

# Uma análise visual das principais praças de produção de energia solar no estado da Bahia

A visual analysis of the main production places of solar energy in the state of Bahia

Un análisis visual de los principales lugares de producción de energía solar en el estado de Bahía

Recebido: 19/03/2022 | Revisado: 29/03/2022 | Aceito: 01/04/2022 | Publicado: 08/04/2022

**Samuel Fernando Machado Alves Souza**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3712-1829>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Brasil  
E-mail: [eng.smachado@outlook.com](mailto:eng.smachado@outlook.com)

**Jeferson Sousa da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3794-4761>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Brasil  
E-mail: [jefersonsousa@gmail.com](mailto:jefersonsousa@gmail.com)

**Renato Lima Novais**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7572-7392>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Brasil  
E-mail: [renato@ifba.edu.br](mailto:renato@ifba.edu.br)

**Rafael Kotchetkoff Carneiro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8892-3368>  
Universidade Estadual de Campinas, Brasil  
E-mail: [projetos@rkcengenharia.com](mailto:projetos@rkcengenharia.com)

**Pedro Lopes Ismerim Medina**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6207-9178>  
Universidade Estadual de Campinas, Brasil  
E-mail: [p.lopes.medina@gmail.com](mailto:p.lopes.medina@gmail.com)

## Resumo

Investigar a capacidade do recurso solar de determinada região é a primeira e mais importante etapa no processo de viabilização de investimentos e implantação de sistemas de geração fotovoltaica. O presente trabalho tem como objetivo analisar visualmente as principais praças de produção de energia solar na Bahia. Para isto, realizou-se uma revisão dos conceitos básicos, variáveis envolvidas e trabalhos relacionados com o tema proposto. Ademais, foram apresentados dados regionais baianos da irradiação direta normal e irradiação difusa, buscando avaliar os contrastes entre tais localidades. Como resultado da análise, houve a constatação do grande potencial de produção solar, respectivamente, das mesorregiões, microrregiões e municípios do estado, com a apresentação dos maiores e menores índices dessas irradiações. Ao final do trabalho concluiu-se que a geração fotovoltaica é um bom investimento financeiro nas localidades baianas, além de contribuir com o desenvolvimento sustentável do país, sendo preciso identificar qual a melhor tecnologia adequada para a irradiação solar frequente no local em que será instalado.

**Palavras-chave:** Recurso solar; Geração fotovoltaica; Análise visual; Irradiação; Desenvolvimento sustentável.

## Abstract

Investigating the capacity of the solar resource in a given region is the first and most important step in the process of making investments viable and implementing photovoltaic generation systems. The present work aims to visually analyze the main squares of solar energy production in Bahia. For this, a review of the basic concepts, variables involved and works related to the proposed theme was carried out. Furthermore, regional data from Bahia on normal direct irradiation and diffuse irradiation were presented, seeking to assess the contrasts between these locations. As a result of the analysis, there was a finding of the great potential for solar production, respectively, in the mesoregions, microregions and municipalities of the state, with the presentation of the highest and lowest rates of these irradiations. At the end of the work, it was concluded that photovoltaic generation is a good financial investment in Bahian locations, in addition to contributing to the sustainable development of the country, being necessary to identify the best suitable technology for frequent solar irradiation in the place where it will be installed.

**Keywords:** Solar resource; Photovoltaic generation; Visual analysis; Irradiation; Sustainable development.

## Resumen

Investigar la capacidad del recurso solar en una determinada región es el primer y más importante paso en el proceso de viabilización de inversiones e implementación de sistemas de generación fotovoltaica. El presente trabajo tiene como objetivo analizar visualmente las principales plazas de producción de energía solar en Bahía. Para ello se realizó

una revisión de los conceptos básicos, variables involucradas y trabajos relacionados con la temática propuesta. Además, se presentaron datos regionales de Bahía sobre irradiación directa normal e irradiación difusa, buscando evaluar los contrastes entre estas localidades. Como resultado del análisis, se constató el gran potencial de producción solar, respectivamente, en las mesorregiones, microrregiones y municipios del estado, con la presentación de los índices más altos y más bajos de estas irradiaciones. Al final del trabajo, se concluyó que la generación fotovoltaica es una buena inversión financiera en las localidades bahianas, además de contribuir al desarrollo sostenible del país, siendo necesario identificar la tecnología más adecuada para la irradiación solar frecuente en el lugar donde será instalado.

**Palabras clave:** Recurso solar; Generación fotovoltaica; Análisis visuales; Irradiación; Desarrollo sustentable.

## 1. Introdução

Em um contexto onde é notória a necessidade de conscientização das organizações e da sociedade a respeito dos problemas ambientais, a busca por fontes renováveis de energia passa a ser uma premissa. De fato, a crescente dependência energética presente nas sociedades é suprida em sua maioria, por fontes não renováveis, gerando impacto negativo ao meio ambiente e contribuindo para a desestabilização de ecossistemas (Nascimento & Alves, 2016).

Atualmente, a utilização da irradiação solar para geração de eletricidade vem recebendo grande atenção como uma alternativa limpa, renovável e sustentável. Características extremamente atrativas em vista da crescente preocupação com questões ambientais e de esgotamento de fontes não renováveis (Gomes et al., 2020). A composição da matriz energética brasileira atual incorpora fontes renováveis, até então tratadas como fontes alternativas, uma vez que as usinas termelétricas e hidrelétricas perduraram por muitas décadas como a principal fonte de energia do país.

A energia solar fotovoltaica pode ser entendida como a energia produzida através da conversão direta da radiação solar em energia elétrica. Para que determinado fenômeno possa acontecer, é necessário fazer uso de um dispositivo chamado célula fotovoltaica, que funciona utilizando os princípios do efeito fotovoltaico ou fotoelétrico (Imhoff et al., 2007). No Brasil, a geração fotovoltaica já se configura, junto com a energia eólica, como uma das mais promissoras formas de diversificação da matriz energética.

O estado da Bahia, foco deste trabalho, apresenta um ambiente extremamente favorável à implementação de tais sistemas. Isto em razão dos seus fatores geográficos e climáticos, como a sua localização na região tropical, que se traduz em grande incidência de radiação solar e a sua baixa pluviosidade, com temperaturas médias-elevadas e altos períodos de estiagem. Destarte, a Bahia pode ser avaliada como um dos estados com maior atratividade para investimentos neste setor, finalizando o ano de 2017 com 36 projetos vencedores em leilões realizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), totalizando 1006 MW instalados até 2021 (Gomes et al., 2020).

A ciência de dados é uma área da computação que estuda o ciclo de vida dos dados e visa gerar valor comercial, utilizando informações geradas a partir dos dados. (Bell et al., 2009). Tratando-se da área de energia solar, existem várias bases públicas que organizam uma vasta quantidade de dados relativos aos mais diversos aspectos relacionados à geração, bem como à inserção dessa fonte de energia à matriz energética nacional. Ter dados específicos e precisos a respeito dessa fonte de energia significa poder utilizar indicadores para criar bases de informação sólidas, visando incentivar investimentos que possam garantir a continuidade da ascensão da energia solar, contribuindo assim para a pluralização da matriz energética nacional.

Nesse sentido, torna-se viável e necessária a utilização de ferramentas dessa área da computação com o objetivo de definir fontes de geração de dados relacionados ao potencial de geração de energia solar de todo o território baiano, onde esses dados devem alimentar bases abertas, para que pesquisas possam ser realizadas tomando tais bases de dados como subsídios. De posse desse material, para que projetos de pesquisa possam ser desenvolvidos e apresentem resultados relevantes é necessário também que os dados sejam analisados por ferramentas que consigam estabelecer relações entre eles, definindo métricas e indicadores objetivando a geração de informação.

Empresas emergentes na área de produção de energia, investidores buscando novas oportunidades de negócios, o próprio poder público quando necessita de direcionamento para investir em infraestrutura, tecnologia e pesquisas, e até mesmo pessoas civis podem se beneficiar da informação gerada pelas ferramentas de ciência de dados no sentido de alocar recursos na produção de energia solar. Alta disponibilidade, elevada vida útil, retorno do investimento, reduzida necessidade de manutenção, economia e sustentabilidade, são algumas das vantagens de gerar energia a partir do sol.

Ao mensurar a relevância desse estudo, foram relacionadas outras publicações visando o embasamento técnico e científico do trabalho. Na análise dos dados referentes ao perfil solar da Bahia, Gomes et al. (2020), apresenta um foco inicial na abordagem geral das variáveis envolvidas e posterior estudo de caso com o objetivo de avaliar contrastes entre localidades. Em ambas análises dos resultados, se constatou que o estado baiano detém grande potencial de produção do recurso solar nas modalidades apresentadas pelos autores.

Dentro do contexto do aproveitamento solar para geração de eletricidade e calor, os autores Pereira, Maia e Lora (2019) examinam em sua pesquisa a utilização de sistemas híbridos térmicos elétricos para mini e microgeração na Bahia. São coletados dados do potencial de irradiação solar em oito cidades baianas e analisadas a capacidade de produção de energia elétrica e de aquecimento via energia solar. E ainda, é possível verificar os benefícios da micro e minigeração descentralizada em comunidades rurais e indústrias.

Oliveira et al. (2018) norteiam o seu estudo na avaliação do potencial de aproveitamento solar e eólico para a produção de energia elétrica no estado baiano. Este apresenta vantagens, desvantagens e um levantamento da estimativa de quanto poderia ser acrescido a composição da matriz energética estadual. A base metodológica usada para pesquisa e coleta de dados foi a Agência Nacional de Energia Elétrica e Associações Brasileiras de Energia Eólica e de Energia Solar, visando-se sempre uma maior confiabilidade nas informações.

Fundamentado em usar novos critérios, com base em dados de estrutura e índices já conhecidos, o trabalho descrito por Bulhões, Santos e Santana (2018) ainda associa o método multicritério de escolha denominado Processo Analítico Hierárquico (AHP). O AHP foi desenvolvido para ajudar na tomada de decisão a partir de uma série de fatores, sejam quantitativos ou qualitativos. Assim, órgãos governamentais, agências regulamentadoras e outros grandes players da área de geração de energia podem ser amparados na tomada de decisão das regiões prioritárias para implantação de usinas solares fotovoltaicas. A referência para o estudo de caso é a Bahia.

O artigo de Imperial e Pereira (2014) vai além da análise do potencial do recurso solar na Bahia a partir de software de informação geográfica baseado na web. Mostra seções geográficas das áreas mais promissoras para a implantação de usinas fotovoltaicas no estado. São apresentadas divisões geográficas extensas, que conferem uma maior aleatoriedade ao foco das regiões baianas, porém com relevância significativa.

Através dos resultados dos estudos de Fontes e Bastos (2012) foram analisados alguns dos sistemas fotovoltaicos instalados no estado da Bahia. Deste modo, se verificou tanto os aspectos operacionais, quanto à manutenção e os custos, visando obter conclusões relativas a tais sistemas. Os autores ainda direcionam pesquisas e trabalhos futuros envolvendo a produção de energia através do aproveitamento solar.

O trabalho apresentado por Braga et al. (2018) expõe os resultados da investigação do potencial de geração de cinco diferentes tecnologias fotovoltaicas, entre os anos de 2016 e 2017. Tal sistema se instala no interior da Bahia, no município de Irecê e apresenta melhor desempenho para os módulos CdTe e p-Si. Os autores ainda evidenciam a importância do estudo das medições dos eventos extremos de irradiação em diversas localidades no Brasil para as usinas fotovoltaicas de grande porte inauguradas no país.

Considerando a relevância dos trabalhos analisados, foi possível verificar que mesmo vislumbrando muitos dados importantes, as publicações deixam um espaço para uma análise mais minuciosa, com detalhes mais enxutos e direcionados

especificamente para todas as modalidades de divisão geográfica que existem no estado da Bahia.

Este trabalho busca adicionar essa contribuição, apresentando uma análise visual dos dados das principais praças de produção de energia solar do estado da Bahia com base em dados climatológicos da região. Contudo, a análise realizada permite entregar resultados específicos dentro da ótica macro e micro do estado, analisando tanto as extensões territoriais mais abrangentes (mesorregiões), quanto as mais específicas (microrregiões) e ainda, de forma mais específica, os municípios.

Para tal, foi realizada uma discussão acerca das variáveis envolvidas no processo e como as mesmas influenciam no aproveitamento do recurso solar utilizando placas de geração fotovoltaica. Definidas as variáveis a serem estudadas, foi realizada uma pesquisa e uma coleta de dados no Atlas Brasileiro de Energia Solar 2017 (Martins et al., 2017), onde foram selecionados os dados necessários inerentes às propostas estabelecidas nas variáveis definidas.

Em seguida, foi realizada uma análise detalhada, considerando os indicadores Irradiação Direta Normal e Irradiação Difusa, sob diferentes óticas dentro da perspectiva do potencial de geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos no estado da Bahia.

Em consideração a esse cenário, este trabalho traz uma análise mais profunda e inovadora entregando dados minuciosos relativos a localidades específicas, buscando consolidar informação a respeito dos potenciais territórios geradores de energia do estado. Portanto, se estreita a forma desta avaliação, em acréscimo às possibilidades de obtenção de resultados mais específicos e claros sobre determinada fatia geográfica.

Após a análise dos dados coletados, foi possível determinar as cidades baianas com maiores médias anuais do total diário da irradiação Direta Normal em Wh/m<sup>2</sup> por dia. Através desse parâmetro, verificou-se que a média anual do total diário da irradiação Direta Normal em Wh/m<sup>2</sup> por dia entre a primeira e a quinta posição teve uma diferença de 69 Wh/m<sup>2</sup> por dia, o que representa 1,09%.

Também foram analisadas as cidades da Bahia com maiores médias anuais do total diário da irradiação Difusa em Wh/m<sup>2</sup> por dia. Ao adotar esse parâmetro, observou-se que a média anual do total diário entre a primeira e a quinta posição apresentou uma diferença de 16 Wh/m<sup>2</sup> por dia, representando 0,70%. Um maior detalhamento dos resultados é mostrado no tópico 4, onde é feita uma síntese de todo o conteúdo analisado e dos resultados obtidos.

## 2. Referencial Teórico

Neste capítulo será abordado sobre energia, radiação e irradiação solar, os principais componentes da geração solar, suas mais relevantes tecnologias e análise da geração no contexto brasileiro e ainda uma síntese da história do efeito fotovoltaico.

### 2.1 Energia solar

O Sol é uma fonte de energia inesgotável na escala terrestre de tempo e fornece anualmente  $1,5 \times 10^{18}$  kWh de energia em toda a superfície da terra segundo o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Este é responsável pela origem de praticamente todas as outras fontes de energia e, em outros termos, essas são, em última instância, derivadas, em sua maioria, da energia solar (Galdino & Pinho, 2014). Esta energia se propaga até a Terra mediante radiação eletromagnética que sofre diversas reflexões, dispersões e absorções, a partir do limite superior da atmosfera até sua chegada ao solo (Reis & Santos, 2015).

A parcela incidente da energia solar absorvida é responsável, conforme o meio material, por originar os processos de fotoconversão e termoconversão. Devido a sua natureza variável, é conveniente basear estimativas e previsões do recurso solar em informações solarimétricas levantadas durante longos períodos (Galdino & Pinho, 2014).

O aproveitamento desta energia é considerado promissor e sustentável devido ao fato dos sistemas serem capazes de

converter a radiação solar em energia elétrica ou térmica sem emitir poluentes durante esse processo. Entretanto, em se tratando de sistemas fotovoltaicos, pouco impacto ambiental é produzido em sua fabricação, montagem e descarte (observando-se estratégias/ações de reutilização, remanufatura e/ou reciclagem de painéis solares fotovoltaicos) (TEIXEIRA, 2021). Ao passo que, as vantagens decorrentes de sua implantação se sobressaem durante a fase de operação (PINHEIRO, 2015).

## 2.2 Radiação e Irradiação solar

A radiação eletromagnética que atinge o topo da atmosfera da Terra provém da região da fotosfera solar que é uma camada tênue com aproximadamente 300 km de espessura e temperatura superficial em torno de 5800 K. Segundo dados da Organização Meteorológica Mundial (*World Meteorological Organization - WMO*) um valor médio para o nível de radiação incidente normalmente sobre uma superfície situada no topo da atmosfera é de 1367 W/m<sup>2</sup> (watt por metro quadrado) (Galdino & Pinho, 2014).

A radiação solar é formada de ondas eletromagnéticas com frequências e comprimentos diferentes, grandezas que são inversamente proporcionais. Contudo, frequência e energia se relacionam de forma diretamente proporcional. A Equação 1 estabelece uma relação entre elas para uma onda eletromagnética e é denominada de Planck-Einstein:

$$E = h \times f \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde: "E" simboliza a energia da onda, em joules (J) ou elétrons-volt (eV), "h" expressa a constante de Planck cujo valor é 6,636 (J.s) e "f" é a frequência em hertz (Hz) (Villalva & Gazoli, 2012).

Parte da radiação emitida pelo Sol é refletida (pelas nuvens, pelo gelo, pelos oceanos), perdida por difusão ou absorvida por moléculas de oxigênio e ozônio da atmosfera. No entanto, mais de 50% chega à superfície, e é essa fração que chega à superfície que é alvo da geração solar (Galdino & Pinho, 2014).

Já a irradiação, é a propagação de energia sem a necessidade de meio material, sendo a quantidade de radiação solar em determinado intervalo de tempo. Geralmente, é medida em watt-hora por metro quadrado (Wh/m<sup>2</sup>). Em outros termos, conforme Incropera, DeWitt e Bergman (2008), a irradiação é a taxa na qual todas as radiações incidem sobre uma superfície a partir da sua vizinhança.

Os níveis de irradiação solar no plano terrestre, ao que se refere a superfície da terra, possui dois fatores influentes, tais como (Weber, 2019):

- As estações do ano, devido ao nível de inclinação do eixo de rotação da terra em relação ao sol em órbita;
- Características regionais, onde se destaca as coordenadas em que se encontra (latitude, altitude, condições meteorológicas).

A Bahia dentro destes critérios, segundo Pereira et al. (2019), apresenta muitas vantagens pela sua localização geográfica. As regiões do estado situam-se em altos níveis de altitude e em baixas latitudes, o que reduz a variação de duração dos dias. Até as condições meteorológicas, como a nebulosidade, fator comumente negativo, ajuda a região. Isto porque o céu no interior do estado durante o inverno é mais limpo e favorece a incidência de radiação.

## 2.3 Geração solar

No processo de geração do recurso solar é imprescindível entender as variáveis envolvidas para determinar a viabilidade técnica da implantação de um sistema de energia fotovoltaico (Gomes et al., 2020).

### 2.3.1 Características do recurso solar

A distribuição dos raios solares incidentes sobre uma determinada região do globo é alterada em sua direção de propagação ao adentrar e interagir com a atmosfera da Terra. Tais raios, constituem-se, em geral, em duas componentes principais: a irradiância difusa horizontal e a irradiância direta normal (Lana et al., 2015). Segundo Gomes et al. (2020) determinados conceitos são importantes na geração solar, estes são apresentados a seguir:

- Irradiância Difusa Horizontal. É a parcela da radiação que é desviada de sua trajetória original pela atmosfera atingindo a superfície no plano horizontal.

- Irradiância Direta Normal. É o parâmetro que representa a radiação recebida diretamente da esfera solar.

O cálculo da irradiância além de parâmetro para controle de qualidade das células e módulos fotovoltaicos evidencia-se como uma importante ferramenta na avaliação da eficiência dos dispositivos e sistemas fotovoltaicos (Souza, 2014).

No estudo de Galdino e Pinho (2014) se evidencia que a irradiância é uma grandeza que quantifica a radiação solar em uma determinada área. Como a potência é uma grandeza que expressa a energia transportada durante certo intervalo de tempo, logo, quanto maior a potência da radiação solar, maior será a quantidade de energia transportada em um dado instante de tempo.

Ao se adotar o raio médio terrestre no valor de 6.371 km, e considerar a irradiância incidente sobre esta área projetada, sendo de 1.367 W/m<sup>2</sup>, conclui-se que a potência total disponibilizada pelo Sol a Terra, no topo da atmosfera, é de aproximadamente 174 mil TW (Souza, 2014).

De acordo com Gomes et al. (2020) na análise do aproveitamento solar de uma região, outros parâmetros ainda figuram de extrema importância em sua compreensão:

- Irradiância Global no Plano Inclinado. A inclinação das placas é projetada de forma a maximizar o aproveitamento dos raios solares incidentes.

- Insolação total. Indica a quantidade de horas diárias cuja irradiância direta apresenta valores superiores ao valor de referência, especificado pela WMO como 120 W/m<sup>2</sup>.

- Temperatura. Exerce forte influência no desempenho das placas solares. Maiores temperaturas acarretam em menores rendimentos das placas.

- Velocidade e direção do vento. Surgem tanto no projeto estrutural do sistema como entre as variáveis da produção, pois, a movimentação de massas de ar contribui para o resfriamento das placas. Tal fator é favorável na geração solar porque, segundo os estudos da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, após o painel atingir os 45 graus Celsius, há uma perda de 0,5% da eficiência na produção de energia a cada grau aumentado.

### 2.3.2 As placas fotovoltaicas e suas eficiências

Os painéis solares, ou módulos, são os principais componentes do sistema fotovoltaico de geração de eletricidade. Estes são formados por um conjunto de células fotovoltaicas (FV) responsáveis pela conversão da radiação solar incidente em energia elétrica (Gomes et al., 2020).

O principal material utilizado na fabricação das células FV é o silício (Si). Para Galdino e Pinho (2014) este se constitui como o segundo elemento químico mais abundante na terra, sendo industrializado sob diversas formas: cristalino, policristalino e amorfo. A depender de suas características construtivas, tais células, podem ser classificadas em três gerações de acordo com o material utilizado:

- Primeira geração. É composta pelo silício cristalino (c-Si), que se subdivide em silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), representando o maior índice de fabricação do mercado, por ser uma tecnologia de melhor eficiência (maior nível de pureza), consolidação e confiança.

- Segunda geração. Engloba as células construídas a partir da tecnologia de filmes finos. Em razão do menor gasto

energético e de matéria-prima em sua fabricação são menos eficientes que os tipos anteriores e mais econômicos, em termos de custos (Lana et al., 2015).

- Terceira geração. É definida pelas células orgânicas ou poliméricas, as quais constituem um grupo de células ainda em fase de desenvolvimento e produção em pequena escala. Podem ainda ser classificados em quatro cadeias conforme o material do qual são constituídos: silício amorfo (a-Si), telureto de cádmio (CdTe), disseleneto de cobre, índio e gálio seleneto (CIS / CIGS) e células solares fotovoltaicas orgânicas (OPV) (Galdino & Pinho, 2014).

A eficiência energética de painéis fotovoltaicas conforme pontua Souza e Aristone (2017) depende das condições ambientais de funcionamento, tais como a temperatura, a intensidade da irradiação solar, o ângulo de inclinação e tipo de células solares.

Neste contexto, a possibilidade do aproveitamento ao máximo possível da radiação solar, baseado na posição da placa, influencia de maneira significativa no seu rendimento. Este fator, torna o estudo de longitude e latitude do local em que será instalada, indispensável (Weber, 2019).

Em condições laboratoriais, é possível a confecção de células com eficiências superiores a 24%, porém comercialmente os valores típicos de eficiência das placas variam entre 13% e 19%. A Tabela 1 elenca os principais tipos de tecnologias empregados e mostra uma comparação dos rendimentos obtidos a partir da utilização de cada material (Lana et al., 2015).

**Tabela 1:** Eficiência de células e módulos fotovoltaicos.

<b>Material</b>	<b>Célula</b>	<b>Módulo</b>
<b>Silício Monocristalino</b>	14 a 25%	14 a 21%
<b>Silício Policristalino</b>	20%	13 a 16,5%
<b>Orgânicas</b>	12%	7 a 12%
<b>Filmes Finos</b>	9 a 16%	7 a 13%
<b>Silício Amorfo</b>	9%	6 a 9%
<b>Telureto de Cádmio</b>	14,4%	9 a 11%

Fonte: Adaptado de Gomes et al. (2020).

Os painéis de silício monocristalino (m-Si) são os mais eficientes (apesar de mais caros), seguidos pelos de silício policristalino (p-Si). Já aqueles de filme-fino acabam por ser menos eficientes que os anteriores, apesar de mais baratos (Gomes et al., 2020).

### 2.3.3 Geração centralizada (GC) e Geração distribuída (GD)

A geração centralizada, usualmente, se traduz como grandes centrais geradoras com grandes capacidades instaladas, buscando o máximo aproveitamento da irradiação solar local (Schubert; AWS; FIEB/SENAI, 2018). Portanto, são sistemas fotovoltaicos de grande porte projetados para a geração e fornecimento de energia solar para a rede elétrica.

Uma estação centralizada de energia fotovoltaica é também conhecida como parque solar ou usina de energia solar (Pereira, 2019). Tais usinas, em geral, são sistemas FV montados no solo, porém, podem ser chamadas de usinas solares flutuantes, quando montadas sobre lagos ou represas.

Tanto a irradiância local, quanto a eficiência das placas utilizadas, interferem na potência gerada pelo sistema GC. Além disso, por se tratar de um complexo, a área ocupada é considerável. Isto significa, que a implementação de um parque solar inspira preocupações ambientais e é inviável em áreas protegidas ao ser fator de conflitos com comunidades locais. Todavia, tal geração possibilita o maior aproveitamento dos recursos de uma região, uma vez que torna possível uma potência gerada de centenas de megawatts (Gomes et al., 2020).

Uma inovação que vem sendo implementada ao sistema solar centralizado é a geração de energia híbrida, quando a usina fotovoltaica é instalada próximo ou anexas a outras usinas, tais como: eólica, hídrica ou outra fonte não renovável como termoelétrica (Cruz, 2015; Strangueto et al., 2016).

Por sua vez, na geração distribuída, a área requerida é restrita aos locais disponíveis, que podem ser residências ou mesmo edificações industriais. Geralmente, essas instalações são constituídas por painéis fixos e inclinados de forma a obter o máximo aproveitamento do potencial solar do local de instalação (Schubert; AWS; FIEB/SENAI, 2018).

A GD se refere ao sistema de produção de energia que fica localizado próximo à unidade de consumo, independente do seu tamanho. É responsável pela redução dos custos com linhas e redes de transmissão, visto que a geração de eletricidade se instala próxima às cargas (Weber, 2019).

De acordo com Bortoloto et al. (2017) existem dois tipos de operações relacionados à geração distribuída: a *Off-Grid* (isolado ou autônomo) e *On-grid* (conectado à rede).

#### **2.3.3.1 Sistemas autônomos e/ou isolado (OFF-GRID)**

Os sistemas *Off-Grid* são sistemas isolados e/ou autônomos de geração de energia solar que não dependem da rede de distribuição elétrica convencional para funcionar. São adotados em localidades carentes de tais redes e podem ser classificados em dois tipos: com armazenamento e sem armazenamento de energia (Villalva; Gazoli, 2012).

Bortoloto et al. (2017) descreve que o sistema *Off-Grid* com armazenamento de energia pode ser utilizado em carregamento de baterias de veículos elétricos, em iluminação pública e, até mesmo, em pequenos aparelhos portáteis. Já, o sem armazenamento, além de ser frequentemente utilizado em bombeamento de água, apresenta maior viabilidade econômica, por não utilizar tais instrumentos de armazenamento (Pereira; Oliveira, 2011).

Em contrapartida, como no sistema isolado não há ligação direta com a rede concessionária ou cooperativas energéticas. Na falta de energia elétrica, a vantagem do sistema com armazenamento, é o abastecimento realizado pelas reservas que ficam armazenadas no banco de baterias (Bortoloto et al., 2017).

Segundo Schubert, AWS e FIEB/SENAI (2018) o conjunto de baterias encarece o projeto de geração solar, tanto pelo preço de aquisição, quanto devido à vida útil não ser longa. Estas ainda requerem espaço dentro da edificação com condições mínimas de segurança.

#### **2.3.3.2 Sistemas conectados à rede (ON-GRID)**

O sistema *On-grid* conforme Pereira (2019) é aquele que está ligado à rede elétrica. De forma sintética, o painel fotovoltaico gera energia em corrente contínua e, após convertê-la para corrente alternada, é injetada na rede de distribuição. Tal conversão é possível, pelo uso do inversor de frequência, que realiza a interface entre o painel e a rede (Pereira & Oliveira, 2011).

Nesse contexto, percebe-se que o sistema conectado é vantajoso para os consumidores que ficam próximos da rede de energia. Este dispensa a utilização de baterias para controlar a carga. Entretanto, o sistema *Off-Grid* torna-se vantajoso para os consumidores que vivem em locais remotos distantes das redes de transmissão de energia (Pereira, 2019).

#### **2.3.4 Análise da geração solar no contexto brasileiro**



O Brasil, pela sua ampla diversidade de recursos e sua vasta extensão territorial, apresenta diversas oportunidades na diversificação de sua matriz energética. O país se localiza perpendicularmente a linha do equador e a maior parcela dos seus setores socioeconômicos, estão situados em regiões mais abaixo desta. Em razão disto, a radiação solar diária ocorre em larga escala durante quase todo seu período claro (Weber, 2019).

A grande incidência de radiação eletromagnética atuante no território brasileiro, é o motivo pelo qual, segundo Lana et al. (2015), a tecnologia de placas solares fotovoltaicas avança e os incentivos para a produção solar aumentam. Tal fato é afirmado pela Resolução Normativa N° 482/2012, revisada pela 687/2015, que regulamenta a geração de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos (ANEEL, 2012; 2015).

Atentando ao contexto apresentado sobre o enorme potencial solar energético do Brasil, este artigo vem abordar uma particular análise de dados com considerações técnicas relacionadas aos potenciais geradores fotovoltaicos das regiões baianas.

## 2.4 Efeito fotovoltaico

Fontes e Bastos (2012) versam que a ideiação da energia fotovoltaica se originou a partir de 1839, quando o físico francês Edmund Becquerel descobriu o efeito fotoelétrico (fotovoltaico). Entretanto quem elaborou os princípios experimentais de tal efeito foi o físico alemão Heinrich Hertz em 1887. Sendo este explicado por Albert Einstein em 1905 e mundialmente utilizado para produção de energia elétrica por meio da energia solar. Tal feito motivou a Academia a premiá-lo com o Nobel de Física no ano de 1921.

A fundamentação do efeito consiste em quatro princípios básicos: a incidência da radiação solar, a intensidade da corrente produzida devido a esta radiação recebida, a velocidade de emissão que é função da frequência da radiação luminosa, e finalmente na frequência mínima da radiação luminosa para produção da corrente ou das emissões, sendo característica do material.

O efeito fotovoltaico é gerado através da absorção da luz solar, que ocasiona uma diferença de potencial na estrutura do material semicondutor (Severino & Oliveira, 2010). Logo, uma célula fotovoltaica não é capaz de armazenar energia elétrica. Apenas mantém um fluxo de elétrons num circuito elétrico enquanto houver incidência de luz sobre ela. Fenômeno descrito como efeito fotovoltaico.

O descobrimento e aplicação da tecnologia fotovoltaica junto com o avanço de técnicas de controle avançadas para a criação de inversores fotovoltaicos de pequeno porte e com custo reduzido são oriundos do desenvolvimento da Física do Estado Sólido (Oliveira, 2016). A célula fotovoltaica, em particular, é composta por materiais semicondutores que, por meio da junção p-n, produz corrente elétrica a partir da incidência da radiação solar, ou seja, a partir do efeito fotovoltaico (Fontes & Bastos, 2012).

Existe uma diversidade de tipos de materiais que podem ser utilizados na fabricação das células fotovoltaicas, dentre eles o silício, o arsênio de gálio, o cobre-índio-selênio e o telureto de cádmio.

## 2.5 Ciência de dados

O termo "*Data Science*", ou Ciência de Dados pertence a um contexto histórico que remete aos anos de 1960, contudo, trata-se de uma ciência nova, que pode ser entendida como, modelos, tecnologias e processos que têm como foco estudar o ciclo de vida dos dados (Amaral, 2016).

As empresas focam a coleta de dados na correção de problemas, automatização de processos e previsão de tendências futuras. Os dados são coletados das mais diversas formas, incluindo: relacionamento com o cliente, redes sociais, operações, fabricação, gestão da cadeia de suprimentos, desempenho em campanha de marketing, procedimentos de fluxo de trabalho, entre outros. Esse processo de coleta e análise dos dados gera vantagem competitiva no mercado, onde uma empresa destaca-se

melhor por ter a informação desejada no momento necessário (Pacheco & Disconzi, 2019).

A Ciência de Dados possui componentes variados e tem como base técnicas originárias de setores básicos do conhecimento, estando conectada a regras tradicionais bem estabelecidas, contudo viabilizando uma área que visa compreender cada vez melhor tais regras na prática, tornando-se um componente cada vez mais relevante e importante para as mais diversas áreas do conhecimento.

Por ser capaz de ser utilizada em qualquer área do conhecimento, indústria e mercado, a Ciência de Dados tem o enorme desafio de buscar uma compreensão mais específica de cada um desses setores, podendo alinhar suas ferramentas para obter um melhor desempenho na análise de dados e consequentemente resultados mais relevantes e valiosos (Porto & Ziviani, 2014).

Na próxima seção, serão abordados os aspectos metodológicos do estudo, que envolveu pesquisa bibliográfica para a base teórica, coleta e sistematização de dados e criação de indicadores.

### 3. Procedimentos Metodológicos

A natureza aplicada neste estudo possui abordagens de pesquisa qualitativa e quantitativa (GIL, 2019), sendo o mesmo construído nas etapas básicas de: Levantamento bibliográfico e do Estado da arte; Coleta, tratamento e análise dos dados e; Criação de indicadores. Estas etapas objetivam demonstrar de forma sistematizada os procedimentos metodológicos utilizados para alcançar os principais pontos da pesquisa.

#### 3.1 Levantamento bibliográfico e do Estado da arte

Para efetivação deste trabalho, buscou-se investigar em bases de dados e periódicos, artigos publicados que estivessem relacionados ou se aproximassem do tema de pesquisa. Foram utilizados os seguintes motores de busca: *Science Direct* e *Google Scholar*.

Após a triagem dos artigos que continham a palavra-chave “análise da geração fotovoltaica na Bahia”, variando as palavras "geração" por "produção", "fotovoltaica" por "solar" e "na Bahia" por "baiana", se realizou uma busca adicional em suas referências e foram incluídas aquelas pertinentes ao assunto.

Desta forma, o levantamento bibliográfico e do estado da arte nas áreas de energia solar, radiação solar, irradiação solar, geração solar e efeito fotovoltaico, visam embasar o entendimento e a validação de tais conceitos e proporcionar familiaridade com o campo de estudo.

#### 3.2 Coleta, tratamento e análise dos dados

Os dados coletados para o artigo foram oriundos do Atlas Brasileiro de Energia Solar 2017 (Martins et al., 2017), que traz dados relativos à energia solar de todo o país. Outros autores apresentam em seus artigos esta mesma metodologia para a coleta de dados (Pereira et al., 2017; Alencar et al., 2018; Santos et al., 2019; Vieira et al., 2019). Os dados coletados foram unicamente relacionados ao estado da Bahia, no sentido de analisar separadamente o estado, proporcionando resultados mais precisos e alinhados com os objetivos do trabalho.

Buscando identificar quais as principais praças de geração de energia solar do estado, foram definidos dois indicadores principais para nortear a análise: a Irradiação Direta Normal, expressa em Wh/m<sup>2</sup> ao dia e a Irradiação Difusa, também medida através de Wh/m<sup>2</sup> ao dia. Os dados analisados fornecem esses indicadores separadamente por municípios. Assim, foi possível organizá-los utilizando esses três indicadores: Município, Irradiação Direta Normal e Irradiação Difusa.

Os dados receberam um tratamento manual para que pudessem representar somente os indicadores descritos, uma vez que os dados brutos extraídos da base trouxeram outras características (ex: Médias anuais e mensais do total diário da

irradiação solar Global Horizontal e da radiação fotossinteticamente ativa - PAR) que não propiciaram maior relevância em alinhamento com a proposta do trabalho. Depois de tratados, os dados foram carregados em uma ferramenta de análise buscando gerar a informação desejada, de acordo com o estabelecido pela pesquisa.

Para realizar essa análise e fornecer os resultados desejados, foi utilizada a ferramenta *VYR – Visualize Your Region* (Souza & Novais, 2021). Tal aplicação possibilita a análise regionalizada de dados relativos aos estados do Brasil, viabilizando determinar filtros para análise e demonstração de resultados, bem com geração de gráficos e habilitação ou desabilitação de indicadores em tempo real.

### **3.3 Criação de indicadores**

Após concluir a análise dos dados utilizando a ferramenta *VYR*, foi possível gerar vários indicadores, trazendo informação lapidada e precisa a respeito de todos os municípios do estado, bem como das Microrregiões e Mesorregiões. Também foi possível fazer comparativos entre cidades e regiões, utilizando as variáveis definidas no início do projeto. Os resultados seguem expostos na Seção 4 deste trabalho.

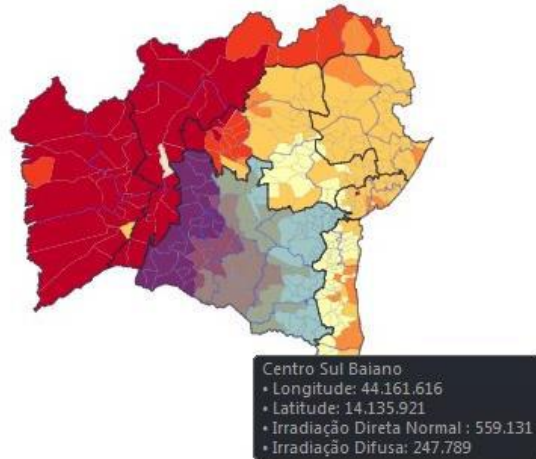
## **4. Resultados e Discussão**

O estado da Bahia é dividido em seções chamadas mesorregiões, onde essa divisão é composta por 7 mesorregiões, que são divididas em 32 microrregiões, que por sua vez são divididas nos 417 municípios que compõem o estado. O objetivo da análise de dados elaborada para a construção deste trabalho foi demonstrar as principais praças com potencial de produção de energia solar fotovoltaica do estado da Bahia, apresentando resultados com base em mesorregiões, microrregiões e municípios, respectivamente. A análise utiliza como indicadores os parâmetros de Irradiação Direta Normal e Irradiação Difusa.

### **4.1 Mesorregiões**

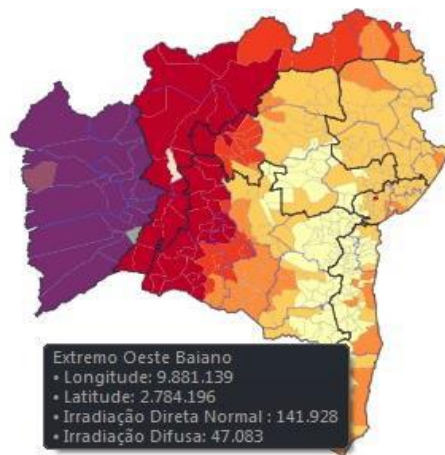
Os primeiros resultados da análise utilizando o parâmetro de Irradiação Direta Normal, demonstram as mesorregiões que apresentaram as maiores e menores capacidades de geração de energia solar fotovoltaica no período anual de 2017, as quais conforme tal indicador estão respectivamente exibidas na Figura 1 e na Figura 2.

**Figura 1:** Mesorregião Centro Sul Baiana, maior captação de Irradiação Direta Normal no ano de 2017.



Fonte: Elaborado pelos autores.

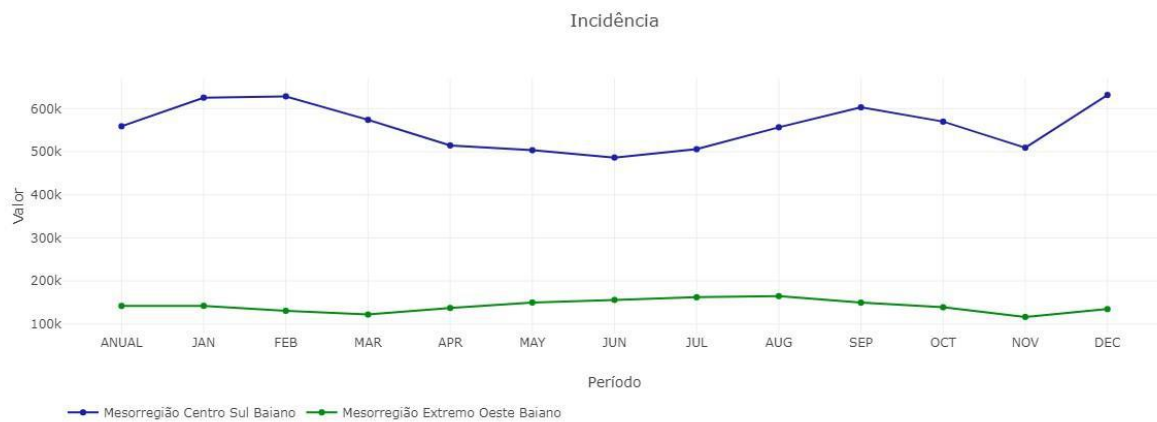
**Figura 2:** Mesorregião Extremo Oeste Baiana, menor captação de Irradiação Direta Normal no ano de 2017.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Analisando a Figura 1, nota-se que a mesorregião Centro Sul Baiano tem destaque por apresentar maior potencial de geração solar utilizando o indicador de Irradiação Direta Normal, apresentando 559.131 Wh/m<sup>2</sup> por dia no período anual de 2017. Na Figura 2 pode-se ver que a mesorregião Extremo Oeste Baiano apresenta menor potencial de geração utilizando o mesmo indicador, conferindo 141.928 Wh/m<sup>2</sup> por dia no período anual de 2017. O gráfico a seguir permite observar que há uma grande diferença nos números relativos ao potencial de produção solar fotovoltaica entre as mesorregiões da Bahia. Esses detalhes podem ser visualizados na Figura 3.

**Figura 3:** Comparativo entre as mesorregiões com maior e menor captação de Irradiação Direta Normal no ano de 2017, mês a mês.

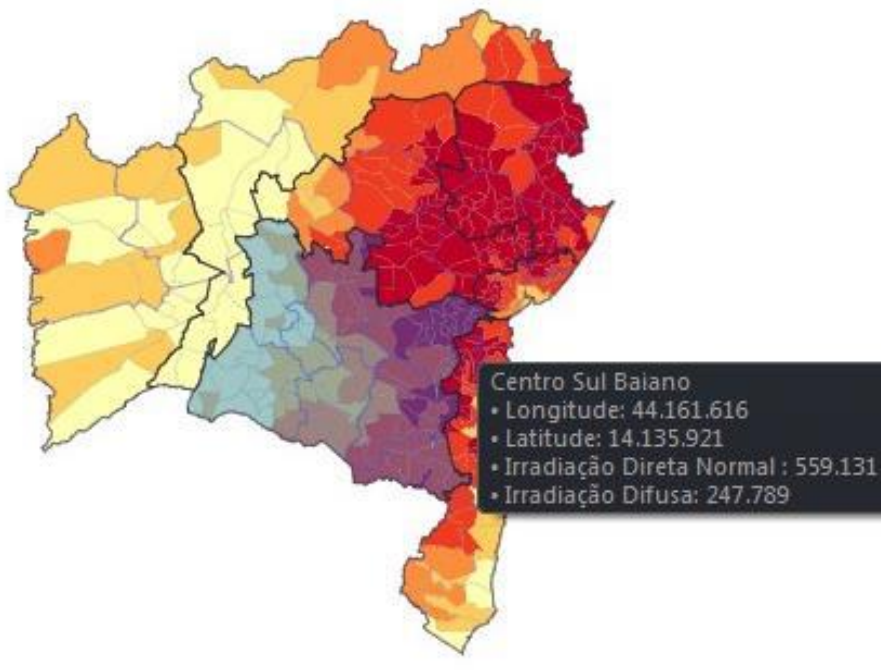


Fonte: Elaborado pelos autores.

Um comparativo das mesorregiões com os maiores e menores potenciais de captação de energia utilizando o parâmetro de Irradiação Direta Normal pode ser estabelecido, onde a mesorregião Centro Sul Baiano estabelece uma diferença de 417.203 Wh/m<sup>2</sup> por dia em relação à mesorregião Extremo Oeste Baiano, que apresenta 141.928 Wh/m<sup>2</sup> por dia no período anual de 2017, como pode ser notado na Figura 3.

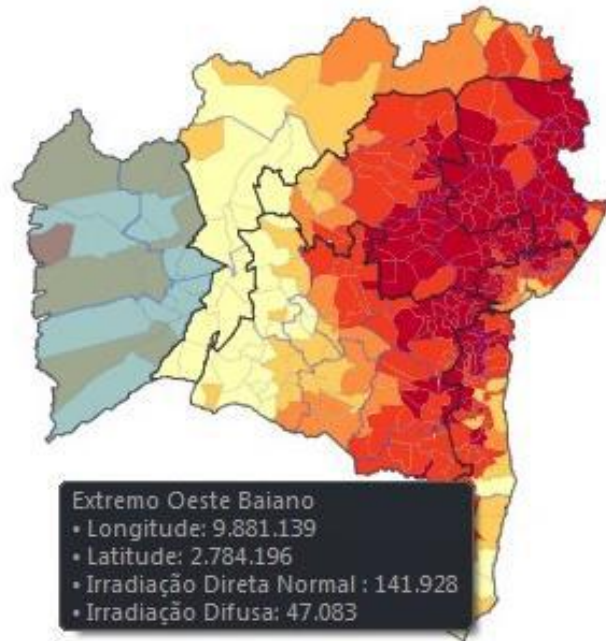
Após a utilização e análise do parâmetro de Irradiação Direta Normal, o indicador de Irradiação Difusa foi empregado para avaliar os mesmos dados, de forma a demonstrar quais são as mesorregiões do estado da Bahia que tem os maiores e menores potenciais de geração utilizando tal parâmetro. Logo, podem ser respectivamente vistos na Figura 4 e na Figura 5.

**Figura 4:** Mesorregião Centro Sul Baiana, maior captação de Irradiação Difusa no ano de 2017.



Fonte: Elaborado pelos autores.

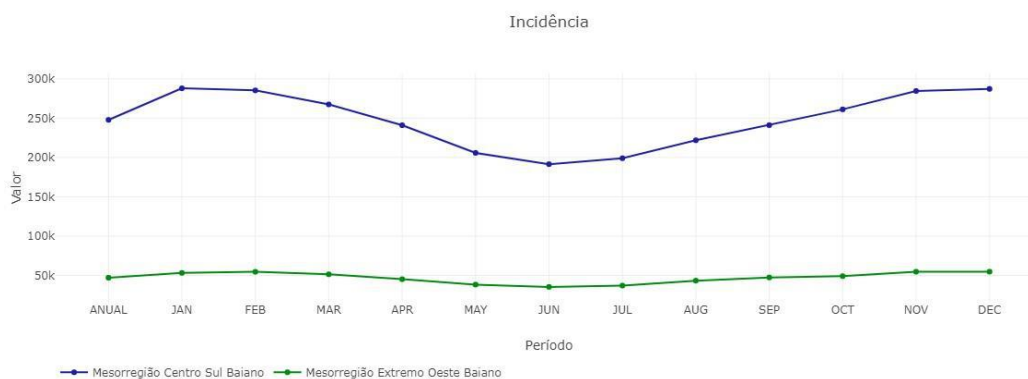
**Figura 5:** Mesorregião Extremo Oeste Baiano, menor captação de Irradiação Difusa no ano de 2017.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Das 7 mesorregiões presentes no estado baiano, o Centro Sul Baiano aparece na Figura 4 com o maior potencial de captação de energia através do parâmetro de Irradiação Difusa no período anual de 2017. Já considerando o menor potencial de produção de energia, adotando o mesmo período anual, e conforme o mesmo parâmetro, é destacada na Figura 5, a mesorregião Extremo Oeste Baiano. A seguir, é possível observar na Figura 6, um gráfico com o comparativo entre as mesorregiões da Bahia que apresentaram maior e menor potencial de geração baseado no indicador de Irradiação Difusa no ano de 2017.

**Figura 6:** Comparativo entre as mesorregiões que apresentaram maior e menor captação de Irradiação Difusa no ano de 2017, mês a mês.



Fonte: Elaborado pelos autores.

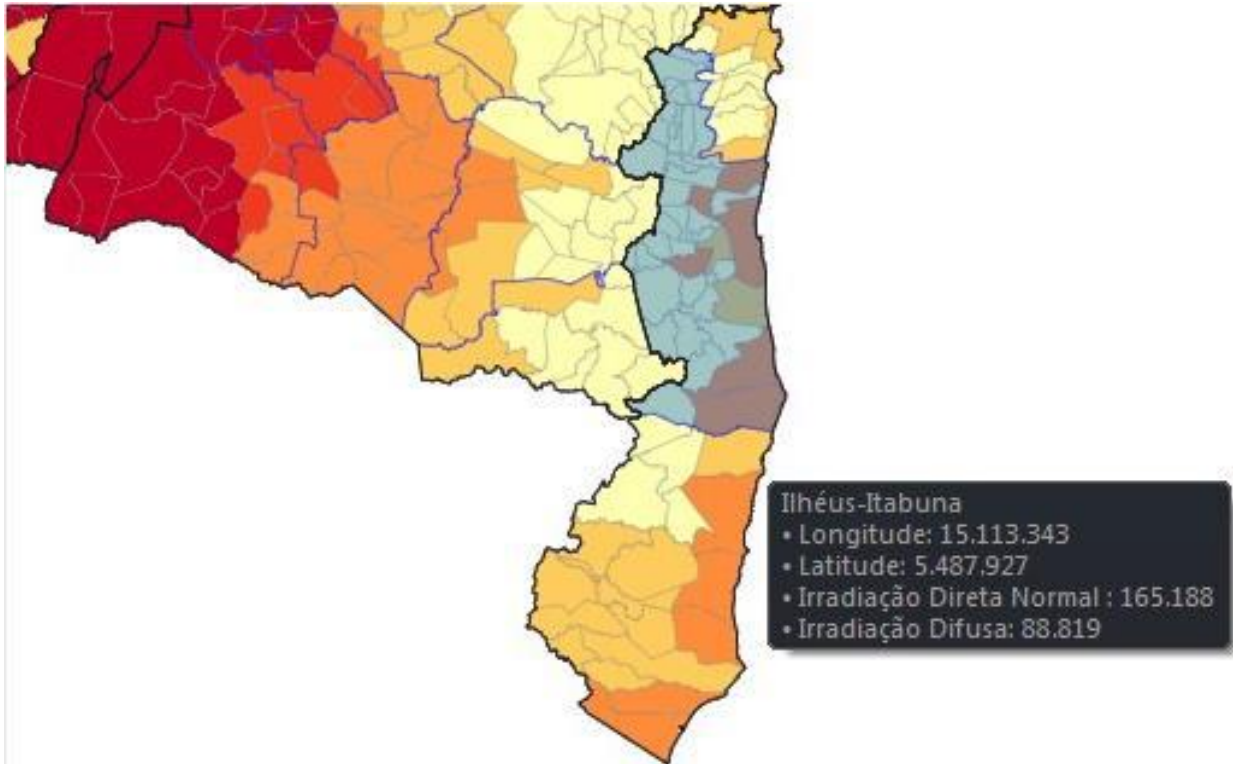
O comparativo apresentado pela Figura 6 mostra em números a diferença entre as mesorregiões com maior e menor potencial de geração solar de energia, considerando o atributo de Irradiação Difusa.

#### 4.2 Microrregiões

Em continuidade, a análise possibilitou gerar dados relacionados às microrregiões, também utilizando os dois

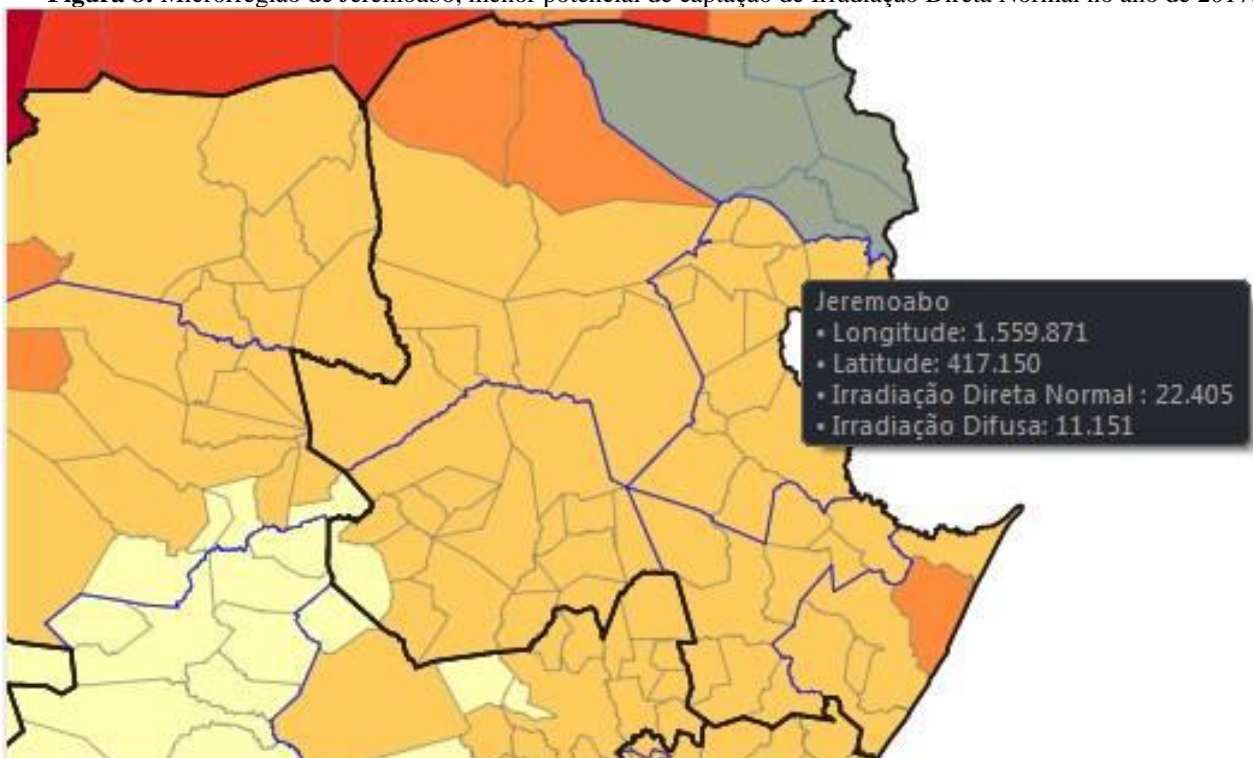
indicadores já mencionados, de forma a apresentar as microrregiões com as maiores e menores captções de energia solar para cada indicador no período anual de 2017. Tais microrregiões podem ser notadas na Figura 7 e na Figura 8.

**Figura 7:** Microrregião de Ilhéus-Itabuna, maior captação de Irradiação Direta Normal no ano de 2017.



Fonte: Elaborado pelos autores.

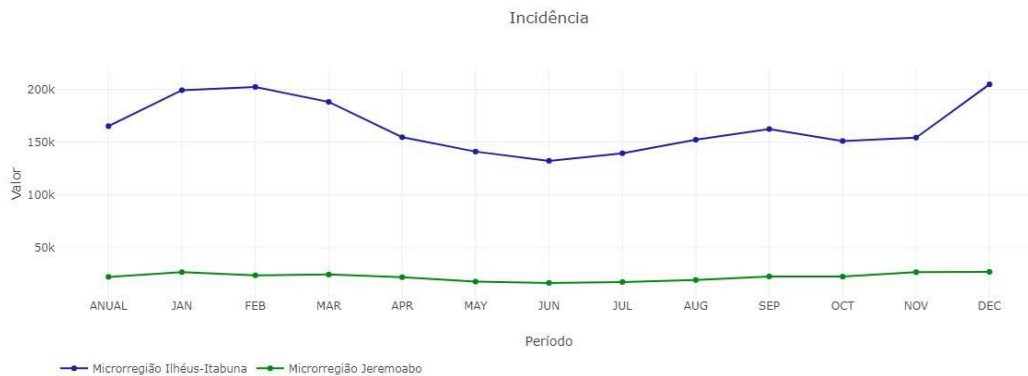
**Figura 8:** Microrregião de Jeremoabo, menor potencial de captação de Irradiação Direta Normal no ano de 2017.



Fonte: Elaborado pelos autores.

É evidenciado pela Figura 7 à microrregião Ilhéus-Itabuna, que apresenta maior potencial de geração de 165.188 Wh/m<sup>2</sup> por dia, utilizando o indicador de Irradiação Direta Normal no período anual de 2017. A Figura 8 mostra em detalhe os dados sobre a microrregião com menor potencial de geração, adotando mesmos parâmetro e período anual, sendo Jeremoabo, por apresentar 22.405 Wh/m<sup>2</sup> por dia no período. O comparativo entre tais microrregiões da Bahia é visto na Figura 9.

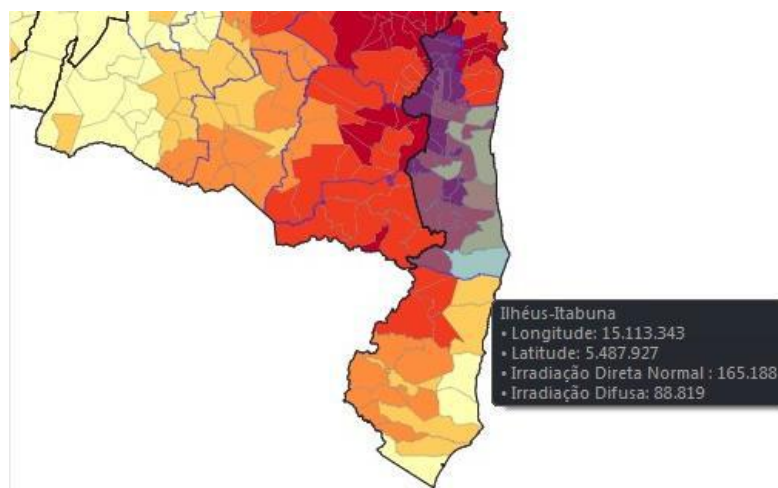
**Figura 9:** Comparativo do potencial de captação entre as microrregiões, utilizando o parâmetro de Irradiação Direta Normal no ano de 2017, mês a mês.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Adotando o parâmetro de Irradiação Direta Normal, é possível visualizar através da Figura 9 o comparativo de capacidade de captação entre as microrregiões com maior e menor potencial, respectivamente. Empregando o indicador de Irradiação Difusa, é possível avaliar também as duas microrregiões com os maiores e menores potenciais de captação de energia solar no período anual de 2017, conforme a Figura 10 e a Figura 11.

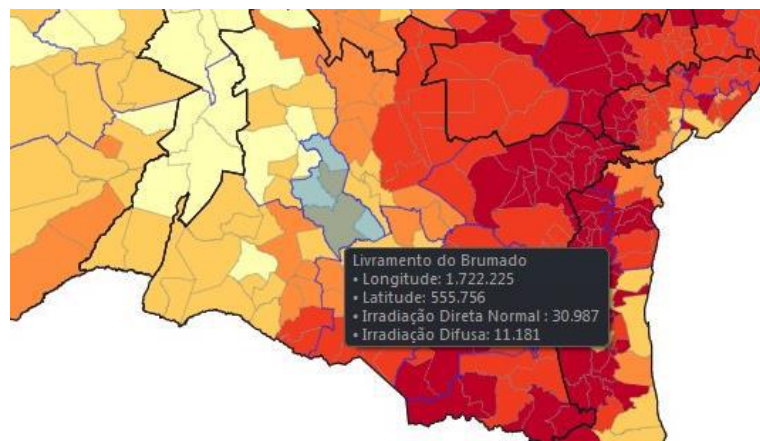
**Figura 10:** Microrregião de Ilhéus-Itabuna, maior potencial de captação de Irradiação Difusa no período anual de 2017.



Fonte: Elaborado pelos autores.



**Figura 11:** Microrregião de Livramento do Brumado, menor potencial de captação de Irradiação Difusa no ano de 2017.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A microrregião Ilhéus-Itabuna, além de apresentar maior potencial de geração de energia aplicando o indicador anterior, Irradiação Direta Normal, também despontou com maior produção solar ao se empregar o parâmetro de Irradiação Difusa, no período anual de 2017, conforme afirma a Figura 10. A microrregião de Livramento do Brumado, analisando a Figura 11, demonstra a menor capacidade de captação ao se adotar tal indicador no mesmo período. Ainda adotando este parâmetro, é possível visualizar através da Figura 12 o comparativo de captação entre as microrregiões.

**Figura 12:** Comparativo entre as microrregiões com maior e menor captação de Irradiação Difusa no ano de 2017, mês a mês.



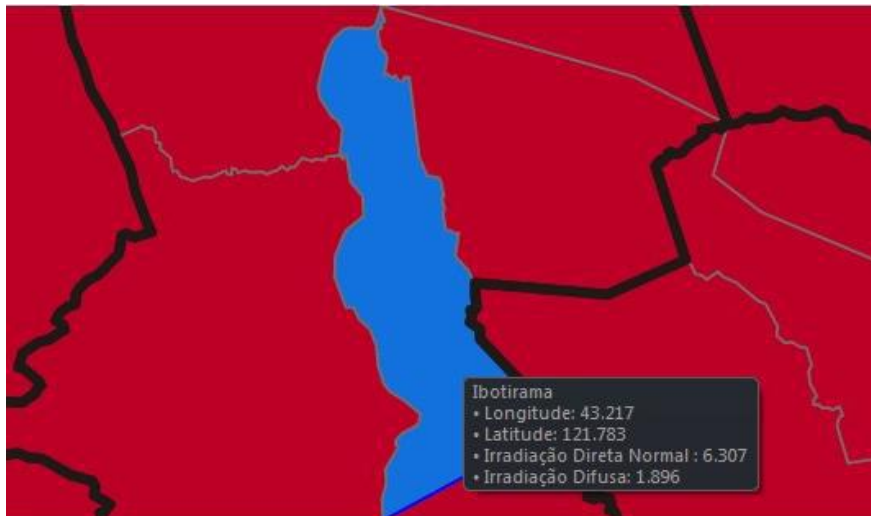
Fonte: Elaborado pelos autores.

Embasado nos dados da Figura 12 nota-se o comparativo da captação mensal de Irradiação Difusa no ano de 2017 entre as microrregiões com maior e menor potencial de produção de energia solar, respectivamente.

### 4.3 Municípios

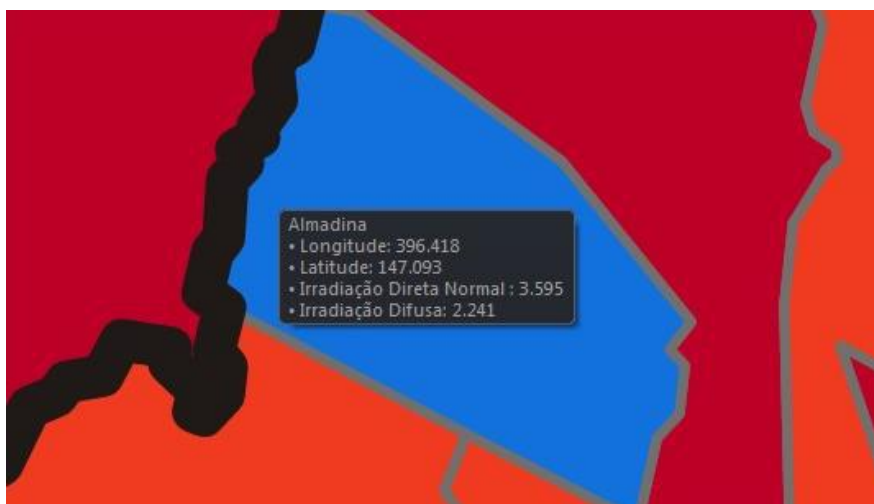
Manipulando a ferramenta VYR, possibilitou-se obter um modelo de visualização capaz de demonstrar um detalhamento dos dados por município, que é capaz de evidenciar dados específicos de cada cidade. A Figura 13 e a Figura 14 ilustram os municípios da Bahia com maior e menor Irradiação Direta Normal durante o período anual de 2017.

**Figura 13:** Dados do município de Ibotirama. Localidade com maior potencial de captação de Irradiação Direta Normal no ano de 2017.



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 14:** Dados da cidade de Almadina. Município com menor potencial de captação de Irradiação Direta Normal no ano de 2017.

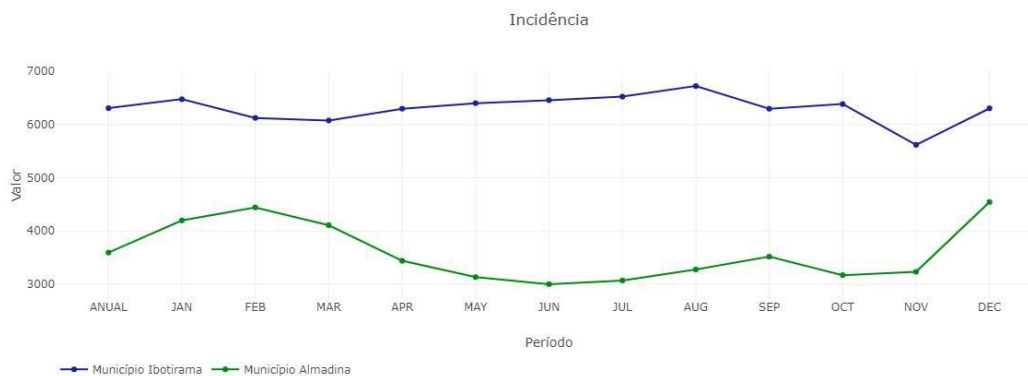


Fonte: Elaborado pelos autores.

A cidade de Ibotirama, conforme Figura 13, é a localidade com maior potencial de geração de energia ao se utilizar o parâmetro de Irradiação Direta Normal durante o ano de 2017. É possível também avaliar informações detalhadas sobre a cidade com menor capacidade de geração de energia empregando o mesmo indicador durante o período anual de 2017. Nesse caso, como indica a Figura 14, se apresenta o município baiano de Almadina.

Com a análise dos dados é observado que há uma diferença de 2712 Wh/m<sup>2</sup> por dia entre o município com maior potencial de geração de energia através da Irradiação Direta Normal, como já registrado, a cidade de Ibotirama, que figura 6.307 Wh/m<sup>2</sup> por dia e o município com menor potencial de geração, a cidade de Almadina, apresentando 3.595 Wh/m<sup>2</sup> por dia, configurando uma grande disparidade entre essas cidades. O gráfico a seguir, Figura 15, demonstra o comparativo entre as duas cidades, respectivamente, com maior e menor potencial de produção solar.

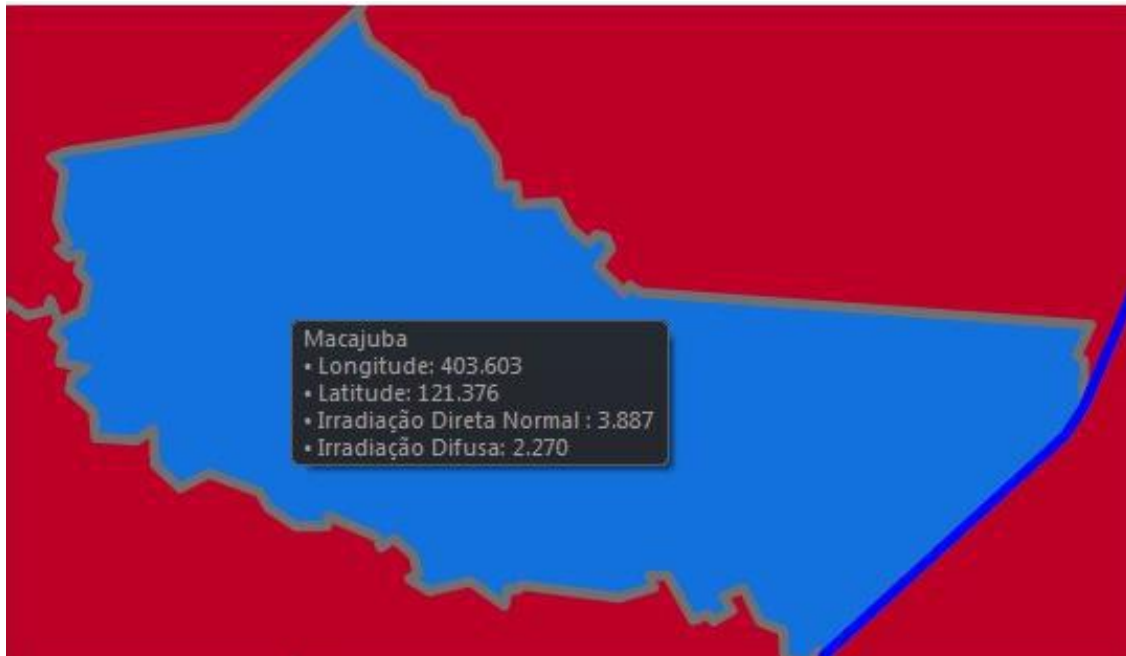
**Figura 15:** Comparativo entre as localidades com maior e menor captação de Irradiação Direta Normal no ano de 2017, mês a mês.



Fonte: Elaborado pelos autores.

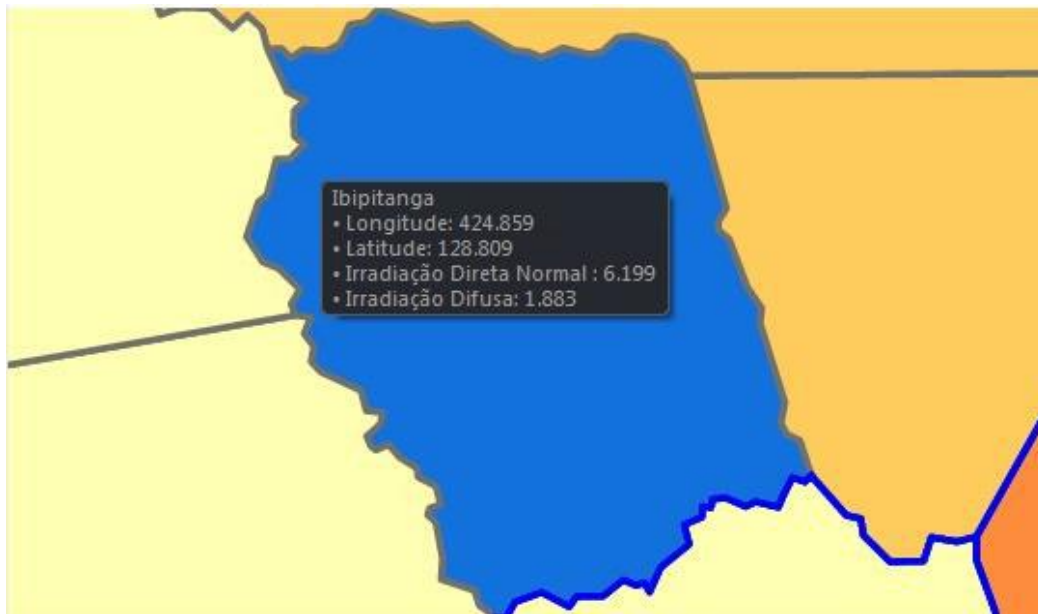
A incidência do indicador Irradiação Direta Normal durante todo o período do ano de 2017, expresso mês a mês, conforme demonstrado na Figura 15, é expresso entre as cidades de Ibotirama e Almadina, as quais apresentaram maior e menor potencial de geração adotando tal indicador. A Figura 16 e a Figura 17 mostram os municípios baianos com maior e menor Irradiação Difusa durante o período anual de 2017.

**Figura 16:** Dados do município de Macajuba. Localidade com maior potencial de captação de Irradiação Difusa no ano de 2017.



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 17:** Dados da cidade de Ibitipanga. Município com menor potencial de captação de Irradiação Difusa no ano de 2017.

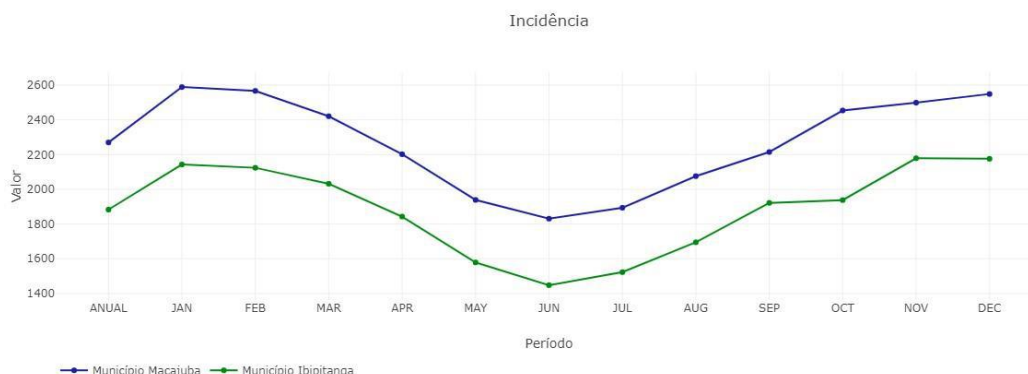


Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao empregar o atributo Irradiação Difusa, é possível observar através da Figura 16, que a cidade de Macajuba apresenta o maior potencial de geração solar durante o período anual de 2017. Em contrapartida, adotando o mesmo parâmetro e período, a cidade de Ibitipanga, destacada na Figura 17, apresenta o menor potencial de produção.

Quando se aplica o indicador Irradiação Difusa, é perceptível uma diminuição considerável da diferença no potencial de captação para geração de energia se comparado à diferença de 2712 Wh/m<sup>2</sup> por dia entre os dois municípios utilizando o parâmetro de Irradiação Direta Normal. Com a Irradiação Difusa, a cidade de Macajuba figura 2.270 Wh/m<sup>2</sup> por dia, diante de 1883 Wh/m<sup>2</sup> por dia expressos pela cidade de Ibitipanga. Tal fato consiste em uma diferença de 387 Wh/m<sup>2</sup> por dia, considerando o período anual do ano de 2017. O gráfico a seguir, Figura 18, demonstra o comparativo entre os dois municípios, respectivamente, com maior e menor potencial de geração solar.

**Figura 18:** Comparativo entre os municípios com maior e menor captação de Irradiação Difusa no ano de 2017, mês a mês.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O comparativo, mês a mês, entre as cidades que apresentaram, respectivamente, o maior e menor potencial de captação de Irradiação Difusa no período anual de 2017, é visto na Figura 18. A análise de dados realizada contribui para o entendimento da geração de energia fotovoltaica na Bahia e traz importantes indicadores relacionados à sua capacidade nas localidades apresentadas. É possível ainda utilizar tais dados como base estratégica e fomento para a tomada de decisão de

vários setores da economia, tanto por parte de gestores, como pela população de uma maneira mais ampla.

É almejado por parte da sociedade brasileira que este processo de produção energético limpo e sustentável torne-se um dia consolidado e demonstre mais eficiência, em termos usuais, das tecnologias renováveis. Que este contexto se sobreponha à geração orientada às fontes não renováveis e processos que agridem irreversivelmente o meio ambiente. A pesquisa e a formação do conhecimento na área tecnológica podem contribuir não somente para tornar os processos de produção de energia mais eficazes, mas também torná-los, de fato, democráticos e acessíveis.

## 5. Considerações Finais

Diante da necessidade cada vez maior da diversificação das fontes de geração de energia, é notório que a produção de energia solar apresente características mais que satisfatórias para a sua integração a matriz energética brasileira, de forma a compô-la permanentemente. Os resultados obtidos por pesquisas de diversas magnitudes, com bases de dados diversificados e experimentos apresentam tal realidade, consolidação e pertinência.

Em um contexto onde a maior parte da demanda de energia do país é suprida por fontes não renováveis e uma possível escassez hídrica que dure longos períodos, ou mesmo constante, se aponta um fator de risco e preocupação. À estes são somados a poluição atmosférica oriunda da queima de combustíveis fósseis para gerar eletricidade e como agravantes as constantes queimadas e o desmatamento, que assolam a flora e a fauna nacional, e contribuem para os períodos de estiagem. Logo, a geração solar surge como peça chave, já que o Brasil como um todo, tem capacidade de produção de energia, exponencial, constante, geográfica e altamente disponível.

De um modo geral, na análise realizada neste trabalho, o estado da Bahia mostrou-se consideravelmente capaz de contribuir com o contexto nacional referente à capacidade de geração de energia solar FV. Foram demonstradas as principais praças de potencial geração do recurso solar no Estado. Nesta análise detalhada por municípios, microrregiões e mesorregiões permitiu-se entregar resultados sólidos no tocante a capacidade de produção fotovoltaica nas localidades baianas.

Dentre as limitações que encaixam este estudo são apontados: os altos custos de aquisição inicial da tecnologia FV, a baixa capacidade de armazenamento do recurso, o ínfimo incentivo governamental e poucos estudos sobre os impactos provenientes do descarte dos painéis solares.

A informação concebida por esta pesquisa, somada as contribuições dos trabalhos relacionados que foram citados nesse artigo, podem servir ao cidadão em seu sentido amplo e múltiplo como usuário. Aos gestores, tanto do setor privado quanto do setor público, nos processos de tomada de decisões, frente a projetos de implantação de praças solares em determinada região baiana. Desta forma, o retorno esperado sobre o investimento pode resultar no mais satisfatório possível e tornar mais viável e eficaz as possíveis aplicações em infraestrutura, tecnologia e capacitação. Fatores que podem gerar valor as entidades públicas e privadas que atuam no estado.

Para trabalhos futuros, ao se adotar como base tais indicadores engendrados, sugere-se o desenvolvimento de estudos sobre a viabilidade técnica, logística e econômica da região. Tais pesquisas, se concretizadas, podem gerar projetos que irão melhorar a ótica ambiental e social, reduzir seus custos e, expandir sua disponibilidade.

## Referências

- Alencar, C. A., Stedile, R., & Junior, J. U. (2018). Estudo da Complementariedade da Geração de Energia entre as Fontes Solar e Hidráulica. *Revista Brasileira de Energia Solar*, 9(1), 58-67.
- Amaral, F. (2016). *Introdução à ciência de dados: mineração de dados e big data*. Alta Books Editora.
- Barbosa Filho, W. P., Ferreira, W. R., de Azevedo, A. C. S., Costa, A. L., & Pinheiro, R. B. (2015). Expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil: impactos ambientais e políticas públicas. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 4, 628-642.

- Bell, G., Hey, T., & Szalay, A. (2009). Beyond the data deluge. *Science*, 323(5919), 1297-1298.
- Bortoloto, V. A., Souza, A. J., Gois, G., Martins, M. A., Berghe, M. J., & Montanha, G. K. (2017). Geração de Energia Solar On Grid e Off Grid. In *VI JORNACITEC-Jornada Científica e Tecnológica*.
- Braga, M., Campos, R. A., do Nascimento, L. R., Santos, E. M., & Rütther, R. (2018). Avaliação de desempenho de diferentes tecnologias fotovoltaicas em Irecê, BA. In *VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS 2018*.
- BRASIL. (2012). Resolução Normativa nº 482, de 2012 da ANEEL.
- BRASIL. (2015). Resolução Normativa nº 687, de 2015 da ANEEL.
- Bulhões, R. L., & Santos, A. A. B. (2018). Emprego do processo analítico hierárquico para priorização de regiões para instalação de usinas solares fotovoltaicas—estudo de caso no estado da Bahia.
- Camargo Schubert Engenheiros. Associados; AWS TRUEPOWER; FIEB/SENAI CIMATEC. (2018). Atlas solar: Bahia. *Curitiba, PR*.
- Cruz, D. T. (2015). *Micro e minigeração eólica e solar no Brasil: propostas para desenvolvimento do setor* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- da Costa Corte Imperial Sr, L. (2014). Análise do potencial do recurso solar na bahia a partir de software de informação geográfica baseado na web. In *12ª Feira de Ciências e 3ª Mostra de Iniciação Científica (FEMMIC 2014)*.
- de Oliveira, T. F., de Souza, K. B., Neto, J. F. R., & da Rocha Couto, E. (2018). A matriz energética baiana e o potencial de aproveitamento solar e eólico na geração de energia elétrica no estado da Bahia. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, 1-17.
- de Souza, A., & Aristone, F. (2016). Estudo da eficiência energética de células fotovoltaicas em função da radiação solar no Centro-Oeste Brasileiro. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, 115-128.
- dos Reis, L. B., & Santos, E. C. (2015). *Energia elétrica e sustentabilidade: aspectos tecnológicos, socioambientais e legais*. Editora Manole.
- Fontes, F. A. D. S., & Bastos, P. R. F. M. A. (2012). Experiência com Geração Fotovoltaica no Estado da Bahia. *Proc. 2012 IV Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos*.
- Gil, A. C. (2019). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. (7a ed.), Editora Atlas SA.
- Gomes, A. C., Matos, V. S., Wanderley, V. D. S. A., Gonçalves, G. B., Cortes, L. R. C., & Soriano, F. R. (2020). Análise do potencial de geração fotovoltaica no estado da Bahia.
- Imhoff, J. (2007). Desenvolvimento de conversores estáticos para sistemas fotovoltaicos autônomos.
- Incropera, F. P., DeWitt, D. P., Bergman, T. L., & Lavine, A. S. (2008). Fundamentos de Transferência de Calor e Massa. (6a ed.). LTC.
- Lana, L. T. C., Almeida, E., Dias, F. C. L. S., Rosa, A. C., do Espírito Santo, O. C., Sacramento, T. C. B., & Braz, K. T. M. (2015). Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográfica. *Engenharias On-line*, 1(2), 21-33.
- Martins, F. R., Pereira, E. B., Gonçalves, A. R., Costa, R. S., Lima, F. D., Rütther, R., & Souza, J. D. (2017). Atlas brasileiro de energia solar. *São José dos Campos: Inpe*, 1.
- Nascimento, R. S., & Alves, G. M. (2016). Fontes alternativas e renováveis de energia no Brasil: Métodos e benefícios ambientais. *XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência—Universidade do Vale do Paraíba*.
- Oliveira, H. A. D. (2016). Desenvolvimento de controle para inversor de tensão na geração de energia elétrica por meio de placas fotovoltaicas.
- Pacheco, B. B. M., & Disconzi, M. S. (2019). Ciência de Dados: Enfoque no Desafio do Processamento. *Research, Society and Development*, 8(11), 128111444.
- Pereira, B. G., Maia, J. M. B., & Lora, F. A. (2019). Utilização de sistemas solares para mini e microgeração na Bahia.
- Pereira, F., & Oliveira, M. (2011). Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica. Porto: *Publindústria*.
- Pereira, G. F., da Silva Neto, J. F., Gomes, K. C., & Marden, S. (2017). Energia solar no semiárido brasileiro: levantamento do potencial e aplicações.
- Pereira, N. X. (2019). Desafios e perspectivas da energia solar fotovoltaica no Brasil: geração distribuída vs geração centralizada.
- Pinho, J. T., & Galdino, M. A. (2014). Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. 1, 47-499.
- Porto, F., & Ziviani, A. (2014). Ciência de dados. *III Seminário de Grandes Desafios da Computação no Brasil, Rio de Janeiro, RJ*.
- Santos, F. D. R., Mariano, J. D. A., Sestrem, J. A., & Urbanetz, J. (2019). Analysis of solar photovoltaic energy potential in Brazilian hydroelectric reservoirs through floating panels. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 62.
- Severino, M., & OLIVEIRA, M. F. (2010). Tecnologias de Geração Distribuída para Atendimento a Comunidades Isoladas. *Energia, Economia, Rotas Tecnológicas: textos selecionados, Palmas*, ano, 1, 265-322.
- Souza, H. L. D. D., & Novais, R. L. (2021). *Visualize Your Region (VYR) - Visualização de Dados sob Perspectiva Regionalizada*.

Souza, S. (2014). Implementação do sistema fotovoltaico conectado à rede no centro universitário jorge amado: estudo de caso no estacionamento do campus Paralela – Salvador/BA.

Strangueto, K. M. (2016). Estimativa do potencial brasileiro de produção de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos flutuantes em reservatórios de hidroelétricas. *Campinas: Universidade Estadual de Campinas*.

Teixeira, W. D. P. (2021). Análise do ciclo de vida de componentes de painel fotovoltaico: estudo do berço-ao-portão.

UNIFACVEST, C. U., & Weber, L. G. (2019). Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia: estudo de caso.

Vieira, C. S., Palmeira, A. da S., Silva, W. J. D. da, Dias, P. M. A., Nascimento, E. G. S., & Moreira, D. M. (2019). Previsão da irradiação solar a curto prazo usando o modelo WRF. *Blucher Engineering Proceedings*. Presented at the V Simpósio Internacional de Inovação e Tecnologia, Salvador, Brasil. 10.5151/siintec2019-87.

Villalva, M. G., & Gazoli, J. R. (2012). Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. *Érica*, 2.