



# SFV

Curso Híbrido de Instalador de  
**Sistemas Fotovoltaicos**

## Unidade 1

Eletricidade básica aplicada a Sistemas Fotovoltaicos

## Ficha 4

# MELHOR É NÃO RESISTIR



Por meio da:



MINISTÉRIO DA  
EDUCAÇÃO





## Objetivos de aprendizagem

Os alunos e as alunas serão desafiados a:

1. Conceituar resistência;
2. Conceituar resistividade.



## Competências

**Capacidades Técnicas e Conhecimentos conforme os Itinerários Formativos EnergIF**

- Compreender os conhecimentos básicos sobre a eletrostática, a eletrodinâmica e as principais grandezas elétricas.
  - Resistência e resistividade.



## Relação com a Unidade Curricular

Abordaremos o conceito de resistência, um dos três pilares que formam a base dos estudos em eletricidade. Ao compreendermos a diferença entre potencial elétrico (tensão), fluxo de elétrons (corrente) e resistência, podemos avançar em análises mais aprofundadas das redes e instalações elétricas em geral.

Embora possa parecer trivial, é fundamental você fixar bem os conceitos que serão discutidos logo mais.

## Prova de resistência

Podemos associar a palavra "resistência" a algo impeditivo, a um obstáculo. Pode ser. Mas, de vez em quando, resistir é necessário e importante, seja por segurança, seja por interesse. Você consegue pensar em alguma situação em que nos colocamos à prova de resistência? Talvez ao encarar uma madrugada de estudo ou trabalho sem deixar o sono dominar, ou ao enfrentar um trânsito na estrada em pleno feriado para chegar em algum destino muito desejado, resistindo à vontade de dar meia-volta. Aqui, falaremos de outro tipo de resistência, mas não muito diferente em sua função. A resistência elétrica é igualmente importante ao se trabalhar com eletricidade.

A capacidade de conduzir eletricidade é uma característica dos materiais, diferente em cada um deles. Essa capacidade será maior quanto mais elétrons livres houver na camada de valência de seus átomos.

Por sua vez, ao tratar-se de condução de eletricidade, **resistência** é um termo que descreve a oposição natural oferecida por qualquer material ao movimento de uma corrente elétrica que o atravesse. Nos materiais condutores, existe pouca oposição à passagem da corrente elétrica, enquanto nos materiais isolantes, a oposição é considerável (para não dizer gigantesca!). A unidade de medida da resistência no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o **ohm** (representada pela letra grega ômega maiúscula " $\Omega$ "), em homenagem ao professor alemão Georg Simon Ohm.



**Figura 1:** Professor Georg Simon Ohm (1789-1854).

Fonte: [Wikimedia](#)

Neste capítulo, veremos que a resistência de um condutor não depende apenas do material de que ele é feito, mas também de suas dimensões físicas (por exemplo, do comprimento do fio e da área de sua seção transversal).

Para ser possível comparar, entre os materiais, o quão boa é a habilidade de conduzir eletricidade, independentemente dos fatores geométricos (comprimento e área da seção transversal), usamos a **resistividade**. Assim, a resistividade é uma característica típica da natureza de cada material, consequência da constituição e da organização dos átomos em cada estrutura, que independe de outros fatores. Portanto, um fio de silicone e um fio de cobre, iguais em forma e comprimento, por exemplo, terão resistências distintas em função de suas resistividades diferentes.

Todos os materiais naturalmente apresentam alguma resistência, e ainda não encontrou-se uma maneira de fazer condutores apresentarem resistência nula, embora os supercondutores cheguem próximos a isso.

Essa dificuldade dos elétrons em atravessar o condutor faz com que eles percam energia elétrica, transformando-a em energia térmica. É esse princípio que possibilita aquecer a água a partir de um componente elétrico.

## 1 Resistor, resistência e resistividade

A corrente elétrica pode passar através de qualquer material. No entanto, existem materiais em que isso ocorrerá facilmente e materiais em que isso será quase impossível. Dizemos então que a **resistência elétrica** pode ser entendida como a dificuldade de se estabelecer uma corrente elétrica em um determinado material.

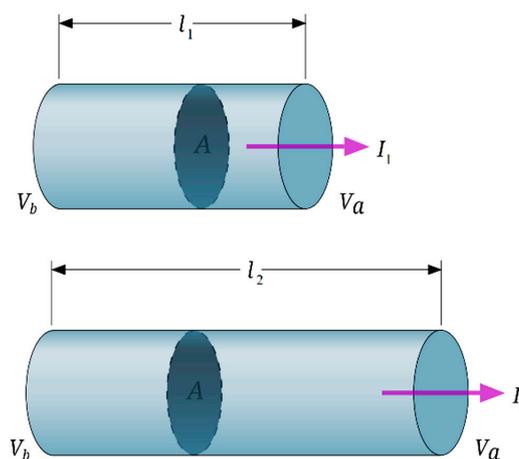
A resistência é, de alguma forma, dependente da quantidade de elétrons livres disponíveis como portadores de carga dentro de um material e da oposição ao movimento desses elétrons livres devido à estrutura atômica fixa e às forças dentro desses materiais.

Por exemplo, os metais têm muitos elétrons livres como portadores de carga e, portanto, possuem baixos valores de resistência. Justamente por isso, são usados como **condutores**. Já os polímeros e as cerâmicas têm relativamente poucos elétrons livres em comparação aos condutores e, portanto, possuem altos valores de resistência, sendo usados como **isolantes**. Para

diferenciar um material condutor de um isolante, definiremos a **resistividade** como sendo uma propriedade física que nos permitirá comparar a habilidade de diferentes materiais em conduzir corrente elétrica, sendo sua unidade de medida o " $\Omega\text{m}$ " (Ohms metro).

Além disso, há outros aspectos que devem ser levados em consideração quando se pensa na resistência de um determinado material.

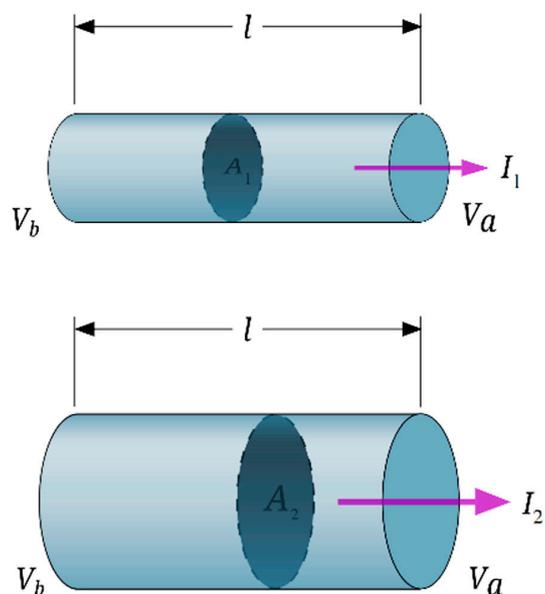
Vamos observar a geometria do material mostrado na Figura 2. Verificamos que a resistência de um fio elétrico feito de cobre, por exemplo, aumenta se aumentarmos seu comprimento. Isso significa que, quanto maior for o comprimento do fio, mais esforço haverá para as cargas elétricas se moverem ao longo do condutor, o que resulta em maior resistência.



**Figura 2:** Comparação entre dois condutores de mesma seção transversal, mas com comprimentos diferentes. Nesse caso, quanto maior o comprimento, maior a resistência.

Fonte: Adaptado de [Wikimedia](#)

Além disso, observamos ainda que a área da seção transversal do fio também exerce um papel na determinação do valor da resistência. Veja, na Figura 3, onde temos uma área de seção transversal maior, que ajuda as cargas a se moverem mais facilmente em comparação com uma área que é menor. Assim, uma grande área de seção transversal, ou seja, um fio de maior bitola, tem menor resistência.



**Figura 3:** Comparação entre dois condutores de mesmo comprimento, mas com seções transversais diferentes. Nesse caso, quanto maior a seção, menor será a resistência.

Fonte: Adaptado de [Wikimedia](#)

Em resumo, podemos dizer que a resistência de um condutor (um fio elétrico, por exemplo) terá diferentes valores dependendo

de seu comprimento, da área de sua seção transversal e do material de que é feito, isto é, de sua resistividade.

E o resistor? Bem, o resistor é o equipamento elétrico que usamos para modificar a resistência elétrica em um circuito, e você já o encontrou no seu dia a dia quando, por exemplo, o chuveiro elétrico da sua casa estraga e você compra um resistor novo! Fomos acostumados a chamar de forma equivocada o resistor do chuveiro de resistência.



**Figura 4:** Resistor tipicamente usado em chuveiros elétricos que erroneamente chamamos de resistência. Resistência é a característica, e resistor, o equipamento.

Fonte: Acervo do autor

## 2 Por que resistir?

Após a leitura da seção anterior, podemos dizer, então, que a resistência de um fio elétrico é diretamente proporcional ao seu comprimento e inversamente proporcional à área da sua seção transversal, além de depender do material de que é feito. Os fios elétricos mais comuns são os de cobre e os de alumínio.

Mas, se pensarmos apenas no material do qual o fio elétrico é feito, falaremos da resistividade característica daquele material.

Assim a resistividade é a propriedade fundamental de um material que descreve o quão facilmente esse material pode permitir a passagem de uma corrente elétrica. Altos valores de resistividade implicam a alta resistência do material ao deslocamento de corrente, enquanto valores baixos de resistividade implicam a fácil passagem de corrente permitida pelo material. Aliás, os materiais são classificados como condutor ou isolante de acordo com sua faixa de resistividade, conforme podemos ver na Tabela 1.

**Tabela 1:** Classificação dos materiais de acordo com sua resistividade

Resistividade [ $\Omega \cdot m$ ] <sub>20°C</sub>		
Condutores	Semicondutores	Isolantes
$10^{-8}$ a $10^{-6}$	$10^{-6}$ a $10^7$	$10^7$ a $10^{23}$

Em resumo, a resistividade é característica do material e permanece a mesma para qualquer tamanho ou forma.

Neste ponto, você deve estar imaginando: "Se a resistividade indica condutores e isolantes, qual seria o melhor material condutor?". Se você pensou no cobre, passou perto! O cobre é o segundo melhor condutor com uma resistividade a 20°C de  $17,2 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot m$ . Em primeiro lugar está a prata, com uma resistividade a 20°C de  $15,9 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot m$ . O ouro leva a medalha de bronze (olha a ironia!), ficando em terceiro lugar, com  $24,4 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot m$  a 20°C. O alumínio fica na quarta posição, com sua resistividade de  $28,2 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot m$  a 20°C.

Como você já deve ter percebido, não usamos fios de prata nem de ouro devido ao seu alto valor agregado. Em geral, os metais comuns são relativamente bons condutores. No outro extremo, temos os isolantes. Se, por acaso, quisermos fazer passar uma corrente elétrica nesses materiais, será necessário gastar muito mais energia para se ter um fluxo de elétrons. Madeira, plásticos e cerâmicas são exemplos de isolantes de boa qualidade.

Os isolantes são tão importantes quanto os condutores, pois impedem o fluxo de elétrons onde este não é desejado. Por isso, um fio de cobre, condutor de eletricidade, é revestido por uma camada de plástico (PVC) ou borracha isolante (EPR).

## 3 Como resistir?

Podemos formalizar um pouco tudo o que aprendemos anteriormente, por meio da simbologia matemática, para facilitar nosso entendimento, a partir da equação:

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

Onde:

- **R** é a resistência elétrica, dada em  $\Omega$  (ohms);
- a resistividade é designada pela letra grega minúscula  $\rho$  (rho) e dada em  $\Omega m$  (ohms metro);
- $\ell$  é o comprimento do condutor, dado em **m** (metros);
- **A** é a área da seção transversal do condutor em **m<sup>2</sup>** (metros quadrados).

Ao observarmos a equação, podemos comprovar o que foi dito anteriormente, isto é, **quanto maior** o valor da **resistividade ( $\rho$ )**, **maior** a resistência ( **$R$** ). Em relação ao comprimento ( **$l$** ), **quanto mais longo** o material, **maior** a resistência ( **$R$** ). E, por fim, a área ( **$A$** ), **quanto maior** a área, mais fácil é para os elétrons fluírem, por isso, **menor** será a resistência ( **$R$** ).

É fácil encontrar o valor da resistência de um fio elétrico, por exemplo. Basta considerar tudo sobre o que conversamos antes e pensar do que a resistência depende:

1. Do comprimento do fio. Se o fio for longo, terá uma resistência maior, porque é mais difícil para os elétrons fluírem ao longo de seu comprimento.
2. Da área da seção transversal do fio. Se o fio tiver uma bitola maior, terá uma menor resistência.
3. Do material de que o fio é feito. Sabemos que os elétrons fluirão facilmente através do cobre por ser um material que possui baixa resistividade.

### Amplificadores

Procure pensar, após o que foi discutido nesta aula, a respeito da seguinte questão: “Se o cobre é tão melhor condutor que o alumínio (já que sua resistividade é aproximadamente 1,6 vezes menor), por que ainda encontramos condutores de alumínio no mercado?”. Busque evidenciar outras características, para além da resistividade, para justificar sua resposta.

### Tecnologia em foco

Microhmímetros são equipamentos capazes de medir pequenos valores de resistência, usados em cabos e/ou estruturas metálicas (usadas nos para-raios, por exemplo) para garantir que não haja interrupções nos condutores e que as emendas foram bem executadas. Se o valor da resistência for alto, é uma indicação de defeito, que deve ser averiguado. Existem vários modelos no mercado: um deles é o MPK102E I, da Instrutemp; o outro é o MPK-204e, da MegaBras.





### Dicas para o instalador ou a instaladora de SFV

Uma boa forma de estimar a quantidade de cabos que ainda temos no rolo é usando o multímetro na escala de resistência. Ao medirmos a resistência do cabo, e conhecendo sua seção e sua resistividade, podemos calcular quantos metros de cabo ainda temos apenas reajustando a equação apresentada no capítulo para:

$$\ell = \frac{R \cdot A}{\rho}$$

Onde:

- $R$  é a resistência elétrica, dada em  $\Omega$  (ohms);
- $\rho$  é a resistividade, dada em  $\Omega m$  (ohms metro);
- $\ell$  é o comprimento do condutor, dado em  $m$  (metros);
- $A$  é a área da seção transversal do condutor em  $m^2$  (metros quadrados).

Se liga na dica: a resistividade do cabo solar da Prysmian a  $90^\circ C$  é de  $26,325 \cdot 10^{-9} \Omega m$



### Situações de avaliação

Agora que completamos este aprendizado, pergunte para si: "Eu posso explicar a diferença entre os termos resistor, resistência e resistividade?"

Com os dados vistos, procure calcular a resistência apresentada por um cabo de cobre de 1000 m de comprimento e seção transversal de  $1,5 \text{ mm}^2$ . (Dica: não se esqueça de converter os  $\text{mm}^2$  para  $\text{m}^2$ ).

## 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

Ezequiel J. Lima (CEFET-MG)

#### Design Instrucional

Nina Machado (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

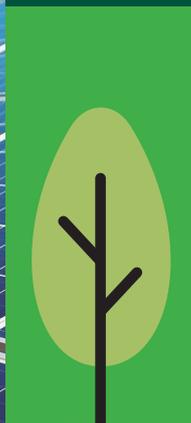
### Índices para catálogo sistemático:

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**

