



SFV

Curso Híbrido de Instalador de
Sistemas Fotovoltaicos

Unidade 1

Eletricidade básica aplicada a Sistemas Fotovoltaicos

Ficha 6

PODER ELÉTRICO



Por meio da:



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO





Objetivos de aprendizagem

Os alunos e as alunas serão desafiados a:

1. Conceituar energia potencial elétrica;
2. Relacionar os conceitos de energia elétrica e trabalho elétrico;
3. Diferenciar trabalho motor e trabalho resistente;
4. Conceituar e calcular potência elétrica.



Competências

Capacidades Técnicas e Conhecimentos conforme os Itinerários Formativos EnergIF

- Conceitos básicos sobre eletrostática e eletrodinâmica.
 - Conceitos básicos sobre potência elétrica e energia.



Relação com a Unidade Curricular

Veremos como os conceitos de energia, trabalho e potência elétrica estão diretamente relacionados às aplicações de sistemas fotovoltaicos.

A energia por trás do movimento

A palavra “energia” está presente em praticamente todas as nossas ações do dia a dia, e talvez nunca tenhamos parado para refletir sobre este tema e seu real significado. Frequentemente ouvimos falar, nos noticiários, sobre a crise energética, um acidente em uma indústria química que causou uma explosão, o preço dos combustíveis ou a chegada dos carros elétricos. Diante dessa multidisciplinaridade, não é por acaso que a definição mais citada e aceita sobre tal conceito afirma que “energia é a capacidade de produzir trabalho”. Realmente parece haver trabalho em jogo.

Aqui, podemos estender o conceito de trabalho, da física, a todos os seus significados presentes no dicionário. Se pararmos para pensar, veremos que, desde a força contínua empregada por nossos músculos ao levantar um peso até a simples utilização de uma torneira em casa, o trabalho está presente, e deve existir sempre alguma energia associada a ele. Podemos suspeitar, então, que trabalho e energia são grandezas proporcionais. Quanto mais trabalho, mais energia.

Façamos agora um experimento em pensamento. Imaginemos que estamos acelerando um carro pouco a pouco até o máximo. Teremos a sensação de que estamos gastando uma maior quantidade de energia à medida que pisamos mais fundo no acelerador. Se anotarmos os valores de energia utilizados em todo o experimento, perceberemos que há maior rapidez no gasto de energia à medida que a velocidade do carro aumenta. A essa tal rapidez damos o nome de **potência**.

Ainda com base no experimento, podemos aproveitar a definição de trabalho da física mecânica. Quando falamos de um corpo com massa em deslocamento (nesse caso o carro) devido a uma força constante, o trabalho é o produto entre a força exercida sobre um corpo e seu deslocamento na direção da força. Nesse caso, o trabalho mecânico é a energia gasta por esse corpo durante o deslocamento.

Para facilitar o entendimento, se fizermos um filme da nossa experiência, poderemos fazer uma analogia entre energia/trabalho e potência, em que toda a extensão do filme é a energia (por ser referente a um período de tempo), enquanto, se tirarmos uma foto de uma cena do filme, esta será a potência naquele instante de tempo. Em resumo, energia (ou trabalho) é como um filme e potência é como uma foto, por ser instantânea.



Figura 1: Ao acelerar um carro, este realiza trabalho e, portanto, energia.

Fonte: [Pixabay](#)

Que tal aplicarmos os mesmos conceitos de energia, trabalho e potência na área de circuitos elétricos? Para isso, é importante recuperar conceitos, como campo elétrico, circuitos elétricos e leis de Ohm e Kirchhoff, para um bom aproveitamento desse conhecimento. Caso não se recorde dos conceitos das leis de Ohm e Kirchhoff, vale tentar resgatá-los.

1 Energia Elétrica



Figura 2: As lâmpadas que utilizamos todos os dias só acendem e apagam por causa da passagem de corrente elétrica.

Fonte: [Pixabay](#)

Como vimos, potência é a rapidez com que se gasta energia, ou a rapidez com que se produz trabalho.

Pensar em potência e energia em circuito elétrico talvez nos remeta a alguns aparelhos elétricos e eletrônicos que utilizamos no dia a dia. A passagem da corrente elétrica por um circuito elétrico produz efeitos, como calor, luz e movimento, nos possibilitando usar aparelhos, como lâmpadas e chuveiro, ou até algo mais elaborado, como um motor de indução em uma indústria.

A energia elétrica pode ser percebida pelo trabalho da força elétrica. A energia elétrica é transportada pela corrente elétrica. Essa energia proporciona o funcionamento dos equipamentos e dos aparelhos elétricos e eletrônicos.

Já sabemos o que é energia e o que é potência. Vejamos agora o que é a energia potencial elétrica.

Energia potencial é um tipo de energia que é armazenada para futuramente se transformar em energia cinética ou térmica. No caso da **energia potencial elétrica**, trata-se de uma energia armazenada nos elétrons que faz com que eles possam se movimentar, gerando eletricidade (e acionando nossos aparelhos!). A energia potencial elétrica não pode ser definida para uma única carga, mas sim para um sistema de duas cargas. Isso porque é a interação entre cargas, ao estarem em jogo forças de atração ou repulsão, que dá origem a uma energia potencial. Uma carga elétrica sozinha não produz energia potencial. Vamos entender isso melhor.

Neste momento é importante lembrarmos os princípios de corrente elétrica, em que ocorre o movimento de elétrons que, sabidamente, possuem uma carga q . Vamos agora “capturar” um elétron de carga q para analisá-lo quando submetido ao campo elétrico criado por outra carga, denominada aqui com valor Q . Observamos que, nessas condições, o elétron tende a “sentir” uma força (origem da tal energia potencial elétrica), podendo se deslocar como consequência desta. O valor da energia potencial elétrica, portanto, depende da magnitude das cargas em interação e também da distância entre elas. Veremos isso melhor adiante.

2. Trabalho Elétrico

Agora que vimos do que se trata a energia elétrica, vejamos como colocá-la em trabalho.

A energia, no sistema internacional, tem a mesma unidade física de trabalho, o joule (J). Já vimos também que trabalho e energia são grandezas diretamente proporcionais. Vimos, ainda, que o trabalho, na física mecânica, é o produto entre a força exercida sobre um corpo e seu deslocamento. Em outras palavras:

$$\text{Trabalho} = \text{Força} \times \text{Deslocamento}$$

Tentando realizar um paralelo com a física mecânica (como no exemplo do carro acelerando que vimos), em um campo elétrico, uma carga que sofre a influência de uma força se move em direção ou contrariamente à carga geradora do campo (portanto, havendo um deslocamento). Podemos pensar o trabalho elétrico nos mesmos termos do trabalho mecânico, a partir do seguinte:

$$\text{Trabalho elétrico} = \text{Força elétrica} \times \text{Deslocamento}$$

Ou, de outro modo:

$$\tau = F_e \cdot d$$

$$F_e = q \cdot E$$

$$\tau = q \cdot E \cdot d$$

Sendo:

F_e = força elétrica;

d = distância;

E = campo elétrico.

Sabendo que o potencial elétrico (V_p) é o trabalho realizado dividido pela carga e que trabalho é igual a energia potencial, temos que o potencial elétrico é o quociente entre energia e carga:

$$V = E_p/q$$

Sendo:

E_p = energia potencial;

V = potencial elétrico.

Já que o potencial, assim como a energia potencial elétrica, pode ser calculado a qualquer distância da carga, temos:

$$V = k \cdot Q/d$$

Sendo:

k = constante eletrostática do vácuo;

d = distância entre as cargas q e Q .

Como ambas as equações acima equivalem ao potencial elétrico, igualando-se as duas equações anteriores, temos:

$$E_p / q = k \cdot Q/d$$

E, portanto:

$$E_p = k \cdot (Q \cdot q)/d$$

Pela equação acima, conseguimos visualizar como o valor da energia potencial elétrica depende, portanto, da magnitude das cargas em interação e também da distância entre elas, como falamos na seção 1.

Chamamos de **trabalho motor** quando a carga elétrica se desloca no sentido da própria força. Por outro lado, chamamos de **trabalho resistente** quando este é realizado em sentido contrário às forças do campo elétrico.

Podemos dizer que a força elétrica é dita conservativa, ou seja, qualquer caminho percorrido pela carga elétrica entre dois pontos, independentemente da trajetória, possui o mesmo trabalho elétrico. Dessa forma, é possível calcular o trabalho também como a diferença entre a energia potencial elétrica inicial e a energia potencial elétrica final.

Potência Elétrica

Novamente, lembremos que a potência se refere à rapidez com que se gasta energia ou com que se produz um trabalho. Pensemos agora nessa rapidez de se gastar energia elétrica.

A capacidade de cada componente no circuito elétrico de realizar trabalho (energia) durante um período de tempo, a partir da energia elétrica, é denominada **potência elétrica**.

Isso é importante para podermos dimensionar os elementos de um circuito, seja este um equipamento eletrônico de uso doméstico, seja um conjunto de equipamentos de um sistema fotovoltaico.

A unidade física de potência no Sistema Internacional é o watt (W), que é equivalente a 1 joule por segundo, ou seja, é a potência de se realizar o trabalho de 1 joule durante 1 segundo.

O quilowatt-hora (kWh) é uma unidade normalmente utilizada quando temos grandes quantidades de energia elétrica ou trabalho. O quilowatt-hora é calculado pelo produto da potência em quilowatts (kW) pelo tempo, em horas (h), no qual a potência é utilizada.

Fisicamente, em um sistema elétrico-térmico, podemos entender a potência sempre positiva, pensando que uma carga resistiva (aquela que trabalha com resistência elétrica, como no nosso chuveiro elétrico, churrasqueiras elétricas ou aquecedores) está convertendo energia elétrica em energia térmica (calor) durante todo o ciclo de operação. Ou seja, está produzindo energia térmica, e não perdendo energia (considerando que o sistema é dito ideal, sem perdas).

Para circuitos em fase, isto é, resistivos, podemos usar a equação:

$$P = V \cdot i$$

Sendo:

P = potência (em W, watt);

V = tensão elétrica ou diferença de potencial elétrico (em V, volt);

i = corrente elétrica (em A, ampere).

Essa equação pode ser escrita de outras formas, a partir das fórmulas envolvendo a lei de Ohm, por exemplo:

$$P = R \cdot i^2 = \frac{V^2}{R}$$

Sendo:

R = resistência (em Ω , ohm).

Vamos tentar entender isso tudo com o exemplo a seguir.

Para usar o aquecedor em um quarto de hotel, em uma viagem para um lugar muito frio, é necessário, para que ele funcione, um circuito de corrente contínua (ou resistivo). Vamos imaginar que precisamos calcular sua potência.



Figura 3: Um aquecedor utiliza um circuito de corrente contínua (ou resistivo) para gerar calor.

Fonte: [Pixabay](https://www.pixabay.com)

Pela lei de Ohm, a potência pode ser escrita como:

$$P = R \cdot i^2$$

Ou, ainda:

$$P = V^2/R$$

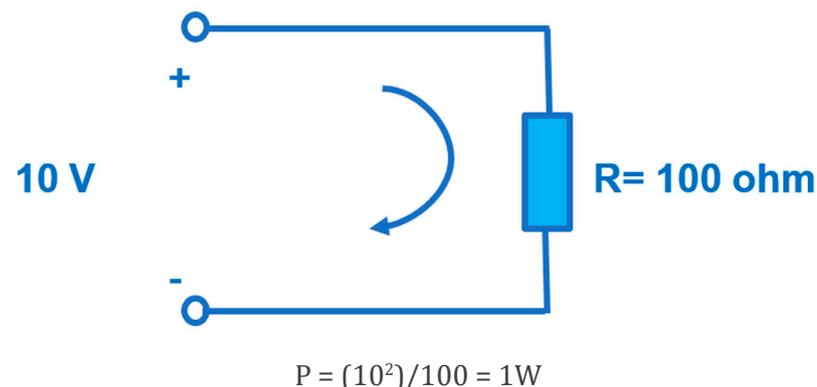
Sendo:

R = resistência presente no aquecedor;

i = corrente que passa pelo equipamento;

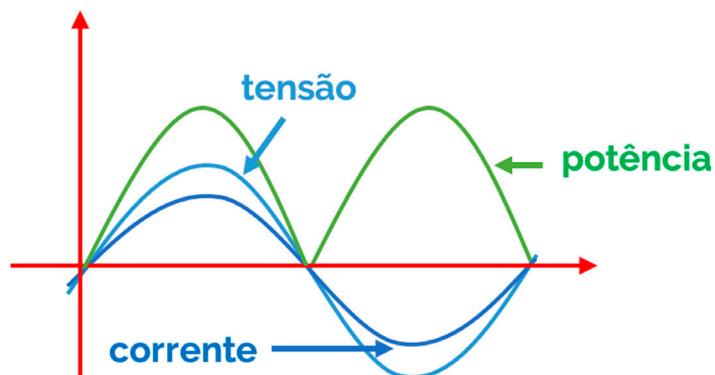
V = tensão que alimenta o aparelho.

Para o circuito hipotético desse aquecedor elétrico, mostrado a seguir, temos a seguinte resolução da potência:



Explicando de outra forma, diferentemente da onda da corrente alternada, que é senoidal, com valores positivos e negativos, a forma de onda de potência é sempre positiva para circuitos com tensão e corrente em fase. Esse fato ocorre, pois a corrente e a tensão possuem gráficos semelhantes, com os

mesmos instantes de pico. Por exemplo, na parte em que o ciclo é negativo, a potência é positiva porque é resultado do produto de uma corrente negativa por uma tensão também negativa.



Fonte: Elaborada pelo autor

Agora que passamos por alguns conceitos importantes sobre o funcionamento da energia elétrica, vamos voltar a falar de trabalho e energia?

Como vimos, a energia elétrica pode ser percebida por meio do trabalho da força elétrica. Podemos calcular a energia elétrica a partir dos conceitos de trabalho elétrico, força elétrica e potencial elétrico:

$$\tau = Fe \cdot d$$

$$Fe = q \cdot E$$

$$\tau = q \cdot E \cdot d$$

Vamos mostrar agora que $E \cdot d = V$:

Vimos que o potencial é dado pelo quociente entre energia potencial pela carga:

$$V = Ep/q$$

Sabemos que a energia potencial é igual ao trabalho elétrico, logo, se isolarmos a energia na equação anterior e igualarmos ao trabalho, teremos:

$$V \cdot q = Ep = \tau$$

Já vimos também que o trabalho é dado por:

$$\tau = Fe \cdot d$$

Logo,

$$V \cdot q = Fe \cdot d$$

Se igualarmos as expressões e substituirmos a expressão da força elétrica, teremos:

$$V \cdot q = q \cdot E \cdot d$$

$$V = E \cdot d$$

Se substituirmos agora, na equação do trabalho elétrico, sabendo que a carga é o produto entre a corrente e o tempo, teremos:

$$\tau = q \cdot E \cdot d$$

$$\tau = q \cdot V$$

$$q = i \cdot t$$

$$\tau = i \cdot t \cdot V$$

Como a potência é o produto de i e V , temos então que o trabalho elétrico é igual à energia elétrica:

$$\tau = P \cdot t = E_{el}$$

Essa equação pode ser escrita também de outras formas, a partir das fórmulas envolvendo energia e lei de Ohm, por exemplo:

$$E_{el} = P \cdot t = R \cdot i^2 \cdot t = \frac{V^2 \cdot t}{R}$$

Que tal sabermos mais a respeito da energia elétrica gasta pelos aparelhos em casa? Vamos avaliar o histórico da conta de energia ao lado:

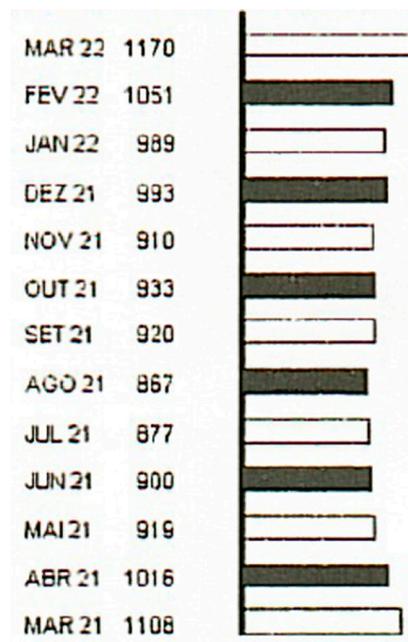


Figura 4: Exemplo de consumo de energia elétrica de uma residência, mês a mês, em Kwh.

Fonte: Elaborada pelo autor

Em março de 2022, a soma do consumo de todos os aparelhos de uma residência foi 1170 Kwh. Como podemos calcular, de maneira rápida e fácil, a contribuição de cada eletrodoméstico no gasto mensal de energia elétrica?

Basta listarmos os aparelhos e anotarmos a potência e a quantidade de cada um. Em seguida, anotamos o tempo de utilização diário de cada um, em horas, e multiplicamos por 30 dias.

Exemplo:

	Cargas CA	Potencia nominal (W)	Quantidade	Consumo total (W)	Horas de uso	Wh de uso diario	Wh de uso mensal
		Watt		Watt	Horas	Watt*Hora	Watt*Hora
1	Lampadas	10	5	50	6	250	9000
2	Lampadas exteriores	5	4	20	9	80	5400
3	Refrigeradores	400	1	400	8	400	96000
4	TV	100	1	100	6	100	18000
5	Ar condicionado	1000	0	0	8	0	0
6	Computador	200	2	400	6	800	72000
						TOTAL em kwh	200,400 KWh

Figura 5: Conta de energia de uma residência hipotética.

Fonte: Elaborada pelo autor

Para calcularmos o gasto mensal de energia elétrica do computador dessa residência, por exemplo, percorremos os seguintes passos:

1. O computador tem $V = 200V$;
2. Há 2 computadores nessa residência;
3. Utilizaram-se os computadores, nesse mês, por 6 horas;

4. O gasto mensal de energia usada pelos computadores nessa residência, portanto, foi de:

$$200 \times 2 \times 6 \times 30 = 72000 \text{ Wh}$$

Experimente fazer o cálculo dos outros eletrodomésticos dessa residência ou, ainda, da sua própria casa.

Amplificadores

Você sabia que o chuveiro elétrico é genuinamente brasileiro? Francisco Canhos Navarro inventou esse aparelho, tão presente em nossos lares, em 1927. Em meados do século passado essa invenção ganhou popularidade após grandes empresas começaram a fabricá-la em larga escala.



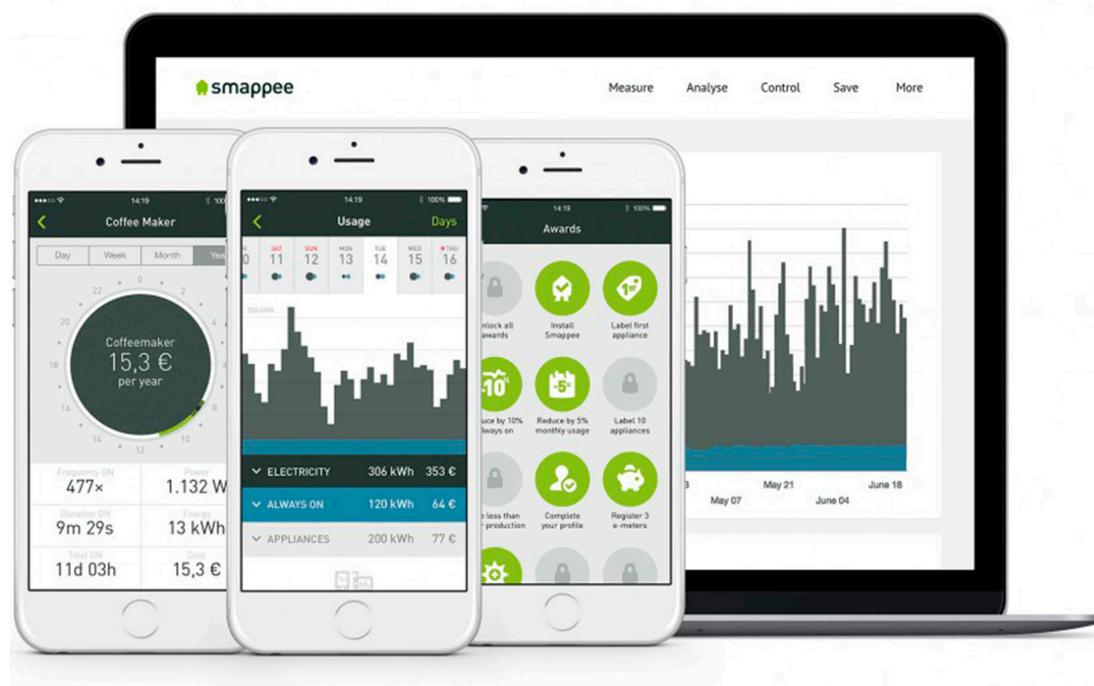
Fonte: [Wikimedia](#)



Tecnologia em foco

A Internet das Coisas (IoT, *Internet of Things*, em inglês) — a qual traz a interatividade sem precedentes entre pessoas e quaisquer objetos e aparelhos eletroeletrônicos residenciais — aplicada à área de energia é chamada de *Internet of Energy* (IoE). Tal tecnologia tem expandido o uso de medidores de energia e possibilitado uma descentralização da medição e do monitoramento do consumo de energia de maneira mais detalhada por meio de um aplicativo no celular, assim como a possibilidade da utilização de ações de eficiência energética nas cargas que possuem maior consumo de energia. Pesquise sobre “monitores de energia” ou “tomadas inteligentes” para obter exemplos dessa tecnologia.

Além disso, já existem técnicas de identificação de consumo de energia por aparelho eletroeletrônico em uma casa, utilizando apenas um medidor de energia. Como é possível conhecer o consumo de cada aparelho medindo somente o ponto de alimentação geral de uma casa?

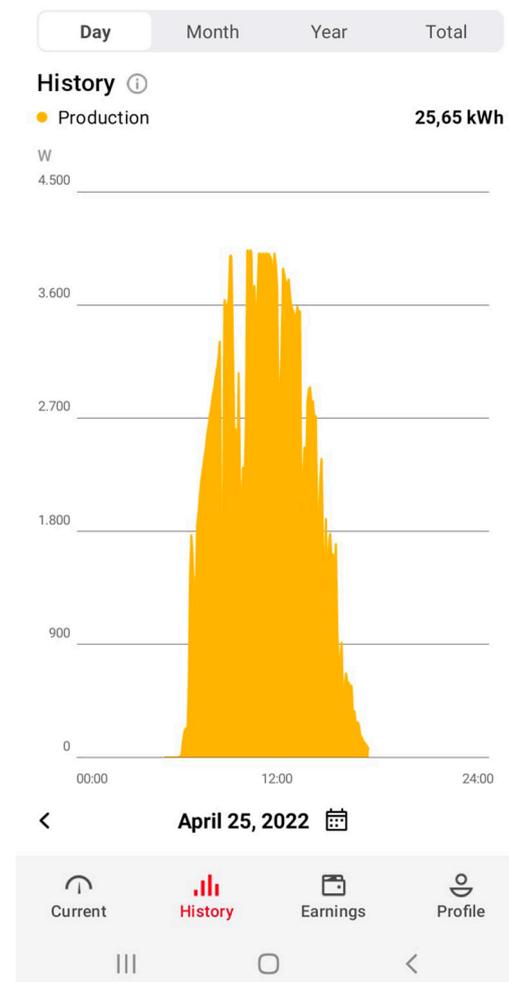


Fonte: Acervo do autor



Dicas para o instalador ou a instaladora de SFV

Os monitores de energia também podem ser utilizados para a medição da energia gerada por um sistema fotovoltaico. Todos os fabricantes de inversores disponibilizam um sistema de monitoramento para que todas as variáveis elétricas do sistema fotovoltaico sejam avaliadas pelo instalador. Normalmente, são disponibilizados gráficos de potência e energia gerada. É importante verificar, pelos valores dos gráficos, se essas duas variáveis estão coerentes com o projeto fotovoltaico. Checagens básicas podem ser realizadas, por exemplo, se foi instalado um inversor de 5 kW de potência em placas adequadas. Ao meio-dia a potência máxima do sistema deve alcançar esse valor de potência do inversor.



Fonte: Acervo do autor



Situações de avaliação

Você já pensou quanto custa um banho utilizando o chuveiro elétrico? Verifique a potência de seu chuveiro e anote o tempo de seu banho. Transforme o tempo em horas e calcule a energia gasta. Verifique a tarifa da conta de energia e multiplique pelo valor de energia elétrica calculada.

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

Leonardo Vasconcellos (IFBA)

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

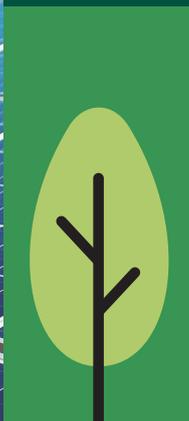
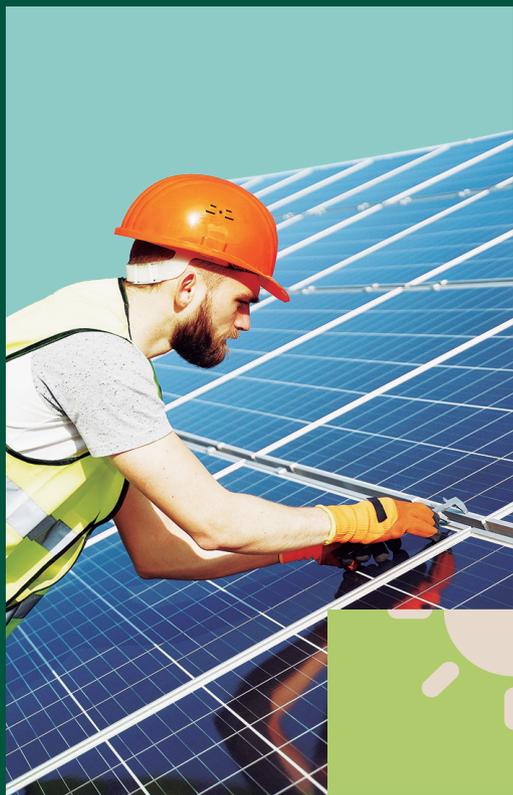
Índices para catálogo sistemático:

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