



SFV

Curso Híbrido de Instalador de
Sistemas Fotovoltaicos

Unidade 2

Fundamentos de energia solar fotovoltaica

Ficha 5 – ROTEIRO

POSICIONAMENTO IDEAL



Por meio da:



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO





Objetivos de aprendizagem

Os alunos e as alunas serão desafiados a:

1. Relacionar as informações e as medições necessárias ao posicionamento ideal dos módulos no local de instalação de um SFV, para a maximização da energia captada;
2. Listar e explicar o uso dos instrumentos necessários à realização das medições mencionadas.



Competências

Capacidades Técnicas e Conhecimentos conforme os Itinerários Formativos EnergIF

- Conhecer as formas de aproveitamento da energia solar e sua captação máxima.
 - Escolha do posicionamento ideal para a maximização da energia captada;
 - Uso correto de dispositivos auxiliares, como bússola, trena e inclinômetro, para a caracterização de sistemas solares.



Relação com a Unidade Curricular

Saber mapear o melhor local do telhado ou do terreno no qual um sistema fotovoltaico será instalado, além de identificar a melhor posição e o melhor ângulo para o painel fotovoltaico, pensando em otimizar a captação de energia e o rendimento do SFV, é fundamental para o sucesso dessa instalação e um bom aproveitamento da energia solar.

Para o máximo de energia, o máximo de atenção!

Uma pessoa interessada em investir em um SFV como fonte de energia alternativa para sua residência possivelmente já sabe que há motivos de sobra para isso. Ao contratar você para fazer um projeto fotovoltaico e dimensionar o sistema adequado para suas necessidades, as perguntas que essa pessoa faria provavelmente teriam a ver principalmente com qual o melhor local para a instalação, mas não se limitando a isso. Há outras questões relevantes, como saber quantos painéis solares serão necessários; quanta energia a área de que dispõe é capaz de gerar; qual o impacto das placas na fachada da residência, esteticamente falando, ou seja, se elas irão aparecer; de que forma os cabos solares que saem dos painéis e vão até o inversor serão lançados com a menor distância possível; se os eletrodutos que carregarão esses cabos ficarão aparentes; como lançar os cabos de saída do inversor até o quadro geral da casa; qual o custo envolvido, entre outras questões práticas. Você, como instalador ou instaladora de SFVs, é quem vai conversar com a

pessoa, até que cheguem a um cenário adequado aos interesses e possibilidades dela.

Uma vez estimadas as necessidades energéticas da residência, é importante estimar a quantidade de eletricidade que se espera gerar a partir de um SFV de determinado tamanho. Parte dessa informação tem a ver com a solarimetria e com as informações de irradiação do local especificado. Parte tem a ver com as especificações dos módulos escolhidos.

Se você acessar o site <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>, terá acesso aos dados de irradiação do local da instalação, por meio do programa Sundata. Para isso, você deve inserir a latitude e a longitude do local. O programa SunData destina-se ao cálculo da irradiação solar diária média mensal em qualquer ponto do território nacional e constitui-se em uma tentativa do CRESESB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito) de oferecer uma ferramenta de apoio ao dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.

A apresentação dos dados é realizada conforme o exemplo da figura a seguir, para a cidade de Salvador, na Bahia.

Estação: Salvador
Município: Salvador, BA - BRASIL
Latitude: 13,001° S
Longitude: 38,549° O
Distância do ponto de ref. (12,970278° S; 38,5125° O): 5,2 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
<input type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	6,44	6,29	6,04	4,84	4,11	3,86	4,06	4,76	5,52	5,87	6,10	6,48	5,36	2,62
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	13° N	5,98	6,05	6,07	5,11	4,52	4,34	4,53	5,13	5,67	5,73	5,72	5,96	5,40	1,73
<input type="checkbox"/>	Maior média anual	9° N	6,15	6,15	6,09	5,05	4,41	4,21	4,40	5,04	5,64	5,79	5,86	6,14	5,41	1,94
<input type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	33° N	4,91	5,26	5,68	5,15	4,81	4,75	4,91	5,31	5,46	5,11	4,79	4,81	5,08	,93

Irradiação Solar no Plano Inclinado –Salvador–Salvador, BA–BRASIL



Figura 1: Irradiação solar de uma área específica em Salvador-BA, adquiridas por meio do programa SunData, do CRESESB.
 Fonte: [CRESESB](#)

Os valores médios mensais de irradiação são mostrados a cada mês, com os painéis com inclinação igual à latitude. Entretanto, as opções de placas no plano horizontal, da maior média anual e do maior mínimo mensal também podem ser selecionadas. A última coluna representa a média anual e pode ser utilizada para projetos pela seguinte equação:

$$EFV = Pot (KWp) \times IRMédiaAnual \times 30 \times 0,8$$

Sendo:

- EFV = energia gerada;
- IRMédiaAnual = irradiação média anual;
- Pot (KWp) = potência total do sistema fotovoltaico, em quilowatt-pico, dada pela multiplicação do número de painéis pela sua potência, dividido por 1000.

Para o caso de Salvador, um sistema de 10 KWp resultaria em uma geração média mensal de:

$$EFV = 10 \times 5,4 \times 30 \times 0,8 = 1296 \text{ Kwh}$$

O que o CRESESB não pode fazer, no entanto, é ir até a casa em questão. Então, há medidas específicas que devem ser feitas no local de instalação, como a inclinação do telhado, o azimute e a medição da área do telhado em que os módulos serão instalados, além da consideração de outros fatores, como sombreamento, para gerar um dimensionamento de sistema acurado e realista.

Como instalador ou instaladora de SFVs, quem visitará a casa das pessoas que desejam investir em energia solar como fonte adicional de energia, para atender ao consumo elétrico de sua residência, é você! Então, é importante que você faça todas essas perguntas e, mais do que isso, tente respondê-las, para que sua atuação profissional traga sempre confiança e qualidade. Vamos começar a esclarecer algumas dessas questões?

1 Escolha do posicionamento ideal para a maximização da energia captada

A escolha dos melhores equipamentos dos mais renomados fabricantes não garante que o sistema alcançará a melhor geração de energia. O desempenho do sistema fotovoltaico depende de diversas escolhas para o projeto e a instalação, que irão influenciar também a periodicidade necessária de manutenção do sistema. Chegamos ao momento em que você deve definir, com o cliente, em qual telhado as placas serão alocadas, no caso de uma edificação, e qual a melhor posição para um sistema em solo, pois a alocação, a orientação e a inclinação dos painéis têm papel fundamental na eficiência de geração global do sistema.

As figuras a seguir servirão como exemplos para a ilustração dos desafios existentes e as variáveis envolvidas nessas escolhas. Para um melhor entendimento, o terreno e as faces do telhado foram numeradas, a fim de facilitar sua identificação.



Figura 2: Vista superior de uma construção com telhado.
Fonte: Google Earth (Lat 13° 10' 38", Lat 38° 02' 24")



Figura 3: Vista superior de um terreno.
Fonte: Google Earth (Lat 17° 15' 20", Long 39° 14' 64")

Analisando as equações da física que explicam a geração de energia por células fotovoltaicas, sabemos que a quantidade de energia gerada depende basicamente do tempo de exposição dos painéis a uma maior quantidade possível de irradiação solar. Para garantir isso é necessário entender o posicionamento do Sol em relação ao telhado utilizado.

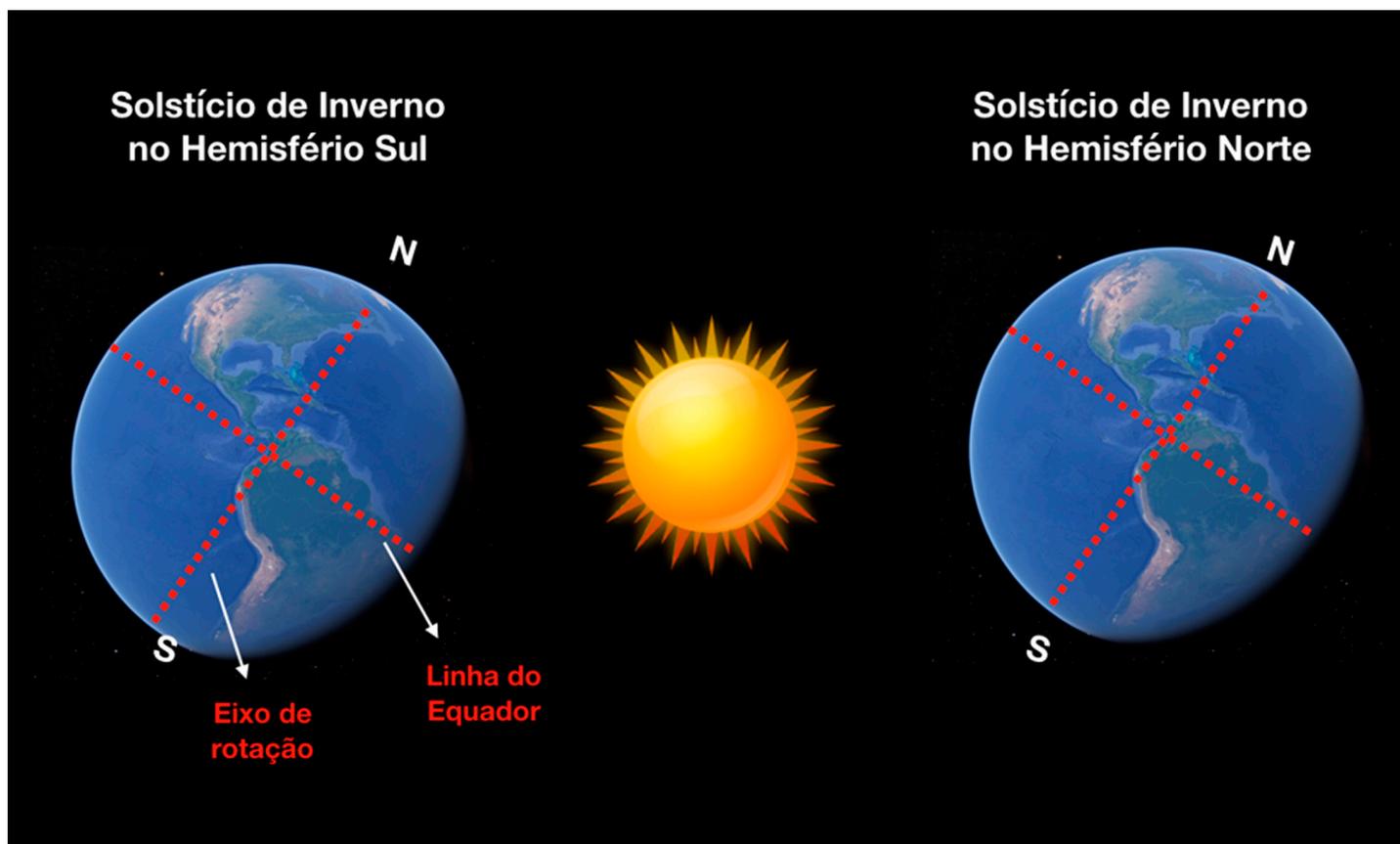


Figura 4: Posição relativa entre o Sol e a Terra (solstício de inverno).

Fonte: Acervo do autor

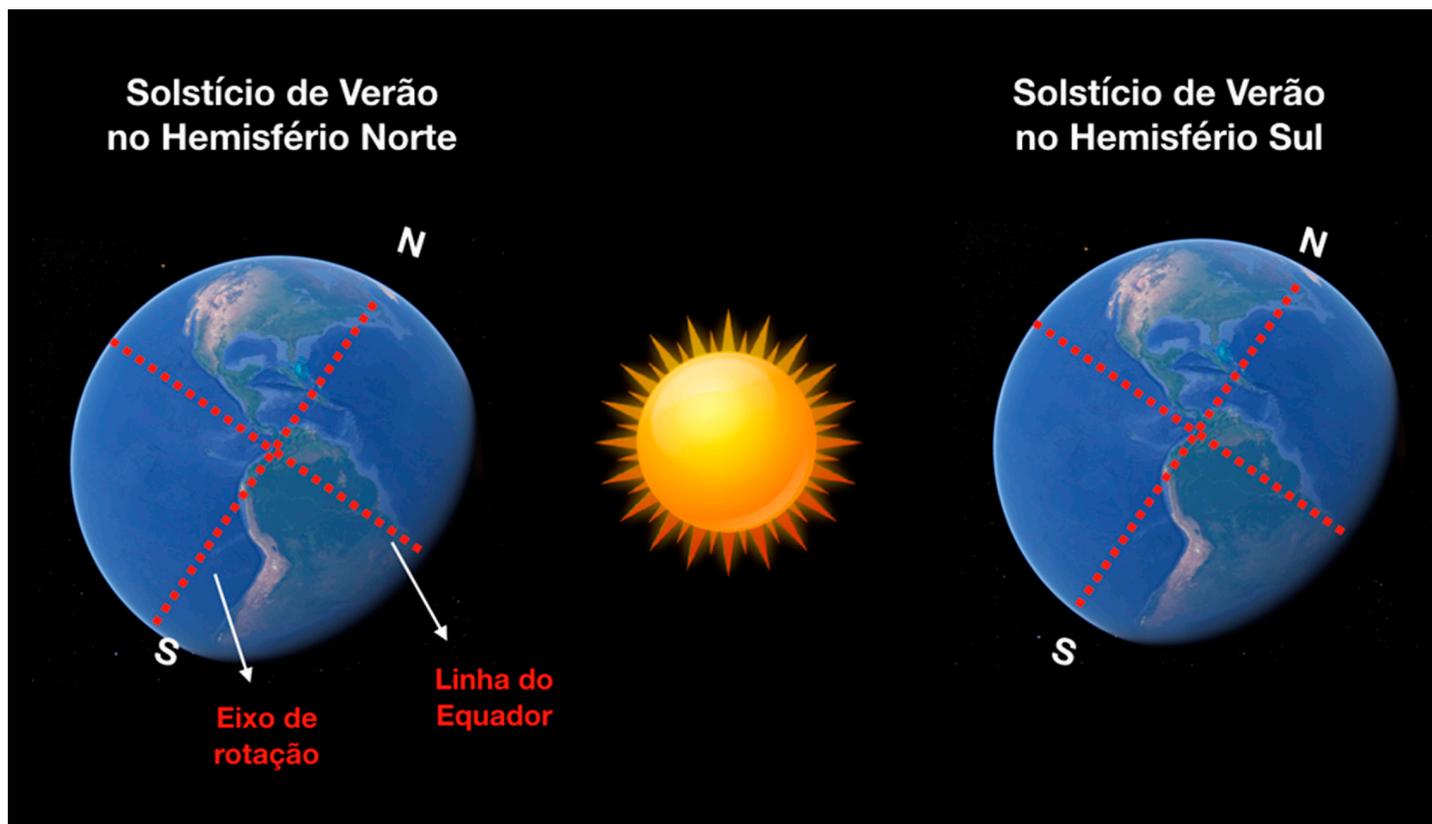


Figura 5: Posição relativa entre o Sol e a Terra (solstício de verão).
Fonte: Acervo do autor

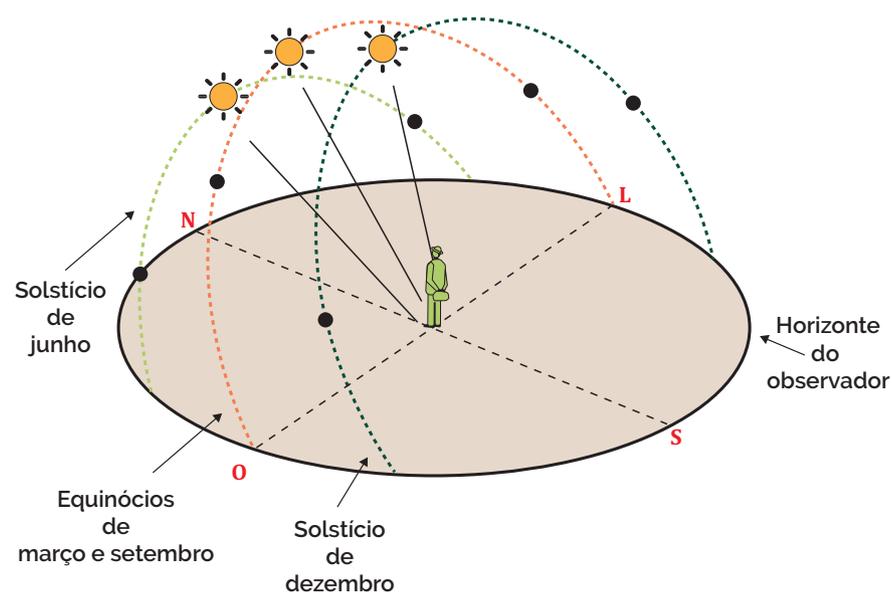


Figura 6: Trajetória do Sol em relação a um observador, correspondendo aos solstícios e equinócios.

Fonte: Acervo do autor

As figuras 4 e 5 demonstram a posição do Sol em relação à Terra na metade do ano. Em função do movimento de translação da Terra e da declinação de seu eixo de rotação, em $23,5^\circ$ em média, em relação ao eixo Norte-Sul, são determinadas as estações do ano. Se você se posicionar orientado ou orientada para o norte, verá o sol inclinado à sua frente. Logo, a melhor orientação dos painéis é virado para o norte, pois, assim, tem-se o maior tempo de exposição à irradiação solar, significando mais energia gerada.

No final do ano, temos o solstício de verão no hemisfério sul e o solstício de inverno no hemisfério norte. Levando em

conta que o esquema do posicionamento do Sol em relação à Terra no final do ano é simetricamente inverso ao esquema do posicionamento no meio do ano, podemos entender que, no período de solstício de verão, tanto para um hemisfério quanto para o outro, tem-se o Sol realizando sua trajetória mais alta, como visto na Figura 6. Assim, teremos menor influência dos possíveis sombreamentos causados por obstáculos ou outras edificações próximas aos telhados. Já o solstício de inverno marca o ponto mais baixo da trajetória do Sol visto da Terra e, como consequência, tem-se o período em que os sombreamentos estarão mais acentuados.

Vimos a influência dos solstícios em nossa análise, mas há também os equinócios — períodos em que a Terra é iluminada igualmente nos dois hemisférios. O Sol tem sua trajetória modificada durante a passagem por esses quatro marcos, dois solstícios e dois equinócios, percorrendo toda a região entre as linhas dos solstícios, passando também pelos equinócios. Esses fenômenos são muito importantes para você, pois, no momento da instalação, é possível verificar a estação do ano e relacioná-la com o que estudamos agora. Você deve verificar o horário do dia e a estação do ano e tomar uma decisão baseada na trajetória do Sol, prevendo também sua trajetória ao longo do ano. Caso haja sombreamento em uma parte do telhado, horário próximo ao meio-dia e estação verão, sabe-se que, nos períodos de início da manhã e final da tarde, o Sol estará mais baixo, assim como no inverno. Com a trajetória do Sol mais baixa, o sombreamento será mais acentuado. Da mesma forma, se há sombreamento, período final de tarde e estação inverno, conclui-se que esse é o pior caso, pois, no outono, na primavera e no verão, o Sol terá trajetória mais alta, com tendência de diminuição da sombra.

Observando-se o fato de que a trajetória do Sol muda ao longo do tempo, deve haver uma inclinação ideal para os painéis, de forma a maximizar sua exposição aos raios solares e possibilitar uma maior geração de energia.

Vários autores indicam que a inclinação ideal é igual ao ângulo da latitude do local da instalação. Sabe-se que você terá a liberdade de escolha da inclinação do módulo somente nas instalações em solo, pois, no caso dos telhados, deverá seguir a inclinação destes. Entretanto, já existem no mercado fabricantes de estruturas que oferecem soluções cujo ângulo em relação ao telhado é modificado. Nesses casos, é importante assegurar a avaliação estrutural da instalação, dado que haverá cargas submetidas à estrutura, como aquelas em consequência de rajadas de vento atingindo o fundo dos painéis.

Voltemos aos exemplos das figuras 2 e 3 para que nos ajudem a pensar como alocar um sistema de 26 painéis, no caso do telhado; e, 45 painéis, no caso do solo, aqui chamados de exemplo A e B, conforme as figuras 2 e 3.

Passo 1: Verificar se a área do telhado ou do solo disponível é suficiente para acomodar o sistema. Para isso, é necessário verificar a área do painel solar a ser utilizado, a quantidade de painéis necessários para a instalação e calcular a área necessária de telhado. Caso a área não seja suficiente, deve-se

revisar o sistema reduzindo o requisito de quantidade de energia requerida ou utilizando painéis com maior potência e maior eficiência por área.

Passo 2: Identificar o norte geográfico, com a utilização da bússola (existem diversos aplicativos de bússola para celular). No caso de sistemas de solo, direcionar os painéis para o norte. Para o caso de sistemas em telhado, utilizar toda a área da face norte de telhado disponível e, caso não haja uma face norte, utilizar telhados virados para leste e oeste, o mais próximo possível do norte. Apenas posicionar painéis para o sul em último caso, pois há perda de geração de energia de quase 20%, quando as placas estão posicionadas nessa direção.

Passo 3: Utilizar o Google para localizar a latitude e a longitude do local da instalação. Com esses dados, utilizar o inclinômetro (o qual veremos melhor na próxima seção) para posicionar os módulos fotovoltaicos no mesmo ângulo da latitude do local, para o caso de sistemas de solo. Para o caso de instalação em telhado, verificar o declive e, caso haja inclinação até 5 graus, definir tarefas de manutenção com periodicidade menor, pois há maior acúmulo de poeira nos painéis.

Com esses passos em mente, podemos agora alocar os painéis nos dois tipos de instalação mostrados como exemplo.

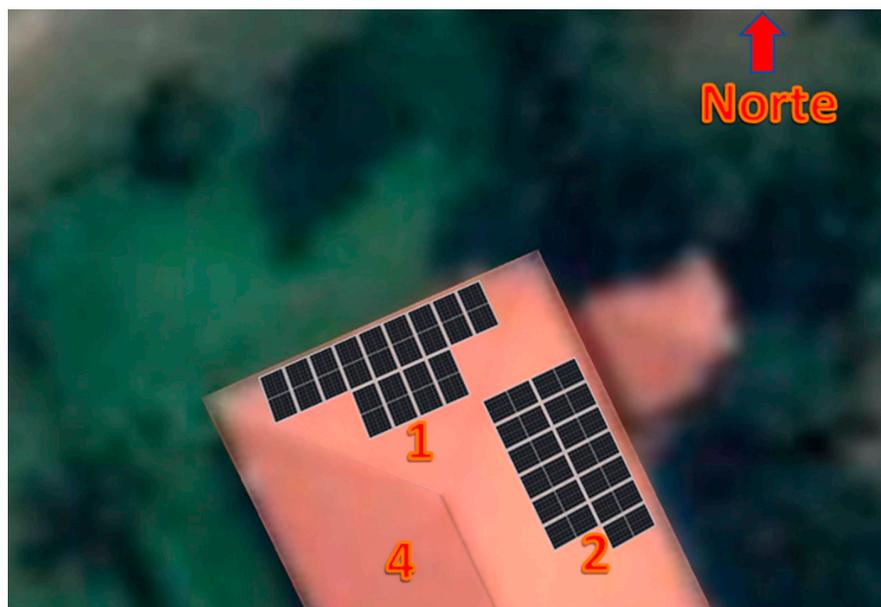


Figura 7: Simulação da instalação dos painéis fotovoltaicos nas faces mais apropriadas do telhado, de acordo com a orientação cartográfica.

Fonte: Acervo do autor

Nota-se na figura que as faces 1 e 2 são as mais apropriadas para receber os módulos fotovoltaicos, pois estão mais próximas do norte. As faces 3 e 4, teriam perdas de geração de energia relevantes, conforme discussão realizada anteriormente.

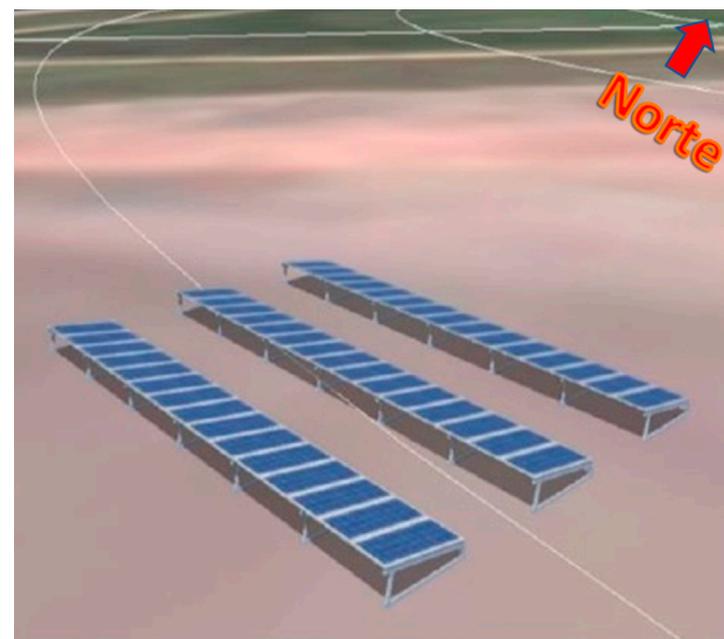


Figura 8: Simulação da instalação dos painéis fotovoltaicos no solo, com inclinação de modo a otimizar a energia solar, de acordo com a latitude da região.

Fonte: Acervo do autor

Nesse caso, como a instalação é no solo, temos total liberdade de posicionar os painéis e utilizar a inclinação igual à latitude, de forma a otimizar a geração de energia fotovoltaica. Os módulos foram posicionados em direção ao norte, com inclinação de 17 graus, conforme latitude (apontada na legenda da Figura 3). Nem sempre as estruturas para solo possuem mecanismos de ajuste que possibilitam o atendimento ao requisito de inclinação. Portanto, o alinhamento com o fabricante na etapa de compra dos equipamentos é muito importante.

2 Uso correto de dispositivos auxiliares para a caracterização de sistemas solares

Conheça, a seguir, os instrumentos que deverão ser utilizados pelo instalador ou pela instaladora ao realizar a visita prévia no local da instalação.

Bússola analógica



Figura 9: Bússola analógica de bolso.
Fonte: [Pixabay](#)

A bússola é utilizada para determinar a localização de algo — no nosso caso, o objetivo é identificar o norte. Sua aplicação é simples, pois basta posicioná-la na horizontal e verificar o ponteiro, que sempre apontará para o norte.

Bússola digital

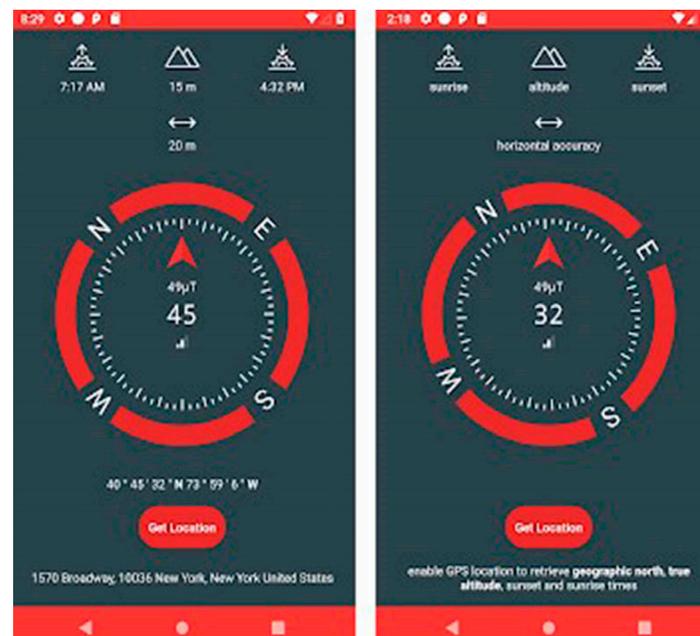


Figura 10: Bússola digital no celular.
Fonte: [Aplicativos grátis](#)

O funcionamento da bússola digital é idêntico ao da bússola analógica. Basta baixar o aplicativo Bússola Simples no celular, posicioná-lo na horizontal e verificar o ponteiro.

Trena

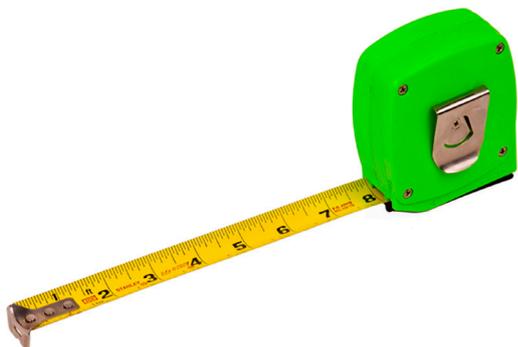


Figura 11: Trena simples.
Fonte: [Wikipédia](#)

A trena é utilizada para medir o comprimento de algo. É necessário puxar a ponta metálica até o limite do telhado e segurar a base na outra extremidade. As medidas são apresentadas em centímetros, com destaque a cada metro alcançado.

Inclinômetro analógico



Figura 12: Inclinômetro analógico.
Fonte: [Openverse](#)

O inclinômetro é utilizado para medir a inclinação do telhado. Para utilizá-lo, basta posicionar a base no telhado e observar o ponteiro, que marcará o ângulo que indicará o declive do telhado.

Inclinômetro digital

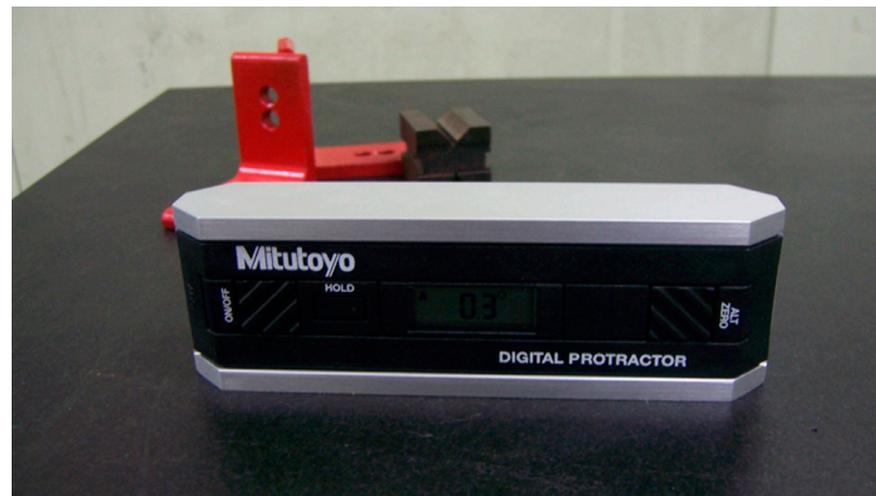


Figura 13: Inclinômetro digital.
Fonte: [Wikipédia](#)

O inclinômetro digital funciona da mesma forma que o analógico, com a funcionalidade de “congelar” o valor medido ao se pressionar o botão “hold”. Para utilizá-lo é necessário ligá-lo e pressionar o botão “zero”, para resetar o aparelho.



Para você pensar, antes de nossa atividade prática

1. Mesmo nos telhados, ou seja, estruturas de inclinação fixas, é possível fazer algum ajuste fino na inclinação dos módulos? (Usar o inclinômetro e avaliar as estruturas com parafusos estruturais, também chamados de prisioneiros, ou ganchos para telhados com telha cerâmica.)
2. Telhados muito altos ou com acesso ruim podem ser um grande obstáculo para o instalador ou a instaladora. Já pensou em escolher o melhor telhado para a geração solar e ter dificuldade em acessar ou subir as placas com segurança para o profissional e para os equipamentos? O que fazer nesses casos?
3. Como reduzir a quantidade dos custosos cabos solares com a escolha certa do layout de alocação e ligação dos painéis? (Pesquisar o manual de instalação dos painéis, pois os fabricantes mostram as possíveis formas de ligação sem comprometer a garantia do produto.)

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

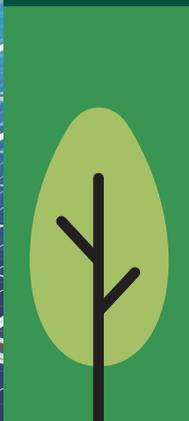
Índices para catálogo sistemático:

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