



SFV

Curso Híbrido de Instalador de
Sistemas Fotovoltaicos

Unidade 3
Tecnologia Fotovoltaica: Módulos, Arranjos, Células

Ficha 1
O SEGUNDO ELEMENTO



Por meio da:



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO





Objetivos de aprendizagem

Os alunos e as alunas serão desafiados a:

1. Caracterizar as propriedades do silício em relação à sua responsividade à luz solar;
2. Explicar o funcionamento de uma célula fotovoltaica feita de silício;
3. Diferenciar os tipos de células fotovoltaicas em relação ao grau de pureza do material utilizado, ao investimento de energia associado ao processo de fabricação, ao preço relativo de mercado e à aparência geral do produto.



Competências

Capacidades Técnicas e Conhecimentos conforme os Itinerários Formativos EnergIF

- Compreender o efeito fotovoltaico.
 - Conceitos básicos relacionados ao efeito fotovoltaico.
- Compreender as características das células fotovoltaicas.
 - Estudo sobre tipos, produção e aspectos construtivos dos diversos tipos de células fotovoltaicas e seus princípios teóricos.



Relação com a Unidade Curricular

Este conteúdo se articula com os demais que se baseiam na geração de energia elétrica a partir da conversão da energia solar. Os conhecimentos são necessários para a compreensão do efeito fotovoltaico, que é a base de todo o processo de geração de energia elétrica dos sistemas FV, assim como a compreensão do processo de produção das células FV e, portanto, dos módulos fotovoltaicos, além das diferenças de eficiência, custo e aplicação das tecnologias mais utilizadas.

Do efeito fotovoltaico aos pequenos e grandes SFV

Atualmente, a demanda por dispositivos que funcionem a partir da energia fotovoltaica é bem grande. Há todo o tipo de uso e existem SFV de vários tamanhos e aplicações. Eles podem ser bem pequenos, como os utilizados para alimentar pequenos dispositivos — tais como lanternas, luminárias e calculadoras —, ou grandes o bastante para alimentar cidades inteiras!



Figura 1: Luminária de jardim alimentada por célula fotovoltaica.

Fonte: [Freepik](#)



Figura 2: Uma parte do Complexo Solar Pirapora, situado no norte de Minas Gerais. Esse complexo, que se espalha por uma área equivalente a 1,500 campos de futebol, é composto por onze usinas.

Fonte: [Wikipedia](#)

Além da variedade de aplicações, os SFV apresentam algumas vantagens importantes em relação a outras fontes de energia, como:

- baixo custo de operação e manutenção – a maior parte do custo financeiro dos SFV é o custo inicial do equipamento. Um sistema adequadamente projetado e instalado apresenta um custo de operação e manutenção baixo;

- maior eficiência em altitudes elevadas – SFV têm maior eficiência em altitudes elevadas porque recebem maior radiação solar. Em contraste, sistemas a diesel e outros geradores, por exemplo, apresentam menor desempenho onde o ar é mais rarefeito.

Em contrapartida, o investimento inicial para a aquisição e a instalação dos SFV ainda é alto, e sabemos que atitudes mais conscientes em termos de desperdício de energia representam ainda uma mudança de cultura a ser vencida para favorecer um modo mais sustentável de produção de energia.

Quaisquer que sejam a dimensão de um SFV, sua finalidade de uso, os benefícios de sua implementação e os desafios a serem enfrentados, o funcionamento de qualquer sistema de geração de energia solar segue os mesmos princípios e se baseia no efeito fotovoltaico.

1 Conceitos Básicos relacionados ao Efeito Fotovoltaico – Parte 1

A energia solar é a fonte de energia mais abundante, além de absolutamente gratuita, em todo o planeta. Mas, para ser possível o uso dessa energia, precisamos da ajuda do segundo elemento mais disponível na Terra: o silício (encontrado, por exemplo, em materiais como a argila, o granito, o quartzo e a areia — esta que está bem ali nas praias que frequentamos casualmente aos finais de semana).



Figura 3: A areia da praia é composta de silício.

Fonte: [Pixabay](#)

Para que esse processo ocorra, a areia, por exemplo, necessita ser convertida em cristais de silício 99,99% puros, para então serem usados nas células FV.

Em 1950, um grupo de cientistas ficou interessado em descobrir o que um material tão diferente e tão abundante era capaz de fazer. O cristal de silício puro não possui elétrons livres e, portanto, é um mau condutor elétrico. No entanto, descobriram que o silício, quando tratado com outro elemento, altera sua característica de condutividade, tornando-se até responsivo à incidência de luz. Aos outros elementos inseridos no silício chamamos de impurezas. Mais comumente, são utilizados o fósforo, que acrescenta elétrons livres ao silício, formando o semiconductor do tipo N, ou o boro, que acrescenta lacunas, que são espaços disponíveis para

elétrons, formando o semicondutor tipo P. Esse processo em que se acrescenta uma pequena porcentagem de outros elementos (impurezas) é denominado dopagem, o qual ocorre após a etapa de purificação do silício.

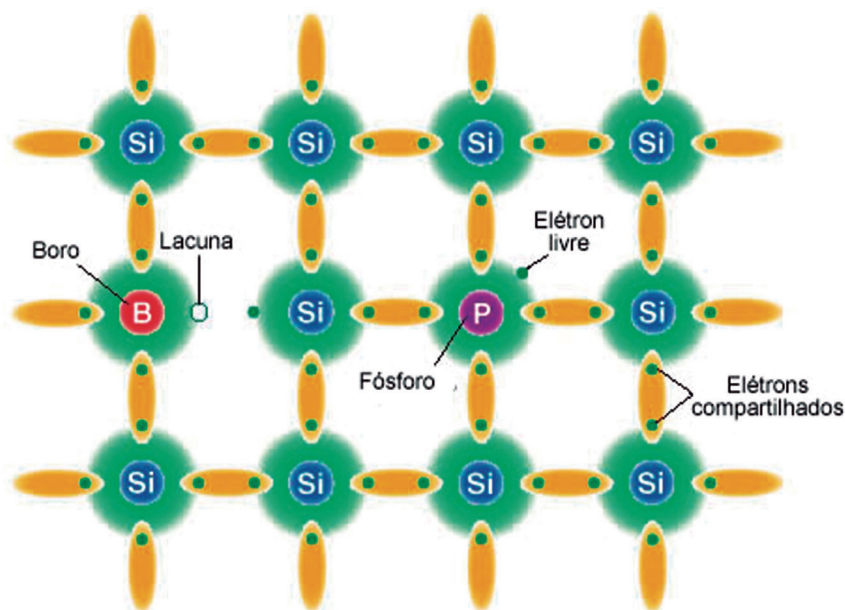


Figura 4: Dopagem eletrônica do silício com átomos de boro (B) e com átomos de fósforo (P).

Fonte: Adaptado de [Corrosion Doctors](#)

A dopagem de materiais semicondutores nos proporcionou diversas tecnologias, como o desenvolvimento dos componentes eletrônicos que são utilizados para produzir os computadores e os celulares; e, a conversão de energia do sol em energia elétrica, a partir do efeito fotovoltaico.

O silício é comum e barato, sendo atualmente o material mais utilizado nas células fotovoltaicas.

2) Conceitos Básicos relacionados ao Efeito Fotovoltaico – Parte 2

Módulos fotovoltaicos são constituídos por unidades menores: as células fotovoltaicas. Estas, na maior parte das vezes, são feitas de silício.

Pense em uma célula FV como um “sanduíche” em que uma camada de silício cristalino está entre duas camadas condutoras. Esse “sanduíche” é necessário, pois o silício por si só não é capaz de gerar muita eletricidade, quando exposto à luz. Por isso, uma célula FV é feita de duas camadas diferentes de silício (que passaram pelo processo de dopagem): o silício tipo N tem elétrons extras, e o silício tipo P tem lacunas, que são espaços disponíveis para elétrons. Quando as duas camadas entram em contato, os elétrons atravessam a junção P-N, deixando uma carga positiva de um lado e criando uma carga negativa do outro. Essa diferença de cargas é fundamental para criar uma direção de fluxo de movimento de elétrons, uma vez que a célula FV seja atingida pela luz do Sol.

Quando um fóton colide com a célula de silício, ele pode arrancar um elétron de uma das ligações do átomo que, devido ao campo elétrico na junção P-N, segue em uma única direção.

Os elétrons móveis são coletados por finos canais metálicos, no topo da célula FV, fluem por um circuito externo e possibilitam a geração de energia elétrica.

Para conseguir níveis elevados de corrente elétrica, o silício é misturado com outros materiais (a exemplo do fósforo e boro) para conseguir gerar eletricidade em níveis satisfatórios.

Assim, são geradas as diferentes camadas P e N, em uma célula FV. A camada P é tratada com fósforo, deixando-a com elétrons sobrando; e, a camada N é tratada com boro, deixando-a com “buracos” sobrando. Os elétrons da camada P tendem a migrar para os “buracos” da camada N. A camada P, portanto, fica um pouco mais positiva, enquanto a N fica um pouco mais negativa, gerando uma diferença de potencial, que é a tensão elétrica.

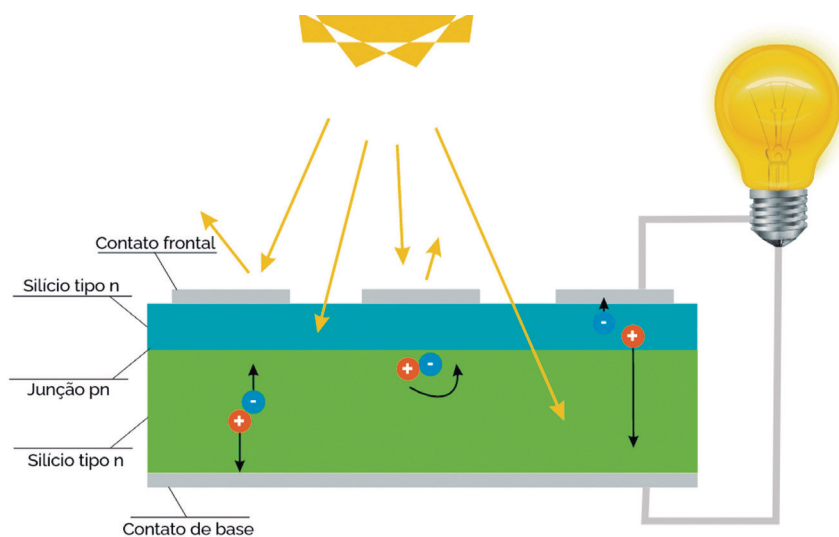


Figura 5: Efeito fotovoltaico em uma célula FV.

Fonte: Acervo da autora

Cada célula de silício fornece apenas 0,5 V de energia, mas podemos organizá-las em módulos, para conseguir mais. Doze células fotovoltaicas são suficientes para carregar, por exemplo, um celular, mas são necessários muitos módulos para alimentar uma casa inteira.

3 Estudo sobre Tipos, Produção e Aspectos Construtivos dos diversos tipos de Células Fotovoltaicas e seus Princípios Teóricos

Decidir qual tecnologia de módulo FV instalar em seu telhado pode não ser uma tarefa fácil, especialmente considerando os diferentes tipos existentes de células fotovoltaicas disponíveis atualmente.

Como profissional da área, você precisa estar bem informado ou bem informada para saber explicar como as células são produzidas, a eficiência de cada tipo de célula em condições normais e em condições de exposição ao sombreamento, além de inúmeras outras informações que podem deixar a cabeça do ou da cliente mais quente do que o próprio telhado em um dia ensolarado!

A melhor coisa, então, é se munir de informações antes de conversar com cada cliente, para entender bem do que está falando e ter segurança para ajudar na tomada de decisão quanto

a que produto ele ou ela deseja e com base nos critérios que forem mais relevantes para suas necessidades.

As células fotovoltaicas mais comuns encontradas atualmente no mercado são de três tipos: as de silício monocristalino, as de silício policristalino e as de filme fino de silício.

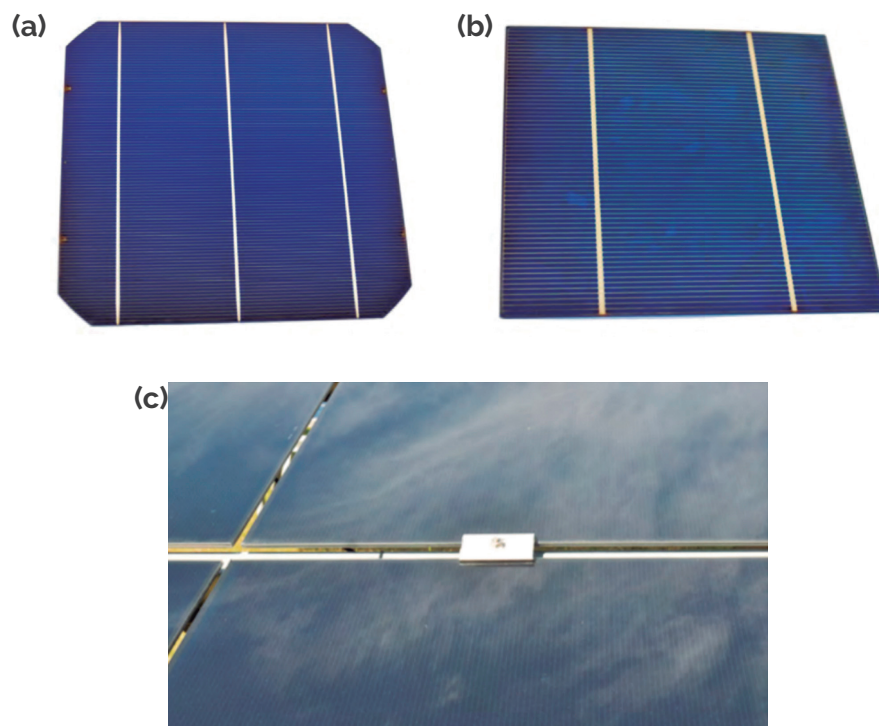


Figura 6: Célula de silício monocristalino (a); célula de silício policristalino (b); célula de filme fino de silício amorfo (c).

Fonte: GIZ; SENAI, 2018.

Para a produção de células de silício monocristalino, o silício passa por um processo de cristalização mais lento, formando uma amostra de cristal inteira, sem rupturas e com poucos defeitos, tornando a célula mais eficiente e com um custo mais elevado.

O silício policristalino é obtido a partir da cristalização direta. Esse é um processo mais rápido, porém, em vez de um único cristal, são formados vários cristais de tamanhos diferentes, com várias rupturas e defeitos. As células produzidas a partir do silício policristalino são mais baratas que as produzidas a partir do silício monocristalino, entretanto, apresentam menor eficiência.

As células de filme fino de silício são produzidas a partir do silício amorfo, que é um silício sem forma, não cristalizado, ou seja, seus átomos são desordenados. Isso permite a produção de células FV flexíveis, por exemplo, as utilizadas em calculadoras. Como os átomos são desordenados, essas células possuem baixo rendimento; além disso, quando elas começam a ser utilizadas, sofrem uma degradação, reduzindo a eficiência e a vida útil. Apesar disso, são células que usam até cem vezes menos silício que as de silício cristalino; portanto, são mais baratas, e existem técnicas de produção que visam ao aumento de sua eficiência, como a sobreposição de camadas e a associação de silício amorfo e silício cristalino em uma mesma célula.

As pesquisas científicas sobre as células FV são constantes. Além do silício, outros materiais também são utilizados para a produção de células fotovoltaicas, e são desenvolvidas diferentes formas construtivas para aumentar a eficiência das células, torná-las mais acessíveis e reduzir os impactos ambientais.

Amplificadores

A construção de um SFV envolve uma grande quantidade de processos, desde a extração da matéria-prima para a fabricação das células e demais equipamentos, ao transporte de matéria-prima, componentes, equipamentos etc. Faça uma pesquisa sobre esses processos, desde a extração de minerais até a montagem de um SFV, com base na sustentabilidade, e reflita se, à luz dos atuais processos de fabricação e avanços nas tecnologias solares, hoje, os SFV produzem muito mais energia do que a utilizada para criá-los.

Tecnologia em foco

Célula termoradiativa: os avanços no campo das células fotovoltaicas noturnas, que geram eletricidade à noite, e da refrigeração passiva, estão produzindo resultados com potencial real para complementar a geração de energia solar, preenchendo o período noturno e criando a possibilidade de usinas que geram eletricidade 24 horas por dia. Enquanto uma célula convencional absorve fótons e gera corrente elétrica, as células termoradiativas geram corrente elétrica irradiando luz infravermelha (calor) para seus arredores. Veja mais em:

<https://www.oficinadanet.com.br/tecnologia/29603-pesquisadores-criam-painel-anti-solar-tecnologia-capaz-de-gerar-energia-a-noite>

Dicas para o instalador ou a instaladora de SFV

É importante não confundir a eficiência da célula fotovoltaica com a eficiência do painel solar. A célula fotovoltaica tem eficiência superior ao painel solar, pois quando ela é “encapsulada” em um painel solar durante o seu processo de fabricação, existe uma perda de eficiência devido a vários fatores, como a forma em que são dispostas dentro do painel e também seu acabamento.

Portanto, na hora em que você estiver conferindo a folha de dados do painel solar, preste atenção na informação “Eficiência do Módulo” (*Module Efficiency*) e não “Eficiência da Célula” (*Cell Efficiency*).

Todos esses cuidados irão permitir que você tenha uma noção da eficiência do painel solar que você vai usar na sua casa ou empresa.

Fonte: <https://www.portalsolar.com.br/tudo-sobre-a-eficiencia-do-painel-solar.html>



Situações de avaliação

Existe uma grande variedade de células e módulos FV já disponíveis no mercado ou em processo de desenvolvimento. Há diferentes formas de construção das células e até de montagem dos módulos. Faça uma pesquisa sobre as diferentes tecnologias de células e módulos FV e compare essas tecnologias de acordo com a eficiência, o custo de produção e a vida útil.

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

Livia Mendes (IFNMG)

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

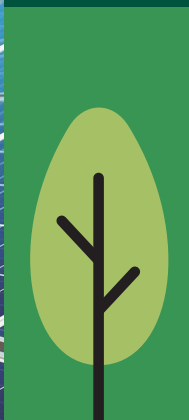
Índices para catálogo sistemático:

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

