água.....	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Relação entre o fluxo e a altura da coluna de água no experimento hidráulico para as duas mangueiras.....	31
Gráfico 2 – Relação tensão x corrente do resistor de 180 Ω	37
Gráfico 3 – Relação tensão x corrente do resistor de 470 Ω	37
Gráfico 4 – Relação tensão x corrente do resistor de 1 k Ω	38
Gráfico 5 – Relação tensão x corrente do resistor de 3,3 k Ω	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Compilação de dados do experimento hidráulico.....	31
Tabela 2 – Medições do experimento quantitativo com resistor de 180 Ω	36
Tabela 3 – Medições do experimento quantitativo com resistor de 470 Ω	36
Tabela 4 – Medições do experimento quantitativo com resistor de 1 k Ω	36
Tabela 5 – Medições do experimento quantitativo com resistor de 3,3 k Ω	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEMUFC	Centro de Especialidade Médica da Universidade Federal do Ceará
CPASE	Coordenadoria de Perícia e Assistência ao Servidor
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PID	Programa de Iniciação a Docência
Prograd	Pró-Reitoria de Graduação

LISTA DE SÍMBOLOS

=	Igualdade
×	Multiplicação
Ω	Ohm
$\sqrt{\quad}$	Raiz

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	Metodologia Experimental e sua importância no ensino da Física.....	16
2.2	Ensino Experimental como abordagem significativa.....	18
2.3	Teoria dos fenômenos envolvidos no experimento.....	19
2.3.1	<i>Lei de Torricelli e o cálculo da vazão.....</i>	20
2.3.2	<i>1ª Lei de Ohm</i>	22
3	MODELO EXPERIMENTAL.....	23
3.1	Experimento de hidráulica.....	23
3.1.1	<i>Processo de montagem do experimento de hidráulica.....</i>	23
3.1.2	<i>Execução do experimento de hidráulica.....</i>	26
3.1.3	<i>Conclusões experimentais.....</i>	30
3.2	Experimentos com circuitos elétricos.....	32
3.2.1	<i>Experimento qualitativo.....</i>	32
3.2.2	<i>Experimento quantitativo.....</i>	34
3.3	Avaliações.....	39
3.3.1	<i>Avaliação do Experimento Hidráulico.....</i>	39
3.3.2	<i>Avaliação do Experimento de Eletricidade.....</i>	42
3.3.3	<i>Análise da relação entre os dois experimentos.....</i>	43
4	CONCLUSÃO	46
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

A Física, como disciplina complexa, muitas vezes requer abordagens pedagógicas além das tradicionais aulas expositivas, com aprendizado mecânico, que apesar de não proporcionar uma prolongada retenção de conhecimentos, pode fornecer ajuda para adquirir novos conhecimentos que não possuam qualquer relação com conceitos pré-existentes, como mencionado por Alison e Leite (2016), mas que por si só não se faz suficiente para trazer uma aprendizagem significativa.

Com o objetivo de facilitar a compreensão do aluno e permitir uma maior retenção dos conceitos é necessária uma aprendizagem significativa, para isso o professor possui um papel essencial na escolha da metodologia mais adequada para os alunos, como esclarecido por Honorato, K. B. Dias e C. B. Dias (2018, p.25),

Nessa perspectiva, reforça-se a importância do professor desvelar os conhecimentos prévios de seus alunos, sua pré-disposição para aprender, qual significado do conteúdo a ser estudado. É de suma importância determinar o material bem como a metodologia adequada com as modalidades de aprendizagem dos alunos

As aulas experimentais no ensino de física podem fornecer um apoio através da utilização de atividades práticas, que aliadas ao conteúdo teórico facilitam a associação de novos conteúdos com o conhecimento prévio do aluno, permitindo uma aprendizagem significativa, melhorando a capacidade de retenção do conteúdo. Porém, apesar das vantagens várias escolas mantêm uma metodologia expositiva, seja por preferência da escola, por falta de recursos ou de tempo para planejamento dos professores, como podemos observar através da pesquisa de Soares e Oliveira (2022).

Em busca de melhorar as aulas experimentais e torná-las mais acessíveis são criadas várias subdivisões para a mesma, podendo ser divididas em 3 através do direcionamento das atividades tratadas durante a aula, sendo elas Atividades de Demonstração/Observação, Atividades de Verificação e Atividades de Investigação, segundo Araújo e Abib (2003), mas todas tendo em comum o foco em usar a prática como um facilitador do aprendizado, como afirmado em:

No que se refere ao grau de direcionamento das atividades, acredita-se que, de um modo geral, a utilização adequada de diferentes metodologias experimentais, tenham elas a natureza de demonstração, verificação ou investigação, pode possibilitar a formação de um ambiente propício ao aprendizado de diversos conceitos científicos sem que sejam desvalorizados ou desprezados os conceitos prévios dos estudantes (ARAÚJO; ABIB, 2003, p.190).

Neste estudo, abordaremos a importância das aulas experimentais no processo de ensino, apresentando uma proposta específica para a aula experimental. A proposta visa superar as dificuldades inerentes ao ensino puramente teórico, concentrando-se no conteúdo de eletromagnetismo, mais precisamente na 1ª Lei de Ohm.

Este estudo propõe uma abordagem inovadora na integração de princípios físicos fundamentais, utilizando um experimento de sifonação como analogia para tornar a compreensão da 1ª Lei de Ohm mais acessível e significativa, além de aplicar dois experimentos simples de circuitos elétricos, um qualitativo e um quantitativo.

Ao empregar um fenômeno hidráulico, como a sifonação, como elemento central do experimento, busca-se estabelecer uma ponte tangível entre conceitos elétricos e processos físicos observáveis. Esta abordagem visa não apenas fornecer uma experiência prática e visualmente impactante, mas também fomentar a aprendizagem significativa ao estimular a comparação entre fenômenos, permitindo assim uma compreensão mais concreta e menos abstrata da corrente elétrica.

Acreditamos que a sinergia entre a experimentação, a analogia hidráulica e a teoria elétrica consiga enriquecer o processo de aprendizado, promovendo uma assimilação mais profunda e duradoura dos princípios fundamentais da eletricidade.

Esperamos que esta monografia contribua ao oferecer informações mais detalhadas sobre a metodologia de ensino experimental em física, beneficiando escolas e professores que desejem adotá-la. Além disso, apresentamos uma proposta de experimento que pode ser diretamente aplicada ou utilizada como modelo para o planejamento de aulas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Metodologia Experimental e sua importância no ensino da Física

Segundo Paulo Neto (2018, p.2) “a Física ensinada nas escolas brasileiras tem seu enfoque fundamentado em aspectos essencialmente teóricos”, podendo ser percebido através dos materiais didáticos usados nas escolas, porém Pena e Ribeira Filho (2009) afirmam que nas 3 décadas anteriores a comunidade brasileira de ensino de ciências já usava vários instrumentos, como seminários, congressos e periódicos, para buscar formas de melhoria na qualidade de ensino, entre as quais estava a experimentação no ensino de física.

A discrepância entre essas perspectivas pode ser mais bem compreendida através dos relatos apresentados no artigo de Pena e Ribeira Filho (2009), a partir deles é possível perceber que existem várias razões que vão contra a metodologia experimental, tais como a escassez de tempo para o planejamento e a montagem de experimentos, falta de materiais adequados e apoio insuficiente por parte das instituições de ensino. Esses obstáculos dificultam a efetiva implementação da metodologia, o que tornou menos acessível o emprego desse método e também gerou a busca dos educadores para encontrar formas mais simples de poder demonstrar os fenômenos físicos para os alunos.

A Metodologia Experimental é um meio para melhorar a qualidade de ensino através do uso de experimentos, buscando facilitar a compreensão do aluno utilizando a visualização de fenômenos da natureza, que ao serem associados à teoria torna mais simples estabelecer uma relação entre os dois e, portanto, é possível não apenas aumentar o interesse do aluno como também unir situações do cotidiano como a teoria, criando um suporte para uma aprendizagem mais significativa.

Araújo e Abib (2003) dividiram a Metodologia Experimental em 3 direcionamentos diferentes com base na forma como a metodologia é apresentada em sala de aula, sendo eles através de Atividades de Demonstração/Observação, Atividades de Verificação e Atividades de Investigação.

Atividades de Demonstração/Observação, segundo eles, consiste na demonstração de um experimento para a turma como forma de ilustrar o fenômeno, tornando-os mais perceptíveis e incentivando o interesse pelo conteúdo, podendo ainda ser subdividida em fechadas e abertas, sendo as últimas mais próximas de atividades investigativas e classificadas pelo autor como um meio termo.

De acordo com Thomaz (2000), em seu estudo, foi constatado que a "demonstração feita pelo professor" representa a forma mais prevalente de experimentação no contexto das salas de aula. No entanto, os resultados da pesquisa revelaram que, apesar disso, apenas 3% dos professores afirmaram alcançar um grau elevado de competência no "desenvolvimento de habilidades manipulativas", embora 66% tenham reconhecido a importância dessa habilidade. Além disso, segundo Thomaz, durante um seminário organizado pelo Departamento de Física da Universidade de Aveiro, 72,4% dos professores do ensino superior em Física expressaram a opinião de que os objetivos dos laboratórios estavam majoritariamente voltados para o conteúdo, com pouca ênfase no desenvolvimento das capacidades dos alunos. Essa constatação suscita preocupações quanto aos possíveis impactos no modo de ensino básico.

Apesar disso Araújo e Abib (2003) afirmam que é importante lembrar “o fato das atividades de demonstração possibilitarem ilustrar um determinado fenômeno, podendo contribuir para a compreensão de diversos aspectos relacionados ao mesmo” e possuem várias vantagens, como o curto tempo de preparação e possibilidade de integrar como um complemento à aula expositiva para atrair o interesse do aluno.

Atividades de Verificação, diferente da demonstrativa, que busca unicamente ilustrar um fenômeno, procura verificá-lo, possuindo um grau de rigor maior que a primeira e também demandando mais tempo, esforço e colaboração da turma, mas através dela permitindo também uma compreensão mais aprofundada do fenômeno estudado, adquirindo a capacidade de fazer generalizações e extrapolando o escopo original do experimento, tornando o ensino mais realista (Araújo; Abib, 2003).

Já as Atividades de Investigação, segundo Araújo e Abib (2003, p.184), vai contra os modelos anteriores, que frequentemente usam roteiros fechados, e através da criação de uma situação problema:

pode possibilitar aos alunos o teste de hipóteses, propiciando o desenvolvimento da capacidade de observação, de descrição de fenômenos e até mesmo de reelaboração de explicações causais, aspectos que contribuiriam para facilitar a reflexão e, conseqüentemente, o progresso intelectual dos estudantes

E nesse grupo também se encaixa a anteriormente citada Atividade de Demonstração Aberta, que ao invés de apenas demonstrar, permite que os alunos “desde que a condução dessas atividades permita a participação dos estudantes, manipulando os equipamentos, questionando e elaborando hipóteses” (Araújo; Abib, 2003, p.184).

Segundo Azevedo *et al.* (2009, p.1), "atividades de laboratório constituem-se numa das mais importantes ferramentas didáticas no ensino das ciências e, em particular, no ensino da

física". Sua pesquisa sobre as tendências do ensino de física revela que entre os periódicos analisados, os artigos relacionados ao eletromagnetismo ocupam a terceira posição em número de publicações, representando 18% do total. Essa observação sugere que o eletromagnetismo é um tema de destaque, comprovado pela sua relevância em livros didáticos e vestibulares.

Portanto, a importância do estudo aprofundado da metodologia experimental e a necessidade contínua de pesquisas sobre o tema se apresentam como fatores cruciais para aprimorar o ensino de Física. À medida que avançamos será explorada mais profundamente como a metodologia experimental pode ser aplicada de maneira eficaz, superando desafios e promovendo uma educação mais significativa e envolvente.

2.2 Ensino Experimental como abordagem significativa

A teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel, destaca a importância de relacionar novos conhecimentos a conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Isso permite que os novos conceitos sejam claros, relacionáveis e relevantes para o aprendiz, permitindo uma compreensão profunda e duradoura. A aprendizagem significativa não se limita à memorização superficial, mas promove uma compreensão substancial e a capacidade de aplicar o conhecimento em contextos diversos, estimulando a construção de um aprendizado sólido e significativo. (Honorato; K. B. Dias; C. B. Dias, 2018).

Segundo Honorato, K. B. Dias e C. B. Dias (2018), para que a aprendizagem seja significativa é necessária uma metodologia dinâmica e que possa atrair o interesse do aluno através da modalidade de aprendizagem que é mais fluente para os alunos, para isso o ensino experimental é uma ótima opção ao atender a maioria de seus requisitos.

O ensino experimental é uma abordagem pedagógica que enfatiza a aprendizagem ativa e prática por meio da realização de experimentos e atividades práticas. Essa abordagem é baseada na crença de que os alunos aprendem de maneira mais eficaz quando têm a oportunidade de explorar conceitos e fenômenos por si mesmos, em vez de apenas receber informações passivamente. O ensino experimental é considerado uma abordagem significativa para o ensino, pois envolve os alunos de forma mais profunda, promovendo uma compreensão mais sólida e duradoura dos conceitos.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (Brasil, 1999, p.52-53):

Para o aprendizado científico, matemático e tecnológico, a experimentação, seja ela de demonstração, seja de observação e manipulação de situações e equipamentos do cotidiano do aluno e até mesmo a laboratorial, propriamente dita, é distinta daquela conduzida para a descoberta científica e é particularmente importante quando permite ao estudante diferentes e concomitantes formas de percepção qualitativa e quantitativa, de manuseio, observação, confronto, dúvida e de construção conceitual. A experimentação permite ainda ao aluno a tomada de dados significativos, com as quais possa verificar ou propor hipóteses explicativas e, preferencialmente, fazer previsões sobre outras experiências não realizadas.

O ensino experimental possui uma forte relação com teoria construtivista da aprendizagem, pois destaca a importância da construção do conhecimento pelo próprio aluno. De acordo com o construtivismo, os alunos constroem seu entendimento por meio da interação com o ambiente e a manipulação de objetos, experimentos, e situações do mundo real. (ARENDETT, 2003) O ensino experimental, portanto, proporciona oportunidades para os alunos explorarem, fazerem descobertas e construir seu conhecimento de maneira ativa. Isso concorda com a ideia de Honorato, K. B. Dias e C. B. Dias (2018) apud Takeuchi (2009, p.26), em que:

O conhecimento prévio especificamente relevante é denominado subsunçor e funcionalmente serve como matriz ideacional e organizacional para a incorporação, compreensão e fixação do novo conhecimento na estrutura cognitiva de forma que o indivíduo passa a atribuir significado a nova informação

Que também é apoiado pelo Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (Brasil, 1999, p.52):

o efetivo diálogo pedagógico só se verifica quando há uma confrontação verdadeira de visões e opiniões; o aprendizado da ciência é um processo de transição da visão intuitiva, de senso comum ou de auto-elaboração, pela visão de caráter científico construída pelo aluno, como produto do embate de visões.

Dessa forma pode ser entendido que a aprendizagem significativa é busca por transformar a visão de mundo do aluno de forma que possua caráter científico usando os conhecimentos prévios como base para essa transformação de forma a tornar o aprendizado mais significativo e para isso a metodologia experimental pode desempenhar um grande papel ao analisar cientificamente fenômenos da natureza.

2.3 Teoria dos fenômenos envolvidos no experimento

O experimento proposta é fundamentado em princípios essenciais de hidrodinâmica e eletricidade, buscando explorar analogias entre fenômenos hidráulicos e elétricos. Destacam-

se dois princípios fundamentais, a Lei de Torricelli e a 1ª Lei de Ohm, como pilares que moldam a compreensão dos processos em questão.

2.3.1 Lei de Torricelli e o cálculo da vazão

A Lei de Torricelli, um princípio da hidrodinâmica, descreve a relação entre a velocidade de um fluido e a altura potencial acima de um ponto específico. Neste contexto, a altura potencial representa a diferença vertical entre os dois recipientes conectados por uma mangueira. Essa diferença de altura, ao ser aplicada à Lei de Torricelli, torna-se um fator determinante no fluxo de água entre os recipientes.

Essa lei é derivada dos princípios da equação de Bernoulli e da conservação da energia mecânica ao longo do fluxo do fluido.

A equação de Bernoulli torna claro o princípio da conservação de energia para fluidos ao relacionar a pressão, a velocidade e a altura de um fluido em diferentes pontos ao longo de uma linha de corrente, sendo ela mais conhecida no seguinte formato:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 \quad (1)$$

Com P representando a pressão, ρ a densidade do fluido, v a velocidade do fluido ao sair do orifício, g a aceleração devido à gravidade e h a altura do fluido acima do orifício em cada uma das extremidades, porém, para o experimento proposto, que tem foco direcionado para a interação entre a pressão e o fluxo de água ela apresenta o fenômeno de forma muito geral.

Já a Lei de Torricelli é voltada para um caso mais específico da equação de Bernoulli, na qual o tamanho do orifício é pequeno e outros fatores, como a viscosidade, são ignorados, sendo essa expressa como:

$$v = \sqrt{2gh} \quad (2)$$

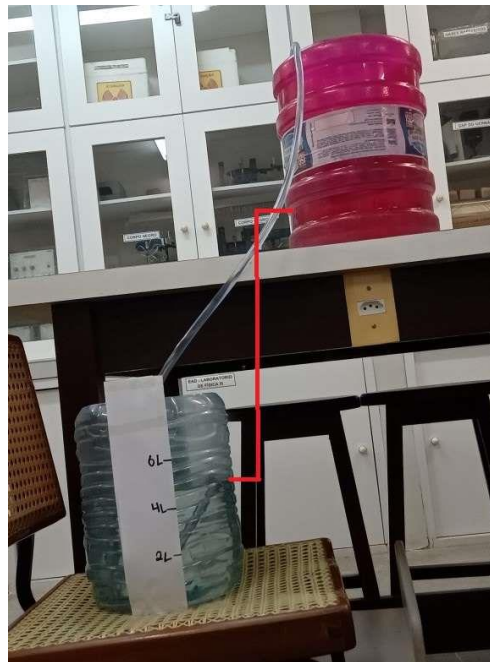
onde v é a velocidade final do líquido, g é a aceleração da gravidade (aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$ na Terra) e h é a diferença de altura das superfícies da água entre os dois baldes, que está demarcada pela linha vermelha na Figura 1.

Através dessas duas equações é possível perceber que há uma semelhança entre a altura da coluna de água, na forma de pressão, com a tensão e da velocidade do fluxo de água

com a corrente em um circuito elétrico, embora U (a tensão) e a corrente elétrica sejam diretamente proporcionais e v seja proporcional a $h^{\frac{1}{2}}$.

Através dessas ligações é possível transmitir de forma mais visual o que ocorre dentro de um circuito elétrico, alcançando algo mais próximo do que a proposta de uma aula experimental busca alcançar, mostrando de forma clara como os fenômenos ocorrem para facilitar a compreensão dos alunos.

Figura 1 – Altura da coluna de água.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Apesar de ambas poderem representar bem o fenômeno para o experimento apenas ela não é o suficiente, no experimento de sifonação é necessário calcular também a vazão do fluido, para isso sabemos que a vazão pode ser determinada pelo volume de água por segundo que passa por uma seção de um tubo, nesse caso a mangueira, sendo assim podemos relacionar a velocidade com a área da seção transversal da mangueira, portanto:

$$Q_v = vA \quad (3)$$

onde Q_v é a vazão volumétrica, v é a velocidade do líquido e A é a área da seção transversal da mangueira.

Porém, para facilitar o cálculo neste experimento, é recomendado utilizar um procedimento mais simples:

O volume de água transportado pela mangueira é medido através de marcações no recipiente inferior, que indicam o volume para cada marcação.

O tempo é medido com um cronômetro.

Desta forma a vazão pode ser calculada por:

$$Q_v = vA = \frac{x}{t}A \quad (4)$$

$$Q_v = \frac{V}{t} \quad (5)$$

onde Q_v é a vazão volumétrica, V é o volume que escoou em um determinado tempo, que é dado pelo produto da distância x pela área A , e t é o tempo, ou seja, a vazão é dada pela razão entre o volume e o tempo.

2.3.2 1ª Lei de Ohm

A Lei de Ohm é uma relação fundamental em eletricidade que descreve a relação entre a corrente elétrica (I), a diferença de potencial (tensão) (U), e a resistência elétrica (R) em um circuito elétrico. Ela é essencial para entender e projetar circuitos elétricos, sendo válida para muitos materiais condutores sob condições normais, embora não para todos os tipos de dispositivos elétricos em todas as situações.

A lei é expressa pela fórmula matemática:

$$U = R \cdot I \quad (6)$$

A tensão (U) em um circuito mede a energia potencial elétrica por unidade de carga, representando a diferença de potencial por unidade de carga entre dois pontos e sua unidade é o volt (V). A resistência elétrica (R), com unidade em ohms (Ω), é a oposição ao fluxo de corrente em um material. A corrente elétrica (I), medida em amperes (A), é o fluxo de carga em um circuito por unidade de tempo.

A Lei de Ohm estabelece a relação entre tensão, corrente e resistência, afirmando que a tensão em um circuito é igual à corrente multiplicada pela resistência, indicando que a diferença de potencial impulsiona o fluxo de corrente em componentes com uma determinada resistência.

3 MODELO EXPERIMENTAL

3.1 Experimento de hidráulica

3.1.1 Processo de montagem do experimento de hidráulica

Para o Experimento são necessários os seguintes materiais:

- Tubo Flexível (Figura 2);

Figura 2 – Par de mangueiras usadas no experimento.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Diâmetro interno da mangueira mais estreita: 8,8 mm

Diâmetro interno da mangueira mais larga: 12,2 mm

- Recipientes (Figura 3);

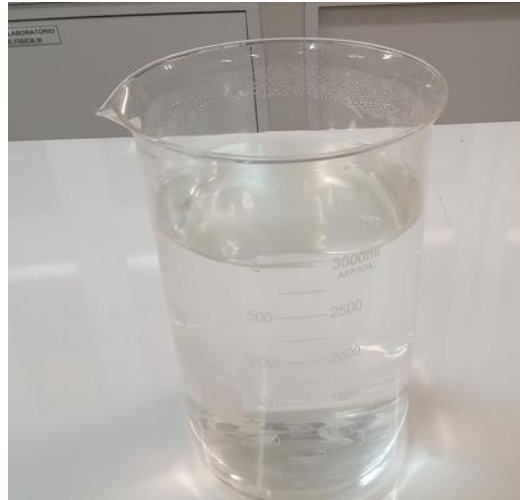
Figura 3 – Balde 1 (vermelho) e Balde 2 (transparente) usados no experimento.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

- Objeto graduado para preencher os Baldes (Opcional - Figura 4);

Figura 4 – Becker Graduado de 3 litros.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

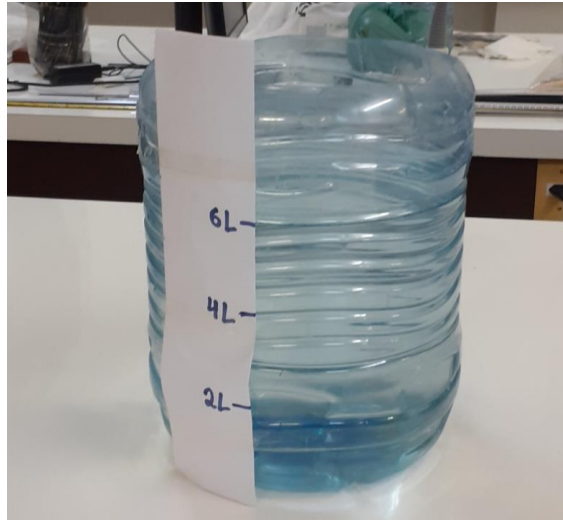
- Paquímetro;
- Cronômetro;
- Trena;
- Corante (Opcional).

Para uma visualização clara do fluxo de água no experimento, é recomendável a utilização de mangueiras transparentes, sendo uma opção adicional a possibilidade de adicionar corantes à água para que possam destacar o movimento. Empregar duas mangueiras (ou mais) com diâmetros diferentes para simular componentes com diferentes resistências. Quanto ao cronômetro, em uma perspectiva mais prática, o celular pode ser uma alternativa mais conveniente.

Para determinar o fluxo de água, calculamos o aumento do volume no Balde 2 por segundo. Quando usamos baldes cilíndricos, podemos medir a área da base e calcular o volume com base na diferença de altura, facilitando o cálculo do fluxo. Em alternativa, para este experimento foi utilizado um garrafão de água, que possui um diâmetro variável.

Para calcular o volume do garrafão utilizamos o Becker Graduado, que também pode ser substituído por uma garrafa PET de 2 litros, e marcamos as alturas correspondentes em um papel fixado no balde como um registrador de volumes do sistema, tornando assim possível calcular mais facilmente o fluxo da água.

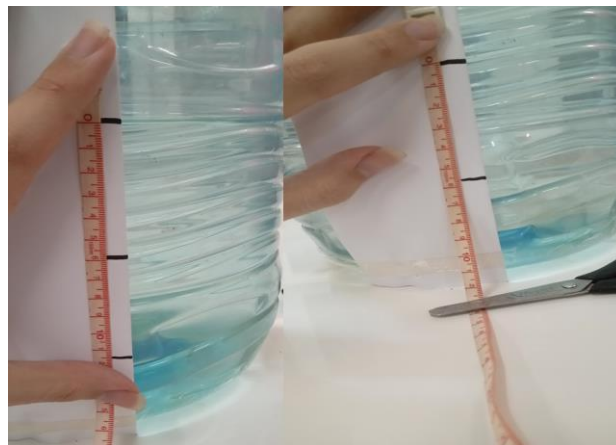
Figura 5 – Balde 2 com o Papel Fixado.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

É possível ver na Figura 6 que o espaço entre 0 L e 2 L possui um comprimento de 7 cm, de 2 L a 4 L um comprimento de 5,5 cm e de 4 L a 6 L um comprimento de 6 cm, verificando a necessidade do seu uso.

Figura 6 – Verificação da necessidade do Papel Fixado.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Após isso é feita a montagem do experimento, enchendo o Balde 1 e o Balde 2 com a mesma altura da coluna de água, tendo como objetivo permitir que ambos os baldes mantenham a mesma altura após iniciada a sifonação, de forma que a altura no Balde 2 possa ser usada para a medição do volume de água. Em seguida o processo de sifonação é feito.

Para fazer a sifonação é sugerido o método de sifonação por submersão, para fazê-lo ponha a mangueira completamente submersa na água dentro do Balde 1, de forma que todo o

ar saia de seu interior, mantenha uma extremidade da mangueira no interior do balde e prenda a outra extremidade com o dedo, em seguida retire a mangueira e coloque-a no Balde 2, estando atento, já que após a retirada do dedo o processo de transferência da água imediatamente começará.

Figura 7 – Sifonação por submersão.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.1.2 Execução do experimento de hidráulica

É sugerido realizar esse experimento com o auxílio do professor, isso ocorre porque nele uma grande quantidade de água é consumida e manuseada, devido ao peso do balde trazer potenciais problemas é considerado arriscado permitir o manuseio direto dos baldes aos alunos, podendo os mesmos fazer as medições do tempo e do volume de água, sendo utilizando um cronômetro ou através de uma gravação usando a câmera do celular.

Além disso, também é recomendado que os alunos trabalhem em equipes. Isso é sugerido porque, em trabalhos que envolvem investigação e construtivismo, a troca de ideias permite que os alunos verifiquem suas ideias entre si, tornando o aprendizado mais significativo e completo.

No experimento o Balde 1 é posto em cima da mesa e apenas o Balde 2 poderá ser movido, propomos usar alturas diferentes, sendo elas no chão, sobre uma cadeira e sobre a mesa, de forma que a altura da coluna de líquidos de ambos os baldes seja a mesma.

Ao deixar a água fluir normalmente peça para que os alunos anotem o tempo que leva para a coluna de água alcançar a altura desejada no Balde 2, após retirar o dedo e deixar a

água fluir até alcançar a marca de 6 litros, por exemplo, e em seguida peça que calculem a vazão da água em ml/s.

Após isso ajuste o volume de água em ambos os baldes para retornar ao nível do início do experimento e passe para a próxima posição, repetindo os procedimentos anteriores. Sugerimos que faça essa calibração usando a sifonação, ao levantar o balde com mais água acima do outro, podendo simplificar o processo.

Nesse experimento foi posta uma régua apoiada na superfície em que o Balde 2 se encontrava, após isso foi realizada a medição da coluna de líquido, que pode ser obtida através da diferença de altura da superfície da água nos baldes 1 e 2, e a medição do tempo para o volume da água do Balde 2, partindo da marca de 4 litros, atingindo a medição de 6 litros, para em seguida calcular a velocidade de vazão.

Em todas as medições a seguir a trena foi posicionada na superfície inferior onde o Balde 2 foi colocado, seja ela na mesa, cadeira ou chão. A variação da coluna de água é dada pela diferença na altura da coluna de água antes do experimento e depois do experimento.

A seguir serão expostas as imagens e dados coletados durante a realização do experimento.

Altura da superfície da água de ambos os baldes acima da mesa:

Nível da superfície da água no Balde 1: 12,5 cm (acima da mesa)

Nível da superfície da água no Balde 2: 12,5 cm (acima da mesa)

Altura da coluna de água: 0 cm

A altura não muda com o tempo ou a mudança da mangueira, tendo assim vazão de 0 ml/s.

Na Figura 8, estão presentes as imagens da organização do experimento com as 2 mangueiras:

Figura 8 – Organização do experimento com as duas mangueiras.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Após isso foi realizado o experimento com a mangueira com diâmetro maior em diferentes posições

Balde 2 sobre a cadeira com a mangueira com diâmetro maior e Balde 1 em cima da mesa.

Altura antes do experimento:

Nível da superfície da água no Balde 1: 59,6 cm (acima da mesa)

Nível da superfície da água no Balde 2: 12,3 cm (acima da cadeira)

Altura da coluna de água: 47,3 cm

Altura após o experimento:

Nível da superfície da água no Balde 1: 55 cm (acima da mesa)

Nível da superfície da água no Balde 2: 17,1 cm (acima da cadeira)

Altura da coluna de água: 37,9 cm

Altura média da coluna de água: 42,6 cm

Tempo necessário: 17,6 segundos

Tendo vazão média de 113,6 ml/s.

Balde 2 no chão com a mangueira com diâmetro maior e Balde 1 em cima da mesa.

Altura antes do experimento:

Nível da superfície da água no Balde 1: 103,5 cm (acima da mesa)

Nível da superfície da água no Balde 2: 13,5 cm (no chão)

Altura da coluna de água: 90 cm

Altura após o experimento:

Nível da superfície da água no Balde 1: 100,7 cm (acima da mesa)

Nível da superfície da água no Balde 2: 18,3 cm (no chão)

Altura da coluna de água: 82,4 cm

Altura média da coluna de água: 86,2 cm

Tempo necessário: 11,2 segundos

Tendo vazão média de 178,6 ml/s.

Figura 9 – Experimentos usando a mangueira de diâmetro maior.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Logo em seguida foram repetidos os passos anteriores novamente após trocar com a outra mangueira, que possui um diâmetro menor.

Balde 2 acima da cadeira com a mangueira com diâmetro menor e Balde 1 em cima da mesa.

Altura antes do experimento:

Nível da superfície da água no Balde 1: 60,2 cm (acima da mesa)

Nível da superfície da água no Balde 2: 12,5 cm (acima da cadeira)

Altura da coluna de água: 47,1 cm

Altura após o experimento:

Nível da superfície da água no Balde 1: 57 cm (acima da mesa)

Nível da superfície da água no Balde 2: 17 cm (acima da cadeira)

Altura da coluna de água: 39,5 cm

Altura média da coluna de água: 43,3 cm

Tempo necessário: 34,2 segundos

Tendo vazão média de 58,5 ml/s.

Balde 2 no chão com a mangueira com diâmetro menor e Balde 1 em cima da mesa.

Altura antes do experimento:

Nível da superfície da água no Balde 1: 103,5 cm (acima da mesa)

Nível da superfície da água no Balde 2: 13,5 cm (no chão)

Altura da coluna de água: 90 cm

Altura após o experimento:

Nível da superfície da água no Balde 1: 99,5 cm (acima da mesa)

Nível da superfície da água no Balde 2: 19,5 cm (no chão)

Altura da coluna de água: 80 cm

Altura média da coluna de água: 85 cm

Tempo necessário: 24,3 segundos

Tendo vazão média de 82,3 ml/s.

Figura 10 – Experimentos usando a mangueira de diâmetro menor.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.1.3 Conclusões experimentais.

A partir do experimento é possível obter dados que se assemelham à Primeira Lei de Ohm, os quais nos permitiram fazer algumas conclusões.

Na Tabela 1 foram compilados alguns dos dados obtidos durante o experimento que nos permitem observar a semelhança entre os sistemas elétricos e hidráulicos, na qual é visível que conforme há um aumento na coluna de água o fluxo de água aumenta, e que de forma inversa ao aumento da resistência, a corrente diminuiu no experimento.

Tabela 1 – Compilação de dados do experimento hidráulico.

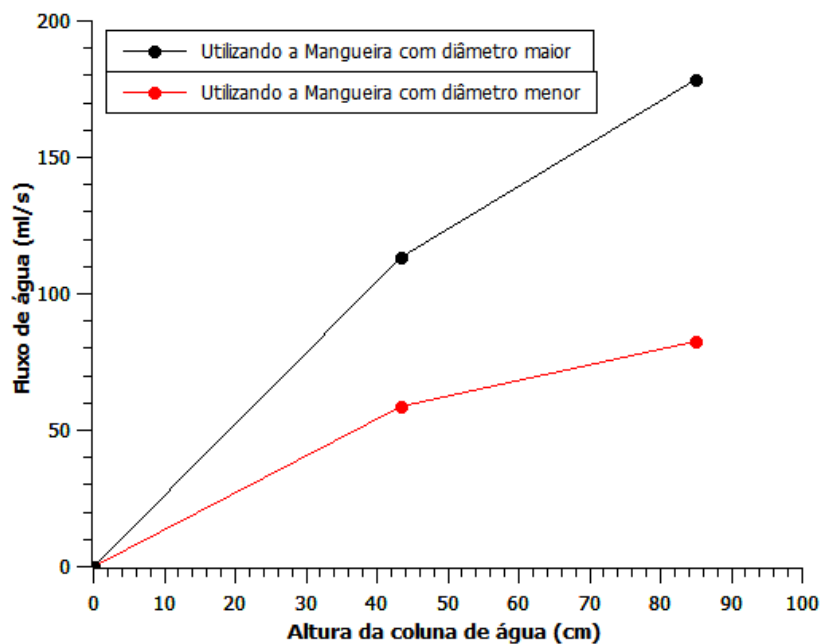
Mangueira	Altura da C. de água (cm)	Fluxo de água (ml/s)
Maior Diâmetro (menor resistência)	0	0
	42,6	113,6
	86,2	178,6
Menor Diâmetro (maior resistência)	0	0
	43,3	58,5
	85	82,3

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Podemos ver dos resultados apresentados na Tabela 1 que, tanto para a mangueira de maior diâmetro como para a de menor diâmetro, o fluxo de água é maior quanto maior é a altura da coluna de água. Também, considerando colunas de água de valores semelhantes, a vazão é maior quanto maior é o diâmetro da mangueira.

No Gráfico 1 estão representados os fluxos de água em função da altura da coluna de água para as duas mangueiras.

Gráfico 1 – Relação entre o fluxo e a altura da coluna de água no experimento hidráulico para as duas mangueiras.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.2 Experimentos com circuitos elétricos

O experimento com circuitos elétricos envolve mostrar na prática como a 1ª Lei de Ohm, mostrando como realmente é. Por meio dele podemos estabelecer uma relação com o experimento anterior, que envolve hidráulica, como forma de embasar e criar uma relação entre os experimentos de hidráulica e elétrica, facilitando a compreensão dos alunos por meio da analogia entre os dois diferentes fenômenos.

Esse experimento é dividido em duas partes e pode ser feito tanto através do método demonstrativo como também, dependendo da disponibilidade dos equipamentos e espaço da instituição de ensino, é possível reproduzi-lo com os alunos.

O experimento foi feito utilizando os materiais do Laboratório de Eletricidade da Universidade Federal do Ceará, mas devido à sua simplicidade pode ser facilmente reproduzível com materiais de baixo custo.

Abaixo seguem os experimentos qualitativo e quantitativo da 1ª Lei de Ohm usando um circuito elétrico.

3.2.1 Experimento qualitativo

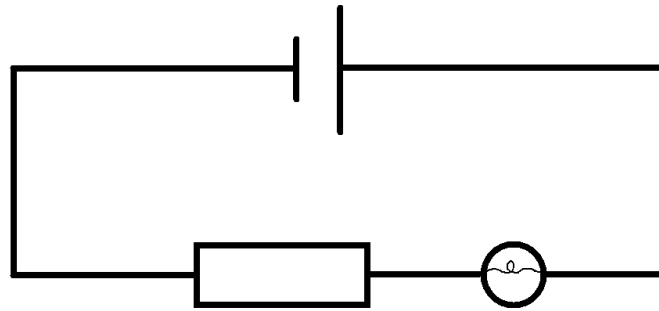
Este experimento tem como objetivo visualizar qualitativamente os efeitos da 1ª Lei de Ohm em um circuito elétrico através da análise de como a variação da resistência afeta o brilho de uma lâmpada.

Materiais

- Resistores (10 Ω , 50 Ω , 100 Ω)
- Cabos elétricos
- Lâmpada de 12 volts
- Fonte de tensão

Inicialmente, montamos um circuito simples conectando a lâmpada, a fonte de energia e um resistor de 10 Ω em série. Ajustamos a fonte para uma tensão de 12 volts, proporcionando as condições iniciais para o experimento. Abaixo segue uma representação esquemática do circuito.

Figura 11 – Representação esquemática do circuito para o experimento qualitativo.

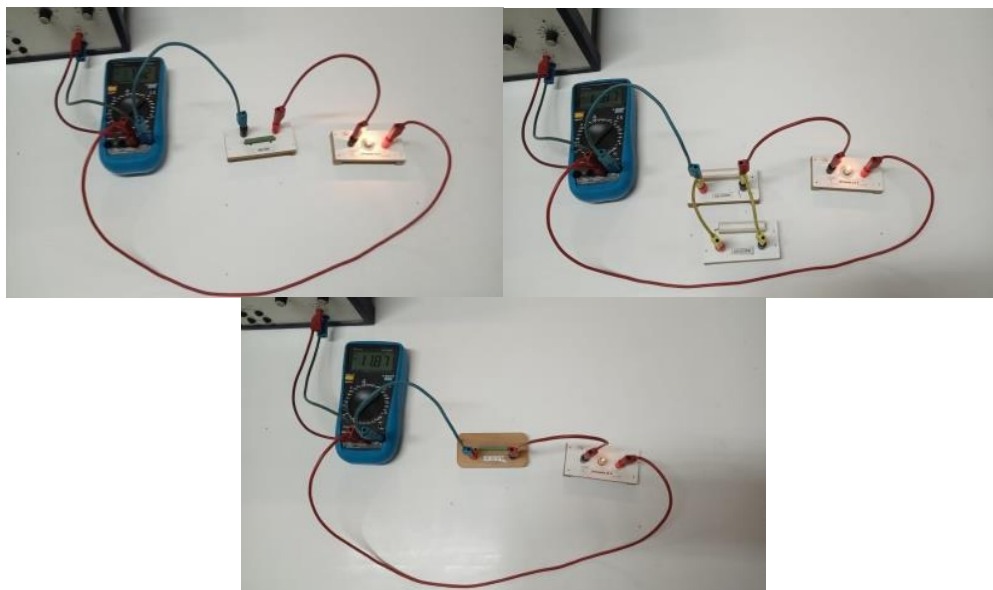


Fonte: Elaborado pelo Autor.

Ao ligar a fonte de tensão, observamos o brilho inicial da lâmpada e documentamos essa condição. Em seguida, procedemos à variação da resistência, substituindo o resistor de $10\ \Omega$ por dois resistores de $100\ \Omega$ em paralelo, gerando uma resistência equivalente de $50\ \Omega$ e, posteriormente, por um de $100\ \Omega$.

As imagens do experimento qualitativo seguem na Figura 12.

Figura 12 – Experimento qualitativo com resistores de $10\ \Omega$, $50\ \Omega$ e $100\ \Omega$, respectivamente.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Após ligar a fonte de tensão, os alunos devem observar o brilho inicial da lâmpada e documentar essa condição. A análise das imagens registradas durante cada mudança de resistor nos permite visualizar claramente como o brilho da lâmpada se modifica em resposta à variação da resistência. Observa-se que, conforme a resistência aumenta, o brilho da lâmpada diminui, alinhando-se com os princípios da 1ª Lei de Ohm.

É claro, a partir da análise das imagens, que conforme a resistência aumenta, a corrente diminui e, por consequência, o brilho da lâmpada também diminui. Isso deixa evidente de forma visual como os efeitos da 1ª Lei de Ohm atuam dentro de um experimento real em um circuito elétrico, mas ainda falta uma análise mais aprofundada com dados numéricos perceptíveis para permitir uma maior compreensão.

3.2.2 Experimento quantitativo

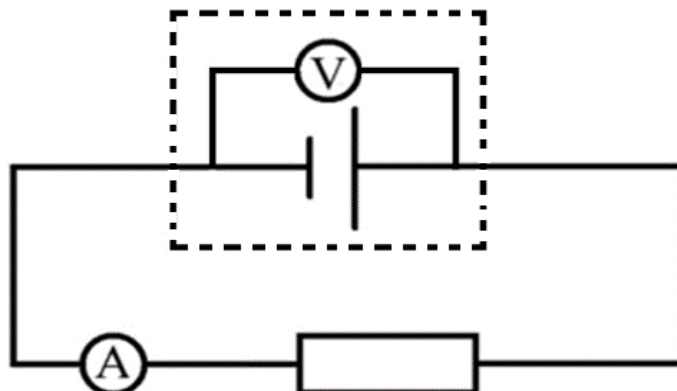
Este experimento busca proporcionar uma compreensão quantitativa da 1ª Lei de Ohm, explorando de forma numérica a relação entre a tensão, a corrente e a resistência em um circuito elétrico.

Materiais

- Resistores (180 Ω , 470 Ω , 1 k Ω e 3,3 k Ω)
- Cabos elétricos
- Fonte de energia com medidor de tensão
- Multímetro (amperímetro)

Para realizar o experimento quantitativo, estabelecemos um circuito simples com o auxílio do multímetro para visualizar os dados. Utilizamos uma fonte com um visor que mostra a tensão no circuito e um multímetro, na função de amperímetro, para medir os valores da corrente. Abaixo segue uma representação esquemática do circuito, na qual o retângulo tracejado representa a fonte de tensão que tem um voltímetro incorporado.

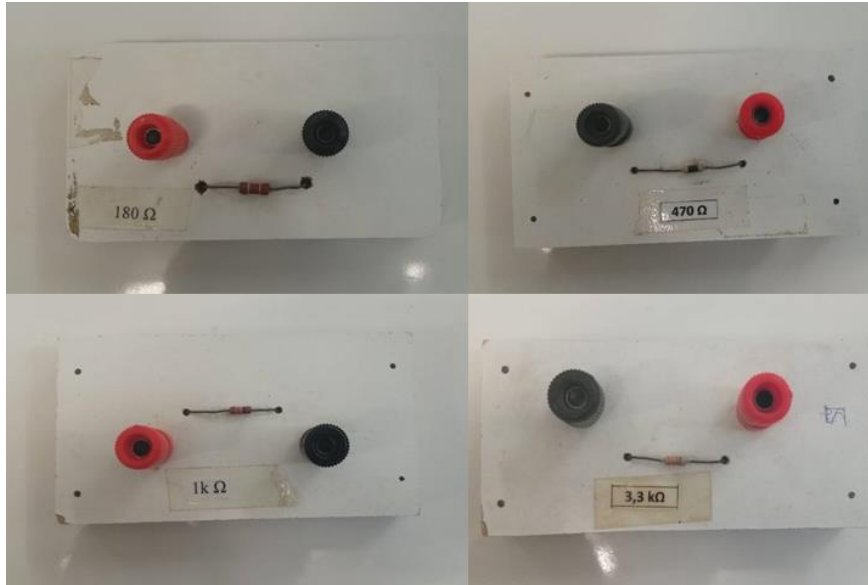
Figura 13 – Representação esquemática do circuito usado no experimento quantitativo.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

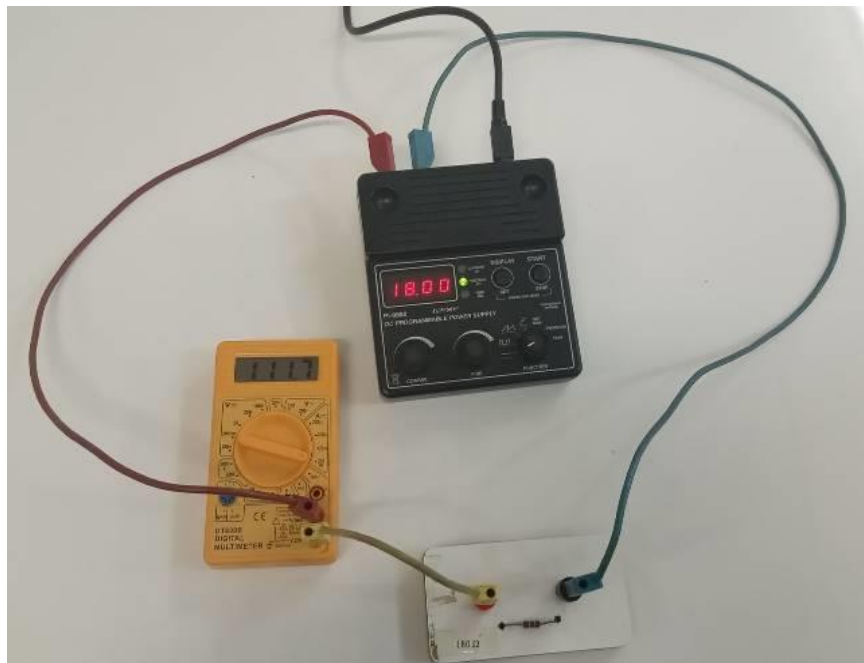
No circuito conectamos a fonte de energia a resistores de $180\ \Omega$, $470\ \Omega$, $1\ \text{k}\Omega$, $3,3\ \text{k}\Omega$, submetendo-os a diferentes tensões variando de 1 a 18 volts. As imagens detalhando os resistores e os experimentos estão disponíveis nas Figuras 14 e 15.

Figura 14 – Resistores de $180\ \Omega$, $470\ \Omega$, $1\ \text{k}\Omega$ e $3,3\ \text{k}\Omega$.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 15 – Experimento quantitativo com resistor de $180\ \Omega$.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com base nos dados coletados, conduzimos uma análise abrangente por meio de tabelas e gráficos. As tabelas 2 a 5 apresentam as medições do experimento quantitativo, destacando a relação entre a tensão aplicada e a corrente resultante.

Abaixo seguem 4 tabelas com os dados coletados e o cálculo da resistência real, resultado da relação entre a tensão e a corrente referente aos 4 resistores.

Tabela 2 – Medições do experimento quantitativo com resistor de 180 Ω .

Resistor	Medida N°	Tensão (V)	Corrente (mA)	R = V/I (Ω)
180 Ω	1	6,0	37,5	160,0
	2	12,0	74,6	160,9
	3	18,0	111,7	161,1

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 3 – Medições do experimento quantitativo com resistor de 470 Ω .

Resistor	Medida N°	Tensão (V)	Corrente (mA)	R = V/I (Ω)
470 Ω	1	6,0	14,7	408,2
	2	12,0	29,7	404,0
	3	18,0	44,9	400,9

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 4 – Medições do experimento quantitativo com resistor de 1 k Ω .

Resistor	Medida N°	Tensão (V)	Corrente (mA)	R = V/I (Ω)
1k Ω	1	6,0	6,09	985,2
	2	12,0	12,17	986,0
	3	18,0	18,23	987,4

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 5 – Medições do experimento quantitativo com resistor de 3,3 k Ω .

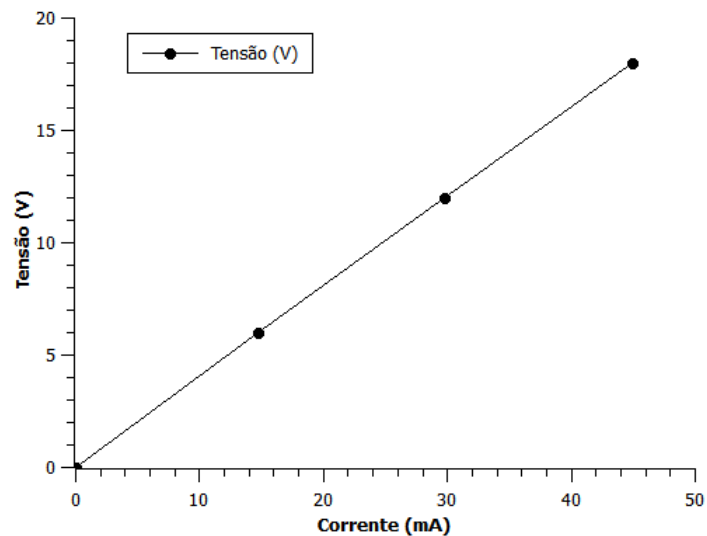
Resistor	Medida N°	Tensão (V)	Corrente (mA)	R = V/I (Ω)
3,3k Ω	1	6,0	1,82	3296,7
	2	12,0	3,66	3278,7
	3	18,0	5,47	3290,7

Fonte: Elaborado pelo Autor.

É evidente, a partir desses dados, que para todos os 4 resistores o valor da resistência se mantém constante ao longo do experimento, sendo possível a partir dos resultados mostrar para os alunos de forma visível que a corrente elétrica é diretamente proporcional à tensão aplicada, ou seja, a 1ª Lei de Ohm se verifica.

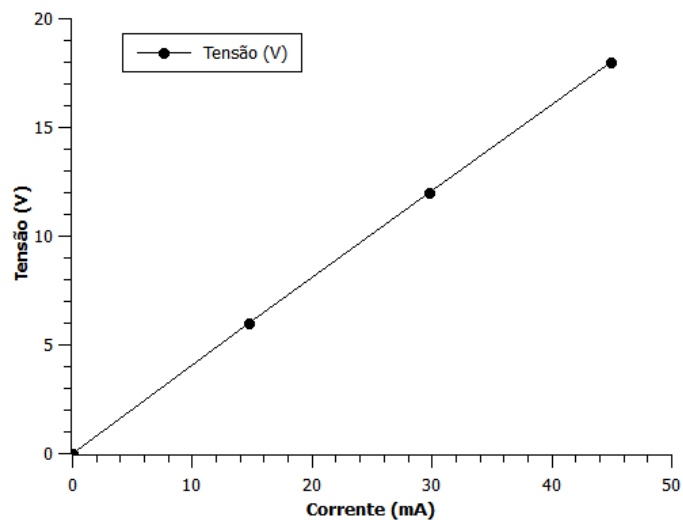
Adicionalmente apresentamos quatro gráficos, um de cada resistor, que ilustram a relação entre os elementos envolvidos no cálculo da 1ª Lei de Ohm, facilitando a análise e compreensão. Neles foram utilizados os dados das tabelas acima e também foi acrescentada a posição de 0 V, na qual não existe tensão ou corrente. Esses gráficos são fundamentais para visualizar a influência da tensão na corrente e, por conseguinte, a relação de ambos com a resistência, permitindo também ao professor mostrar por meio do gráfico a linearidade do fenômeno.

Gráfico 2 – Relação tensão x corrente do resistor de 180 Ω .

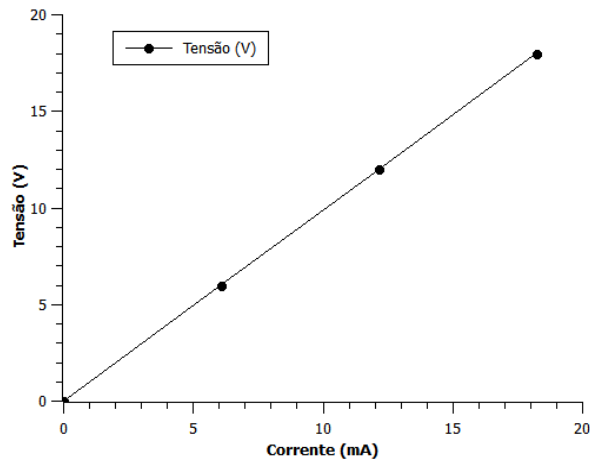


Fonte: Elaborado pelo Autor.

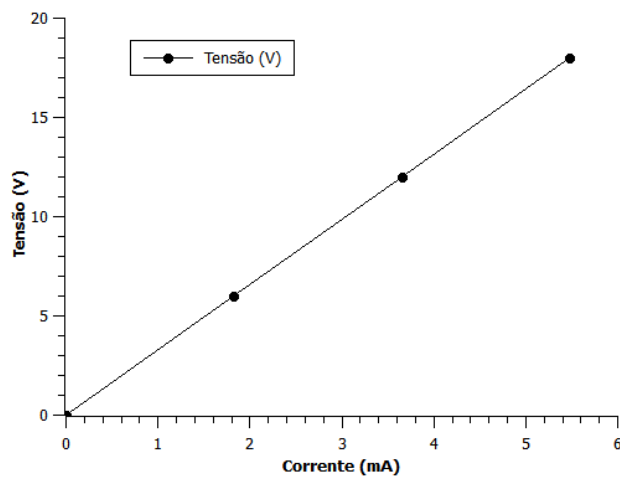
Gráfico 3 – Relação tensão x corrente do resistor de 470 Ω .



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Gráfico 4 - Relação tensão x corrente do resistor de 1 k Ω .

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Gráfico 5 - Relação tensão x corrente do resistor de 3,3 k Ω .

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Estes experimentos oferecem uma abordagem mais aprofundada da 1ª Lei de Ohm, proporcionando não apenas uma observação qualitativa, mas também uma análise quantitativa, enriquecendo assim a compreensão dos alunos sobre os princípios fundamentais dos circuitos elétricos.

Neste ponto, não será difícil o aluno concluir que:

$$U = R.I \quad (6)$$

é a representação matemática da 1ª Lei de Ohm.

3.3 Avaliações

3.3.1 Avaliação do Experimento Hidráulico

Para a avaliação do experimento hidráulico é importante focar nas semelhanças e diferenças entre os princípios da hidráulica e da eletricidade, usando-os como forma de romper com o conhecimento empírico que o aluno desenvolveu ao longo da vida e substituir em seu lugar um conhecimento com maior embasamento científico, para isso um método investigativo e construtivista é necessário, mas como é impossível transpor características de um fenômeno para outro a imaginação pode ser usada como um meio de construir o novo conhecimento.

Analisar o fenômeno, observar as incongruências, identificar as características do outro fenômeno que são necessárias para sanar essa incongruência e construir um modelo mental que possa trazer as características do fenômeno pretendido são as quatro fases que essa proposta pretende realizar para estimular a compreensão do novo fenômeno usando conhecimento científico de forma a substituir o empírico.

Para alcançar esse propósito é recomendado um questionário que deve ser respondido em conjunto pela equipe que envolve perguntas que exijam discussão. Abaixo serão disponibilizadas as fases e algumas perguntas sugeridas, além de possíveis respostas.

Analisar o fenômeno – O primeiro passo utiliza questões para guiar o aluno de forma a analisar as causas e consequências do fenômeno estudado, assim como os pontos que podem levar sua linha de raciocínio na direção geral que desejamos, sendo nesse caso para a relação entre a tensão (pressão), a corrente (fluxo de líquidos) e a resistência no experimento.

1 – Ao alterar a posição do Balde 2, foi possível notar alguma variação na velocidade da vazão da água? Por que isso ocorre?

Sim. A variação ocorreu devido à mudança da altura da coluna de líquido. Como a altura aumentou, a pressão também aumentou, fazendo com que o fluxo de água ficasse mais rápido.

2 – Após trocar as mangueiras, o que aconteceu? Por que isso ocorreu?

Foi possível verificar que a mangueira mais fina tem um fluxo de água menor. Isso ocorreu porque a mangueira mais fina possui um diâmetro menor e, portanto, gera uma maior resistência ao fluxo de água.

Identificar incongruência – Para essa fase é recomendada perguntas que apontem para as diferenças básicas entre os dois fenômenos e permitam aos alunos procurar novas falhas no experimento:

3 – Cite algumas das semelhanças e diferenças entre os fenômenos hidráulicos e elétricos que foi capaz de notar durante a experimentação.

No experimento algumas semelhanças que pudemos notar foi que a tensão foi simulada usando a altura da coluna de água, a corrente pelo fluxo de água e a resistência pelo diâmetro da mangueira. No sistema hidráulico também foi possível observar que não ocorre fluxo de água quando não há diferença de altura entre as superfícies da água nos dois baldes, como ocorre em um circuito elétrico quando não há diferença de potencial. Também foi possível verificar a relação potencial-corrente, na qual nos dois sistemas quanto maior foi a tensão, no elétrico, ou a pressão, no hidráulico, maior o fluxo da corrente.

Algumas diferenças mais óbvias foram que durante o experimento o fluxo de água não era constante, como ocorre com a corrente elétrica, ele desacelerou conforme a diferença da coluna de líquidos diminuía. Outra diferença é que no experimento apresentado o circuito de água era aberto, entre dois baldes, sem ser como um circuito elétrico que é fechado. Outro fator é que no circuito hidráulico podiam ser vistas interrupções durante o fluxo de água nas mangueiras provocadas por bolhas, que não existe em um circuito elétrico.

Identificar as características do outro fenômeno que são necessárias para sanar essa incongruência – Para a terceira fase recomenda-se uma pergunta geral que remete as falhas encontradas anteriormente:

4 – Cite características de um sistema elétrico que faltam no experimento hidráulico e o que poderia preencher as diferenças que um sistema hidráulico não pode simular?

Alguns pontos são:

A tensão elétrica, que é dada pela pressão da coluna de líquidos, em um circuito é constante, mas em um sistema hidráulico é variável devido à variação da altura da coluna de líquidos.

Embora o diâmetro da mangueira possa simular a resistência, ele não se assemelha completamente a um resistor. Seria necessário outro dispositivo para isso, como uma válvula. Porém, mesmo com uma válvula que possa regular a passagem de água, o sistema não necessariamente apresentaria o efeito ôhmico quando submetida a altas pressões, como foi observado no Gráfico 1.

Durante o experimento também não foi possível verificar a velocidade do fluxo de água em tempo real, sendo necessário calcular com base no volume em relação ao tempo após o experimento, impedindo de constatar em tempo real a variação da sua velocidade. Para simular mais fielmente também seria necessário haver um dispositivo que pudesse medir o fluxo de água, semelhante ao que o amperímetro faz para a corrente elétrica.

Construir um modelo mental – Para isso a imaginação deve ser utilizada.

5 – Em um mundo imaginário onde pode decidir as regras que cada fenômeno segue, tornando o mais realista possível, que características hidráulicas deveriam ser alteradas no experimento para representar mais fielmente a 1ª Lei de Ohm? Discuta com sua equipe e descreva o experimento imaginado.

Primeiramente, poderíamos modificar a relação entre a altura da coluna de água e a pressão, de modo a tornar a “tensão hidráulica” (pressão) constante ao longo do experimento. Isso poderia envolver a introdução de um mecanismo que ajusta automaticamente a altura da coluna d'água, compensando qualquer variação na altura para manter uma pressão constante, simulando a constância da tensão elétrica. Alternativamente, o recipiente com água na posição superior poderia ter dimensões grandes, de tal modo que a vazão de alguns litros de água não modifique significativamente a altura da coluna de água entre os dois recipientes.

Além disso, para simular mais precisamente a resistência elétrica, poderíamos introduzir uma válvula para determinar a resistência hidráulica. Dessa forma, o controle da resistência causada pela válvula seria análogo à função do resistor em um circuito elétrico.

Utilizando uma válvula que permita uma vazão variável também seria possível realizar ajustes finos, aumentando ou diminuindo a resistência ao fluxo da água, de forma a mantê-la constante, mesmo quando afetada por diferentes pressões, tendo uma função semelhante à de um potenciômetro, que é um resistor variável.

Durante o experimento poderíamos incorporar um sensor de fluxo de água que fornece leituras precisas do fluxo para realizar a medição da corrente. Este sensor funcionaria como

um dispositivo hidráulico análogo ao amperímetro, permitindo a medição contínua do fluxo de água (equivalente à corrente elétrica) ao longo do experimento.

Após isso é recomendado que cada equipe faça uma apresentação sobre o experimento em outra aula e, por fim, haja uma discussão entre o professor e os alunos para revisar o que foi aprendido e esclarecer as dúvidas que ainda possam existir.

A nota é dada com base em uma avaliação da clareza das ideias do questionário, dando maior peso para a última questão e à apresentação.

Depois dessas fases espera-se que o conhecimento sobre os fenômenos que envolvem a 1ª Lei de Ohm sejam explorados de forma que o próprio modelo mental criado se torne a própria construção mental do fenômeno, alcançando assim uma aprendizagem significativa, sendo que para isso é fundamental que o professor esteja atento ao formular as perguntas e ao guiar os alunos, além de permitir que eles tenham tempo suficiente para investigar e construir um modelo mental adequado.

3.3.2 Avaliação do Experimento de Eletricidade

Para essa avaliação sugerimos um questionário sobre os experimentos qualitativo e quantitativo, que também pode incluir a elaboração da tabela e dos gráficos mostrados anteriormente, de forma que também destaque as semelhanças e diferenças de ambos os fenômenos. Abaixo segue um modelo para questões e possíveis respostas para o questionário.

1 – Durante o experimento qualitativo, observamos como a variação da resistência afeta o brilho da lâmpada. Com base nessas observações, explique como o brilho da lâmpada se comporta conforme a resistência aumenta. Relacione sua resposta aos princípios da 1ª Lei de Ohm.

É possível ver que com o aumento da resistência ocorre uma diminuição no brilho da lâmpada, tendo em vista a 1ª Lei de ohm podemos afirmar que devido ao aumento da resistência houve uma diminuição na corrente do circuito, levando a uma diminuição da quantidade de energia sendo fornecida a lâmpada, fazendo com que seu brilho diminuísse.

2 – A partir da análise do experimento qualitativo, por que a constância da “tensão elétrica” no experimento hidráulico deveria ser importante? Como esse comportamento se compara com a relação entre a tensão e a corrente em um circuito elétrico?

Porque se a pressão da coluna de líquidos não for constante o fluxo do líquido irá variar, o que, quando substituído em um sistema elétrico como tensão e corrente, poderia afetar o funcionamento de equipamentos conectados ao circuito, semelhante a como houve uma redução no brilho da lâmpada após a redução da tensão. Essa incapacidade de manter a constância do sistema hidráulico é esse um dos pontos que diferencia os dois fenômenos.

3 – No experimento quantitativo, foram realizadas medições de tensão e corrente em circuitos com resistores de 180 Ω , 470 Ω , 1 k Ω e 3,3 k Ω . Analisando a Tabela 2, que contém os dados da tensão, corrente e resistência durante o experimento, responda. Como esses dados sustentam a 1ª Lei de Ohm?

Nos dados obtidos da Tabela 2 é possível perceber que há certa diferença dos dados obtidos com a 1ª Lei de Ohm em comparação com os valores teóricos, porém, é possível também perceber que quando submetidos a diferentes tensões a resistência apresentou diferenças mínimas entre os resultados, o que pode indicar que a resistência se manteve constante durante o experimento para todos os resistores, o que sustenta a 1ª Lei de Ohm.

4 – Os gráficos apresentados no experimento quantitativo ilustram a relação entre a tensão, a corrente e a resistência. Com base nos Gráficos de 2 a 5, o que podemos observar sobre a relação entre tensão, corrente e resistência? Como isso está alinhado com os princípios da 1ª Lei de Ohm?

É possível confirmar a partir dos gráficos que os resultados da resistência obtidos pela aplicação da fórmula da 1ª Lei de Ohm formam uma reta, indicando que ela permaneceu constante durante todo o experimento, enquanto a tensão e a corrente cresceram de forma proporcional, comprovando assim que ela é válida.

3.3.3 Análise da relação entre os dois experimentos

Após a realização dos dois experimentos uma última etapa deve ser feita, na qual o professor deve estabelecer uma discussão para relacionar os dois experimentos com os alunos

utilizando os dados obtidos, frisando as semelhanças e diferenças entre os dois modelos e também dando voz aos alunos sempre que possível.

É importante destacar para os alunos que ao relacionarmos as tensões a alturas dos baldes podemos estabelecer algumas análises interessantes. Por exemplo, que ao aumentar a tensão no circuito elétrico, observamos um aumento proporcional na corrente elétrica, mantendo a resistência constante, como pode ser observado nos gráficos de 2 a 5, estando de acordo com a Primeira Lei de Ohm.

Da mesma forma, ao elevar a altura do balde durante o experimento hidráulico e aumentar o tamanho da coluna de água, observamos um aumento na vazão de líquido, mantendo constante o diâmetro da mangueira. No entanto, como demonstrado no Gráfico 1, não foi observada uma proporcionalidade direta entre as vazões nas duas mangueiras.

Podemos também notar um fenômeno semelhante ao aumentar o valor da resistência nos dois experimentos. Ao trocar a mangueira por uma com diâmetro menor, observamos uma diminuição na vazão de líquido, devido ao aumento da resistência ao fluxo, paralelamente, ao substituir o resistor por um de valor maior no circuito elétrico, observamos uma diminuição na corrente elétrica, também devido ao aumento da resistência elétrica de acordo com a Primeira Lei de Ohm.

Por exemplo, ao trocar a mangueira com diâmetro maior por uma de diâmetro menor, a vazão de líquido no Balde 2, enquanto posicionado sobre a cadeira, diminuiu de 113,6 ml/s para 58,5 ml/s. Da mesma forma, substituir um resistor de 180 Ω por um de 3,3 k Ω resultou em uma redução na corrente elétrica, indo de 37,5 mA para 1,82 mA.

Porém, apesar das semelhanças, cada fenômeno tem sua própria forma de se comportar. Um sistema elétrico é composto de elétrons e um hidráulico de fluidos líquidos, a tensão é dada pela diferença de potencial elétrico enquanto a pressão é dada pela altura da coluna de líquido, a corrente em um é o fluxo de elétrons e no outro o fluxo de água, enquanto a resistência para o sistema elétrico é dada pelo material que a eletricidade percorre no nosso experimento a resistência da água foi dada pelo diâmetro da mangueira pela qual passou.

Da mesma forma que os dois fenômenos apresentam características fundamentais diferentes cada um deles produz resultados diferentes em situações semelhantes, mas isso não reduz o potencial didático que pode ser gerado através da comparação de semelhanças e diferenças entre ambos os modelos, no qual ao destacar os vários aspectos macro e micro de ambos é possível aprender de forma significativa sobre aquilo que os compõem e os distingue.

Caso deseje, como um experimento adicional, é também possível demonstrar mais uma posição extra no experimento hidráulico, sendo ela acima da mesa com auxílio de algum apoio, como uma cadeira. Nessa posição o fluxo de água irá percorrer o caminho contrário em comparação aos experimentos anteriores e a partir disso é possível trazer à tona a importância do diodo, que é um componente do circuito elétrico que impede o risco de polaridade invertida, ao barrar o retorno da corrente de forma semelhante a uma válvula, que permite a passagem de água em apenas uma direção, o que pode proteger as peças do circuito.

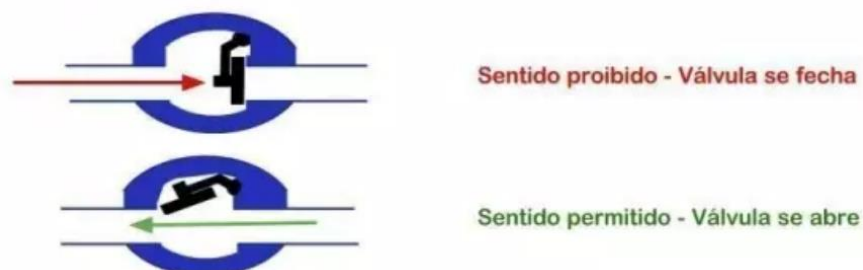
A seguir na Figura 16 é mostrada a posição para ambas as mangueiras e na Figura 17 existe uma imagem explicativa do funcionamento da válvula.

Figura 16 – Experimento usando a posição acima da mesa.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 17 – Reação da válvula ao fluxo de água



Fonte: O que é um diodo? – MATTEDE, H.

A partir da Figura 17 é possível ver o mecanismo da válvula que permite a passagem da água em somente um sentido, enquanto barra o fluxo de água no sentido contrário. Seu uso semelhante a um diodo pode servir como um complemento durante a aula para mostrar semelhanças adicionais nos aparatos utilizados em ambos os sistemas.

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho, propomos um modelo de aula experimental de Física que destaca a versatilidade das abordagens em relação às análises clássicas dos fenômenos, demonstramos que as aulas experimentais podem explorar diferentes modelos, aproveitando até mesmo as "falhas experimentais" provocadas pelos diferentes fenômenos como estímulos para o aprendizado e para desafiar os conhecimentos prévios dos alunos.

Ao escolher um fenômeno físico da eletricidade, optamos por trabalhar com fluidos, uma temática mais comum e acessível, essa escolha visa tornar a compreensão da 1ª Lei de Ohm mais intuitiva, utilizando analogias, comparações e explorando as semelhanças e diferenças entre fenômenos diversos. Nesse contexto, incorporamos pesquisas e discussões em grupo como elementos essenciais, oferecendo uma base sólida para a construção de um conhecimento mais significativo.

Além disso, também incluímos um conjunto de dois experimentos simples sobre a 1ª Lei de Ohm usando circuitos elétricos, sendo um qualitativo e outro quantitativo, de forma a tornar as diferenças e semelhanças ainda mais proeminentes.

O objetivo central deste trabalho é proporcionar uma abordagem de ensino mais intuitiva para a 1ª Lei de Ohm, utilizando a aprendizagem significativa como estratégia-chave para aprimorar o aprendizado no ensino de Física. Destacamos a importância de estimular a curiosidade dos alunos, promover a participação ativa e incentivar a reflexão, buscando através disso uma compreensão mais profunda e duradoura dos princípios fundamentais da disciplina.

REFERÊNCIAS

- ALISON, R. B.; LEITE, A. E. Possibilidades e dificuldades do uso da experimentação no ensino da física. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor**. Versão online (Cadernos PDE), Secretaria da Educação do Governo do Estado do Paraná, v. 1, 2016. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_artigo_fis_utfpr_rosanebrumalison.pdf. Acesso em: 10 set. 2023.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: Diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/PLkjm3N5KjnXKgDsXw5Dy4R/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 24 set. 2023.
- ARENDE, R. J. J. Construtivismo ou construcionismo? Contribuições deste debate para a Psicologia Social. **Estudos de Psicologia**, Natal, v. 8, n. 1, abr. 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-294X2003000100002>. Acesso em: 3 dez. 2023.
- AZEVEDO, H. L. *et al.* **O uso do experimento no ensino da física**: tendências a partir do levantamento dos artigos em periódicos da área no Brasil. VII Enpec - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, 2009. Disponível em: <https://doceru.com/doc/1c0vn0>. Acesso em: 1 out. 2023.
- BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais** : ensino médio. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.
- CONNOR, N. **O que é Equação de Torricelli**: definição Thermal Engineering, 2019. Disponível em: <https://www.thermal-engineering.org/pt-br/o-que-e-a-lei-de-torricelli-definicao/>. Acesso em: 3 dez. 2023.
- GUIMARÃES, C.C. Experimentação no ensino de Química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 198-202, ago. 2009.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**: eletromagnetismo. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2009. v. 3.
- MATTEDE, H. **O que é um diodo?** Mundo da Elétrica, Belo Horizonte, MG. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-diodo/>. Acesso em: 16 abr. 2024.
- HONORATO, C. A.; DIAS, K. K. B.; DIAS, K. C. B. Aprendizagem Significativa: uma introdução à teoria. **Mediação**, Pires do Rio, v. 13, n. 1, p. 22-37, jan.- jun. 2018. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/mediacao/article/view/6728/5436>. Acesso em: 13 set. 2023.
- MORTON, C. **Como Sifonar Água**. wikiHow. Disponível em: <https://pt.wikihow.com/Sifonar-%C3%81gua>. Acesso em: 30 nov. 2023.

PAULO NETO, J. G. Contribuições e preferências da experimentação no ensino de física: O que dizem os estudantes do Ensino Fundamental? 2018, Fortaleza. **Anais VII ENALIC - Encontro Nacional das Licenciaturas**, Fortaleza, CE: Editora Realize, 2018. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/enalic/2018/443-53508-30112018-155601.pdf>. Acesso em: 4 out. 2023.

PENA, F. L. A.; RIBEIRO FILHO, A. Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: Um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais da área (1971-2006). **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4008/2572>. Acesso em: 4 out. 2023.

SOARES, L.; OLIVEIRA, H. Percepção das metodologias utilizadas no ensino de ciências em duas escolas do município de Boa Hora, Piauí, Brasil. **Instrumento**: revista de estudo e pesquisa em Educação, Juiz de Fora, v. 24, n. 3, p. 761-777, set./dez. 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/revistainstrumento/article/view/36174/25443>. Acesso em: 9 set. 2023.

THOMAZ, M. F. A experimentação e a formação de professores de ciências: uma reflexão. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 3, p. 360-369, 2000. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6767/6235>. Acesso em: 15 out. 2023.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física II**: termodinâmica e ondas, 12. ed. São Paulo, Addison Wesley, 2008.