



SFV

Curso Híbrido de Instalador de
Sistemas Fotovoltaicos

Unidade 1

Eletricidade básica aplicada a Sistemas Fotovoltaicos

Ficha 5

MUITO PRAZER: OHM E KIRCHHOFF



Por meio da:



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO





Objetivos de aprendizagem

Os alunos e as alunas serão desafiados a:

1. Relacionar corrente, tensão, resistência e resistividade por meio das leis de Ohm;
2. Aplicar a lei de Kirchhoff em circuitos elétricos com associações complexas de resistências.



Competências

Capacidades Técnicas e Conhecimentos conforme os Itinerários Formativos EnergIF

- Conceitos básicos sobre eletrostática e eletrodinâmica.
 - Conceitos básicos sobre as leis de Ohm e de Kirchhoff.



Relação com a Unidade Curricular

Este tema se relaciona com os demais temas da unidade curricular Eletricidade básica aplicada a sistemas fotovoltaicos como uma continuidade dos conhecimentos abordados nos temas "conceito de corrente elétrica", "resistência e resistividade" e "circuito elétrico". Relaciona-os e fornece aos alunos e às alunas elementos básicos para que entendam o funcionamento de circuitos elétricos fotovoltaicos e identifiquem as unidades de medidas para, posteriormente, realizarem medidas de grandezas elétricas com o manuseio de instrumentos de medição nas atividades práticas inerentes à profissão. Neste momento, as grandezas elétricas serão relacionadas em equações fundamentais em estudos de eletricidade. Os conhecimentos adquiridos nesta unidade serão úteis em todas as outras unidades do curso.

A resistência do meu chuveiro queimou, devo comprar uma para tensão de 127V ou 220V?

Quem nunca passou pela situação de, no momento de tomar banho, deparar com a água fria saindo do chuveiro elétrico ou, pior, no meio do banho, o chuveiro parar de esquentar a água? Você certamente desconfia do que aconteceu nesses dois casos e da resposta para esse problema: provavelmente a resistência do chuveiro queimou e é preciso trocar por outra. Mas antes de se aventurar na loja de materiais elétricos mais próxima, você, muito sabiamente, confere qual é a tensão correta do chuveiro elétrico para comprar uma resistência do mesmo modelo e que suporte 127 V ou 220 V. Mas o que significa cada uma dessas informações e como elas se relacionam?

Já vimos que a resistência elétrica é a oposição que os materiais fazem à passagem da corrente elétrica. No caso da resistência do chuveiro, uma peça feita de metal, quando é aplicada uma tensão elétrica em suas extremidades, os elétrons são empurrados e circulam pelo material, chocando-se com seus átomos internos. São esses choques que acabam por aquecê-la. As resistências de chuveiros elétricos comumente são feitas de uma liga de níquel e cromo (dois metais), que, além de apresentar resistência elétrica adequada, tem baixo custo de produção. Quanto menor for o valor da resistência, maior será a corrente que passa pelo material.

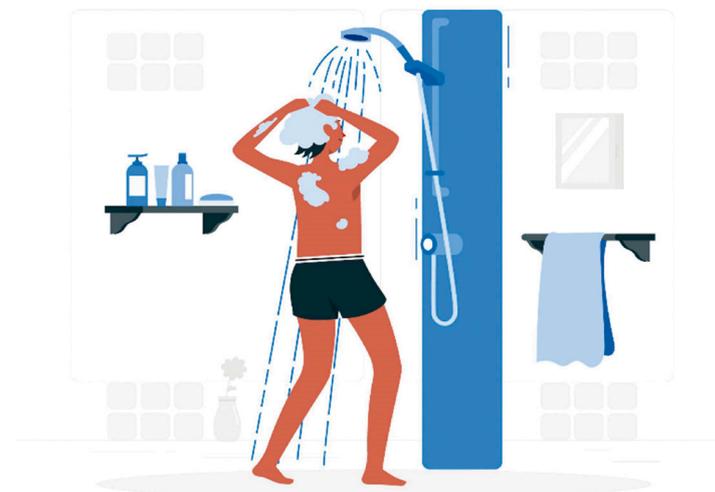


Figura 1: No Brasil, a maioria dos chuveiros possui uma resistência interna que, ao ser submetida a um valor de tensão adequado, deixa passar certa quantidade de corrente que causa seu aquecimento.

Fonte: [Freepik](#)



Atenção

Se o valor da resistência de um material for baixo, haverá maior facilidade na circulação dos elétrons e menos colisões deles com os átomos do material e, conseqüentemente, o material “esquentará” menos. Por isso, para fabricarmos peças como as resistências de chuveiros elétricos, procuramos ligas metálicas em que os elétrons têm maior dificuldade em circular.

No caso de nossos chuveiros, os valores das resistências das peças de metal são calculados para que, ao se aplicar uma determinada tensão em seus terminais, elas aqueçam de maneira adequada. Assim, quando vamos substituí-las, devemos comprar uma peça que funcione com o valor de tensão para o qual foi projetada. Se usarmos uma peça de outra tensão, poderemos ter menos corrente, e aí a peça não esquentará o suficiente; ou, mais corrente, e aí a peça queimará. Assim, ao pedir a resistência na loja, devemos informar qual é a tensão de alimentação do chuveiro (em Volts). Dependendo da região do país em que você mora, a energia elétrica distribuída pelas empresas pode ser de 127 V ou 220 V; então, é preciso atenção, não só para comprar a resistência que funcione adequadamente no chuveiro que você tem em casa, mas também para não correr o risco de comprar uma peça projetada para a tensão de 127 V e acabar sendo instalada em um chuveiro ligado a uma fonte de energia de 220 V. Nem é preciso dizer o que vai acontecer, não é? Você vai ter que voltar para a loja, antes mesmo de o seu banho recomeçar!

Por meio de experimentos, o físico George Simon Ohm descobriu a relação entre três grandezas elétricas: **resistência**, corrente e tensão. Ele verificou que, se mantivermos a resistência (de uma dessas peças de chuveiro, por exemplo) em um valor constante e variarmos a tensão aplicada em seus terminais (extremidades), a corrente que



Verbetes

Resistência

A grandeza de resistência recebeu como nome de unidade de medida o Ohm, em homenagem aos estudos feitos pelo físico George Simon Ohm.

passa pela resistência (ou seja, pela peça de chuveiro) varia na mesma proporção. Em outras palavras, em uma resistência constante, se aumentarmos a tensão, a corrente também aumenta. Por isso, temos que olhar a tensão do chuveiro (127 V ou 220 V)!

Voltando à relação entre as grandezas, a partir da qual o físico fez suas experiências, temos a primeira lei de Ohm:

Primeira lei de Ohm

"A corrente elétrica é diretamente proporcional à tensão elétrica aplicada à resistência e inversamente proporcional ao valor da resistência."

Vamos desdobrar a lei em duas partes, para entender melhor:

(1) "A corrente elétrica é diretamente proporcional à tensão elétrica aplicada à resistência" significa que, se mantivermos o valor da resistência (R) fixo e aumentarmos o valor da tensão (V), a corrente (I) irá aumentar na mesma proporção.

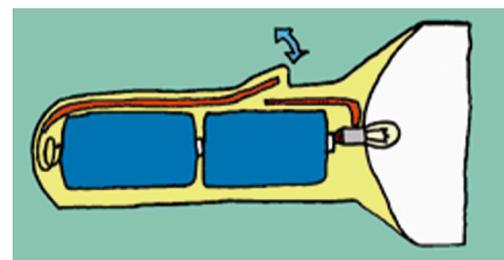


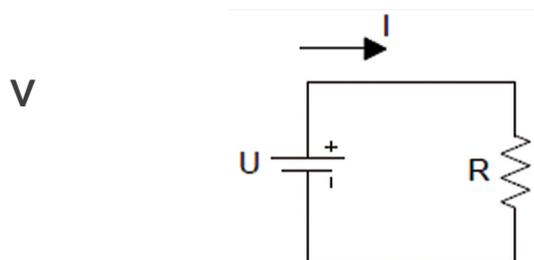
Figura 2: No circuito de uma lanterna, as pilhas são a fonte de tensão que alimentam uma resistência fixa (lâmpada). Conforme a tensão elétrica varia (com as pilhas descarregando ao longo do tempo), a corrente elétrica varia na mesma proporção, e a luz da lanterna fica cada vez mais fraca.

Fonte: [Instituto de Física da UFRJ](http://www.instituto.fisica.ufrj.br)

Esse comportamento pode ser explicado, por exemplo, no circuito de uma lanterna. Vamos supor que temos duas pilhas de 1,5 V alimentando uma lâmpada. Quando ligamos a lanterna, temos um circuito com uma fonte de tensão contínua de 3 V (associando as duas pilhas em série e somando suas tensões) e uma lâmpada sendo a nossa resistência constante. Quando as pilhas estão totalmente carregadas, a lâmpada tem seu brilho máximo. Conforme as pilhas vão descarregando, a tensão vai diminuindo. Assim, a corrente no circuito também diminui e, como consequência, o brilho da lâmpada também diminui.

(2) Em contrapartida, "A corrente elétrica é inversamente proporcional ao valor da resistência" significa que, se mantivermos o valor fixo da tensão (V) e aumentarmos o valor da resistência (R), o valor da corrente (I) irá diminuir na mesma proporção.

Agora que você entendeu a primeira lei de Ohm com os exemplos, vamos tentar traduzir essas ideias em equações? Os estudos feitos pelo físico George Ohm, que relacionam a diferença de potencial (ddp) ou a tensão elétrica (utiliza-se a letra V ou U) aplicada a um circuito com resistência (R) e corrente elétrica (I), podem ser expressos pelo seguinte diagrama:



E pela seguinte equação:

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

Sendo que:

R é a resistência elétrica em ohm (Ω);

V é a tensão elétrica, em volt (V);

I é a intensidade de corrente elétrica, em ampere (A).

Ou seja, o valor da corrente (I) é igual ao valor de tensão (V) dividido pelo valor da resistência (R) do resistor. Da lei de Ohm, temos que a corrente elétrica é diretamente proporcional à tensão aplicada à resistência e inversamente proporcional ao valor da resistência. Veja lá na equação: se aumentarmos I e fixarmos R, V aumenta também e, por outro lado, se aumentarmos R para um mesmo valor de V, I diminui! Essa equação é a lei de Ohm na escrita matemática.

E, aí, podemos ter algumas variações, fazendo operações com os termos da equação. Veja as variações da equação da lei de Ohm:

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

$$V = R \cdot I$$

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

1) Liguei o chuveiro elétrico e a intensidade da luz da sala ficou mais fraca: o que aconteceu?

Quando um projetista faz os cálculos para a instalação elétrica de uma residência, ele leva em consideração normas para o correto dimensionamento dos cabos (fios condutores) e proteções de segurança (fusíveis, disjuntores). No caso do chuveiro, por exemplo, se, no momento da instalação, a pessoa responsável utilizar um cabo mais fino do que o projetado, o valor de resistência será maior (sim, os condutores também têm resistência). Então, ao circularmos corrente elétrica pelo cabo, haverá uma queda de tensão no cabo proporcional a seu valor de resistência. Quando o cabo é mais fino do que deveria, essa queda de tensão é maior, e, se a instalação da residência não estiver separada em circuitos diferentes, isso pode acarretar uma tensão menor do que deveria em alguns cômodos, causando um enfraquecimento da luminosidade da lâmpada.

Novamente, George Ohm pode explicar esse fenômeno. O físico também fez experiências variando a espessura e o comprimento de fios e verificando o comportamento do valor da resistência desses condutores. Ele descobriu que, quanto maior o comprimento de um fio condutor, maior é sua resistência. Verificou também que, quanto mais fino é esse fio, maior será

também sua resistência. Descobriu ainda que diferentes materiais possuem diferentes valores dessa propriedade que chamamos de resistividade. Com essas experiências, ele formulou a segunda lei de Ohm, na qual diz que a resistência de um material depende de sua composição e de seu formato.

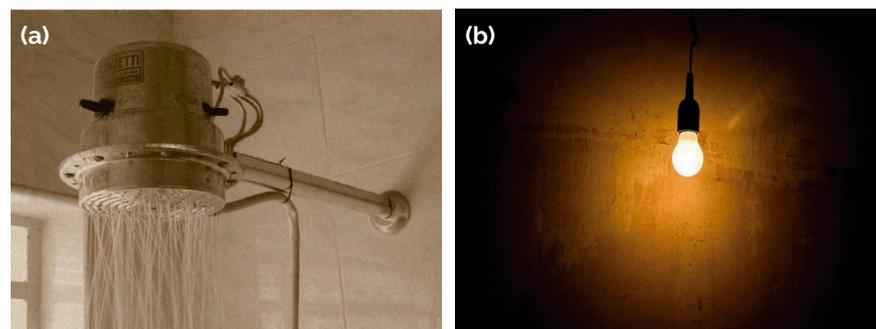


Figura 3: Quando os cálculos da instalação elétrica de uma residência são feitos de forma errada, ao ligarmos o chuveiro elétrico no banheiro, a intensidade da luz da sala pode diminuir.

Fonte: [Flickr](#) (a); [Blog da Thony](#) (b).

Na segunda lei, o físico George Ohm concluiu que a resistência de um condutor depende da espessura e do comprimento deste e do material do qual ele é constituído, indicando ainda que a resistência é diretamente proporcional ao comprimento do condutor e inversamente proporcional à sua espessura. Ou seja, quanto mais comprido for o fio, mais resistência total ele terá. Da mesma maneira, quanto mais fino ele for, maior será sua resistência. E, assim, propôs a segunda lei de Ohm:

Segunda lei de Ohm

"A resistência elétrica de um corpo é diretamente proporcional ao seu comprimento e resistividade e inversamente proporcional à sua área transversal."

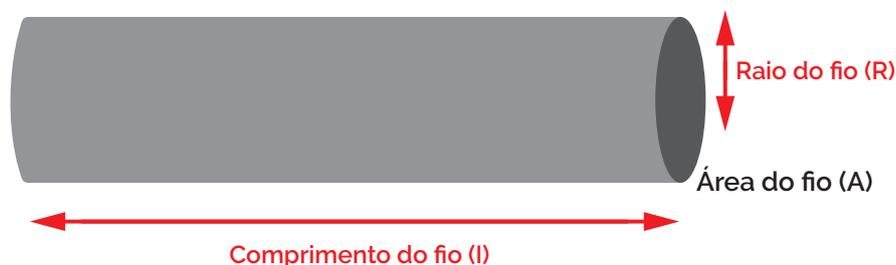


Figura 4: Principais grandezas geométricas que definem a resistência elétrica de um corpo homogêneo.

Fonte: Elaborada pelo autor

Vamos tentar traduzir as ideias da segunda lei de Ohm em equações? A equação dessa lei é:

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

Sendo que:

R é a resistência elétrica em ohm (Ω);

ρ é a resistividade do material ($\Omega \cdot m$, ou seja, ohm vezes metro);

A é a área transversal do corpo (m^2 , ou seja, metros quadrados);

L é o comprimento do cabo (m).

A resistividade, representada pela letra grega ρ (rô) é a propriedade do material que depende de suas características microscópicas, como a quantidade de elétrons livres e a colisão desses elétrons com os átomos do material enquanto existe a corrente elétrica.

Na tabela a seguir, você pode ver o valor de resistividade de alguns materiais:

Tabela 1: Valores de resistividade de alguns materiais

Material	Resistividade ($\Omega \cdot m$)
prata	$1,6 \cdot 10^{-6}$
cobre	$1,7 \cdot 10^{-6}$
alumínio	$2,8 \cdot 10^{-6}$
quartzo fundido	$75 \cdot 10^{18}$

Consultando os valores da tabela, fica fácil entender o motivo de a maioria dos cabos utilizados em instalações serem feitos de cobre, ou seja, devido à baixa resistividade e ao menor custo, se comparado à prata, por exemplo.

A área transversal do material é calculada pela geometria do corte desse material. Como os fios condutores geralmente possuem geometria circular, a área é calculada usando a seguinte fórmula:

$$A = \pi r^2$$

2 Como saber os valores de corrente e de tensão em um circuito elétrico?

Em 1845, o físico alemão Gustav Robert Kirchhoff realizou experiências com circuitos elétricos e formulou duas leis utilizadas para o cálculo dos valores de tensão e de corrente em circuitos elétricos.

Antes de tudo, vamos relembrar o que são circuitos elétricos?

Um circuito elétrico pode ser definido como uma junção de três elementos:

1. Gerador (por exemplo, pilhas, carregador de celular etc.);
2. Condutores;
3. Carga consumidora (por exemplo, uma lâmpada ou uma resistência de chuveiro), pela qual passa a corrente elétrica.

Se o circuito possuir algum dispositivo para abrir o caminho da corrente (chave ou interruptor, por exemplo), pode-se interromper ou permitir a passagem da corrente elétrica. Assim, a luz acende ou apaga, se tiver corrente ou não.

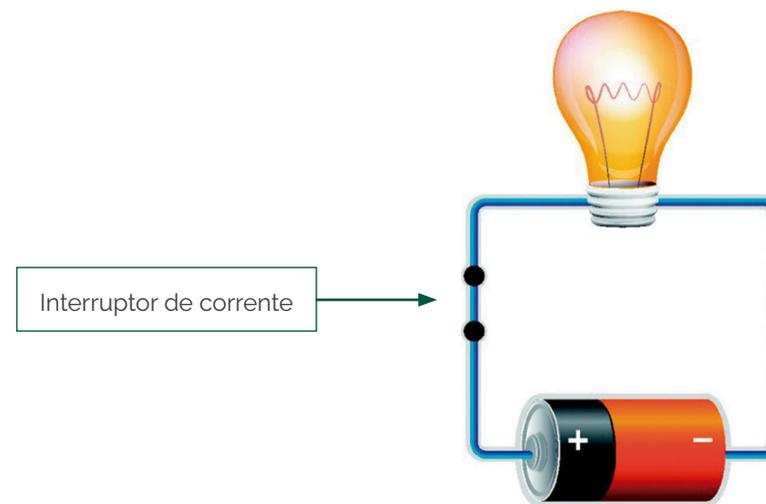


Figura 5: Um circuito elétrico é a junção de três elementos: gerador (ex.: pilha); condutores; e, carga consumidora (ex.: lâmpada).

Fonte: [Go-Lab](#)

Voltando a Kirchhoff, o físico criou a lei dos nós e a lei das malhas. Mas o que são nós? Nós são ramificações em circuitos, quando temos mais de dois fios ou condutores conectados no mesmo ponto. É como se tivéssemos a corrente chegando por um fio e depois ela se dividisse em dois caminhos, para alimentar, por exemplo, duas lâmpadas diferentes. Nesse caso, teríamos três condutores:

1. O que traz a corrente;
2. O que leva a corrente para uma lâmpada;
3. O que leva a corrente para outra lâmpada (veja a representação, na figura a seguir).

Isso é um nó! Podemos encontrar nós em circuitos com mais de uma malha:

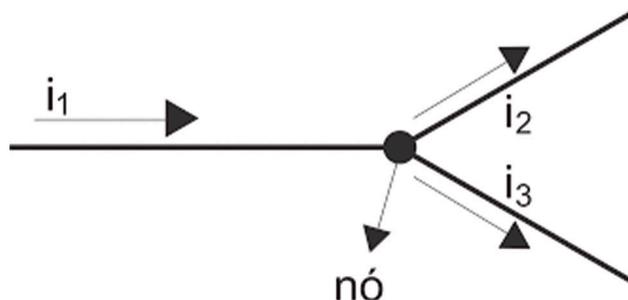


Figura 6: Um nó ocorre quando uma corrente (i_1) chega por um fio condutor e se divide em dois caminhos diferentes (i_2 e i_3) para alimentar duas cargas diferentes.

Fonte: [GT-MRE da UFSC](#)

E malha? Malha é todo circuito fechado. Há um ponto de origem, do qual a corrente “sai”, percorre todo o caminho, retornando àquele mesmo ponto. Ou seja, é um dos caminhos percorridos pela corrente, passando por condutor, fonte ou componentes (resistor, por exemplo).

A Figura 7 representa um circuito elétrico em que as lâmpadas estão ligadas em paralelo. Os pontos A e B representam nós. Podemos considerar, também, duas malhas, nesse circuito. O circuito da parte inferior da figura, que inclui apenas a lâmpada de baixo, e o circuito mais externo, que inclui apenas a lâmpada de cima.

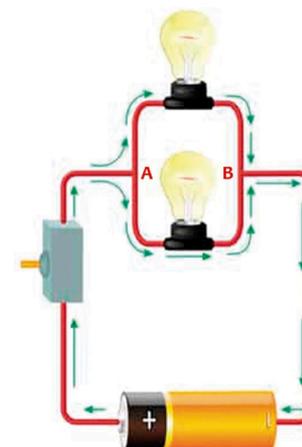


Figura 7: Circuito elétrico ligado em paralelo, com dois nós e duas malhas.

Fonte: [Led Lighting Info](#)

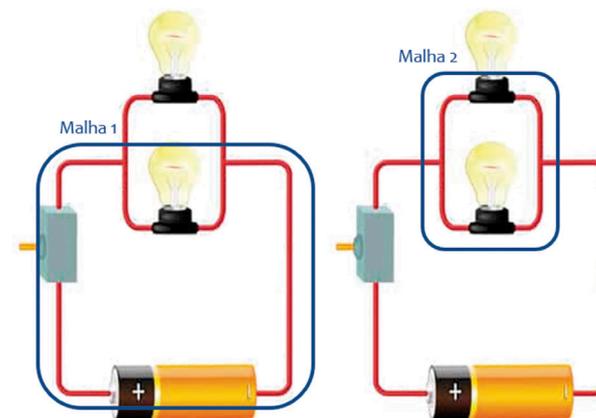


Figura 8: Circuito ligado em paralelo em que podemos visualizar as duas malhas destacadas em azul.

Fonte: Adaptado de [Led Lighting Info](#)

Representamos nós e malhas conforme ilustrado na Figura 9.

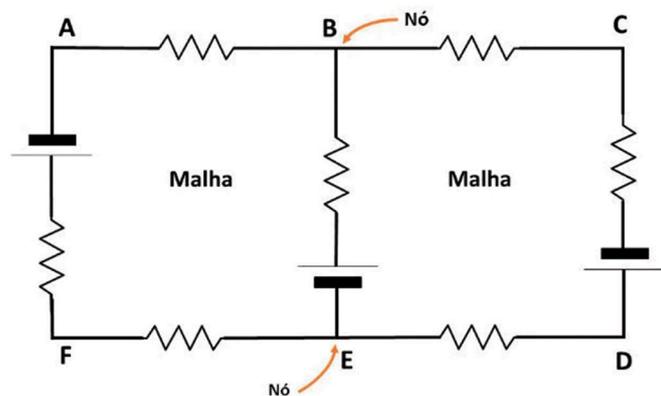


Figura 9: Representação de um circuito com nós e malhas.

Fonte: Elaborada pelo autor

É muito importante que você visualize esses circuitos em desenhos técnicos, em esquemas elétricos, pois será assim que você receberá e estudará todos os projetos elétricos, como os fotovoltaicos.

3 Tipos de circuito elétrico e leis de Kirchhoff

Mas por que é importante conhecer o conceito de nós e malhas para entender as leis de Kirchhoff? Porque circuitos elétricos são, geralmente, constituídos de nós e malhas. Assim, essas leis se

aplicam de modos específicos, dependendo do tipo de circuito em questão e da maneira como são organizados — o que tem a ver com nós e malhas!

Vamos começar falando dos circuitos ligados em série. Um circuito em série possui duas ou mais cargas (lâmpadas, por exemplo), porém existe um único caminho para a circulação da corrente, que sai da fonte de tensão (uma pilha, por exemplo), passa pelos condutores e cargas e volta à fonte de tensão. Como sabemos, a corrente elétrica é a mesma em todos os componentes de um circuito em série.

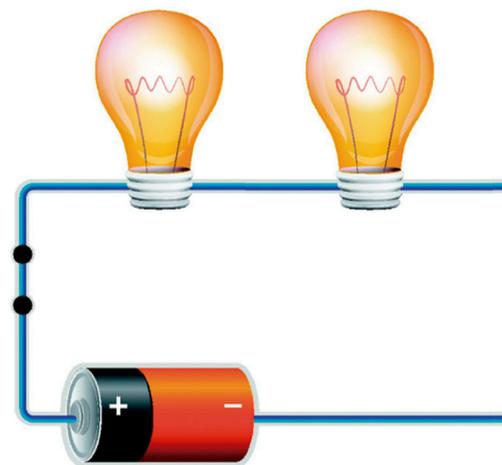


Figura 10: Circuito em série com duas cargas (lâmpadas) e uma fonte de tensão (pilha).

Fonte: Adaptado de [Go-Lab](#)



Atenção

Nesse tipo de circuito, as cargas são colocadas uma em seguida da outra, por isso, o nome "em série". A corrente que passa por todas as cargas é igual e constante. Já a tensão V_0 da pilha equivale à soma das tensões em cada carga.

A Figura 10 representa um circuito ligado em série. Se considerarmos cada lâmpada como uma resistência (R_1 e R_2), podemos aplicar a equação da primeira lei de Ohm de modo independente, para cada carga. Sabemos que a corrente I é a mesma e constante. Então:

$$V_1 = R_1 \times I$$

$$V_2 = R_2 \times I$$

Guarde essas equações na sua cabeça! Já vamos utilizá-las aqui, na sequência de nossas ideias.

Kirchhoff, em seus experimentos, estabeleceu o que chamamos de Lei das Malhas. Por essa lei, ele estabelece que a soma das tensões, resultante da passagem da corrente pelos componentes em um circuito em série, é igual à tensão aplicada no circuito.

Assim, seguindo com o exemplo da Figura 10, como o circuito é fechado, a tensão da pilha é a soma total das tensões de cada resistência, ou seja, de cada lâmpada. Dessa forma, se chamarmos de V_0 a tensão da pilha; V_1 a tensão medida na lâmpada 1; e, V_2 a tensão medida na lâmpada 2, teremos:

$$V_0 = V_1 + V_2$$

Ora, se $V_0 = V_1 + V_2$, substituindo os valores de V_1 e V_2 que calculamos naquelas equações que você guardou na sua cabeça, usando a lei de Ohm, temos:

$$V_0 = V_1 + V_2 = (R_1 \times I) + (R_2 \times I) = (R_1 + R_2) \times I$$

$$\text{Ou seja, } V_0 = (R_1 + R_2) \times I$$

Veja o que acontece: se compararmos a equação acima com a fórmula da lei de Ohm que diz que $V = R \times I$, podemos assumir que, se o circuito tivesse uma resistência, esta seria igual a $R = R_1 + R_2$. Chamamos isso de "resistência total do circuito". Assim, em circuitos em série, a resistência total, como se o circuito inteiro tivesse uma única resistência, é igual à soma das resistências individuais, ou seja:

$$R_T = R_1 + R_2$$

A corrente que passa em R_1 é a mesma que passa em R_2 . Assim, consideramos a resistência total do circuito como sendo a soma de $R_1 + R_2$. Em um circuito em série, o funcionamento de qualquer uma das cargas depende do funcionamento das demais cargas que existem no caminho. Isso implica que, no nosso exemplo da Figura 8, se uma das lâmpadas queimar, a outra não acende, pois o circuito estará aberto, e a corrente não irá circular.

Dessa forma, em circuitos em série, temos que:

- a corrente é a mesma e constante;
- a soma das diferenças de tensões provocadas por cada elemento no circuito em série é igual à tensão aplicada pela fonte geradora desse circuito;
- a resistência total do circuito em série pode ser calculada por $R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_n$.

Um circuito paralelo, diferente do circuito em série que acabamos de estudar, possui mais de um caminho para a corrente percorrer. Cada caminho é chamado de ramo, ou seja, cada caminho percorrido pela corrente após ela se dividir, depois de um nó.

O circuito da Figura 11 possui dois ramos, um para cada lâmpada. Cada ramo tem a própria carga e é independente do outro.

Diferentemente do circuito em série, o funcionamento de qualquer uma das cargas independe do funcionamento das demais cargas no caminho. Se a lâmpada de cima queimar, a lâmpada de baixo continua acesa. Assim, no caso da figura, cada lâmpada pode ter uma potência diferente, que não afeta a lâmpada do outro ramo.

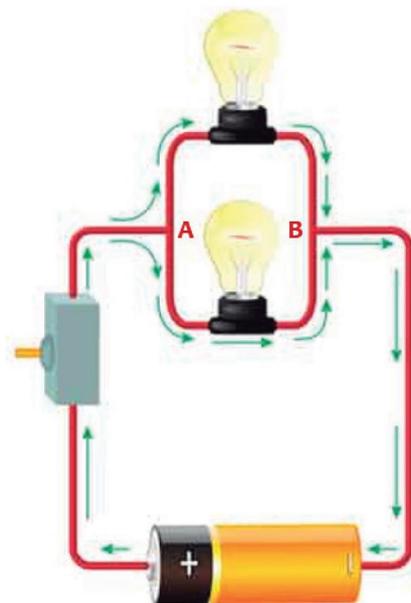


Figura 11: Circuito em paralelo com duas cargas (lâmpadas) e uma fonte de tensão (pilha).

Fonte: LedLighting.Info



Atenção

No circuito em série, a corrente é igual em todos os componentes; nos circuitos em paralelo, as tensões são iguais nos componentes.

Pela Lei dos Nós, de Kirchhoff, em um nó, a soma das correntes elétricas que entram é igual à soma das correntes que saem, ou seja, um nó não acumula carga, não retém corrente. No circuito paralelo, seguindo a premissa de que a corrente se divide em cada nó, temos também, pela lei de Kirchhoff, que **todas as tensões são iguais**, tanto a da fonte como as dos ramos.

Dessa forma, vamos chamar de I a corrente que sai da pilha. Tomando como exemplo a Figura 11, quando I chega no primeiro nó, a corrente se divide em I_1 , que alimenta a lâmpada de cima (que vamos chamar de R_1) e I_2 , que alimenta a lâmpada de baixo (que vamos chamar de R_2).

Como Kirchhoff disse na Lei dos Nós, $I = I_1 + I_2$ (a corrente que chega é a soma das correntes que saem do nó). Então, vamos lá! Repetindo o raciocínio de que esse circuito possui uma resistência total.

Na malha da lâmpada de cima, essa lâmpada (R_1) será percorrida pela corrente I_1 e produzirá luz. Pela Lei dos Nós, de Kirchhoff, no exemplo da Figura 11, a tensão na lâmpada superior (R_1) será igual à tensão da pilha. Ou seja,

$$V = V_1$$

Por sua vez, aplicando a lei de Ohm nessa mesma malha, podemos observar que:

$$V = R_1 \times I_1, \text{ ou ainda, } I_1 = V_1 / R_1$$

Repetindo o mesmo raciocínio para a malha de baixo, da segunda lâmpada (R_2) da Figura 11:

$$V_2 = R_2 \times I_2, \text{ ou ainda, } I_2 = V_2 / R_2$$

Mas, pela Lei dos Nós, de Kirchhoff, considerando as tensões iguais, tanto a da fonte como as das malhas:

$$V = V_1 = V_2$$

E, continuando, na Lei dos Nós:

$$I = I_1 + I_2, \text{ mas}$$

$$I_1 = V_1 / R_1 = V / R_1 \text{ e } I_2 = V_2 / R_2 = V / R_2, \text{ temos que:}$$

$$I = V / R_T = V / R_1 + V / R_2 \text{ ou seja, } I = V / (1 / R_1 + 1 / R_2)$$

$$\text{Assim, } 1 / R_T = 1 / R_1 + 1 / R_2$$

Observe agora o que acontece: o inverso da resistência total (novamente como se o circuito inteiro tivesse uma única resistência) é igual à soma dos inversos das resistências individuais, ou seja:

$$1 / R_T = 1 / R_1 + 1 / R_2 + \dots + 1 / R_n$$

Dessa forma, temos que, em circuitos em paralelo:

- as tensões são iguais em cada ramo;

- a soma das correntes que chegam em um nó é a soma das correntes que saem desse nó;
- a resistência total do circuito em paralelo pode ser calculada por $1 / R_T = 1 / R_1 + 1 / R_2 + \dots + 1 / R_n$

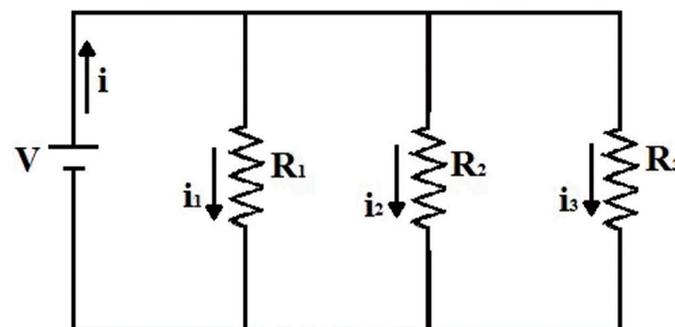


Figura 12: Representação de um circuito em paralelo em que os valores de tensão nos resistores R_1 , R_2 e R_3 são iguais ao valores de tensão da fonte V . A corrente total (i) é igual ao valor da soma das correntes individuais de cada ramo.

Fonte: [Mundo Educação](#)

Na Figura 12, os valores de tensão nos resistores R_1 , R_2 e R_3 são iguais ao valores de tensão da fonte V . A corrente total (i) é igual ao valor da soma das correntes individuais de cada ramo.

Assim, o enunciado da Lei dos Nós, de Kirchhoff, é: "A soma das correntes que chegam a um nó é igual à soma das correntes que deixam esse nó".

No caso da Figura 12, a equação fica assim:

$$i_T = i_1 + i_2 + i_3$$



Amplificadores

Para a utilização de resistores em circuitos, pode ser útil que você conheça a tabela de cores dos resistores, para identificar os valores de resistência deles. Essa tabela é facilmente encontrada na internet, além de ser possível baixar inúmeros aplicativos que ajudam a identificar os valores pelas cores.



Tecnologia em foco

Acesse o site gratuito Tinkercad e faça simulações de circuito em série e em paralelo, usando os cálculos e a lei de Ohm e as leis de Kirchhoff. É possível montar circuitos on-line com os mais diversos componentes. Acesse: <https://www.tinkercad.com/dashboard?type=circuits&collection=designs>



Dicas para o instalador ou a instaladora de SFV

Para a instalação de módulos fotovoltaicos conectados nas *strings*, será necessário conectá-los em série e/ou em paralelo. Neste momento, os conhecimentos desta sessão serão muito úteis na tarefa.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente da República

Luiz Inácio Lula da Silva

Ministro de Estado da Educação

Camilo Sobreira de Santana

Secretário de Educação Profissional e Tecnológica

Getúlio Marques Ferreira

Coordenação do Projeto Profissionais do Futuro: Competências para a Economia Verde

Fábio de Medeiros

APOIO TÉCNICO

Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Diretor Nacional

Michael Rosenauer

Coordenação do Projeto Profissionais do Futuro: Competências para a Economia Verde

Julia Giebeler Santos

Coordenação do material

Roberta Knopki (GIZ)

Marco Antonio Juliatto (MEC)

Instalador de Sistemas Fotovoltaicos

Fichas de Conteúdo

Organização

Roberta Knopki (GIZ)

Projeto Instrucional

Cristine Barreto (Ohje Soluções de Aprendizagem)
Anderson Castanha

Autoria

Felipe Almeida (IFSP)

Design Instrucional

Cristine Barreto (Ohje Soluções de Aprendizagem)

Revisão de Língua Portuguesa

Patrícia Sotello

Projeto Gráfico e Diagramação

André Guimarães S. (Yellow Carbo Design)

Abril de 2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Instalador de sistemas fotovoltaico [livro eletrônico] :
fichas de conteúdo / coordenação Roberta Hessmann Knopki, Marco Antonio Juliatto. --
1. ed. -- Brasília, DF : Ministério da Educação :
Deutsche Gesellschaft für Internationale
Zusammenarbeit - GIZ, 2023.

PDF

Vários autores.

ISBN 978-85-92565-07-7

1. Energia - Fontes alternativas 2. Energia solar fotovoltaica 3. Instalações elétricas I. Knopki, Roberta Hessmann. II. Juliatto, Marco Antonio.

23-149831

CDD-621.47

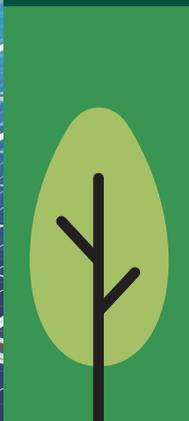
Índices para catálogo sistemático:

1. Energia solar fotovoltaica : Engenharia 621.47
Henrique Ribeiro Soares - Bibliotecário - CRB-8/9314

INFORMAÇÕES LEGAIS

As ideias e opiniões expressas nesta publicação são dos autores e não refletem necessariamente a posição do Ministério da Educação ou da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

A duplicação ou a reprodução do todo ou partes (incluindo a transferência de dados para sistemas de armazenamento de mídia) e a distribuição deste material para fins não comerciais é permitida, desde que o Ministério da Educação e a GIZ sejam citados como fonte da informação. Para usos comerciais, incluindo duplicação, reprodução ou distribuição do todo ou partes, é necessário o consentimento por escrito do MEC e da GIZ.



SFV

Curso Híbrido de Instalador de
Sistemas Fotovoltaicos