

ESTUDO DE CASO: atuação de um engenheiro mecânico em uma empresa de energia solar

CASE STUDY: performance of a mechanical engineer in a solar energy company

Talles de Paiva Pinto¹; Prof. Dr. Luiz Carlos Vieira Guedes²

RESUMO

A busca crescente por sistemas fotovoltaicos por parte de pessoas naturais e empresas fez com que o número de empregos no setor de energia solar se intensificasse. Porém, ainda que esse mercado seja altamente atrativo tanto para prestadores de serviço quando para clientes, deve-se estar ciente dos melhores procedimentos para uma boa instalação de um sistema fotovoltaico de modo que sua eficiência valha o investimento realizado. Dentro desse contexto, este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de caso de um engenheiro mecânico em uma empresa de energia solar a fim de avaliar a performance de dois sistemas fotovoltaicos com diferentes ângulos de inclinação, demonstrando a importância deste parâmetro para o rendimento energético do sistema. Para isso, os levantamentos das informações dos sistemas fotovoltaicos foram coletados e sintetizados por um aplicativo. Com isso, foi possível comparar os dois sistemas e avaliar suas performances, demonstrando a importância do ângulo de inclinação para o bom desempenho do sistema.

Palavras-chave: Energia solar. Sistema fotovoltaico.

ABSTRACT

¹ Aluno de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas. Email: talles.pinto@alunos.unis.edu.br

² Professor nos cursos de Engenharia e Mestrado do Grupo Unis. Email: guedes@unis.edu.br

The growing search for photovoltaic systems by natural people and companies has made the number of jobs in the solar energy sector intensify. However, although this market is highly attractive for both service providers and customers, one must be aware of the best procedures for a good installation of a photovoltaic system so that its efficiency is worth the investment made. Within this context, this paper aims to present a case study of a mechanical engineer in a solar energy company in order to evaluate the performance of two solar panels with different angles of inclination, demonstrating the importance of this parameter for the energy efficiency of the system. For this, the surveys of information from solar systems were collected and synthesized by an application. With this, it was possible to compare the two systems and evaluate their performance, demonstrating the importance of the angle of inclination for the good performance of the system.

Keywords: *Solar energy. Photovoltaic system.*

1 INTRODUÇÃO

Segundo Marsh (2021), a energia solar é um recurso energético renovável e limpo proveniente das partículas – denominadas fótons – que surgem da reação nuclear massiva que ocorre no Sol, sendo, portanto, a fonte de energia mais abundante na Terra.

Atualmente, a forma mais utilizada para a sua captação é através de painéis fotovoltaicos, dispositivos formados por um arranjo de células fotovoltaicas que configuram uma matriz que pode se estender a uma ordem de centímetros ou metros quadrados (WENDT, 2020).

Apesar dos progressos realizados na eficiência energética dos painéis fotovoltaicos, segundo o Center for Sustainable Systems da Universidade de Michigan (2021), a maioria dos painéis utilizados para fins comerciais possui uma eficiência que varia de 15% a 20%. E, além desse percentual relativamente baixo, ela pode ser ainda menor se o painel fotovoltaico não estiver inclinado na posição mais propensa à captação de energia, a qual é influenciada pela latitude e época do ano do local em que se encontra (MARSH, 2022).

II JORNADA CIENTÍFICA DE

ENGENHARIA ARQUITETURA E TECNOLOGIA

MOVIDOS POR CONHECIMENTO

Prazo de submissão: 16/11/2022
Data do evento: 29 e 30/11/2022

[CLIQUE AQUI PARA SE INSCREVER](#)

Grupo
UNIS

Por isso, é de grande importância investigar a relação entre a inclinação de um painel fotovoltaico e sua eficiência energética a fim de demonstrar a necessidade de se instalar sistemas fotovoltaicos com uma boa atuação profissional para que o investimento realizado não seja convertido em desperdício.

Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (2022), de 2012 até 2022, no Brasil, as fontes de energia solar fotovoltaica foram responsáveis pela geração de mais de 15,3 GW operacionais, representando mais de R\$ 82,1 bilhões em novos investimentos, além de estabelecer a geração de mais de 459 mil novos empregados. Constata-se ainda o valor de R\$ 22,1 bilhões em arrecadação de tributos concomitante a uma redução de 22,0 milhões de toneladas de CO₂.

Dentro da matriz elétrica brasileira, a energia solar fotovoltaica representa o valor de 7,6% de MW gerados, sendo Minas Gerais e São Paulo os estados no topo do ranking de geração de energia solar, representando, respectivamente, os valores de 16,8% e 12,8%.

Ainda de acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (2022), no ano de 2022 foram adicionados mais de 12,1 GW de potência instalada, o que significa a geração de 357 mil novos empregos no Brasil, representando investimentos que poderão superar a cifra de R\$ 50,8 bilhões.

Atualmente, nota-se um aumento substancial na busca por instalações de sistemas que captam a energia solar, o que vem impactando no consequente aumento do número de empresas especializadas na prestação de serviços relacionados aos sistemas de captação de energia solar, em especial o fotovoltaico, com o intuito de oferecer energia em residência, comércios e indústrias. No Brasil, em 2021, o crescimento na busca por energia solar foi de 117% (MALISZEWSKI, 2021).

Dentro desse contexto, este trabalho apresenta um estudo de caso dentro de uma empresa de energia solar em busca de analisar a relação entre a inclinação de um painel fotovoltaico e o seu desempenho energético a fim de demonstrar a importância de uma correta instalação para otimização energética do sistema.

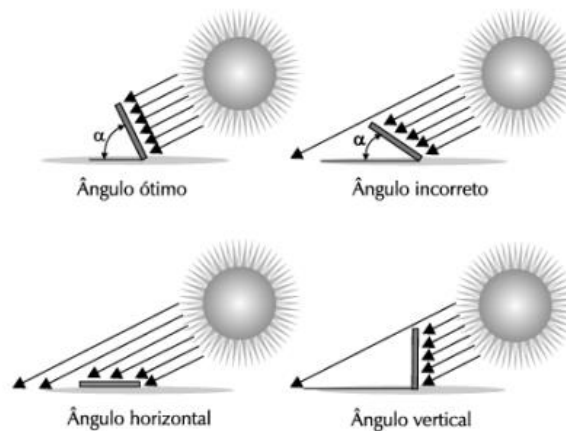
Para cumprir o propósito estabelecido neste trabalho, será realizada uma pesquisa bibliográfica em livros, sites oficiais, artigos técnicos e manuais sobre os assuntos a serem abordados e, por fim, um estudo de caso realizado no âmbito de uma empresa de instalação de sistemas fotovoltaicos, utilizando uma ferramenta de coleta de dados de sistemas fotovoltaicos.

No próximo tópico será relatado os problemas envolvidos na definição dos parâmetros para instalação de um sistema fotovoltaico.

2 PARÂMETROS PARA INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

Segundo o Solar Energy International (2004), para a instalação dos sistemas fotovoltaicos, é necessário definir um ângulo correto para a sua melhor eficiência, uma vez que a “escolha incorreta da inclinação reduz a captação dos raios solares e compromete a produção de energia elétrica pelo módulo fotovoltaico”.

Figura 1 – Efeito da inclinação do módulo fotovoltaico na captação de energia.



Fonte: (VILLALVA, 2012).

A Figura 1 exibe os diferentes efeitos causados pelos diferentes ângulos de inclinação do módulo solar em relação ao solo.

No primeiro caso, percebe-se a existência de um ângulo de inclinação α responsável pela incidência perpendicular dos raios solares à superfície do módulo, sendo o ângulo que produz o melhor efeito na captação da radiação solar direta.

No segundo caso, o módulo tem um ângulo de inclinação α ligeiramente menor, não sendo ideal, pois é nítido que uma parte do feixe de raios solares não incide sobre o módulo, o que significa uma captação menor de energia.

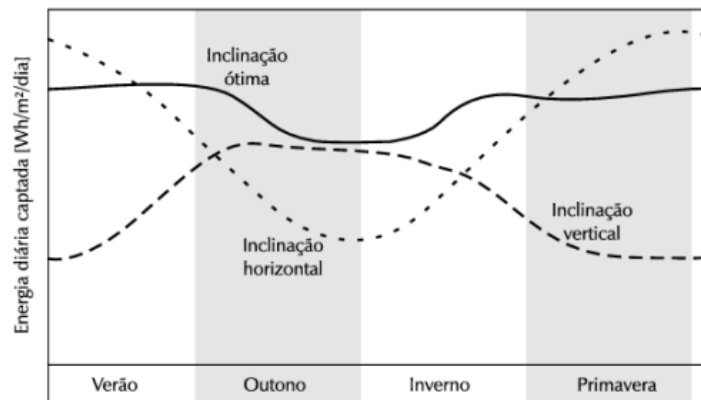
Nos demais casos, os módulos são instalados na posição horizontal e vertical.

Na posição horizontal a captação de energia é defasada nos meses de inverno, quando a altura solar é menor, e otimizada nos meses de verão, quando a altura solar é maior. Contudo, na posição vertical a geração de energia é maior no inverno e menor no verão (SOLAR ENERGY INTERNATIONAL, 2004).

É inevitável a perda de eficiência ao longo dos dias e meses do ano, pois, uma vez que os ângulos dos módulos são fixos, seria necessário alterar esse posicionamento frequentemente, o que não seria viável. Todavia, é perfeitamente possível escolher um ângulo que permita uma produção média otimizada de energia ao longo do ano (SOLAR ENERGY INTERNATIONAL, 2004).

A Figura 2 apresenta um gráfico da energia captada por um módulo com três ângulos de inclinações diferentes. A depender da inclinação especificada, a energia gerada pode ser otimizada ao longo do ano, somente nos meses de verão ou somente nos meses de inverno.

Figura 2 – Energia solar captada ao longo do ano com diferentes inclinações.



Fonte: (VILLALVA, 2012).

Não há um consenso a respeito do melhor método para escolher o ângulo de inclinação para a instalação de um módulo solar, uma vez que, como dito anteriormente, a inclinação horizontal otimiza a geração de energia no verão, enquanto a inclinação vertical a geração de energia no inverno (VILLALVA, 2012).

Um dos critérios a ser adotado é a determinação de um ângulo de acordo com a latitude geográfica, permitindo uma boa geração média de energia ao longo do ano, não sendo recomendado a instalação com ângulo de inclinação inferiores a 10° para evitar o acúmulo de poeira sobre as placas (BOSCH SOLAR ENERGY).

2.1 Regras fundamentais para a instalação

Segundo o Solar Energy International (2004), pode-se assumir duas regras fundamentais para a instalação de um sistema fotovoltaico:

- a) Regra 1: Sempre que possível, orientar o módulo com sua face voltada para o norte geográfico, pois isso maximiza a produção média diária de energia; e
- b) Regra 2: Ajustar o ângulo de inclinação correto do módulo com relação ao solo para otimizar a produção de energia ao longo do ano. Para isso, deve-se escolher o ângulo de inclinação em função do ângulo da latitude geográfica da localidade onde o sistema é instalado.

Segundo o site HCC Energia Solar (2022), os seguintes fatores são essenciais para a instalação correta do sistema fotovoltaico:

- a) Ponto de instalação: deve-se buscar um ponto onde não haja nenhum resquício de sombra;
- b) Orientação: no hemisfério sul, deve-se orientar o sistema fotovoltaico para o norte geográfico, o qual não deve ser confundido com o norte magnético; e
- c) Inclinação: recomenda-se utilizar o ângulo da latitude local.

Na prática, o ângulo de inclinação utilizado é, muitas vezes, o mesmo ângulo da inclinação do telhado, pois isso ameniza os efeitos indesejados do vento sobre os painéis. Porém, isso não é recomendado para alcançar o maior grau de eficiência energética.

O site HCC Energia Solar (2022) recomenda uma fórmula para calcular a inclinação do painel, dada por “ $\text{inclinação} = \text{latitude} + (\text{latitude}/3)$ ”. Contudo, essa fórmula é questionável.

De acordo com Villalva (2020), o ângulo de inclinação deve ser dado pela latitude $L-23,45^\circ$ no solstício de verão, quando a altura solar é máxima, e $L+23,45^\circ$ no solstício de inverno, quando a altura solar é mínima.

Contudo, para otimizar a produção de energia durante todo o verão, e não somente no solstício, recomenda-se utilizar a inclinação como $L-15^\circ$ e para otimizar a produção durante o todo inverno, recomenda-se $L+15^\circ$.

Essa fórmula é recomendada por vários autores pelo fato de que 15° corresponde ao “valor médio entre os ângulos de declinação solar mínimo e máximo, entre os equinócios e os solstícios”.

Entretanto, a fim de manter uma média geral de produção durante todo o ano, é recomendável inclinar os módulos com o próprio ângulo de latitude L do local. Porém, para uma escolha mais assertiva, pode-se realizar análises via softwares como o PVSyst, que traz um banco de dados solarimétricos históricos, considerando também fatores climáticos e não somente geométricos para a escolha da inclinação.

O próximo tópico traz a descrição de como foram avaliados os sistemas fotovoltaicos para cumprir o objetivo deste trabalho.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para verificar o efeito provocado pela inclinação do módulo fotovoltaico em seu rendimento energético foi realizado um estudo de caso na cidade de Bueno Brandão – MG.

Nesse estudo, foi realizada uma comparação de dois módulos fotovoltaicos com todos os parâmetros definidos igualmente, exceto o ângulo de inclinação.

Ambos os sistemas estavam orientados na direção nordeste, possuindo 7 módulos BYD 390W, com inversor Growatt 3000TL-X.

Os dados levantados são de janeiro a julho de 2022.

Para o estudo, o módulo fotovoltaico pertencente ao projeto 1036 foi inclinado com 13° e o módulo pertencente ao projeto 1037 com 19°. Os ângulos utilizados foram escolhidos com base na inclinação do telhado.

A Figura 3 mostra uma fotografia do projeto 1036.

Figura 3 – Projeto 1036.



Fonte: (O AUTOR, 2022).

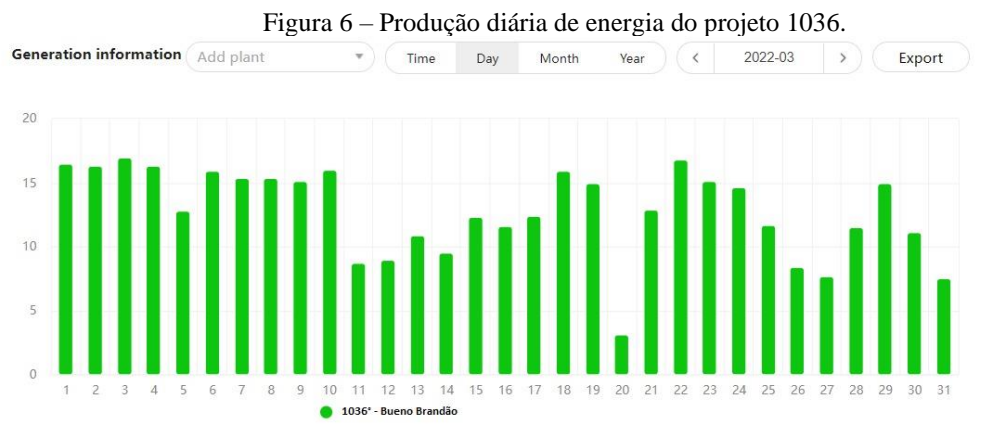
Já a Figura 4 mostra uma fotografia do projeto 1037.

Para a coleta dos dados a respeito da produção de energia dos sistemas fotovoltaicos, foi utilizado o site de monitoramento da Growatt, o qual, por meio do smartphone Growatt Shinephone, coleta dados em tempo real do sistema fotovoltaico conectado a ele.

O próximo busca promover uma análise e avaliação dos dados encontrados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o projeto 1036, pode-se perceber que, em cerca de metade do mês avaliado, a produção de energia ficou próxima de 15 kWh, ultrapassando esse valor em vários dias (Figura 6).



Fonte: (O AUTOR, 2022).

Para o projeto 1037, percebe-se que, ao contrário do projeto 1036, em metade do mês a produção se aproximou de 15 kWh, mas não ultrapassou e sequer alcançou esse valor (Figura 7).

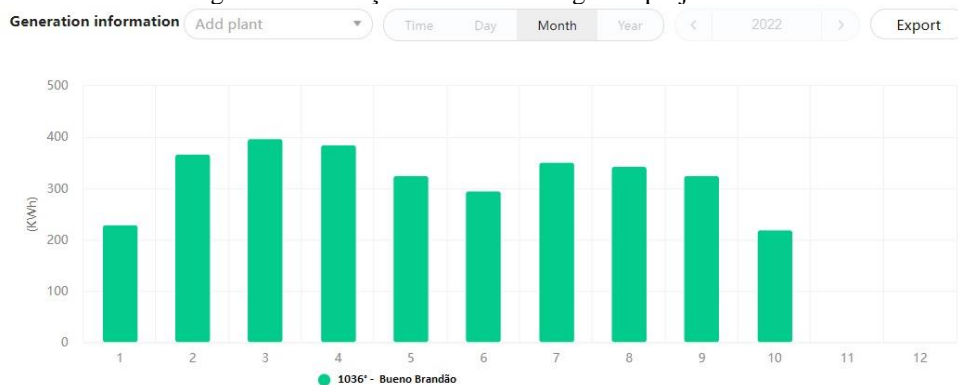
Figura 7 – Produção diária de energia do projeto 1037.



Fonte: (O AUTOR, 2022).

Em relação à produção mensal, constata-se que, em seu ápice, a produção chegou a 400 kWh para o projeto 1036 (Figura 8).

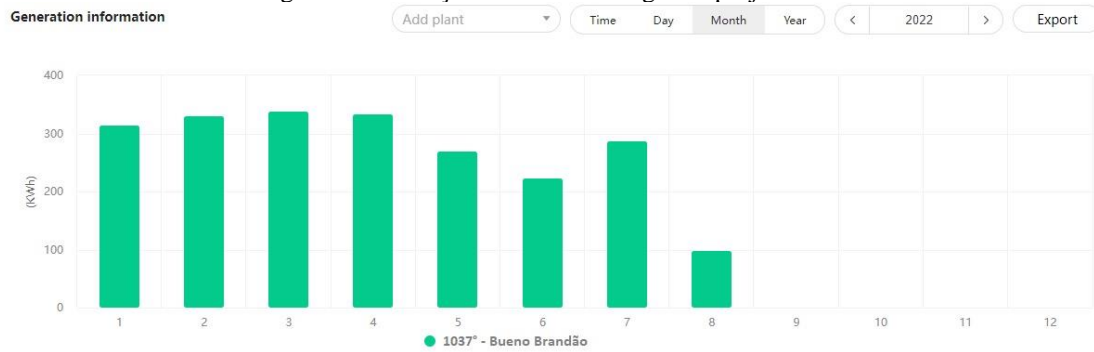
Figura 8 – Produção mensal de energia do projeto 1036.



Fonte: (O AUTOR, 2022).

Já em relação à produção mensal do projeto 1037, sua produção mais otimizada se deu no valor de cerca 350 kWh (Figura 9).

Figura 9 – Produção mensal de energia do projeto 1037.



Fonte: (O AUTOR, 2022).

Em ambos os projetos, o melhor mês de produção foi o de março, podendo-se constatar que o sistema fotovoltaico do projeto 1036, inclinado com 13°, desempenhou um rendimento mais otimizado que o sistema do projeto 1036, inclinado com 19°, podendo-se estimar um valor de 50 kWh de diferença para o mês de maior produção.

Pode-se deduzir, então, que apenas 6° foi responsável por uma perda de 50 kWh.

O próximo tópico desenvolve as principais considerações que puderam ser traçadas ao longo do desenvolvimento do trabalho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho tratou de elaborar uma pesquisa bibliográfica a respeito da energia solar, buscando explicar sua natureza e origem, os parâmetros envolvidos em sua caracterização, além de expor os fatores astronômicos, atmosféricos e ambientais relacionados a interferência da energia solar na Terra, os quais, por sua vez, definem a intensidade de energia solar e o aproveitamento que pode ser feito dele.

Também foi abordado os tipos de energia solar existentes e suas formas de captação, dando especial atenção à energia solar fotovoltaica, o qual foi objeto de estudo deste trabalho.

Foi realizada uma descrição do sistema fotovoltaico, tratando de elucidar suas principais características, assim como seu funcionamento. Foi traçada uma explicação dos tipos de células fotovoltaicas e os componentes de um sistema fotovoltaico.

Por fim, este trabalho tratou de descrever a questão envolvida com o ângulo de inclinação dos sistemas fotovoltaicos, buscando encontrar o problema envolvido nessa discussão.

Em relação a parte prática, buscou-se analisar dois sistemas fotovoltaicos definidos pelos mesmos parâmetros, porém diferenciados apenas pelos ângulos de inclinação. Com este parâmetro isolado, foi possível verificar como uma pequena diferença na angulação pode provocar um rendimento energético prejudicado.

Isso demonstra que, sem a atuação profissional, as instalações de sistemas fotovoltaicos por pessoas inexperientes podem custar caro, desestimulando o uso da energia solar por parte da sociedade, uma vez que pode-se propagar a ideia de que eles são ineficientes.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Energia Solar Fotovoltaica no Brasil**. [2022]. 1 infográfico. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 05 mai. 2022

BENY. Solar PV system components. **Beny**, 2022. Disponível em: <https://www.beny.com/solar-pv-system-components-101/>. Acesso em: 01 out. 2022.

BOSCH SOLAR ENERGY. Installation and Safety Manual of the Bosch Solar Modules c-Si M 60-225-16 c-Si M 60-230-16, c-Si M 60-235-16, c-Si M 60-240-16.

CENTER FOR SUSTAINABLE SYSTEMS. Photovoltaic Energy Factsheet. **University of Michigan**, 2021. Disponível em: <https://css.umich.edu/publications/factsheets/energy/photovoltaic-energy-factsheet>. Acesso em: 01 out. 2022.

COLLINS, Paul. Solar Energy: Definition, Advantages and disadvantages. **Selectra Climate**, 2022. Disponível em: <https://climate.selectra.com/en/environment/solarenergy>. Acesso em: 14 mar. 2022.

ENERGIA SOLAR OFF GRID. **Greenovation**, 2021. Disponível em: <http://greenovation.com.br/energia-solar-off-grid/>. Acesso em: 15 out. 2022.

ENERGIA SOLAR ON GRID. **Greenovation**, 2021. Disponível em: <https://greenovation.com.br/energia-solar-on-grid/>. Acesso em: 15 out. 2022.
energy. Acesso em: 14 mar. 2022.

GEOENGINEERING.GLOBAL. Solar Radiation Management. **Geoengineering.global**, 2014. Disponível em: <https://geoengineering.global/solar-radiation-management/>. Acesso em: 10 out. 2022.

HCC Energia Solar. Inclinação de painel solar: saiba o que considerar em sua instalação!. **HCC Energia Solar**, 2020. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/como-determinar-o-angulo-de-inclinacao-dos-modulos-fotovoltaicos/>. Acesso em: 15 out. 2022.

IPCC Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fifth Assessment **Report to the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Genève: IPCC, 2015.

KEMP, W. H. **The renewable energy handbook**. Aztext Press, 2009.

KUNZ, Natalie. Solar Photovoltaic Systems in the UK (2022). **GreenMatch**, 2021. Disponível: <https://www.greenmatch.co.uk/solar-energy/photovoltaics/photovoltaic-system>. Acesso em: 12 out. 2022.

LUCENÑO-SÁNCHEZ, José; DÍEZ-PASCUAL, Ana María; CAPILLA, Rafael. Materials for Photovoltaics: State of Art and Recent Developments. **International Journal of Molecular Sciences**, Espanha, fev. 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6412461/pdf/ijms-20-00976.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2022.

MALISZEWSKI, Eliza. Busca por energia solar cresce 117% no Brasil. **AgroLink**, 2021. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/busca-por-energia-solar-cresce-117--no-brasil_452132.html. Acesso em: 14 mar. 2022.

MARSH, Jacob. Solar Panel Direction And Angle: Does It Matter?. **EnergySage**, 2022. Disponível em: <https://news.energysage.com/solar-panel-performance-orientation-angle/>. Acesso em: 01 out. 2022.

MARSH, Jacob. What is solar energy?. **EnergySage**, 2021. Disponível em: <https://news.energysage.com/what-is-solar-energy/>. Acesso em: 14 mar. 2022.

II JORNADA CIENTÍFICA DE

**ENGENHARIA
ARQUITETURA
E TECNOLOGIA**

MOVIDOS POR CONHECIMENTO

Prazo de submissão: 16/11/2022

Data do evento: 29 e 30/11/2022

[CLIQUE AQUI PARA SE INSCREVER](#)

Grupo
UNIS

PEREIRA ET AL. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017.

PLANAS, Oriol. Què és l'energia solar activa?. **Energia Solar**, 2017. Disponível em: <https://pt.solar-energia.net/que-e-energia-solar/energia-solar-ativa>. Acesso em: 14 mar. 2022.

RIBEIRO, Thiago. Como montar uma empresa de instalação de energia solar?. **Bao Ribeiro**, 2021. Disponível em: <https://baoribeiro.com.br/blog/como-montar-uma-empresa-de-instalacao-de-energia-solar/>. Acesso em: 14 mar. 2022.

SOLAR ENERGY INTERNATIONAL. **Solar Electric Handbook: Photovoltaic Fundamentals and Applications**. 2 ed. Pearson Learning Solutions. Boston, MA, 2013.

SOLAR ENERGY INTERNATIONAL. **Photovoltaics design and installation manual**. New Society Publishers, 2004.

TIBA, C. **Atlas Solarimétrico do Brasil**. Recife: UFPE, 2000.

TOLMASQUIM, Mauricio. **Energia Renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica**. 1. ed. EPE: Rio de Janeiro, 2016.

TURGEON, Andrew; MORSE, Elizabeth. Solar Energy. **National Geographic Society**, 2022. Disponível em: <https://education.nationalgeographic.org/resource/solar-energy>. Acesso em: 10 out. 2022.

VIANELLO, R. L., ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. S. L.: Editora UFV. 2013.

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2012.

VILLALVA, Marcelo. Como determinar o ângulo de inclinação dos módulos fotovoltaicos? **Canal Solar**, 2020. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/como-determinar-o-angulo-de-inclinacao-dos-modulos-fotovoltaicos/>. Acesso em: 15 out. 2022.

WALLACE, J. M.; HOBBS, P. V. **Atmospheric science: an introductory survey**. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2006.

WENDT, Zach. 5 Methods of Harvesting Solar Energy. **Arrow**, 2020. Disponível em: <https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/5-methods-of-harvesting-solar-energy>. Acesso em: 01 out. 2022.

WILKS, D. S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**. 2. ed. London: Academic Press, 2006.



YAMASOE, M. A., CORRÊA, M. P. **Processos radiativos na atmosfera: fundamentos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

ZIPP, Kathie. What are some common types of solar PV and storage installations?. **Solar Power World**, 2015. Disponível em: <https://www.solarpowerworldonline.com/2015/10/what-are-some-common-types-of-solar-pv-and-storage-installations/>. Acesso em: 03 out. 2022.