

PROPOSTA DE UM CONTROLADOR DE TENSÃO PARA ESTUDO DE CIRCUITOS

Proposal of a voltage controller for the study of circuits

José Pereira de Melo [jose.melo19490@alunos.ufersa.edu.br]

Luiz Fernando Silva Martins [luiz.martins@alunos.ufersa.edu.br]

Alex Garcez Gomes Castro [alex.garcez@ufersa.edu.br]

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Angicos

Rua Gamaliel Martins, 587. Alto da Alegria, Angicos, Rio Grande do Norte, Brasil

Caik Breno Santiago Chaves

Departamento de Ciências Naturais, Matemática e Estatística

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Mossoró

Rua Francisco Mota 570, CEP 59625-900, Costa e Silva, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil

Naiara Cipriano Oliveira [naiara.cipriano@urca.br]

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física-Polo 31

Departamento de Física, Universidade Regional do Cariri, Campus Crajubar

Av. Leão Sampaio, 107, CEP 63041-145, Lagoa Seca, Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil

Jusciane da Costa e Silva [jusciane@ufersa.edu.br]

Gustavo Oliveira Gurgel Rebouças [gustavoreboucas@ufersa.edu.br]

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física-Polo 09

Departamento de Ciências Naturais, Matemática e Estatística

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Mossoró

Rua Francisco Mota 570, CEP 59625-900, Costa e Silva, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil

Recebido: 29/12/2025

Aceito: 25/03/2026

Resumo

A eletricidade é essencial para o funcionamento da sociedade, abrangendo desde residências até grandes indústrias, tornando-se um tema importante no ensino de física. No entanto, muitas vezes é abordada de maneira teórica e sem conexão prática com a realidade. Uma das razões é a ausência de laboratórios didáticos sobre o tema. Desse modo, é proposto a montagem de um circuito eletrônico de corrente contínua e baixa tensão, que pode ser construído facilmente em sala de aula, mesmo por professores com pouca prática em montagem de circuitos. O circuito é constituído de uma fonte de tensão de até 12 V, potenciômetro, transistor, componentes de baixo custo e fácil acesso. A utilização deste controlador possibilita o estudo de resistores ôhmicos e não-ôhmicos, potência de motores AC, lâmpadas e LEDs, além de possibilitar o carregamento de capacitores. O objetivo principal deste trabalho foi o estudo de resistores ôhmicos, com a construção gráfica da tensão em função da corrente que atravessa diferentes resistores comerciais. Portanto, integrando a teoria e prática, proporcionando aos alunos uma compreensão mais profunda dos conceitos elétricos, além de estimular o desenvolvimento de habilidades em eletrônica básica.

Palavras-Chave: Circuitos; Lei de Ohm; Corrente elétrica; resistência elétrica.

Abstract

Electricity is essential for the functioning of society, ranging from residential applications to large industries, making it a crucial topic in physics education. However, it is often taught in a theoretical manner without a practical connection to real-world applications. One of the main reasons for this is the lack of educational laboratories on the subject. To address this issue, we propose the assembly of a low-voltage direct current (DC) electronic circuit that can be easily built in the classroom, even by teachers with limited experience in circuit assembly. The circuit consists of a voltage source of up to 12 V, a potentiometer, a transistor, and other low-cost and easily accessible components. This controller enables the study of ohmic and non-ohmic resistors, the power consumption of AC motors, lamps, and LEDs, as well as the charging of capacitors. The primary objective of this study was to investigate ohmic resistors by graphically analyzing the voltage as a function of the current passing through different commercial resistors. Thus, by integrating theory and practice, this approach provides students with a deeper understanding of electrical concepts while fostering the development of basic electronics skills.

Keywords: Circuits; Ohm's Law; Electric Current; Electrical Resistance.

Introdução

O ensino de Física enfrenta o desafio constante de conectar os conceitos abstratos e as formulações matemáticas à realidade vivenciada pelos estudantes. Neste cenário, a abordagem experimental em sala de aula consolida-se como um importante recurso pedagógico. Historicamente, as atividades experimentais foram concebidas, primordialmente, com o propósito de verificar ou confirmar as teorias expostas em livros didáticos (Borges, 2002; Moreira & Axt, 1991). Entretanto, uma perspectiva contemporânea e crítica defende que o papel do experimento transcenda a mera comprovação teórica. A atividade experimental deve atuar como uma ferramenta poderosa para o desenvolvimento do pensamento crítico e da capacidade investigativa dos estudantes (Gaspar, 2009; Sasseron & Carvalho, 2008). Ao promover a articulação entre teoria e prática, o estudante identifica não apenas a validade de um modelo científico, mas também suas limitações e condições de aplicabilidade, estimulando, assim, uma participação ativa no processo de construção do conhecimento (Hofstein & Lunetta, 2003; Freire, 1987).

No domínio da eletricidade, essa abordagem é particularmente relevante, dado que seus fenômenos permeiam o cotidiano da sociedade moderna, desde contextos residenciais até complexos industriais. Contudo, essa área é frequentemente abordada de forma excessivamente teórica, o que dificulta a compreensão plena dos conceitos básicos. Rodrigues, Mota & Souza (2019) propuseram a montagem de circuitos usando componentes simples para medição da resistência, enquanto Bobowski (2021) investigou o ensino da Primeira Lei de Ohm por meio de aparatos simplificados e materiais de uso comum, ressaltando que a criatividade metodológica e o uso de estratégias alternativas podem superar a necessidade de altos investimentos financeiros em laboratórios.

Importante ressaltar que dispositivos ôhmicos possuem limitações físicas, sendo influenciados diretamente por fatores como o aumento excessivo da corrente elétrica ou da temperatura. Em contrapartida, materiais não ôhmicos não devem ser classificados como defeituosos; eles são intencionalmente projetados para apresentar propriedades específicas que fundamentam a diversidade de aplicações na eletrônica (Magon, 2018). Embora o ensino experimental da Lei de Ohm enfrente desafios logísticos em sala de aula, devido à necessidade de equipamentos como fontes, medidores e matrizes de contato (*protoboards*), a literatura propõe alternativas viáveis, entre elas, destacam-se o uso de circuitos simplificados (Waltner & Lehman, 1993), simuladores computacionais (Uddin & Zaheer, 2019) e modelos de analogia mecânica (Pfister, 2014).

Neste contexto, o presente trabalho insere-se na pesquisa de métodos experimentais de baixo custo para o ensino de eletricidade. Propõe-se a montagem e aplicação didática de um circuito eletrônico simples de Corrente Contínua (CC) de baixa tensão, construído com componentes acessíveis. O objetivo é a investigação experimental da Primeira Lei de Ohm, com ênfase na análise gráfica da relação entre tensão e corrente elétrica em resistores ôhmicos comerciais.

Lei de Ohm

A Primeira lei de Ohm, enunciada pelo físico alemão Georg Simon Ohm em 1827, estabelece a relação de proporcionalidade direta entre a diferença de potencial (V) aplicada nas extremidades de um condutor e a corrente elétrica (i) que o atravessa. Essa lei é expressa pela relação:

$$V = Ri \quad (1)$$

Sendo R , a constante de proporcionalidade, denominado resistência elétrica (Young & Freedman, 2015). Condutores que obedecem a uma relação linear entre tensão e corrente sob temperatura constante são denominados resistores ôhmicos. A resistência (R), cuja unidade de medida no Sistema Internacional é o ohm (Ω), caracteriza-se, em condições ideais, como uma propriedade intrínseca do material e da sua geometria, não dependendo da magnitude da tensão ou da corrente aplicada. A resistência pode ser definida como a oposição à passagem da corrente elétrica devido às colisões dos elétrons livres com o material condutor.

Materiais e Métodos

Este trabalho propõe a implementação de um aparato experimental de baixo custo, composto por materiais de fácil aquisição, destinado ao estudo de resistores comerciais. O sistema consiste, em síntese, em um controlador de tensão ajustável operando em um intervalo de 0,0 V a 5,0 V.

Para a montagem do dispositivo e a respectiva instrumentação das grandezas elétricas, utilizam-se matrizes de contato (*protoboards*), uma fonte de alimentação de 12 V, dois potenciômetros de 10 k Ω e 100 k Ω para ajustes de precisão, um transistor de junção bipolar (TJB) NPN modelo BC548, além de dois multímetros digitais para as funções de voltímetro e amperímetro. O conjunto de componentes estudados compreende resistores comerciais com resistências nominais de 47 Ω , 180 Ω , 470 Ω , 1000 Ω , 1200 Ω e 2700 Ω . A Figura 1 apresenta o esquema do circuito em (a) e, em (b), a fotografia do circuito em operação montado com os respectivos materiais indicados.

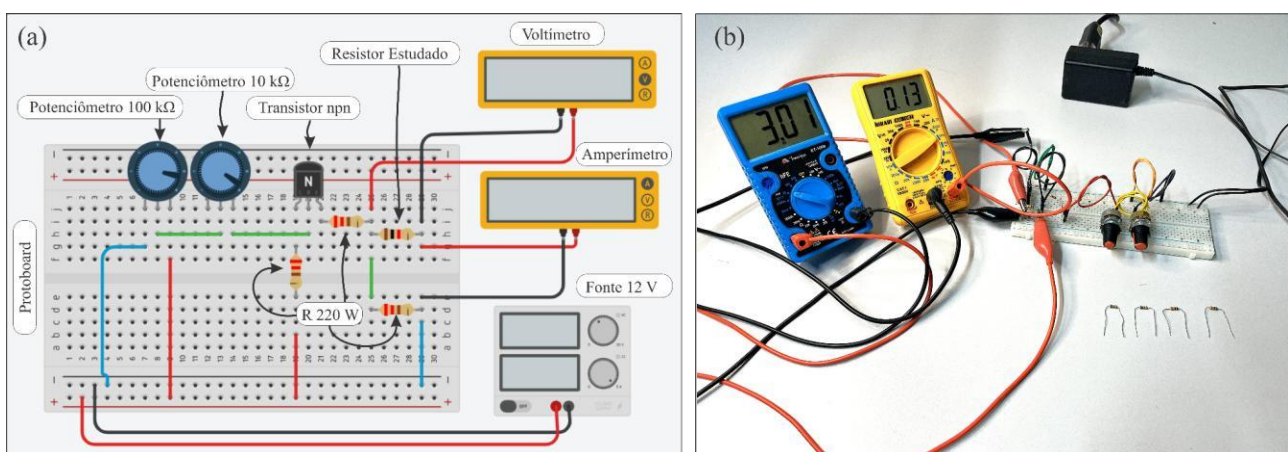


Figura 1: (a) Montagem esquemática do circuito com os materiais indicados. (b) Fotografia do circuito montado em operação. Fonte: os autores.

O circuito foi desenvolvido com a finalidade de medir experimentalmente a curva característica da Primeira Lei de Ohm em uma carga de resistência intercambiável. O princípio operacional fundamenta-se na configuração de um transistor operando como coletor comum, que atua como um amplificador de corrente. Essa configuração permite que a tensão de referência, ajustada no estágio de controle, seja replicada com estabilidade no emissor e aplicada diretamente no resistor sob teste, garantindo a integridade dos componentes e a segurança necessária para as medições.

O controle das variáveis elétricas é efetuado por meio de uma associação de potenciômetros conectados à base do transistor, possibilitando ajustes de alta e baixa sensibilidade, comumente referidos como ajustes “grosso” e “fino”. Ao manipular esses componentes, o ponto de operação do transistor na região ativa é alterado, modulando a tensão resultante transferida para a malha de saída. Nessa configuração, a variação de tensão é transmitida para a carga onde se encontra o resistor em estudo, provocando a variação correspondente na intensidade da corrente elétrica, conforme preconizado pela teoria eletrodinâmica.

A instrumentação do experimento é realizada por dois multímetros digitais, um operando como voltímetro, conectado em paralelo à carga para aferir a diferença de potencial, e outro configurado como amperímetro, conectado em série para mensurar a intensidade da corrente que atravessa o resistor estudado. Resistores auxiliares de $220\ \Omega$ inseridos no emissor desempenham a função de divisores de tensão e limitadores de corrente, assegurando que a diferença de potencial sobre a carga permaneça dentro do limite de segurança estipulado de $5,0\ \text{V}$. Esse arranjo permite um controle refinado da tensão, possibilitando aferições com incrementos de até $0,1\ \text{V}$, o que favorece a construção de gráficos precisos e a verificação da linearidade dos resistores ôhmicos.

Resultados

A investigação experimental contemplou a análise de seis resistores comerciais, designados como R1, R2, R3, R4, R5 e R6, com resistências nominais de $47\ \Omega$, $180\ \Omega$, $470\ \Omega$, $1000\ \Omega$, $1200\ \Omega$ e $2700\ \Omega$, respectivamente. Os resultados experimentais obtidos, apresentados na Figura 2, confirmaram o comportamento ôhmico dos resistores estudados de R1, R2 e R3, evidenciado pela relação linear entre tensão e corrente. Os pontos indicam os parâmetros medidos com o aparato montado e as linhas contínuas descrevem o comportamento gráfico da Equação (1). Observa-se que, em todos os resistores estudados, a relação de proporcionalidade direta está em conformidade com a Equação (1), cujos coeficientes angulares mostraram-se plenamente compatíveis com os valores de resistência especificados pelos fabricantes. Tal convergência valida a precisão do aparato construído, bem como o comportamento ôhmico dos resistores comerciais. A montagem simples do circuito e a clareza dos dados reforçam o potencial didático da prática para a verificação da Lei de Ohm.

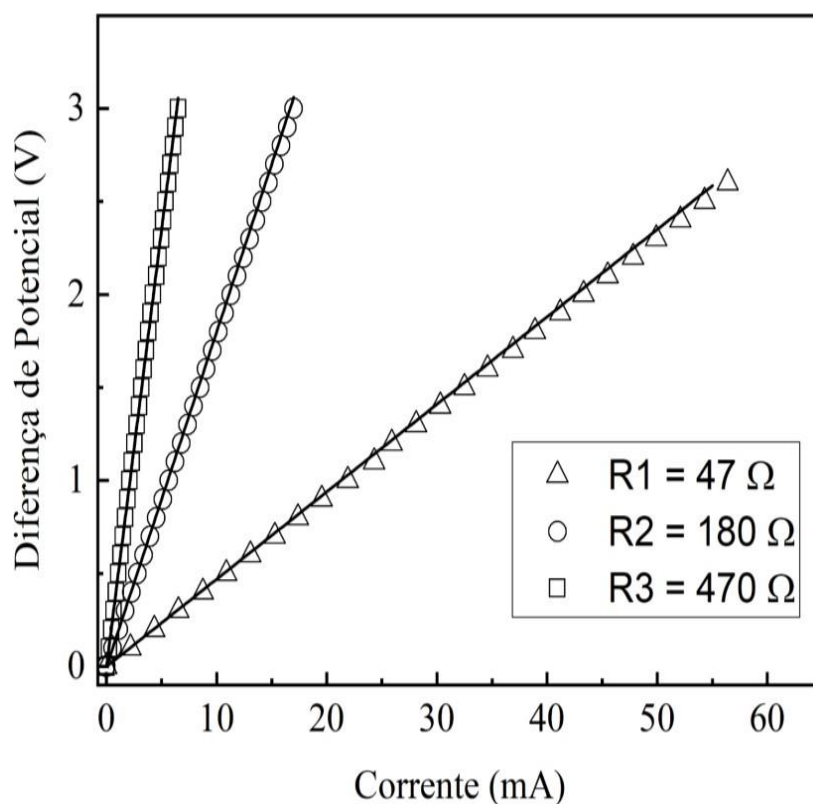


Figura 2: Medidas da diferença de potencial em função da corrente em mA para os resistores de 47 Ω , 180 Ω e 470 Ω .

As linhas contínuas indicam a função da Lei de Ohm, Equação (1), para cada resistor.

Fonte: os autores.

Os resultados obtidos para os resistores R4, R5 e R6 são apresentados na Figura 3. Neste caso, as correntes, conforme esperado, são da ordem de unidades de miliamperes, diferindo dos resultados anteriores, que apresentam algumas dezenas de miliamperes para o intervalo de diferença de potencial entre 0 e 3,0 V. Do mesmo modo que os resultados obtidos no primeiro grupo de resistores, houve a observância da Lei de Ohm, conforme verificado pela relação entre os pontos obtidos experimentalmente e as linhas contínuas que descrevem a Equação (1) para cada valor e resistência nominal. Conforme esperado, em contraste com o primeiro grupo de resistores, este conjunto apresenta inclinações menos acentuadas nas curvas $V(i)$, em consistência com a Primeira Lei de Ohm.

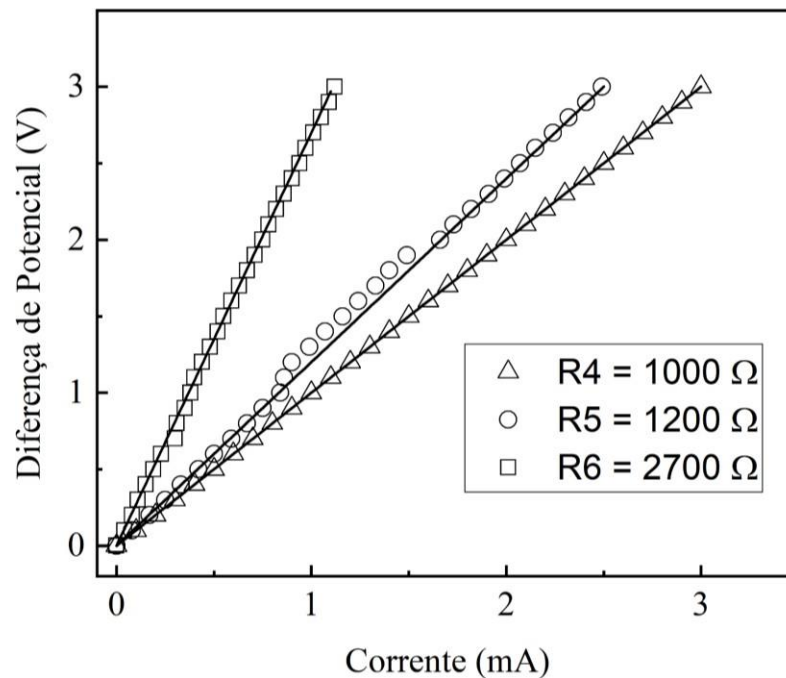


Figura 3: Medidas da diferença de potencial em função da corrente em mA para os resistores de 1000 Ω , 1200 Ω e 2700 Ω . As linhas contínuas indicam a função da Lei de Ohm, Equação (1), para cada resistor.

Fonte: os autores.

A estabilidade do controlador de tensão proposto demonstrou-se particularmente eficaz nesta faixa de operação, permitindo um ajuste fino que viabilizou a leitura de correntes de baixa intensidade com mínima flutuação nos multímetros. Essa consistência nos dados para resistores estudados confirma que o aparato não sofre perdas de linearidade significativas sob diferentes regimes de carga, mantendo sua confiabilidade instrumental para estes valores nominais de diferença de potencial e corrente elétrica. Do ponto de vista didático, os resultados obtidos nas Figura 2 e 3 permitem ao estudante medir de maneira empírica e compreender como a variação da resistência altera as correntes elétricas que atravessam um determinado resistor. Consequentemente, a prática oferece, caminhos para o entendimento da condutividade do circuito e para a identificação do comportamento gráfico da Primeira Lei de Ohm.

Considerações Finais

A presente proposta configura-se como um aparato promissor para ser implementado em sala de aula e, consequentemente, proporcionar atividades experimentais para o estudo e a verificação da Lei de Ohm. O dispositivo ainda pode servir para apresentar aos alunos os instrumentos de medida, como o voltímetro e amperímetro, e a forma correta de instalá-los em um circuito elétrico simples de corrente contínua. A simplicidade na montagem, aliada à precisão dos dados coletados, tem potencial para facilitar a compreensão de conceitos fundamentais de circuitos elétricos em nível básico, bem como possibilitar o desenvolvimento de competências práticas em eletrodinâmica básica e tratamento de dados experimentais.

Os resultados experimentais são compatíveis com os modelos teóricos da Lei de Ohm, confirmando que a resistência de um resistor se comporta como um fator de proporcionalidade entre tensão e corrente, fato evidenciado pela linearidade dos gráficos obtidos. Além disso, o uso de um controlador de tensão simples e acessível mostrou-se eficaz como recurso didático, facilitando a assimilação dos conceitos teóricos e promovendo a integração com a prática experimental. A proposta contribui para o desenvolvimento de habilidades em eletrônica básica e pode ser aplicada no estudo de outros componentes. A proposta contribui para o desenvolvimento de habilidades em eletrônica básica e pode ser aplicada no estudo de outros componentes em sala de aula, podendo o docente optar por apresentar aos alunos o circuito montado previamente ou promover a construção do aparato em sala de aula, a depender do tempo disponível para a prática e dos objetivos planejados pelo professor para a turma.

Dessa forma, a proposta consolida-se como uma alternativa viável para laboratórios de ensino de Física em nível introdutório, permitindo a expansão do estudo para a investigação de outros componentes eletrônicos em práticas investigativas futuras, tais como lâmpadas, motores simples, LEDs, diodos não emissores de luz, ou qualquer outro dispositivo que opere dentro dos limites de diferença de potencial e correntes elétricas fornecidas por este controlador.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação pelo financiamento interno dos Editais 12/2023 e 34/2025, bem como as Chamadas Editais Universais CNPq/MCTI nº 10/2023 - Processo nº 404199/2023-2 e Chamada CNPq/MCTI nº 44/2024 – Processo nº 4211000/2025-7. A Fundação de Amparo e Promoção da Ciência, Tecnologia e Inovação do RN (FAPERN), Edital 28/2024.

Referências

- Bobowski, J. S. (2021). Hydraulic analogues illustrating the charging of a capacitor and Ohm's law: Labs for online learning environments. *The Physics Teacher*, 59(7), 560–565. <https://doi.org/10.1119/5.0038966>
- Borges, A. T. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(3), 291-313.
- Freire, P. (1987). *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- Gaspar, A. (2009). *Experiências de baixo custo para o ensino de física*. São Paulo: Ática.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2003). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Magon C. J. *Conceitos básicos da Eletrônica: teoria e prática*, 2018. <http://granada.ifsc.usp.br/labApoio/images/apostilas/apostilaEletronica2018-v1.pdf>. Acesso 26 de dez., 2025.
- Moreira, M. A., & Axt, R. (1991). O ensino experimental e a questão do equipamento de baixo custo. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 13(1), 97-103.

- Pfister, H., (2014). The Sponge Resistor Model — A Hydrodynamic Analog to Illustrate Ohm's Law, the Resistor Equation, and Resistors in Series and Parallel. *The Physics Teacher*, 52, 270. <https://doi.org/10.1119/1.4872404>
- Rodrigues, D. P., Mota, A. T., & Souza, P. V. S. (2019). Circuitos elétricos com materiais de baixo custo: Uma proposta pautada na aprendizagem significativa de Ausubel. *Revista do Professor de Física*, 3(1), 133–149. <https://doi.org/10.26512/rpf.v3i1.13429>
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. de. (2008). Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: A proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, 13(3), 333-352. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/445>
- Uddin, Z., Zaheer, M. H., (2019). Simulating Physics Experiments in Spreadsheets – Experimenting with Ohm's Law. *The Physics Teacher*, 57, 182, 2019. <https://doi.org/10.1119/1.5092481>
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2015). *Física III, Sears e Zemansky: Termodinâmica e ondas* (14. ed.). Pearson Education do Brasil Ltda.
- Waltner, S. A. & Lehman, T. A. (1993). When is Ohm's Law Valid? *The Physics Teacher*, 31, 102-103.