



## ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NO ESTADO DA BAHIA

Adjeferson Custódio Gomes\*<sup>1</sup>, Victor Santos Matos<sup>1</sup>, Vinícius de Souza Andrade Wanderley<sup>1</sup>, Giovanna Buscatti Gonçalves<sup>1</sup>, Luís Ricardo Cândido Cortes<sup>2</sup> e Fabiano Rodrigues Soriano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UESC – Universidade Estadual de Santa Cruz

<sup>2</sup>FEELT – Universidade Federal de Uberlândia

**Resumo** - A análise do potencial de geração fotovoltaica de uma região de interesse é de fundamental importância para o estudo da viabilidade de implantação deste tipo de sistema. Este trabalho focou na análise dos dados referentes ao perfil solar da Bahia, iniciando por uma abordagem geral das variáveis envolvidas, com posterior estudo de caso em um sistema simulado a fim de avaliar contrastes entre localidades. Como resultado de ambas análises, houve a constatação de que o estado apresenta grande potencial de geração via aproveitamento do recurso solar nas duas modalidades apresentadas, geração distribuída e centralizada.

**Palavras-Chave** - Bahia, Geração Centralizada, Geração Distribuída, Fotovoltaica, Potencial Fotovoltaico.

### ANALYSIS OF THE POTENTIAL OF PHOTOVOLTAIC GENERATION IN THE STATE OF BAHIA

**Abstract** - An analysis of the photovoltaic generation potential of a region is of fundamental interest for the study of the feasibility of implementing this type of system. This work focuses on the analysis of the data to the solar profile of Bahia, starting, through a general approach of the variables involved, with a subsequent study case in a simulated system in order to evaluate contrasts between localities. As a result of both analyzes, there has been a realization that they are of great potential for generation through both a distributed and centralized system.

**Keywords** - Bahia, centralized generation, distributed generation, photovoltaic, photovoltaic potential.

#### I. INTRODUÇÃO

Atualmente, a utilização da irradiação solar para geração de eletricidade vem recebendo grande atenção como uma alternativa limpa e renovável, características extremamente atrativas em vista da crescente preocupação com questões ambientais e de esgotamento de fontes não renováveis.

No Brasil, a geração fotovoltaica já se configura, junto com a energia eólica, como uma das mais promissoras formas de diversificação da matriz energética [1].

\*acgomes@uesc.br

O estado da Bahia, foco deste trabalho apresenta um ambiente extremamente favorável à implementação de sistemas de aproveitamento do recurso solar, devido à sua localização na região tropical, o que acarreta na grande incidência de radiação da esfera solar [1].

Destarte, acaba sendo um dos estados com maior atratividade para investimentos neste setor, finalizando o ano de 2017 com 36 projetos vencedores em leilões realizados pela ANEEL, totalizando 1006 MW a ser instalado até 2021 [1].

Este trabalho busca analisar o potencial de geração fotovoltaica baiano, com base em dados climatológicos da região. Para tal, fora realizada uma discussão acerca das variáveis envolvidas no processo e como as mesmas influenciam no aproveitamento das placas utilizadas.

Por fim, fora realizado um estudo de caso objetivando a comparação dos potenciais de geração distribuída entre o estado da Bahia e de São Paulo, realizando um levantamento de dados das capitais de cada um: a cidade de Salvador (BA) e de São Paulo (SP).

#### II. GERAÇÃO SOLAR

##### A. Caracterização do recurso solar

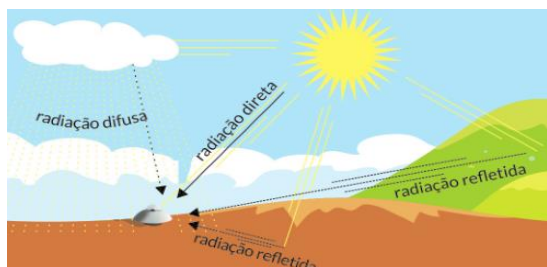
Para a determinação da viabilidade técnica da implantação de um sistema de aproveitamento fotovoltaico, é imprescindível o entendimento das variáveis envolvidas no processo de geração.

A atmosfera terrestre afeta a distribuição dos raios solares incidentes sobre uma determinada região do globo. Ao adentrá-la, acabam por interagir com a mesma, o que acarreta na alteração de sua direção de propagação. Assim sendo, os raios incidentes, constituem-se, em geral, de dois componentes principais [3]: a irradiância difusa horizontal e a irradiância normal direta, as quais podem ser vistas na Figura 1.

- Irradiância Global Horizontal: Corresponde ao total de energia solar que atinge a superfície terrestre em uma determinada região.
- Irradiância Difusa Horizontal: é a parcela da radiação que é desviada de sua trajetória original pela atmosfera atingindo a superfície no plano horizontal.

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

Figura 1 - Decomposição da irradiação solar [1].



Além disso, existem ainda outros parâmetros de extrema importância na descrição do potencial solar de uma região [4]:

- 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 Organização Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization - WMO) como  $120 \text{ W/m}^2$ .
- Temperatura: exerce forte influência no desempenho das placas solares. Maiores temperaturas acarretam em menores rendimentos das placas.
- Velocidade e direção do vento: aparecem 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.

## B. As placas fotovoltaicas

Os painéis solares são os principais componentes dos sistemas de geração fotovoltaica. São os responsáveis pela conversão da radiação solar incidente em energia elétrica. A depender de suas características construtivas, as células constituintes dos painéis, podem ser classificadas de acordo com o material utilizado em três gerações, as quais são [2]:

1ª Geração: enquadram-se nesta categoria aquelas construídas com silício cristalino. Estas ainda são divididas em silício monocristalino e policristalino, Figura 2.

As placas de silício monocristalino são mais eficientes, entretanto, custam mais caro devido aos processos a que são submetidas para garantir o nível de pureza desejado, o qual reflete em sua característica cor uniforme. Já as placas de silício policristalino apresentam menor eficiência, mas são mais atrativas por seu menor custo, sendo assim mais utilizadas.

2ª Geração: engloba os painéis construídos a partir da tecnologia de filmes-finos, Figura 3. Estes trazem consigo a grande vantagem de requererem menor gasto energético e de matéria-prima em sua fabricação, contribuindo para a redução de custos. São menos eficientes que os tipos anteriores.

3ª Geração: englobam as células orgânicas ou poliméricas, as quais constituem um grupo de células ainda em fase de desenvolvimento e produção em pequena escala. Podem ainda

ser classificadas de acordo com o material do qual são constituídos [4]:

- Silício amorfo (a-Si);
- Telureto de cádmio (CdTe);
- Cobre, índio e gálio seleneto (CIS / CIGS);
- Células solares fotovoltaicas orgânicas (OPV);

Figura 2 - Aspecto visual de placas de silício monocristalino x policristalino [2].

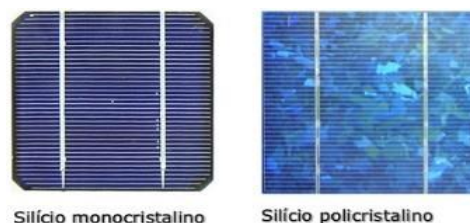


Figura 3 - Placas solares de filme-fino [3].



## C. Eficiência das placas fotovoltaicas

A eficiência energética de módulos fotovoltaicos depende das condições ambientais de funcionamento, tais como a temperatura, a intensidade da irradiação solar, o ângulo de inclinação e tipo de módulos solares [5].

Em condições laboratoriais, é possível a confecção de painéis com eficiências superiores a 24%, porém comercialmente os valores típicos de eficiência das placas variam entre 13% e 19% [2].

Nos laboratórios, os testes de eficiência são feitos sob condições normais de ensaio (Standard Testing Conditions - STC). Entretanto, tratam-se de condições restritas que, em geral, não traduzem a realidade brasileira, onde as temperaturas de operação das placas atingem facilmente valores superiores a  $25^\circ\text{C}$ , o que diminui a eficiência de geração.

Assim, na aquisição dos painéis, devem ser escolhidos aqueles com o menor coeficiente de temperatura, o qual identifica o grau de sensibilidade da eficiência da placa em função da temperatura [6].

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.

A Tabela 1 elenca os principais tipos de tecnologias empregados e mostra uma comparação dos rendimentos obtidos a partir da utilização de cada material.

Tabela 1 - Eficiência de células e módulos fotovoltaicos [2].

Material	Célula	Módulo
Silício monocristalino	14 a 25%	14 a 21%
Silício policristalino	20%	13 a 16,5%
Orgânicas	12%	7 a 12%
Filmes finos	9 a 16%	7 a 13%
Silício amorfo	9%	6 a 9%
Telureto de Cádmio	14,4%	9 a 11%

#### D. Geração centralizada

Em termos gerais, a geração centralizada é traduzida como grandes centrais geradoras com grandes capacidades instaladas, buscando o máximo aproveitamento da irradiação solar local [1].

A potência gerada será função tanto da irradiância local, quanto da eficiência das placas utilizadas, a qual, vai depender do módulo e do perfil do meio onde serão instaladas.

Além disso, por se tratar de um complexo, a área ocupada é considerável. Ou seja, a implementação de um parque solar passa a gerar preocupações ambientais, sendo inviáveis em áreas protegidas e podendo gerar conflitos com comunidades locais.

Apesar disso, a geração centralizada possibilita o maior aproveitamento dos recursos de uma região, uma vez que torna possível uma potência gerada de centenas de megawatts.

Na Bahia, o Complexo Lapa, Figura 4, começou a gerar energia em maio de 2017 e está a operar em capacidade total. O complexo é composto por dois parques, Bom Jesus da Lapa (80 MW) e Lapa (78 MW) totalizando 158 MW, sendo atualmente o maior do Brasil.

Figura 4 - Geração centralizada- Complexo Lapa [15].



#### E. Geração distribuída

Em contrapartida, na geração distribuída a área requerida é restrita aos locais disponíveis, que podem ser residências ou mesmo edificações industriais [1]. A Figura 5 exibe placas fotovoltaicas instaladas em residências populares no município de Juazeiro - BA. Essas instalações são, em geral constituídas por painéis fixos e inclinados de forma a obter o máximo aproveitamento do potencial solar do local de instalação.

Quando se tratando de instalações isoladas, ou seja, não conectadas à rede, há ainda a possibilidade de utilização de baterias para possibilitar o armazenamento da energia gerada para utilização nos momentos de demanda. O conjunto de baterias necessárias encarece o projeto, seja pelo seu preço de aquisição, quanto devido à sua vida útil não muito longa, além de requerer espaço dentro da edificação com condições mínimas de segurança [1].

Apesar de alguns problemas relacionados com o aumento da complexidade do sistema, a geração distribuída traz vantagens tanto para os consumidores quanto para concessionária e para o sistema interligado nacional. Algumas das quais como a redução dos custos de transporte, uma vez que se localizam próximas aos pontos consumidores e o atendimento a áreas remotas [7].

Figura 5 - Geração distribuída - Juazeiro - BA [1].



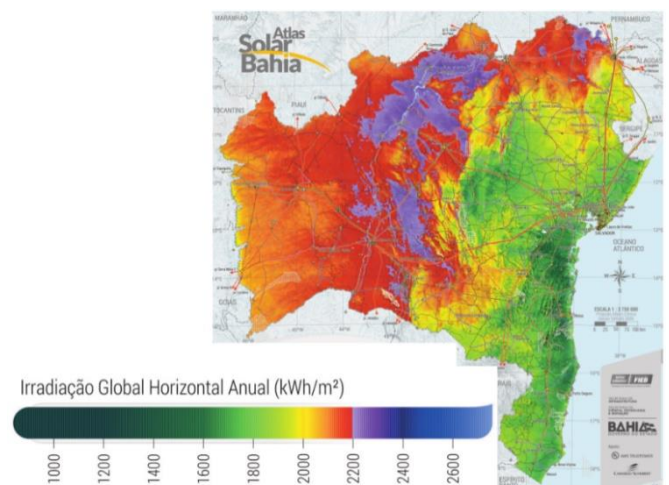
### III. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DA BAHIA

O estado da Bahia é o quinto maior estado brasileiro. Apresenta relevo caracterizado por planícies, planaltos e depressões e vegetação variada entre caatinga, cerrado, mata atlântica e até manguezais. Em paralelo, o estado apresenta considerável variabilidade climática por microrregião. Mas, de forma simplificada, sua localização é marcada por forte incidência solar, assim como todo o Nordeste [1].

Com base nos dados das principais estações meteorológicas da Bahia, foram estimadas as principais variáveis caracterizadoras de potencial em geração solar que podem ser vistas nas Figuras 6 a 10.

Como principal característica indicadora, a irradiação global horizontal anual, Figura 6, demonstra que o estado apresenta valores acima de 1400 kWh/m<sup>2</sup>, com grande predominância de valores acima de 2000 kWh/m<sup>2</sup> em seu território.

Figura 6 - Irradiação global horizontal anual no estado da Bahia [1].

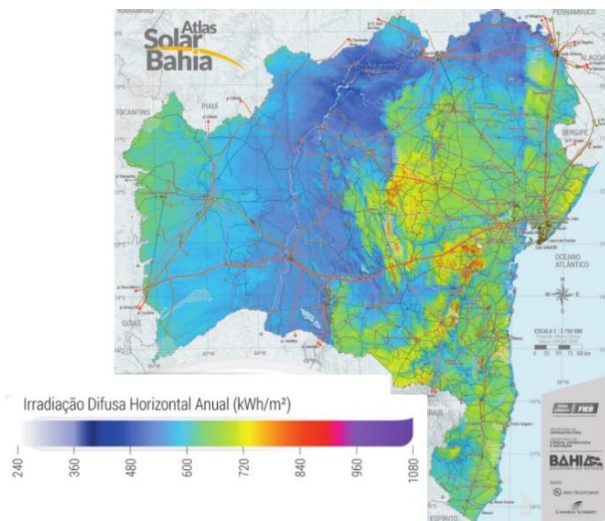


Da mesma forma, a análise da Figura 7 e sua comparação com a Figura 8 mostra a relação existente entre as componentes de irradiação direta e difusa: nas regiões onde se observa os maiores índices de irradiação direta menores são os valores de irradiação difusa. Disso entende-se que, a interação



entre os raios solares e a atmosfera é menos intensa nessas regiões, acarretando em menores desvios dos raios luminosos e constatando-se a maior incidência direta dessa radiação.

Figura 7 - Irradiação difusa horizontal anual no estado da Bahia [1].

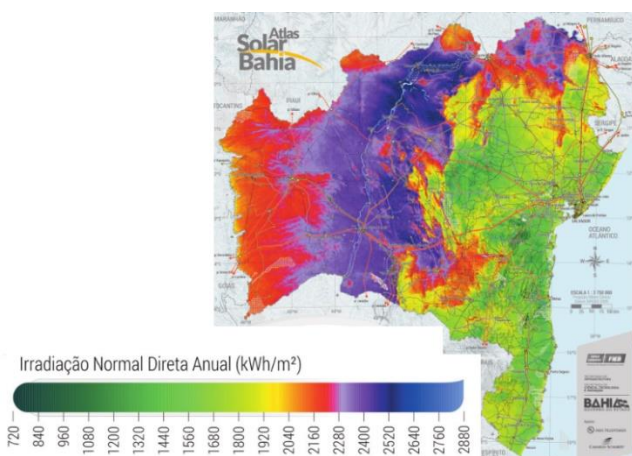


A região de Barra a Juazeiro, bem como entre Macaúbas e Livramento de Nossa Senhora chegam a apresentar índices de irradiação solar direta superiores a  $2200 \text{ kWh/m}^2$ . Como dito anteriormente, em Juazeiro fora inaugurado o maior parque solar brasileiro, região esta onde se constatam menores índices de irradiação difusa e maiores da direta.

Na Bahia observam-se, ainda, altos índices de irradiação normal ao longo de boa parte de seu território. Tal fato se deve a sua posição geográfica, a qual consiste em uma região de baixa latitude, próxima ao Equador.

Da Figura 8, destaca-se o superior nível de irradiação normal média anual nas sub-regiões Oeste, Serra Geral, Irecê, Baixo Médio e Médio São Francisco e Chapada Diamantina.

Figura 8 - Irradiação normal direta anual no estado da Bahia [1].



Já no que tange aos dados da Figura 9, nota-se que, em relação à temperatura média anual, o estado apresenta forte predominância de temperaturas acima de  $24^\circ\text{C}$ , chegando a  $28^\circ\text{C}$  nas regiões do vale do São Francisco.

No que diz respeito a velocidade média dos ventos,

Figura 10, o estado apresenta, em sua maior parte, ventos de 2,5 a 4,0 m/s, sendo que apenas nas regiões de maior

altitude, como na Chapada Diamantina e nas Serras de Jacobina e do Espinhaço, os ventos tem velocidade de 4,5 a 8,0 m/s.

Figura 9 - Temperatura média anual no estado da Bahia [1].

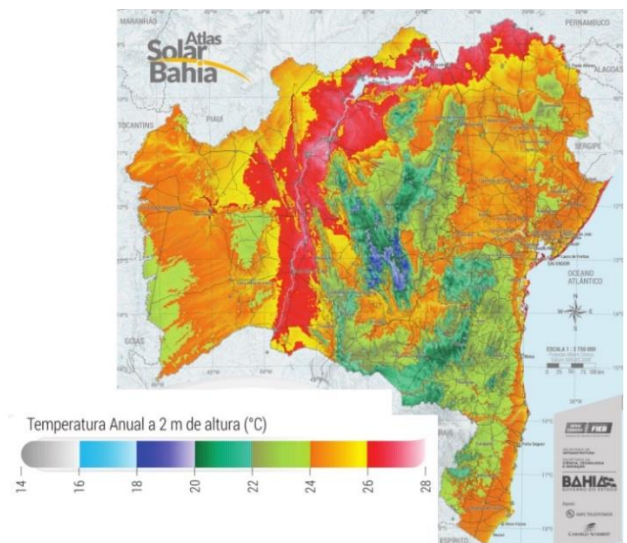
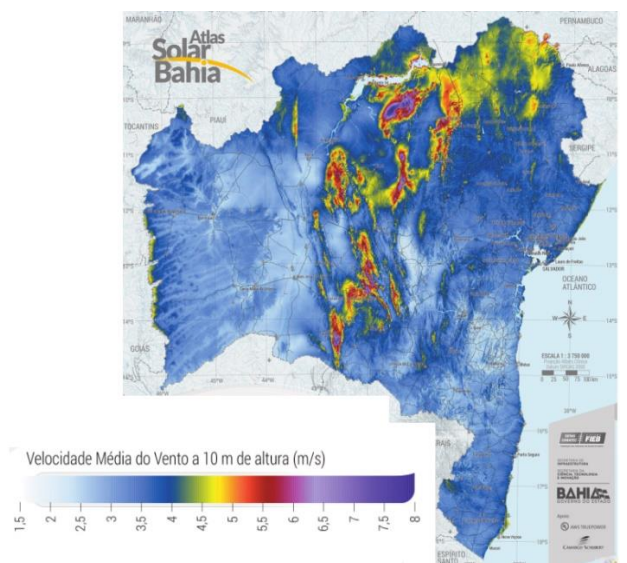


Figura 10 - Velocidade média dos ventos no estado da Bahia [1].



#### IV. ESTUDO DE CASO: GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Conforme definido, o sistema de geração distribuída se baseia na implantação das placas nas construções residenciais/industriais/comerciais podendo estar ligado à rede de distribuição e/ou a sistemas de armazenamento.

Um estudo realizado pela Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE) para a avaliação do potencial de geração fotovoltaica em residências, com base nos níveis de irradiação, área disponível de telhados e consumo de energia elétrica no ano de 2013, indicou, Tabela 2, que o estado com maior potencial fotovoltaico residencial era São Paulo, estando a Bahia em quarto lugar, atrás dos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro [9].

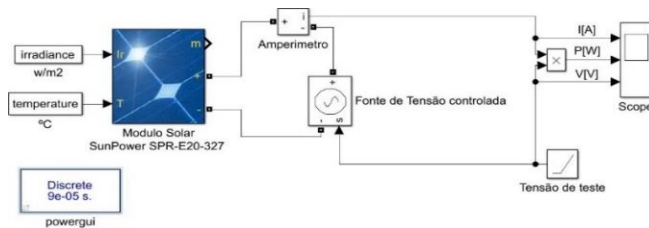
Tabela 2 - Potencial técnico fotovoltaico residencial [9].

UF	São Paulo	Bahia
Potencial Fotovoltaico Residencial (MW médios)	7.100	2.360
Potencial Fotovoltaico Residencial (GWh/ano)	62.196	20.674
Consumo Residencial Anual 2013 (GWh)	38.783	6.144
Potencial Fotovoltaico/Consumo Residencial	160%	337%

A fim de verificar a origem desta potencialidade, considerando que a Bahia se destaca em recurso solar, foi proposto um estudo de caso comparativo por meio de simulações no ambiente *Matlab - Simulink*®. Com base nos dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) [10], estimou-se a energia média produzida para um sistema composto de 8 placas do modelo SunPower SPR-E20-327, de potência nominal 327 W [11], correspondendo ao intervalo de teste de Janeiro/2018 a Junho/2018, em relação às cidades de Salvador (BA) e São Paulo (SP).

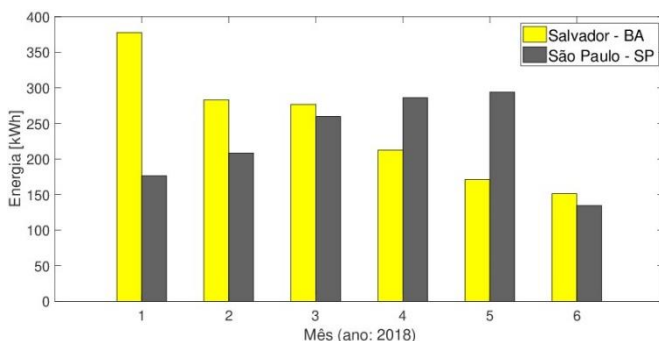
A partir do diagrama montado, Figura 11, com base na simulação de exemplo *Solar Cell Power Curve* [12], foram obtidas as potências diárias médias associadas aos valores médios úteis de irradiância e temperatura ambiente, Tabela 3, a partir das estações meteorológicas A401 - Salvador e A701 - São Paulo. Com o produto dessas potências pelas insolações mensais (estações: 83229 - Salvador, 83781 - São Paulo), obteve-se a energia média produzida em cada um dos meses simulados, Figura 12.

Figura 11 - Diagrama de simulação.



Uma observação que precisa ser feita é que a faixa temporal analisada foi limitada pela disponibilidade de dados das estações meteorológicas, ainda que fosse desejado a análise anual.

Figura 12 - Gráfico de energia gerada mensalmente.



A Figura 12 indica que a cidade de Salvador nos meses de janeiro, fevereiro e março (durante o verão) apresenta alta produção energética no sistema. Cruzando com os dados da Tabela 3, vê-se que nesses meses a taxa de irradiância é na faixa de  $600 \text{ Wh/m}^2$  e as horas de sol na faixa de 200 h/mês. Enquanto isso São Paulo, na mesma época, apresenta situação

inversa: baixa produção energética, irradiância e insolação inferiores.

Essa situação diz respeito às características climáticas das regiões: Salvador apresenta verão de sol forte, dias longos e poucas chuvas, enquanto em São Paulo, o verão é marcado por fortes chuvas, dias menores e mais escuros. Tal dinâmica se inverte em direção ao outono. Esses sintomas refletem a influência da sazonalidade na produção.

Tabela 3 - Parâmetros médios calculados.

Mês	Temperatura [°C]		Irradiância [Wh/m²]		Insolação total [h/mês]	
	São Paulo	Salvador	São Paulo	Salvador	São Paulo	Salvador
1	22.644	27.242	523.494	650.971	129	225.1
2	22.135	27.175	539.986	611.025	147.3	180
3	23.494	27.539	580.693	570.564	171.4	189.1
4	21.146	26.106	569.719	511.457	190.7	161.2
5	19.088	26.106	551.939	462.839	200.9	143.4
6	18.434	24.466	445.199	453.850	114.2	129

Assim, infere-se que nesses meses, Salvador apresentou uma média superior de produção energética, indicando que mesmo não estando nas regiões do estado com as mais altas incidências solares, conseguiu ultrapassar a capital do estado de São Paulo, a qual possui maior potencialidade de geração distribuída. O motivo por trás disso é exposto pela Tabela 2, onde o potencial fotovoltaico residencial é calculado considerando as áreas disponíveis dos telhados – sendo diretamente proporcional à densidade populacional. A Bahia, com aproximadamente 15 milhões de habitantes contra SP com mais de 40 milhões segundo IBGE. Assim, SP só se destaca por conta da grande densidade de telhados disponíveis para captar o recurso solar em relação a BA.

Ainda sobre a Tabela 2, a razão entre Potencial Fotovoltaico e consumo residencial chama atenção, ao informar que o estado é capaz, mesmo que com densidade demográfica inferior, produzir 300% a mais do que consome em energia elétrica se o sistema fosse implementado, contra os 160% de SP.

## V. ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO

Observando-se o mapa de *global horizontal irradiance* (GHI) do Brasil, Figura 13, pode-se observar que tal índice se apresenta em menor valor no litoral do estado de Santa Catarina, na ordem de  $1500 \text{ kWh/m}^2$  de GHI anual, enquanto a maior incidência se verifica no norte do estado da Bahia, na ordem de  $2330 \text{ kWh/m}^2$ . Com base nessas informações, pode-se inferir que todo o território tem incidência média de 4,0 a  $6,4 \text{ kWh/m}^2$  diária.

Uma comparação interessante é realizada com países pioneiros e líderes em geração fotovoltaica, como a Alemanha, que possui uma incidência anual entre  $1000$  a  $1.200 \text{ kWh/m}^2$  e a Espanha que varia de  $1.200$  a  $1.900 \text{ kWh/m}^2$  anuais, Figura 14 [14].

Assim sendo, a Bahia se destaca tanto nacional quanto internacionalmente no setor, uma vez que, como fora visto, apresenta condições de irradiação extremamente favoráveis para o aproveitamento energético, com foco nas regiões centro-norte e oeste do estado.

Ainda em comparação aos países europeus, levanta-se uma questão interessante: "Por que então a Bahia não demonstra grande aproveitamento nesse recurso?". A Bahia, ainda que detentora desse enorme potencial de geração solar, enfrenta dificuldades em implementá-lo, uma vez que a infraestrutura



dos sistemas elétricos presentes nas áreas de maior capacidade não são suficientes para escoar essa energia. [1]

Além do mais, quando se trata de geração solar centralizada, o estado ainda encontra outras dificuldades, ainda que este tenha território vasto, a presença de diversas regiões ambientalmente protegidas, como reservas naturais, terras indígenas e quilombos diminuem a área efetiva. [1]

Em relação a geração distribuída, ainda que o estado tenha um vasto território, há uma maior concentração das regiões urbanas na faixa litorânea [1]. Isso representa valores menores de GHI e uma área útil reduzida para implementação desse tipo de sistema, como percebido no estudo de caso.

Figura 13 - GHI médio diário/ anual do Brasil [13].

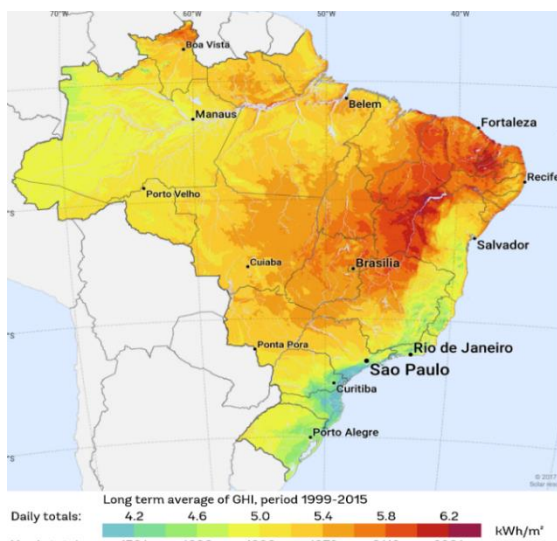
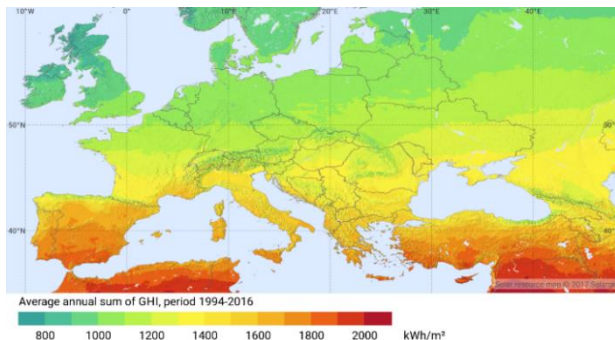


Figura 14 - GHI médio anual da Europa [13].



## VI. CONCLUSÕES

Constata-se que o estado da Bahia apresenta um potencial para geração fotovoltaica extremamente alto, se destacando nas principais condições: irradiações e insolação. Ainda que apresente temperaturas altas por todo território, essa grandeza pode ser amenizada pela presença de taxas consideráveis de ventos nas regiões de maior temperatura.

A geração centralizada já ratifica a superioridade do potencial com a presença dos principais e maiores sistemas em funcionamento desse tipo no país e dos novos sistemas leiloados para futura instalação, com leve dificuldades de interligar esses sistemas na infraestrutura energética existente.

A geração distribuída, definitivamente, não pode ser renegada, uma vez que tem capacidade de gerar três vezes o

consumido no estado, com relação aos valores absolutos de irradiação solar. Qualquer região do território tem tecnicamente viabilidade para o desenvolvimento dessa forma de geração, mesmo que fora das melhores condições, bastando um estudo e dimensionamento adequado.

## REFERÊNCIAS

- [1] SCHUBERT, C. F. C. A. T. Atlas solar/solar power atlas: Bahia. Salvador: SECTI/SEINFRA, CIMATEC/SENAI, 2018.
- [2] ALMEIDA, E. et al. Energia solar fotovoltaica: Revisão bibliográfica. 2016.
- [3] ENEL X. Energia solar: conheça os tipos de placas solares. Acesso em: 20 set. 2018, em: <https://www.enelx.com.br/blog/2016/11/energia-solar-conheca-os-tipos-de-placas-solares>
- [4] USE ENERGIA SOLAR. Painéis solares de filmes finos – usenergiassolar. Acesso em: 20 set. 2018, em: <http://usenergiassolar.com.br/paineis-solares-de-filmes-finos/>.
- [5] SOUZA A. DE; ARISTONE, F. Estudo da eficiência energética de células fotovoltaicas em função da radiação solar no centro-oeste brasileiro. Interespaco: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade, v. 2, n. 7, p. 115–128, 2016.
- [6] PORTAL SOLAR. Tudo sobre a eficiência do painel solar. Acesso em: 20 set. 2018, em: <https://www.portalsolar.com.br/tudo-sobre-a-eficiencia-do-painel-solar.html>.
- [7] RESENDE, J. O. Geração Distribuída: Legislação brasileira, perspectivas e estudos de caso via ATP. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, 2015.
- [8] MME - Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Energia Solar no Brasil e Mundo: ano de referência: 2016. [S.l.]. Acesso em: 20 set. 2018, em: <http://www.mme.gov.br/>.
- [9] EPE - Empresa de Pesquisas Energéticas. Nota técnica dea 19/14 - inserção da geração fotovoltaica distribuída no brasil - condicionantes e impactos. Rio de Janeiro, outubro/2014. Acesso em: 23 set. 2018, em: [http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/Série Estudos de Energia/DEA, 2014.](http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/Série%20Estudos%20de%20Energia/DEA_2014.pdf)
- [10] INMET - Instituto Nacional Meteorológico. Bdmep - dados históricos e dados meteorológicos. Acesso em: 21 set. 2018, em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>.
- [11] SUNPOWER. Sunpower R e-series residential solar panels|e20-327. Acesso em: 21 set. 2018, em: <https://us.sunpower.com/sites/sunpower/files/media-library/data-sheets/ds-e20-series-327-residential-solar-panels.pdf>.
- [12] MATHWORKS - Matlab. Solar cell power curve. Acesso em: 19 set. 2018, em: <https://www.mathworks.com/help/>.
- [13] SOLARGIS. Solar resource and pv power potential maps. Acesso em: 22 set. 2018, em: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/>.
- [14] ROSA, A. R. O. da; GASPARIN, F. P. Panorama da energia solar fotovoltaica no brasil. Revista Brasileira de Energia Solar, v. 7, n. 2, p. 140–147, 2016.
- [15] NHS SOLAR. Bom Jesus Da Lapa Inaugura Mais Uma Usina Solar. Acesso em: 21 set. 2019, em:

<https://nhssolar.com.br/bom-jesus-da-lapa-inaugura-mais-uma-usina-solar/>.