

## **Energia Solar: Uma Alternativa Viável para o Futuro Brasileiro**

**José Artur Almeida Lima**<sup>1</sup>; **Gustavo Eugênio Bressy Esteves**<sup>2</sup>; **Danilo Leal Alves**<sup>3</sup>;  
**Nicolas Quintella Cruz**<sup>4</sup>; **Pedro Andrade Santos**<sup>5</sup>; **José Hidalgo Suárez**<sup>6</sup>; **Morjane  
Armstrong Santos de Miranda**<sup>7</sup>

<sup>1</sup> **José Artur Almeida Lima** Graduando em Engenharia Elétrica; Centro Universitário SENAI CIMATEC; [jose.a.lima6@ba.estudante.senai.br](mailto:jose.a.lima6@ba.estudante.senai.br)

<sup>2</sup> **Gustavo Eugênio Bressy Esteves**; Graduando(a) em Engenharia Elétrica; Centro Universitário SENAI CIMATEC; [gustavo.esteves@aln.senaicimatec.edu.br](mailto:gustavo.esteves@aln.senaicimatec.edu.br)

<sup>3</sup> **Danilo Leal Alves**; Graduando(a) em Engenharia Elétrica; Centro Universitário SENAI CIMATEC; [danilo.alves@aln.senaicimatec.edu.br](mailto:danilo.alves@aln.senaicimatec.edu.br)

<sup>4</sup> **Nicolas Quintella Cruz**; Graduando(a) em Engenharia Mecânica; Centro Universitário SENAI CIMATEC; [nicolas.cruz@aln.senaicimatec.edu.br](mailto:nicolas.cruz@aln.senaicimatec.edu.br)

<sup>5</sup> **Pedro Andrade Santos**; Graduando(a) em Engenharia Mecânica; Centro Universitário SENAI CIMATEC; [pedro.a.santos@aln.senaicimatec.edu.br](mailto:pedro.a.santos@aln.senaicimatec.edu.br)

<sup>6</sup> **José Hidalgo Suárez**; Doutor em Engenharia Elétrica; Centro Universitário SENAI CIMATEC; [jose.suarez@ba.docente.senai.br](mailto:jose.suarez@ba.docente.senai.br)

<sup>7</sup> **Morjane Armstrong Santos de Miranda**; Doutora em Administração; Centro Universitário SENAI CIMATEC; [morjanessa@gmail.com](mailto:morjanessa@gmail.com)

### **RESUMO**

Este estudo tem como foco analisar o potencial de energia solar na região da Chapada Diamantina, Bahia, através da comparação de diferentes modelos de painéis solares fornecidos pela Trina Solar. O objetivo central é determinar a combinação ideal de desempenho e custo entre os módulos fotovoltaicos disponíveis, levando em consideração as características climáticas específicas da área. Os resultados obtidos serão de grande utilidade para orientar consumidores, empresas e pesquisadores interessados na adoção de energia solar na região, e também podem servir como base de referência para outras áreas do Brasil. Para conduzir este estudo, foram aplicadas fórmulas que incorporam as variáveis de temperatura e irradiância, a fim de comparar a capacidade de geração e potência de cada módulo.

**PALAVRAS CHAVES:** Energia Solar, Placa Fotovoltaica, Fator de Bifacialidade Em Modulos Fotovoltaicos.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem um grande potencial para a produção de energia solar, superando a demanda do país. A região da Chapada Diamantina, na Bahia, destaca-se como um local ideal para instalar sistemas de energia solar, devido à alta incidência de radiação solar e clima favorável.

De acordo com estudos do Ministério de Minas e Energia do Brasil junto com a Empresa de Pesquisa Energética, a capacidade de geração de energia solar no país é 2,3 vezes maior do que a demanda nacional. Apesar desse potencial, o Brasil ainda está engatinhando na adoção da energia solar e ocupa o 8º lugar no ranking global de capacidade instalada.

Este estudo busca contribuir para o desenvolvimento do mercado de energia solar no Brasil ao comparar diferentes modelos de painéis solares da marca Trina Solar na região da Chapada Diamantina. A análise fornecerá insights valiosos para consumidores e empresas em todo o país, ajudando-os na escolha dos sistemas fotovoltaicos.

Os resultados serão úteis para uma variedade de públicos, desde consumidores e empresas até o governo e a comunidade científica. As informações coletadas servirão como base para pesquisas em outras regiões do Brasil, promovendo a expansão da energia solar por todo o território nacional.

Assim sendo, o principal objetivo deste estudo é determinar qual modelo específico de painel solar oferece o melhor desempenho e custo para a região da Chapada Diamantina, levando em consideração as condições climáticas locais.

O levantamento fornecerá orientações fundamentais para a seleção ideal de sistemas fotovoltaicos na área, servindo como referência para outras regiões do Brasil.

Este artigo está estruturado em cinco partes: além desta Introdução, a seção 2 aborda a fundamentação teórica, a seção 3 detalha os materiais e métodos empregados.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.

### 2.1 Irradiação Solar

A eficiência fotovoltaica é fortemente influenciada pela irradiação solar, que desempenha um papel crucial na conversão de energia solar em eletricidade. A região da Chapada Diamantina, situada no coração da Bahia, Brasil, é caracterizada por sua climatologia diversificada, que inclui variações sazonais e microclimas devido à sua topografia única. Durante o ano, a irradiação solar na Chapada Diamantina é significativa, com níveis particularmente altos durante o verão, quando as temperaturas são elevadas e as chuvas são frequentes.

A Região da Chapada Diamantina escolhida foi a de Mucugê, pois entre as cidades próximas ela tem os melhores resultados de irradiância, o mapa a seguir mostra a irradiância da região em  $\frac{kWh}{kWp}$ .

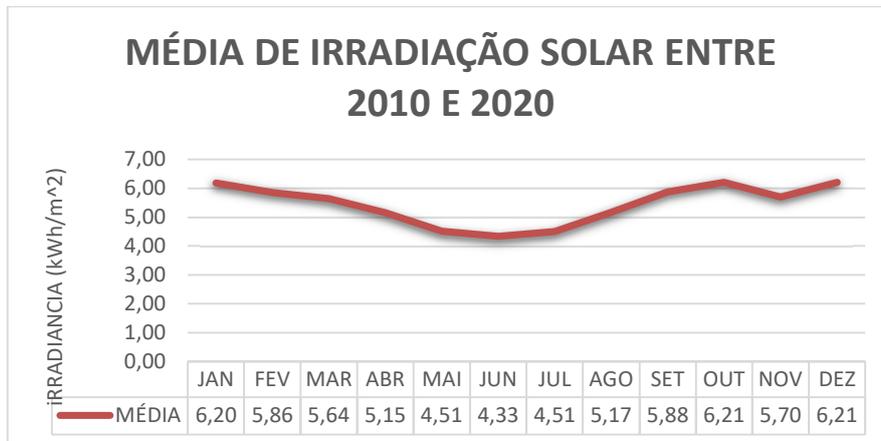


**Mapa da Potência fotovoltaica específica**

Fonte: Atlas Solar Global

Esta alta irradiação solar contribui para o aumento do potencial de geração de energia fotovoltaica na região, especialmente durante os meses de verão, quando a incidência solar é mais intensa.

No gráfico a seguir podemos ver a média da irradiação de forma mais precisa, conforme o gráfico temos um valor máximo de 6,21, um mínimo de 4,33 e uma média de 5,45 (kWh/m<sup>2</sup>).



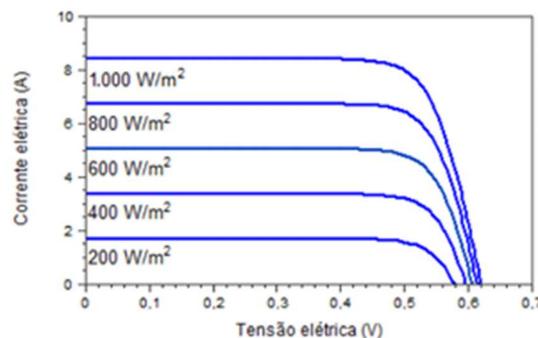
Fonte: POWER | DAVe, NASA

Quanto maior a irradiação, mais eletricidade é gerada, pois como já mencionado, a corrente elétrica gerada por uma célula fotovoltaica aumenta linearmente com o aumento da irradiação incidente, enquanto a tensão de circuito aberto aumenta de forma logarítmica. A relação entre a corrente elétrica de curto-circuito de um módulo fotovoltaico e a irradiação é representada pela equação 1 (Pinho e Galdino, 2014).

$$I_{sc} = I_{sc\ stc} \times \frac{G}{1000} \quad (1)$$

Onde:

$I_{sc}$  é a corrente de curto-circuito do módulo, para irradiação  $G$  e temperatura igual a  $25^{\circ}\text{C}$ ,  $I_{sc\ stc}$  seria a corrente de curto-circuito do módulo nas STC,  $G$  a irradiação sobre o módulo em ( $\text{W}/\text{m}^2$ ), e o 1000 refere-se a irradiação nas STC.



Como podemos analisar pelo gráfico existe um ponto onde a tensão e a corrente estão no máximo e é nesse mesmo ponto que é possível extrair a potência máxima dos módulos fotovoltaicos.

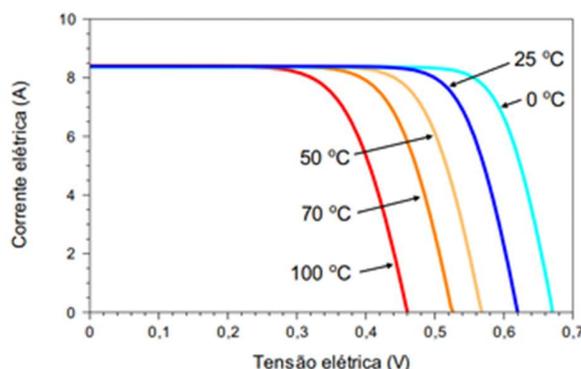
## 2.2 Temperatura

A temperatura é outro fator importante a ser considerado ao avaliar a eficiência dos sistemas fotovoltaicos na Chapada Diamantina. A variação sazonal de temperatura na região influencia diretamente o desempenho dos painéis solares, uma vez que a eficiência de conversão de energia dos painéis fotovoltaicos é sensível à temperatura ambiente. Durante o

verão, quando as temperaturas são mais elevadas, é comum observar uma redução na eficiência dos sistemas fotovoltaicos devido ao aumento da temperatura dos painéis solares. Isso ocorre porque a eficiência de conversão dos painéis diminui à medida que a temperatura aumenta, resultando em uma produção de eletricidade ligeiramente menor em comparação com condições mais frescas.

Conforme os dados coletados no ClimateData, podemos analisar que a temperatura máxima da região escolhida é de 25,7 graus, e a mínima de 13,6 graus e a média é 20,3 graus.

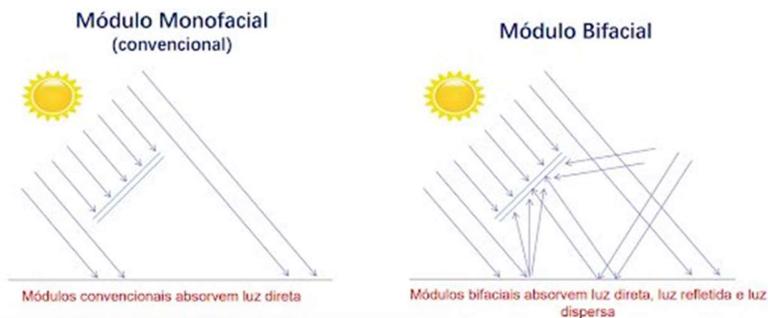
A Figura 4, apresenta curvas I-V para diversas temperaturas de uma célula fotovoltaica considerando uma irradiância de 1000 W/m<sup>2</sup>, onde é perceptível que com o aumento da temperatura, a corrente sofre um aumento quase desprezível, enquanto a tensão da célula diminui significativamente



Assim como a irradiação solar, a temperatura desempenha um papel crucial na produção de energia fotovoltaica, como evidenciado em várias pesquisas, incluindo o estudo conduzido por Ozorio (2021).

### 2.3 Módulos fotovoltaicos monofaciais e bifaciais

Vamos comparar o potencial de geração de dois tipos de módulos fotovoltaicos, onde um deles é o monofacial e o outro o bifacial. Segundo um estudo feito pelo Canal Solar, existem dois tipos de módulos fotovoltaicos: os monofaciais, que absorvem irradiação solar somente na face frontal, e os bifaciais, que absorvem irradiação solar em ambas as faces (frontal e traseira). Enquanto as células fotovoltaicas convencionais possuem a parte traseira metalizada, as células bifaciais possuem na face traseira semelhante à usada na parte frontal – o que permite que ambas as faces possam absorver a luz solar.



**Absorção de Irradiação solar nos módulos.** Fonte: Canal Solar

### 3. METODOLOGIA

Os dados da irradiação foram coletados do site da NASA (POWER | DAVE, NASA), foram escolhidos dados de um período de 10 anos, para que possamos ter uma alta precisão na previsão de geração. Coletamos a média dos últimos 10 anos da temperatura máximas do local utilizando o ClimateData.

A partir dos dados obtidos, foram escolhidos dois módulos fotovoltaicos para comparação: o TRINA TSM-DE20 e o TRINA TSM-DEG20C.20. O primeiro é monofacial, enquanto o segundo é bifacial. Ambos têm a mesma potência e tamanho. No entanto, o módulo bifacial tem a capacidade de gerar até 30% a mais de energia do que o monofacial.

#### 3.1 Métodos de comparação

A comparação entre os módulos será conduzida através de quatro métodos. No primeiro método, será calculada a potência dos módulos sob condições ideais, seguido do cálculo levando em consideração as perdas devido à temperatura. Em seguida, estimaremos a energia gerada sob condições ideais e, posteriormente, considerando as perdas por temperatura.

Para que possamos calcular a geração de um modulo fotovoltaico vamos utilizar duas fórmulas que o fabricante dos módulos disponibilizou no Trina Solar User Manual, sendo a primeira para descobrir a potência gerada em determinada situação e a outra a energia gerada de acordo com essa potência.

$$P = A \times G \times \eta$$

- $P$  é a potência gerada (em watts),
- $A$  é a área da superfície receptora (em metros quadrados),
- $G$  é a irradiação solar incidente na área (em watts por metro quadrado),
- $\eta$  é a eficiência do modulo fotovoltaico.

Agora para converter a potência de watts (W) para quilowatts-hora(kWh),é necessário levar em conta o tempo durante o qual essa potência é gerada. A fórmula para calcular a energia em kWh é

$$Energia\ Gerada(kWh) = \frac{Potência\ (W) \times Tempo\ (h)}{1000}$$

Para analisar o efeito da temperatura, usaremos os dados coletados da temperatura junto com os resultados das outras fórmulas. Em seguida, faremos o cálculo considerando uma perda que, segundo o fabricante dos módulos escolhidos, é de aproximadamente 0,34% para cada grau Celsius que a temperatura dos módulos esteja acima ou abaixo de 25°C. Isso significa que se a temperatura cair um grau, podemos esperar um aumento de desempenho de 0,34%, enquanto se subir um grau, haverá uma perda de desempenho na mesma proporção.

## 5. REFERÊNCIAS

<sup>1</sup> EPE [Empresa de Pesquisa Energética] **Potencial dos Recursos Energéticos no Horizonte 2050**. Nota Técnica. Rio de Janeiro, 2018. 131 p.

<sup>2</sup> OZORIO, Gabriel. **Estudo da influência da temperatura na produção de energia gerada por placas fotovoltaicas**. Disponível em: <https://posgraduacao.ufms.br/portal/trabalho-arquivos/download/9568>. Acesso em: 5 de mai de 2024.

<sup>4</sup> PINHO, J.T.; GALDINO, M.A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica / Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito, p. 529, 2014.

<sup>5</sup> POWER Project Team, NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources. Disponível em: [NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources](#) Acesso em: 3 de mai de 2024.

<sup>6</sup> Climate-Data.org / AM OP / OpenStreetMap contributors. Disponível em: [Clima Mucugê: Temperatura, Tempo e Dados climatológicos Mucugê \(climate-data.org\)](#) Acesso em: 1 de mai de 2024.

<sup>7</sup> **Trina Solar User Manual | Vertex Series Modules**. 2 Tianhe Road, Tianhe Photovoltaic Industrial Park, Xinbei District, Trina Solar Co., Ltd. Acesso em: 26 de abr de 2024

<sup>8</sup> **GLOBAL SOLAR ATLAS**. Mytna 48, 811 07 Bratislava, Slovakia, Solargis s.r.o. (Solargis) Acesso em: 15 de abr de 2024

<sup>9</sup> **Diferença entre módulos bifaciais e monofaciais**, Redação do Canal Solar. Disponível em: [Diferença entre módulos bifaciais e monofaciais \(canalsolar.com.br\)](#) Acesso em: 15 de abr de 2024