

JORGE HENRIQUE RIBEIRO DA SILVA

FRANCISCO JOSÉ ALVES DE AQUINO

Roteiros de aulas práticas

2023

Autores



Autor: Jorge Henrique Ribeiro da Silva

Mestrando e Especialista em Educação Profissional e Tecnológica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE; Tecnólogo em Manutenção Industrial pela Faculdade de Tecnologia CENTEC; Docente no IFCE Campus Avançado de Jaguaruana.



Autor: Francisco José Alves de Aquino

Doutor e mestre em Engenharia Elétrica pela UFSC, bacharel também em Eng. Elétrica pela UFC, técnico em telecomunicações pelo IFCE (antiga Escola Técnica Federal do Ceará). Docente no IFCE - Campus Fortaleza - desde 1994. Professor nos mestrados PPGET e ProfEPT e no doutorado RENOEN.

SUMÁRIO

Apresentação.....	4
Aula 1 – Procedimentos de segurança.....	5
Aula 2 – Instrumentos de medição	6
Exercitar é preciso!!!	9
Aula 3 – Resistores fixos e variáveis.....	10
Exercitar é preciso!!!	14
Aula 4 – 1ª Lei de Ohm.....	15
Exercitar é preciso!!!	18
Aula 5 – 2ª Lei de Ohm.....	19
Exercitar é preciso!!!	22
Aula 6 – Resistências em série e divisor de tensão.....	23
Exercitar é preciso!!!	25
Aula 7 – Resistências em paralelo e divisor de correntes.....	26
Exercitar é preciso!!!	28
Referências	29

Apresentação

Estes roteiros de aulas práticas é fruto da pesquisa intitulada "**Práxis nos laboratórios de eletricidade em corrente contínua e alternada dos cursos técnicos em eletrotécnica: um estudo de caso**" desenvolvida no Programa de Pós-graduação em Educação Profissional e Tecnológica, ofertado pelo campus Fortaleza do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE. A proposta dos roteiros foi devido a elaboração do projeto e confecção de uma bancada didática para ensinar eletricidade CC, CA e eletrônica básica (produto educacional) e tem o intuito de nortear as abordagens práticas.

Está organizado em 7 aulas laboratoriais da componente curricular Eletricidade de Corrente Contínua - CC, esta publicação corresponde ao volume 1. Para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem, este material didático utilizará de abordagens metodológicas de ambientes laboratoriais físicos (bancada didática) e virtuais (*softwares* com conexão ou não a internet). Os autores optaram pelos *softwares* livres LTspice® (Disponível em <https://ltspice.softonic.com.br/>), Tinkercad® (Disponível em <https://www.tinkercad.com/>) e EasyEDA® (Disponível em <https://www.easyeda.com/pt>) para análise de circuitos esquemáticos, diagramas pictoriais, simulação e confecção de placas eletrônicas. Através dessas ferramentas virtuais os estudantes podem montar e simular os circuitos propostos nas aulas práticas, como, também auxiliar na resolução de exercícios e estudos orientados para as avaliações em qualquer dia ou horário da semana.

Ao término de cada aula prática proposta haverá uma lista de exercícios sintetizando as temáticas abordadas em concursos públicos para o cargo de Técnico(a) em Eletrotécnica. O docente ministrante da disciplina pode escolher outros *softwares* de sua preferência para aplicar em conjunto com estes roteiros e a bancada didática proposta.

BONS ESTUDOS!!!!

Aula 1 – Procedimentos de segurança

Fundamentação teórica

Em todo o mundo, um trabalhador morre a cada 15 segundos devido a acidente ou doença de trabalho. O Observatório de Segurança e Saúde do Trabalho compilado pelo Ministério do Trabalho Público (MPT) e pela entidade afirma que de 2012 a 2020, 21.467 desses colaboradores eram pertencentes ao Brasil, o equivalente a 6 por 100 mil empregos formais nesse período. Organização Internacional do Trabalho (OIT).

Objetivos

- Conhecer a resolução interna de utilização dos laboratórios;
- Apresentar tópicos básicos da NR-10;
- Entender os procedimentos de segurança em caso de acidentes.

Materiais utilizados

- Óculos de proteção;
- Bota;
- Luva com isolamento;
- Ferramentas manuais isoladas;
- Cinto de segurança;
- Dentre outros.

Procedimentos

Apropria-se da resolução interna dos laboratórios da instituição de ensino, cada instituição elabora a sua resolução conforme as Normas Regulamentadoras (NR's) vigente no país. O intuito dessa resolução é estabelecer procedimentos de segurança na utilização do laboratório, como, por exemplo, vestimentas adequadas, equipamentos de proteção individual, equipamentos de proteção coletiva e tópicos básicos da NR 10. Como também saber os procedimentos corretos em caso de acidente no laboratório de eletricidade CC e CA, como, por exemplo, incêndio, choque elétrico, choque mecânico e utilização dos extintores.

Aula 2 – Instrumentos de medição

Fundamentação teórica

Houve a necessidade pelos seres humanos de mensurar e quantificar grandezas de características elétricas, com objetivo de garantir a funcionalidade de máquinas e equipamentos de uso doméstico, comercial e industrial. Para realizar as aferições dessas grandezas faz-se necessário os instrumentos de medição que tenham uma exatidão e precisão recomendadas pelo fabricante para aquela aplicação.

Ainda de acordo com a classificação dos instrumentos de medidas segue as seguintes especificidades em relação às características: grandeza a ser medida, apresentação da medida (analógico ou digital), capacidade de armazenamento da leitura (indicadores, registradores e totalizadores), princípio físico de construção, finalidade de aplicação e a portabilidade.

Nesta aula prática os estudantes sobre a orientação do(a) professor(a) irão analisar as grandezas de características elétricas, como, por exemplo, tensão utilizando para mensuração dessa medida os instrumentos analógico e digital.

Objetivos

- Apresentar a bancada didática com as suas respectivas funcionalidades;
- Conhecer os instrumentos de medição digital, analógico e suas peculiaridades;
- Realizar aferições de tensão em Corrente Contínua – CC e Corrente Alternada – CA.

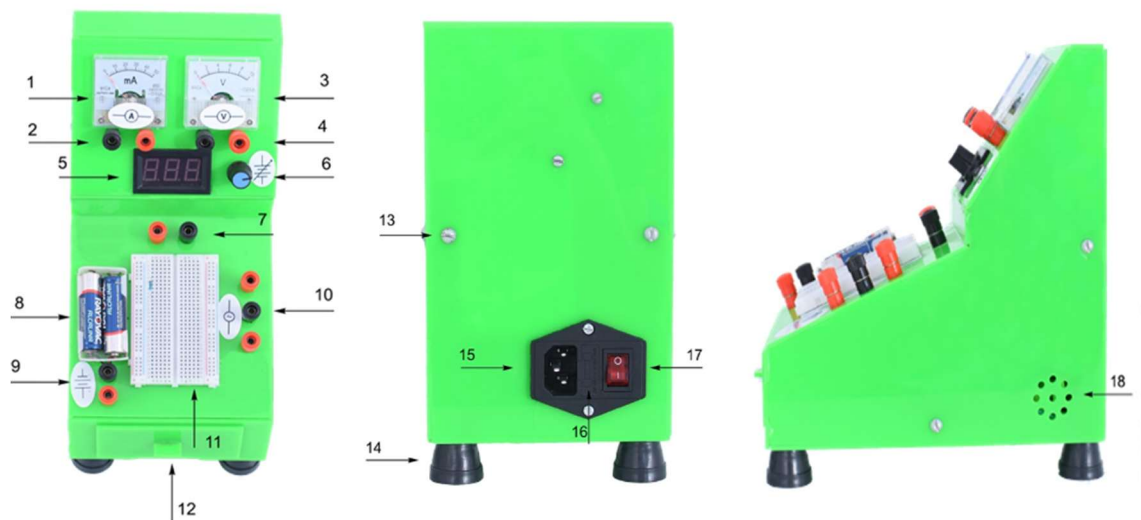
Materiais utilizados

- 01 – Bancada didática;
- 01 – Multímetro digital;
- 01 – Multímetro analógico;
- 01 – Alicates amperímetro digital;
- 01 – LCR T4.

Procedimentos experimentais

Após a aula teórica ministrada pelo(a) professor(a) sobre o manuseio dos instrumentos de medição digital, analógico e seguindo as orientações dos procedimentos de segurança obrigatório do Laboratório de Eletricidade CC e CA previstos nas regulamentações internas. Realize aferições de tensão na bancada didática para ensinar eletricidade CC, CA e eletrônica básica, com os instrumentos de medição digital multímetro e voltímetro analógico. A Figura 1 é uma representação da bancada didática.

Figura 1. Bancada didática para ensinar eletricidade CC, CA e eletrônica básica.



Fonte: Autores, (2023).

A bancada didática tem uma estrutura de sustentação de acrílico; amperímetro analógico (1); bornes de ligação do amperímetro (2) voltímetro analógico (3) bornes de ligação do voltímetro (4); voltímetro digital (5); potenciômetro do regulador de tensão (6); bornes de ligação do voltímetro digital e potenciômetro do regulador de tensão (7); fonte de tensão fixa (8); bornes de ligação da fonte de tensão fixa (9); fonte de tensão alternada (10); protoboard (11); gaveta (12); Parafusos de fixação (13); sapata triângulo (14); plug de entrada fêmea para alimentação da bancada (15); porta fusível (2A) (16); botão on/off (17) e (18) trocador de calor.

Figura 2. Multímetro digital (a) e analógico (b).



(a)



(b)

Fonte: Autores, (2023).

Figura 3. LCR T4 (c) e Alicates amperímetro (d).



(c)



(d)

Fonte: Autores, (2023).

Exercitar é preciso!!!

1. (UFMT) O voltímetro da Figura ao lado apresenta uma escala de 50 V e classe de exatidão 2,5%. Ao ser empregado para medir a tensão de uma fonte, indica em seu visor o valor de 40 V. Qual é o erro absoluto em (V) que pode ser cometido em qualquer medição efetuada com este voltímetro e o erro relativo (%) pelo qual pode estar afetado o valor medido?

- (A) 1,00 V; 3,12%
- (B) 1,25 V; 3,12%
- (C) 1,25 V; 2,5%
- (D) 1,00 V; 2,5%



2. (IFRJ) Destinado a medir a resistência elétrica, devendo ser conectado em circuitos que estejam sem tensão elétrica:

- (A) Voltímetro
- (B) Amperímetro
- (C) Ohmímetro
- (D) Multímetro

3. (UFG) Deseja-se medir em um circuito algumas características com a finalidade de assegurar o seu correto funcionamento. Serão medidos em um determinado trecho a corrente elétrica, a tensão elétrica, a resistência elétrica e a característica do sinal que está saindo do circuito. Para essa finalidade, devem ser utilizados, respectivamente, os seguintes instrumentos de medição:

- (A) amperímetro, ohmímetro, voltímetro e osciloscópio.
- (B) luxímetro, voltímetro, estroboscópio e frequencímetro.
- (C) amperímetro, ohmímetro osciloscópio e voltímetro.
- (D) amperímetro, voltímetro, ohmímetro e osciloscópio.
- (E) ohmímetro, megôhmetro, multímetro e frequencímetro.

Aula 3 – Resistores fixos e variáveis

Fundamentação teórica

Nesta aula prática serão abordados conceitos, fenômenos, equações sobre resistência, resistores, *protoboard* e instrumento de medição digital que são ferramentas essenciais no processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Eletricidade em Corrente Contínua.

Primeiro conceito que o(a) aluno(a) deve entender é a diferença entre resistor e resistência, o resistor é componente eletroeletrônico que são fabricados de materiais como carbono, metais, ligas e transforma energia elétrica em energia térmica. Já a resistência é o fenômeno que acontece no resistor devido a propriedade do material de confecção, geralmente esses materiais são dielétricos, possuem característica de oposição a passagem de corrente elétrica e os resistores podem ser de resistência fixa ou variável.

Objetivos

- Entender os códigos de cores dos resistores;
- Identificar os terminais do potenciômetro;
- Conhecer os tipos e aplicação dos resistores;
- Utilizar multímetro digital na escala de resistência.

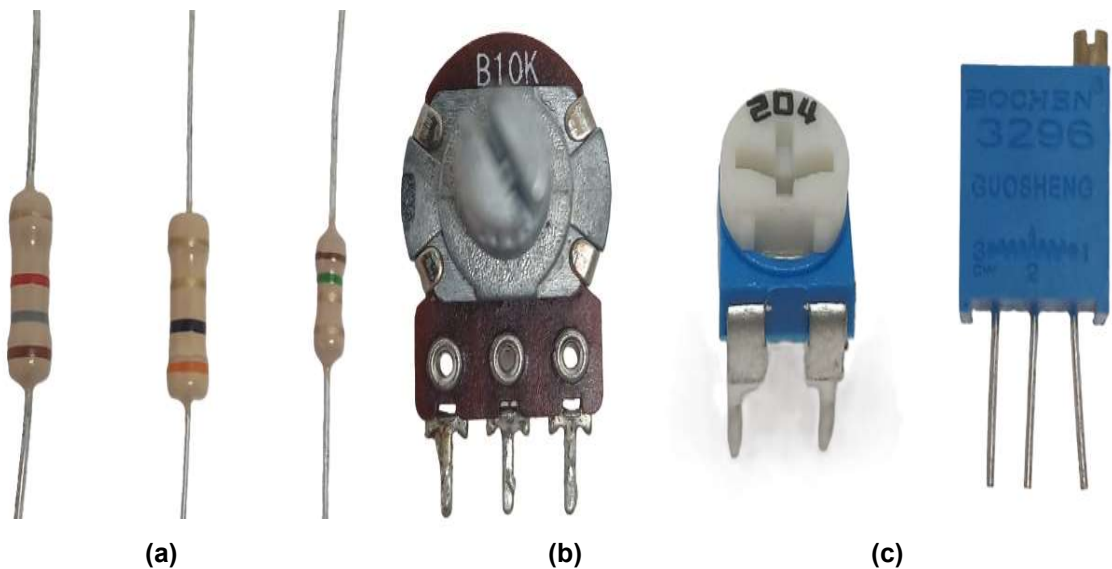
Materiais utilizados

- 01 – Bancada didática;
- 05 – Resistores de resistências fixas;
- 01 – Potenciômetro;
- 01 – Trimpot;
- 01 – LDR;
- 01 – Varistor;
- 01 – NTC;
- 01 – PTC;
- 01 – Multímetro digital.

Procedimentos experimentais

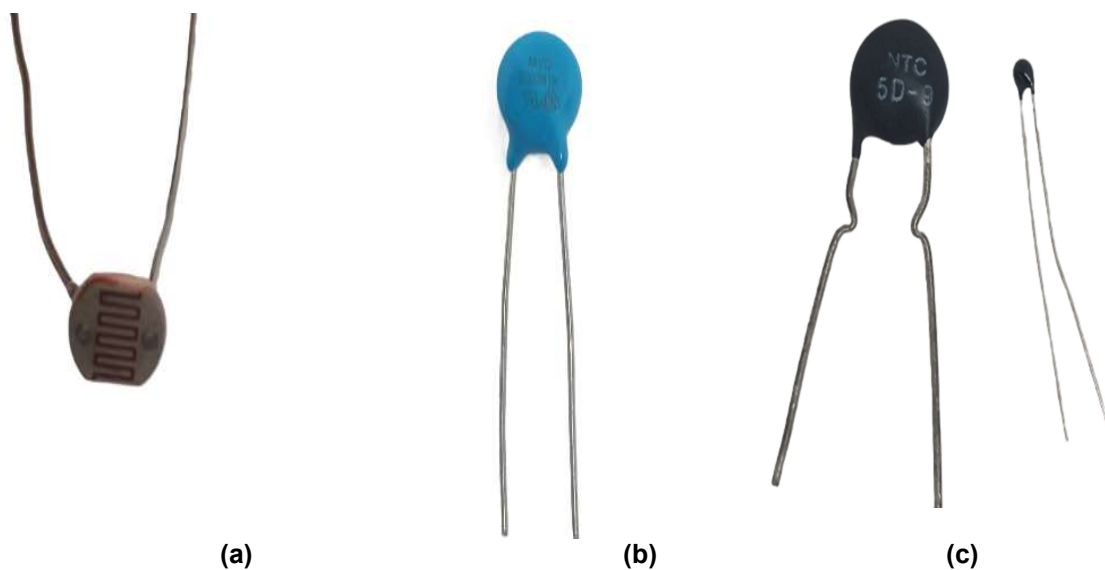
Na primeira etapa da aula prática serão apresentados os diversos tipos de resistores fixos e variáveis, na sequência serão detalhadas as características de cada componente, e também a sua aplicabilidade em circuitos eletroeletrônicos. Na segunda etapa será utilizado o multímetro digital para testar cada um dos resistores fixos e variáveis apresentados na aula.

Figura 4. Resistores (a), potenciômetro (b) e trimpot (c).



Fonte: Autores, (2023).

Figura 5. LDR (a), Varistor (b) e NTC (c).



Fonte: Autores, (2023).

A terceira etapa será utilizada a tabela de cores dos resistores (Ver tabela 02) apresentada na aula teórica para identificar as resistências dos componentes disponibilizados pelo professor da disciplina.

Tabela 1: Códigos de cores dos resistores.

Cores	1º algarismo	2º algarismo	3º algarismo	Fator multiplicação	Tolerância
Preto	----	0	0	1	----
Marrom	1	1	1	10^1	$\pm 1\%$
Vermelho	2	2	2	10^2	$\pm 2\%$
Laranja	3	3	3	10^3	----
Amarelo	4	4	4	10^4	----
Verde	5	5	5	10^5	----
Azul	6	6	6	10^6	----
Violeta	7	7	7	10^7	----
Cinza	8	8	8	10^8	----
Branco	9	9	9	10^9	----
Ouro	----	----	----	10^{-1}	$\pm 5\%$
Prata	----	----	----	10^{-2}	$\pm 10\%$
Branco	----	----	----	----	$\pm 20\%$

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Em seguida os estudantes devem registrar os valores obtidos em cada local específico na tabela 3, esses valores são identificados através da tabela de código de cores dos resistores acima apresentada, ao final cada resistor tem uma resistência nominal resultante.

Tabela 2: Códigos de cores dos resistores.

Resistores	1º Algarismo	2º Algarismo	3º Algarismo	Fator Multiplicativo	Tolerância	Valor Nominal
R ₁						
R ₂						
R ₃						
R ₄						
R ₅						

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A tabela 04, deve ser preenchida com os valores obtidos pelo código de cores das resistências, valor mensurado no instrumento de medição, análise de tolerância e calcular o erro percentual de cada componente.

Tabela 3: Variáveis dos valores de resistência.

Resistores	Valor nominal	Valor mínimo	Valor máximo	Valor mensurado	Erro percentual
R ₁					
R ₂					
R ₃					
R ₄					
R ₅					

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

$$V_{ep} = \left| \frac{V_n - V_m}{V_n} \right| \times 100\% \quad \text{equação (1)}$$

V_n: Valor nominal;

V_m: Valor mensurado;

V_{ep}: Valor do erro percentual.

Exercitar é preciso!!!

1. (CENTEC 2016) Assinale a alternativa CORRETA, em relação a um resistor que apresenta em seu corpo, da esquerda para a direita, as seguintes cores: Vermelho, Verde, Vermelho e Ouro:

- (A) Resistor de 10 kOhms com mais ou menos 5% de tolerância.
- (B) Resistor de 2700 Ohms com mais ou menos 5% de tolerância.
- (C) Resistor de 370 Ohms com mais ou menos 10% de tolerância.
- (D) Resistor de 580 Ohms com mais ou menos 20% de tolerância.
- (E) Resistor de 4700 Ohms com mais ou menos 5% de tolerância.

2. (COMPESA 2013) A grandeza física, que mede a dificuldade da passagem de cargas elétricas em um trecho do circuito elétrico, é denominada de:

- (A) corrente elétrica.
- (B) diferença de potencial elétrico.
- (D) energia elétrica.
- (C) resistência elétrica.
- (E) potência elétrica.

3. (Petrobras - Técnico(a) de Manutenção Júnior – Mecânica 2014) O código de cores utilizado na identificação dos resistores estabelece 4 faixas coloridas, sendo a primeira e a segunda indicativas do primeiro e do segundo dígitos referentes ao valor do resistor, e a terceira referente a um multiplicador. O Quadro abaixo apresenta a correlação entre algumas cores e os valores correspondentes.

Segundo este código, um resistor com as faixas (1ª, 2ª e 3ª) de cores vermelho, amarelo e laranja, possui uma resistência, em Ω , de Alternativas:

- (A) 240
- (B) 2.400
- (C) 4.200
- (D) 24.000
- (E) 42.000

Cores	1º Dígito	2º Dígito	Multiplicador
Marrom	1	1	10^1
Vermelho	2	2	10^2
Laranja	3	3	10^3
Amarelo	4	4	10^4
Verde	5	5	10^5

Aula 4 – 1ª Lei de Ohm

Fundamentação teórica

Os fenômenos da natureza estão presentes em nosso cotidiano, e é uma missão dos cientistas descrever e também quantificar numericamente tais fenômenos. Georg Simon Ohm (1789 - 1854) foi um desses cientistas que contribuiu na descrição de fenômenos, ele possuía graduação em física, matemática e tinha nacionalidade alemão, estudou a condução elétricas nos circuitos e formulou o fenômeno da resistência elétrica dando origem a famosa Lei de Ohm.

Lei de Ohm é análise das grandezas físicas corrente, tensão e resistência elétrica em um determinado circuito, essa Lei é enunciada como a diferença de potencial entre as extremidades de um resistor que é proporcional a corrente elétrica. A relação da razão entre tensão e corrente elétrica é sempre constante para resistores ôhmicos (ver equação 02).

$$R = \frac{V}{I} \text{ (equação 02)}$$

R: Resistência elétrica;

V: Tensão elétrica;

I: Corrente elétrica.

Objetivos

- Aprender a manusear o multímetro digital nas escalas de corrente e tensão;
- Realizar um paralelo da teoria ministrada em sala da 1ª Lei de Ohm com a prática laboratorial.

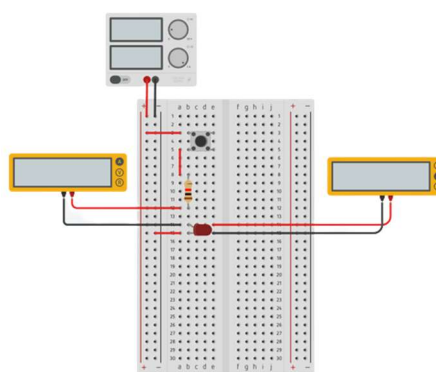
Materiais utilizados

- 01 – Bancada didática;
- 01 – Botão on/off;
- 01 – LED;
- 02 – Resistores de 220Ω e 1kΩ com potência nominal de ¼ w.

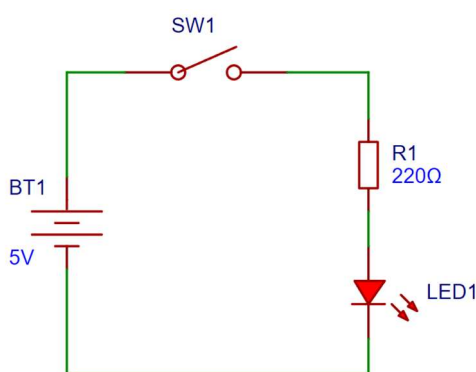
Os estudantes com auxílio do professor deverão analisar os circuitos eletroeletrônicos, em seguida montar e simular os circuitos propostos em ambientes virtuais pelos *softwares* livres *LTspice*® (diagrama esquemático) e *tinkercad*® (diagrama pictorial). Estas ferramentas tem o intuito de concretizar os conhecimentos teóricos ministrados em sala de aula e também gerar gráficos, figuras para melhor compreensão dos resultados obtidos.

Utilizando os resistores disponibilizados pelo professor monte o circuito no *protoboard* fundamentado na Figura 2(a) e (b). Em seguida, use a fonte variável de tensão CC para aplicar as tensões recomendadas na Tabela 03, com o intuito de verificar e anotar os valores de correntes elétricas obtidos nos instrumentos de medição analógicos.

Figura 6. Diagramas pictorial (a) e esquemático (b).



(a)



(b)

Fonte: Autores (2023).

Anote os valores das aferições obtidas no amperímetro analógico na tabela 05, realize as aferições de corrente elétrica também com multímetro digital observando os

valores obtidos e se há discrepância entre os instrumentos de medição analógico versus o digital.

Tabela 4: Tensões e resistores propostos.

Tensões aplicadas (V)	Corrente elétrica (R_1)	Corrente elétrica (R_2)
0		
1		
2		
3		
4		
5		

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Exercitar é preciso!!!

1. Fundamentado nos valores obtidos na tabela anterior construa um gráfico $V = f(I)$ para cada resistor.

2. Aplicar a equação da 1ª Lei de Ohm em cada valor experimental com o intuito de verificar sua veracidade. Em seguida, interpretar os resultados.

3. **(CENTEC 2016)** Assinale a alternativa CORRETA, em relação à resistência elétrica de um resistor que, quando submetido a uma tensão de 9 V é percorrido por uma corrente de 3 mA:

(A) $R = 3000 \text{ Ohms}$;

(B) $R = 2000 \text{ Ohms}$;

(C) $R = 1500 \text{ Ohms}$;

(D) $R = 1000 \text{ Ohms}$;

(E) $R = 470 \text{ Ohms}$.

4. **(DEFENSORIA PÚBLICA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL 2013)** Uma resistência limitadora de corrente de $15 \text{ k}\Omega$ é ligada em série com uma carga constante. A tensão sobre essa resistência limitadora é 240 V. A corrente na carga vale:

(A) $3,6 \text{ }\mu\text{A}$.

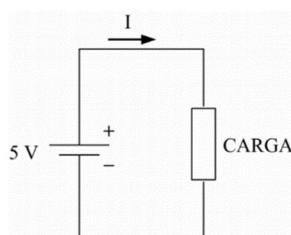
(B) 36 mA .

(C) $360 \text{ }\mu\text{A}$.

(D) 16 mA .

(E) $1,6 \text{ mA}$.

5. **(UFG-2019)** Considere o circuito a seguir. Durante o período de 1 minuto, a carga absorve 30 J de energia. Qual é a corrente I fornecida pela fonte?



(A) $0,1 \text{ A}$.

(B) $0,5 \text{ A}$.

(C) 6 A .

(D) 12 A .

Aula 5 – 2ª Lei de Ohm

Fundamentação Teórica

Na sala anterior foi apresentado um breve histórico do cientista George Simon Ohm e a sua primeira contribuição na área da eletricidade, ou seja, 1ª Lei de Ohm de forma experimental. Nesta aula será abordado a 2ª Lei de Ohm que leva em consideração algumas variáveis não mencionadas ou consideradas constantes na 1ª Lei de Ohm.

Nos estudos dos circuitos resistivos do cientista Ohm observou e publicou o fenômeno de colisão entre elétrons em um determinado material condutor, que realizava a transformação de energia elétrica em térmica. Esta variação da colisão dos elétrons no material proporciona um aumento ou redução da resistência elétrica (Ω), esse estudo foi realizado com um material condutor analisando os seguintes fatores: material, comprimento, área da seção reta e temperatura.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad (\text{equação 3})$$

- **R**: Resistência do material;
- **ρ** : Resistividade do material;
- **l** : Comprimento;
- **A**: Área do condutor.

$$\rho = \rho_0 \cdot [1 + \alpha \cdot (\Delta t)] \quad (\text{equação 4})$$

$$R = R_0 \cdot [1 + \alpha \cdot (\Delta t)] \quad (\text{equação 5})$$

- **α** = Coeficiente de temperatura;
- **Δt** = Variação de temperatura.

Quadro 1: Resistividade dos materiais.

Material	Resistividade ($\Omega \cdot m$)	Coeficiente de temperatura α ($^{\circ}C^{-1}$)
Alumínio	$2,8 \cdot 10^{-8}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$
Cobre	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$3,82 \cdot 10^{-3}$
Ferro	$11 \cdot 10^{-8}$	$5,2 \cdot 10^{-3}$
Prata	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$3,8 \cdot 10^{-3}$
Ouro	$2,3 \cdot 10^{-8}$	$3,4 \cdot 10^{-3}$
Tungstênio	$5 \cdot 10^{-8}$	$4,1 \cdot 10^{-3}$

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

- Comparar os valores encontrados nas equações com os valores mensurados através dos instrumentos de medição digital e analógico do circuito da aula prática;
- Aprender manusear instrumentos de medição digital;
- Compreender os conceitos teóricos no ambiente laboratorial.

Materiais utilizados

- 01 – Bancada didática;
- 01 – Multímetro digital;
- 01 – Pistola de ar quente;
- 01 – NTC ou PTC;
- 01 – Paquímetro digital;
- Condutores elétricos de seção transversal de 1 mm²; 1,5mm² e 2,5 mm²;
- Comprimento dos condutores devem ser de 50 e 100 mm.

Procedimentos

Primeira etapa o estudante irá realizar as aferições de comprimento e diâmetro dos condutores utilizando o paquímetro digital com o auxílio do(a) professor(a) (ver Figuras 7 e 8). Na segunda etapa, o estudante utilizará os valores de comprimento e diâmetro obtidos nas aferições em conjunto com constante de resistividade do material para calcular e entender os conceitos da 2ª Lei de Ohm com temperatura constante.

Figura 7. Aferições de diâmetro.



Fonte: Autores (2023).

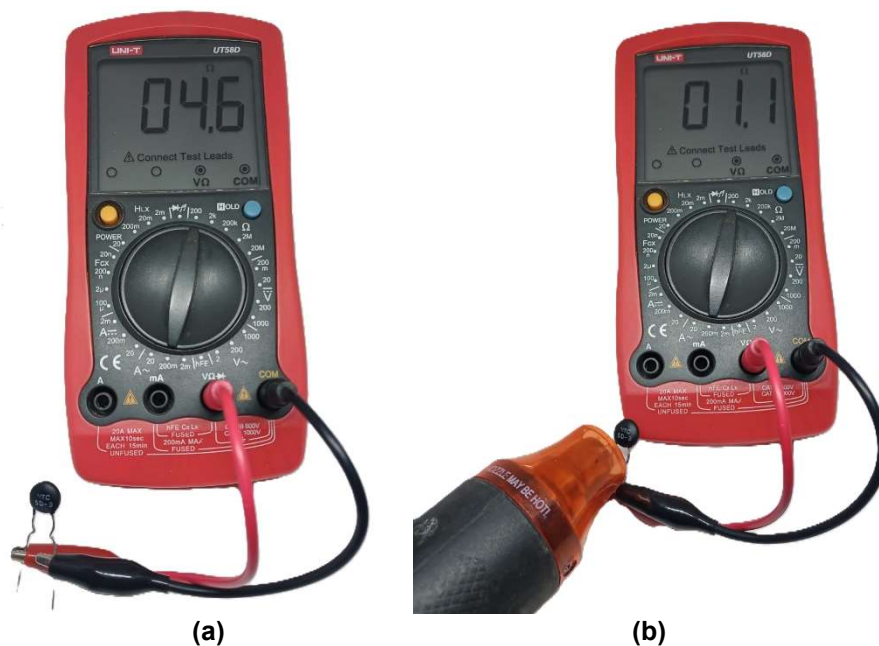
Figura 8. Aferições de comprimento.



Fonte: Autores (2023).

Na terceira etapa o estudante utilizará os valores da tabela que o fabricante do PTC ou NTC disponibiliza, e em seguida irá fazer aferições de resistências com temperatura ambiente.

Figura 9. Aferições de resistência no NTC (a) temperatura ambiente e (b) variação da temperatura.



Fonte: Autores (2023).

Os estudantes com auxílio do(a) professor(a) devem utilizar para a variação da temperatura no NTC como ilustrada na Figura 8 (b) uma pistola de ar quente. Em seguida, anotar o valor da aferição na escala de resistência, e se possível com auxílio de um termômetro mensurar a temperatura ambiente e a incidente no NTC. Depois calcular e entender os conceitos da 2ª Lei de Ohm com temperatura variável.

Exercitar é preciso!!!

1.(CENTEC 2016) Assinale a alternativa CORRETA, em relação a um condutor de cobre na temperatura ambiente de 20°C e possui resistência elétrica de 100 Ω. Qual sua resistência quando a temperatura mudar para 120°C: Dado: $\alpha_{Cu} = 3,90 \cdot 10^{-3} (^{\circ}\text{C}^{-1})$.

- (A) R = 103,8 Ohms;
- (B) R = 482 Ohms;
- (C) R = 96,6 Ohms;
- (D) R = 102 Ohms;
- (E) R = 139 Ohms.

2. (CREA-MA 2008) A resistência de um fio será tanto:

- (A) maior quanto maior sua resistividade.
- (B) maior quanto maior sua área de secção transversal.
- (C) maior quanto menor seu comprimento.
- (D) maior quanto menor sua temperatura.
- (E) menor quanto maior sua resistividade.

3. (IFMA 2023) Tendo como base a equação da 2ª lei de Ohm, assinale a alternativa correta.

- (A) A resistividade é uma constante e igual para todos os materiais.
- (B) Um material com baixa resistência elétrica é chamado de isolante.
- (C) Um material com alta resistência elétrica é chamado de isolante.
- (D) A resistência elétrica é independente da área do condutor.
- (E) A resistência elétrica é independente do tipo de material do qual o condutor é feito.

Aula 6 – Resistências em série e divisor de tensão

Fundamentação teórica

Após a prática anterior da 1ª Lei de Ohm. Nesta prática serão abordadas as temáticas de resistores em série e divisor de tensão com detalhamento das especificidades em ambiente laboratorial, mas fazendo um paralelo com as aulas teóricas ministradas.

Um circuito é uma combinação de fonte(s) e carga(s) conectadas que permitem que a carga flua. Os circuitos podem ser simples, compostos por baterias e lâmpadas, ou complexos. Diz-se que dois elementos estão em série se estiverem conectados em um ponto e não houver outras conexões que conduzam corrente nesse ponto.

No circuito em série permite apenas que a corrente flua por um caminho. Em um circuito em série, a corrente é a mesma em todos os pontos do circuito. Isso significa que a corrente que passa pelo primeiro resistor é a mesma que passa pelos demais resistores e é a corrente fornecida pela bateria.

Objetivos

- Utilizar a bancada didática para montagem do circuito físico e os *softwares* LTspace® e TinkerCAD® para simulação;
- Comparar os valores encontrados nas equações com os valores mensurados através dos instrumentos de medição digital e analógico do circuito da aula prática;
- Compreender os conceitos teóricos no ambiente laboratorial.

Materiais utilizados

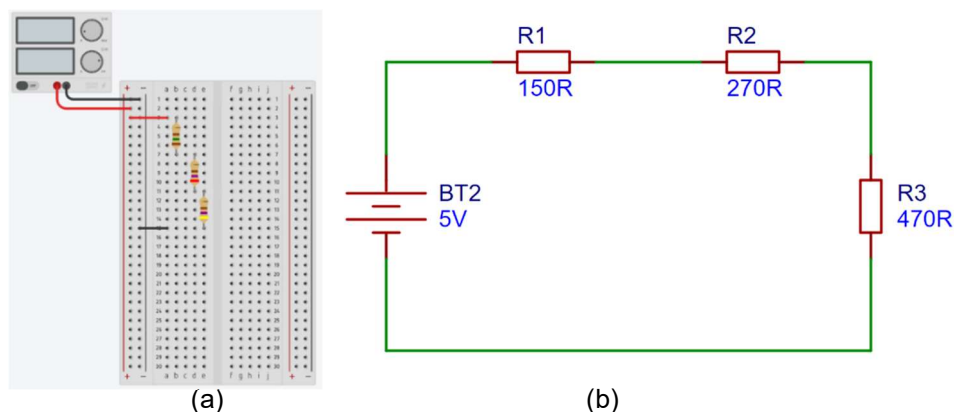
- 01 – Bancada didática;
- 01 – Multímetro digital;
- 03 – Resistores de 150Ω, 220Ω e 470Ω com potência nominal de ¼ w.

Procedimentos

No encontro laboratorial é proposto inicialmente a utilização dos *softwares* LTspace® e TinkerCAD® para simulação do circuito pelos estudantes com a orientação do docente, nesta etapa os estudantes terão acesso aos diagramas pictorial e esquemático (ver Figura 1) através do roteiro de aula prática. Após aplicação das

ferramentas didáticas do laboratório virtual é hora de realizar a montagem do circuito na bancada didática.

Figura 10. Diagramas pictorial (a) e esquemático (b)



Fonte: Autores (2023).

Feito a montagem conforme a orientação e supervisão do docente, é momento de o estudante realizar as aferições de tensão, corrente e resistência equivalentes. De posse do instrumento de medição e a bancada didática verifique a resistência equivalente, tensões nos resistores R_1 , R_2 e R_3 e a corrente total no circuito.

Com os resultados das aferições solicitadas, o estudante irá calcular as mesmas variáveis obtidas com o instrumento de medição usando as equações repassadas nas aulas teóricas. Em seguida fazer um paralelo dos valores obtidos através do instrumento de medição com os valores calculados teoricamente no papel, e como atividade extra sala montar, simular e analisar o circuito proposto diante dos resultados dos valores de simulação.

Resistência equivalente em série

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \dots + R_n (\Omega) \text{ equação 6}$$

1ª Lei de Ohm

$$R(\Omega) = \frac{E(V)}{I(A)} \text{ equação 7}$$

Divisor de tensão

$$V_n = E_f \frac{R_n}{R_{eq}} \text{ equação 8}$$

Exercitar é preciso!!!

1. (CREA – MA) A diferença de potencial, a tensão e a força eletromotriz em um circuito podem ser medidas através do:

- (A) amperímetro.
- (B) ohmímetro.
- (C) frequencímetro.
- (D) voltímetro.
- (E) wattímetro.

2. (Defensoria Pública – RS) Uma resistência limitadora de corrente de $15\text{ k}\Omega$ é ligada em série com uma carga constante. A tensão sobre essa resistência limitadora é 240 V . A corrente na carga vale:

- (A) $3,6\text{ }\mu\text{A}$.
- (B) 36 mA .
- (C) $360\text{ }\mu\text{A}$.
- (D) 16 mA .
- (E) $1,6\text{ mA}$.

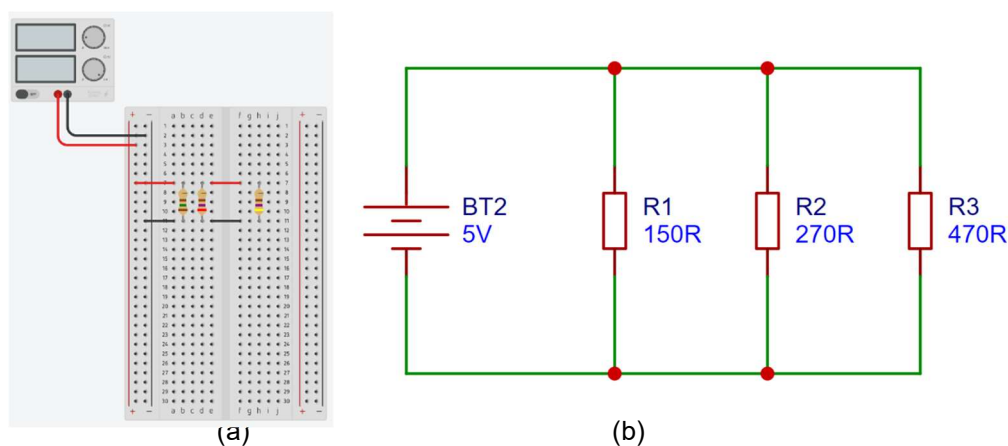
3. (Defensoria Pública – RS) As resistências $R_1 = 200\text{ }\Omega$, $R_2 = 400\text{ }\Omega$ e $R_3 = 600\text{ }\Omega$ são ligadas em série, sendo o circuito alimentado por uma tensão de 60 V . As tensões sobre R_1 , R_2 e R_3 , respectivamente, V_1 , V_2 e V_3 , valem:

- (A) $V_1 = 60\text{ V}$; $V_2 = 40\text{ V}$ e $V_3 = 20\text{ V}$.
- (B) $V_1 = 30\text{ V}$; $V_2 = 20\text{ V}$ e $V_3 = 10\text{ V}$.
- (C) $V_1 = 20\text{ V}$; $V_2 = 40\text{ V}$ e $V_3 = 60\text{ V}$.
- (D) $V_1 = 20\text{ V}$; $V_2 = 30\text{ V}$ e $V_3 = 10\text{ V}$.
- (E) $V_1 = 10\text{ V}$; $V_2 = 20\text{ V}$ e $V_3 = 30\text{ V}$.

Aula 7 – Resistências em paralelo e divisor de correntes

Após aula prática sobre resistores séries e divisor de tensão, e dando continuidade aos conteúdos previstos nesta disciplina, a aula prática de hoje será de resistores em paralelo e divisor de corrente. O importante é iniciar os nossos estudos conceituando para os estudantes o que é um circuito em paralelo? Podemos dizer que um circuito paralelo é um circuito no qual dois ou mais componentes estão conectados à mesma fonte de alimentação. Os resistores R_1 , R_2 e R_3 são conectados em paralelo entre si e com uma bateria (ver Figura 8). Cada caminho paralelo é um ramo ou *loop*, e sua própria corrente e tensão são as mesmas em todos os ramos ou *loops* do circuito.

Figura 11. Diagramas pictorial (a) e esquemático (b)



Fonte: Autores (2023).

Resistência equivalente em paralelo

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad \text{equação 9}$$

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{equação 10}$$

$$R_{eq} = \frac{R}{N} \quad \text{equação 11}$$

Divisor de corrente

$$I_n = I_t \frac{R_{eq}}{R_n} \text{ equação 12}$$

Outro conceito essencial é também o de divisor de corrente, podemos conceituar como divisor de corrente ou regra do divisor de corrente se aplica a resistores em paralelo. Quando apenas dois ramos são considerados, a corrente em um ramo será uma pequena fração da corrente total. Esta fração é o quociente da segunda resistência multiplicado pela soma das resistências (Ver equação 12).

Objetivos

- Utilizar a bancada didática para montagem do circuito físico e os *softwares* LTspace® e TinkerCAD® para simulação.
- Comparar os valores encontrados nas equações com os valores mensurados através dos instrumentos de medição digital e analógico.
- Compreender de forma experimental os fenômenos relativos à tensão e corrente no circuito da associação.

Materiais utilizados

- 01 – Bancada didática;
- 01 – Multímetro digital;
- 03 – Resistores de 150Ω, 220Ω e 470Ω com potência nominal de ¼ w.

Procedimentos

No encontro laboratorial é proposto inicialmente a utilização dos *softwares* LTspace® e TinkerCAD® para simulação do circuito pelos estudantes com a orientação do docente, nesta etapa os estudantes terão acesso aos diagramas pictorial e esquemático (ver Figura 11) através do roteiro de aula prática.

Após aplicação das ferramentas didáticas do laboratório virtual é hora de realizar a montagem do circuito na bancada didática. O estudante com auxílio do(a) professor(a) deverá realizar a montagem do circuito paralelo conforme a figura 11 e os materiais disponibilizados, em seguida fazer aferições de corrente, tensão e resistência equivalente. Depois calcular e entender os conceitos dos circuitos paralelos.

Exercitar é preciso!!!

1. (IFRJ) Destinado a medir a resistência elétrica, devendo ser conectado em circuitos que estejam sem tensão elétrica:

- (A) Voltímetro.
- (B) Amperímetro.
- (C) Ohmímetro.
- (D) Multímetro.

2.(CENTEC) Assinale a alternativa CORRETA, em relação à resistência equivalente de 10 resistores de 1000 Ohms conectados todos em paralelo.

- (A) $R = 25 \text{ Ohms}$;
- (B) $R = 50 \text{ Ohms}$;
- (C) $R = 100 \text{ Ohms}$;
- (D) $R = 200 \text{ Ohms}$;
- (E) $R = 250 \text{ Ohms}$.

3.(COMPESA) Uma associação de resistores em paralelo tem as características constantes na alternativa

- (A) A corrente elétrica e a diferença de potencial elétrico são iguais em cada resistor da associação.
- (B) A diferença de potencial elétrico da associação é igual à soma das diferenças de potencial elétrico em cada resistor.
- (C) A corrente elétrica da resistência equivalente da associação é igual à soma das correntes elétricas em cada resistor, e a diferença de potencial elétrico da associação é igual à diferença de potencial elétrico em cada resistor.
- (D) A diferença de potencial elétrica da associação é igual à soma das correntes elétricas de cada resistor, dividida pela resistência equivalente.
- (E) A corrente elétrica da resistência equivalente é igual à corrente elétrica em cada resistor.

Referências

- ALBUQUERQUE, R. O., **Análise de Circuito em Corrente Contínua**, 21ª edição, Editora Érica, São Paulo, 2001.
- ALEXANDRE, C. K.; SADIKU, M. N. O. **Fundamentos de Circuitos Elétricos**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.
- BATALHÃO, T.B. *et al.* **Laboratório de Física III**: livro de práticas. Instituto de Física de São Carlos, 2014.
- BOYLESTAD, R. L., **Introdução à Análise de Circuitos**, 8ª edição, Editora Prentice-Hall do Brasil LTDA, Rio de Janeiro, 1997.
- CAPUANO, G. F. **Laboratório de Eletricidade e Eletrônico**. Edição 24, Editora Érica, São Paulo, 2009.
- GUSSOW, M., **Eletricidade básica**, 2ª edição, Editora Pearson Makron Books, São Paulo, 1997.
- MALLEY, J. O., **Análise de circuitos**, 2ª edição, Editora Makron Books, São Paulo, 1993.
- NILSSON, J. W.; RIEDEL, S. A. **Circuitos Elétricos**. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2009.
- RAMALHO, F. J. GILBERTO, N. F. TOLEDO, P. A. S., **Os Fundamentos da Física**, Volume 3, 9ª edição, Editora Moderna, São Paulo, 2007.
- ROBBINS, A. H. MILLER, W. C., **Análise de Circuitos**: teoria e práticas, Volume 2, 4ª edição, Editora Cengage Learning, São Paulo, 2010.
- ROBBINS, A. H. MILLER, W. C., **Análise de Circuitos**: teoria e práticas, Volume 1, 4ª edição, Editora Cengage Learning, São Paulo, 2010.
- SENRA, R. **Instrumentos e Medidas Elétricas**. 1ª edição, Editora Baraúna, São Paulo, 2011.

BANCADA DIDÁTICA PARA ENSINO DE ELETRICIDADE E ELETRÔNICA

DESCRIÇÃO

O presente modelo de utilidade a apresenta-se como mais uma ferramenta para auxiliar no processo didático das instituições de ensino, a bancada didática para ensino de eletricidade e eletrônica tem uma estrutura de sustentação (1) amperímetro analógico; (2) bornes de ligação do amperímetro; (3) voltímetro analógico; (4) bornes de ligação do voltímetro; (5) voltímetro digital; (6) potenciômetro do regulador de tensão; (7) bornes de ligação da saída de tensão em corrente contínua do voltímetro digital e potenciômetro do regulador de tensão; (8) fonte de tensão em corrente contínua fixa (9); bornes de ligação da fonte de tensão em corrente contínua fixa; (10) fonte de tensão em corrente alternada; (11) protoboard; (12) gaveta; (13) parafusos de fixação; (14) sapata triângulo; (15) plug de entrada fêmea de tensão em corrente alternada; (16) porta fusível; botão on/off (17) e trocador de calor (18).

A estrutura de sustentação foi projetada e confeccionada de material polímero, com uma designe representado nas figuras 4, 5 e 6 para acomodação de componentes elétricos e eletrônicos internos e externos.

Amperímetro analógico medidor de ponteiro mecânico; de corrente contínua; na faixa de operação de 0 a 50 mA; nas dimensões de 45mm de comprimento por 45mm de largura; precisão: classe 5 condições de utilização: -20 ° C ~+50 ° C; temperatura relativa $\leq 85\%$ (+5 ° C); força de isolamento: tensão ac 50hz, 2kv por 1 minuto.

Os bornes de ligação do amperímetro; são dois bornes de plug banana fêmea médio de cores vermelha (+) e preta (-) conectado a entrada do amperímetro; resistência de isolamento: >200.000 M Ohms a 250 VCC, 25°C, 70% U.R; resistência de contato inicial: 1M ohms; temperatura de trabalho: -20 graus celsius a + 70 graus Celsius; corrente máxima: 15A; composição: plástico / metal e tamanho: 12mm largura x 33mm de comprimento x 12mm de altura.

Voltímetro analógico medidor de ponteiro mecânico; de corrente contínua; na faixa de operação de 0 a 10 Volts, nas dimensões de 45mm de comprimento por 45mm de largura; precisão: classe 2.5 condições de utilização: $-20^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$; temperatura relativa $\leq 85\%$ ($+5^{\circ}\text{C}$); força de isolamento: tensão AC 50hz, 2kv por 1 minuto.

Os bornes de ligação do voltímetro; são dois bornes de plug banana fêmea médio de cores vermelha (+) e preta (-) conectado a entrada do voltímetro; resistência de isolamento: $>200.000\text{ M Ohms}$ a 250 VCC, 25°C , 70% U.R; resistência de contato inicial: 1M ohms; temperatura de trabalho: -20 graus celsius a $+ 70$ graus Celsius; corrente máxima: 15A; composição: plástico / metal e tamanho: 12mm largura x 33mm de comprimento x 12mm de altura.

Voltímetro digital está ligado a saída do regulador de tensão CC; a tensão de alimentação é conectada a fonte de alimentação CC de 12V; está conectado aos bornes de saída; tensão de leitura VDC: 0V – 30 V; tensão de alimentação ou leitura VDC: 4,5V – 30V; Display: três dígitos de 0,56" - tubo de LED Digital.

Potenciômetro do regulador de tensão; característica linear mini B 10K L20 e está conectado aos bornes de saídas.

Bornes de ligação do voltímetro digital e potenciômetro do regulador de tensão; são dois bornes de plug banana fêmea médio de cores vermelha (+) e preta (-) conectado a voltímetro digital e ao potenciômetro; resistência de isolamento: $>200.000\text{ M Ohms}$ a 250 VCC, 25°C , 70% U.R; resistência de contato inicial: 1M ohms; temperatura de trabalho: -20 graus celsius a $+ 70$ graus Celsius; corrente máxima: 15A; composição: plástico / metal e tamanho: 12mm largura x 33mm de comprimento x 12mm de altura.

Fonte de tensão fixa, é composto por um suporte para 2 pilhas AA; fabricado em plástico; conexão das pilhas em série e conectado aos bornes de saída.

Bornes de ligação da fonte de tensão fixa; são dois bornes de plug banana fêmea médio de cores vermelha (+) e preta (-) conectado a fonte de tensão fixa; resistência de isolamento: $>200.000\text{ M Ohms}$ a 250 VCC, 25°C , 70% U.R; resistência de contato inicial: 1M ohms; temperatura de trabalho: -20 graus celsius a $+ 70$ graus Celsius; corrente

máxima: 15A; composição: plástico / metal e tamanho: 12mm largura x 33mm de comprimento x 12mm de altura.

Protoboard para montagem dos circuitos; quantidade de pontos: 400; material base: ABS; material conexão: bronze banhado com níquel; diâmetro do furo: 0,8mm²; possui 2 barramentos laterais interligados; e dimensões: 83 x 55 x 10 mm.

Fonte de tensão alternada está conectado a um transformador de abaixador; tensões de entrada bivolt; tensões de saída 12+12 V; potência máxima suportada 24 W; frequência 60 Hz; e dimensões de comprimento 85 mm x largura 20mm x altura 50mm. São três bornes de plug banana fêmea médio de cores vermelha (12V), preta (0V) cores vermelha (12V) conectado ao secundário do transformador; resistência de isolamento: >200.000 M Ohms a 250 VCC, 25°C, 70% U.R; resistência de contato inicial: 1M ohms; temperatura de trabalho: -20 graus Celsius a + 70 graus Celsius; corrente máxima: 15A; composição: plástico / metal e tamanho: 12mm largura x 33mm de comprimento x 12mm de altura.

Gaveta projetada e confeccionada em material polímero; para guarda de componentes e os cabos de ligação do amperímetro e voltímetro analógico.

Parafusos de fixação; fixação da fonte chaveada 12V / 2A bivolt; regulador de tensão feito com dois TIP 041; estrutura de sustentação; entrada da tensão de alimentação da rede elétrica da concessionária;

Sapata triângulo 1/4"; pé nivelador; material: polipropileno; diâmetro da base: 29 mm; rosca do parafuso: 1/4"; altura com Parafuso: 41 mm; e altura sem parafuso: 14 mm.

Plug de entrada fêmea está conectado através de um cabo de força a entrada da tensão de alimentação da rede elétrica da concessionária; tipo de plugue: IEC320 C14; faixa de operação com tensão máxima de 250 V e corrente máxima de 10A.

Porta fusível de característica ultrarrápido; bulbo de vidro; dimensões de 5mm x 20mm; corrente máxima 2A.

Botão chave on-off; com 4 pinos para ligação; corrente máxima de 30A; 110/220V bipolar; com LED de sinalização; e dimensões de 29,5mm por 22,4 mm.

Trocador de calor; internamente existe um transformador, regulador de tensão e uma fonte chaveada que geram calor; feito uma matriz circular de furos nas laterais da estrutura de sustentação para realização a troca de calor do meio interno com o externo de forma não forçada.

É importante deixar explícito que as figuras e descrição realizadas não possuem o propósito de limitar as formas de execução do modelo de utilidade proposto, mas sim de ilustrar e tornar compreensíveis as inovações conceituais reveladas nesta solução. Desse modo, as descrições e imagens devem ser interpretadas de forma ilustrativa e não limitativa, podendo existir outras formas equivalentes ou análogas de implementação do dispositivo ora revelado e que não fujam do espectro de proteção delineado na solução proposta.

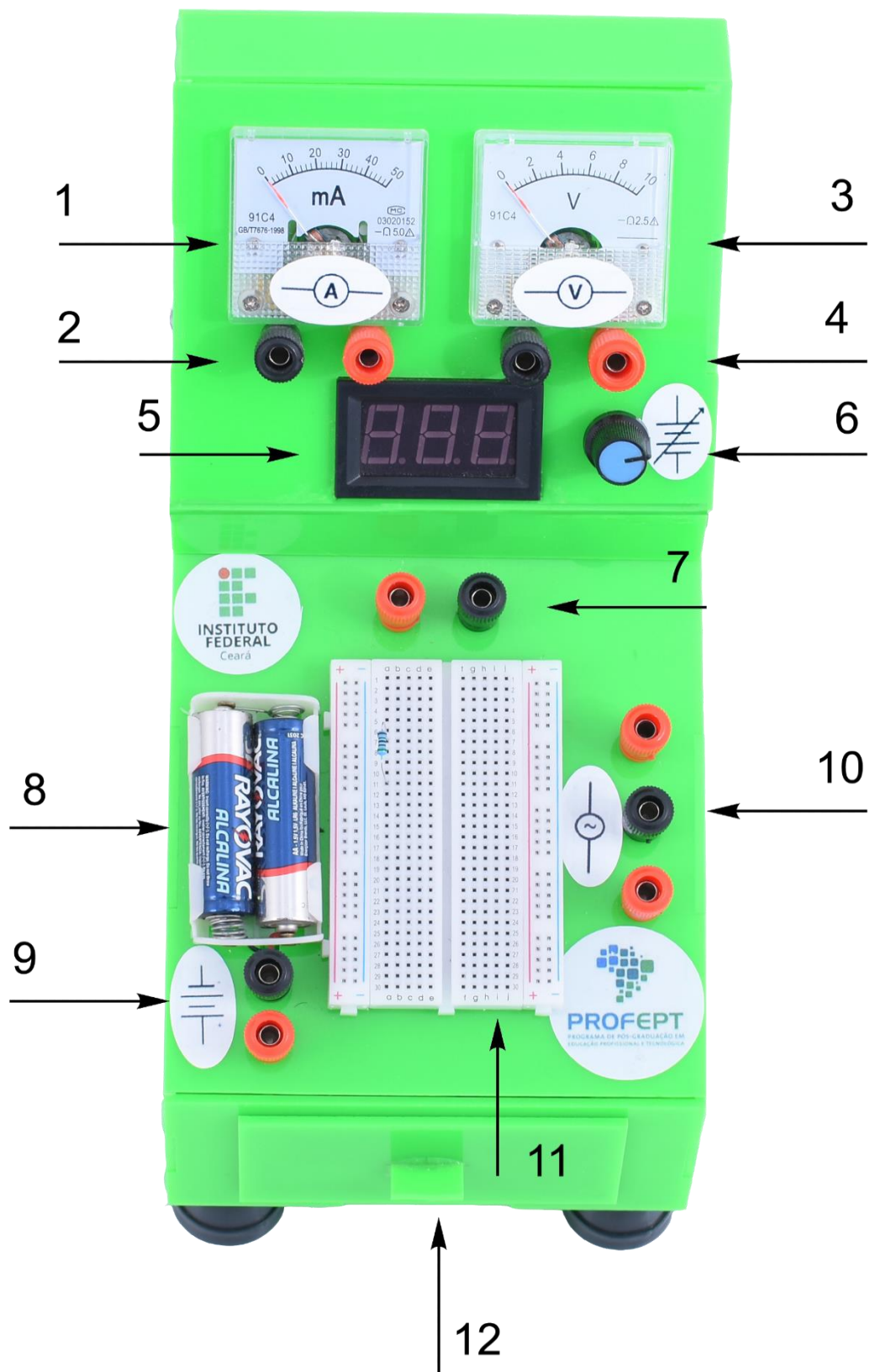


Figura 1

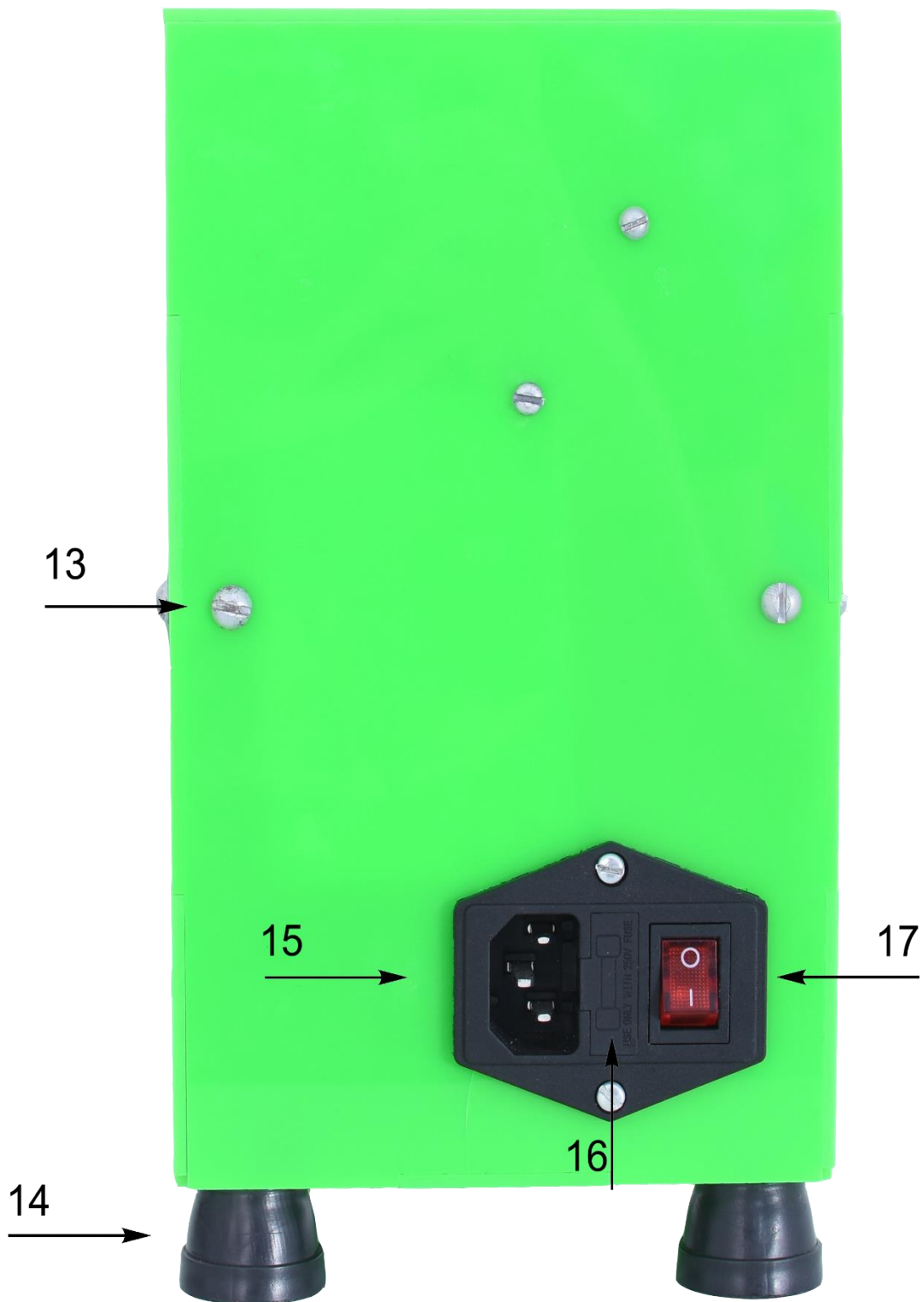


Figura 2

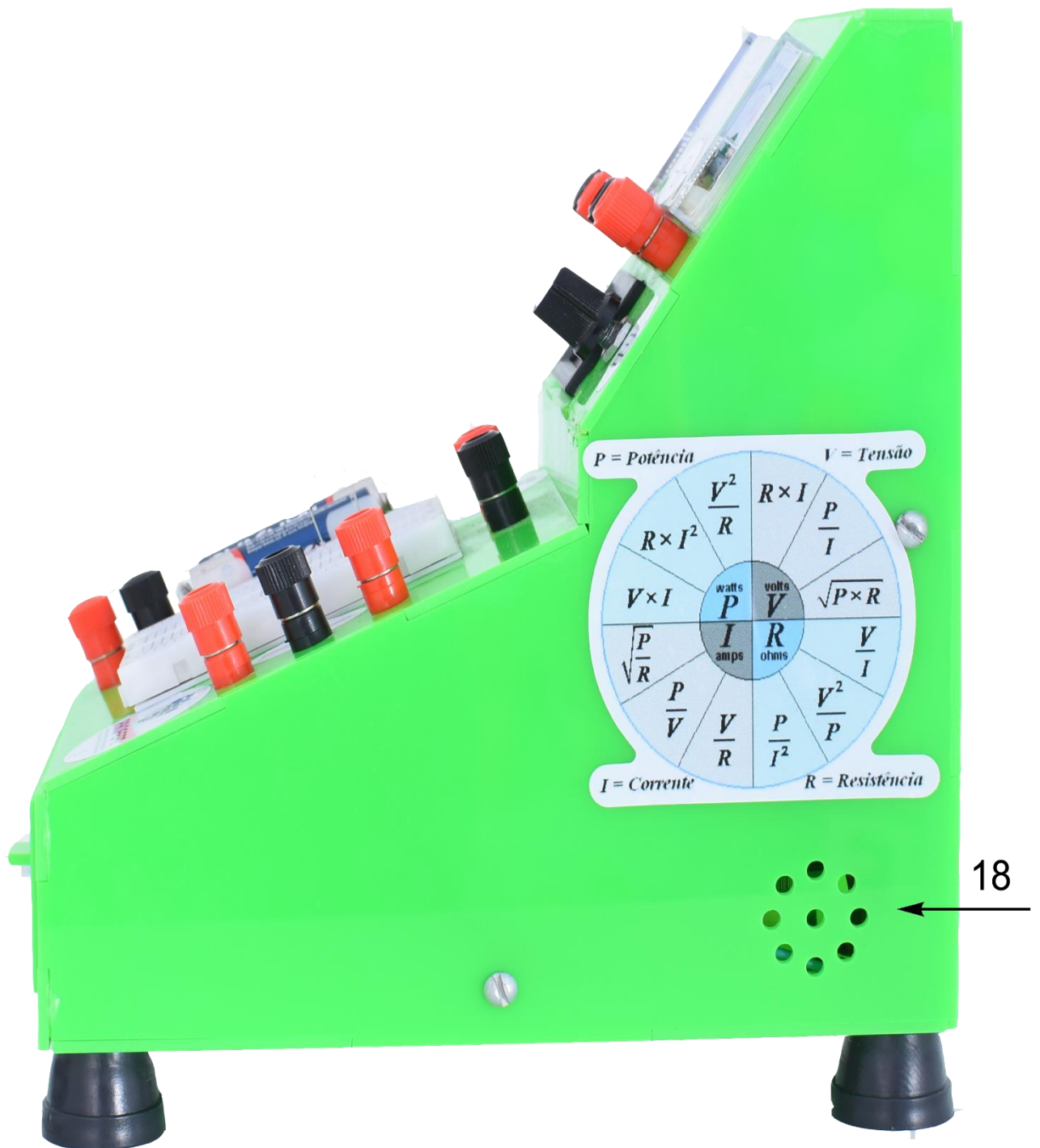


Figura 3.