

ANÁLISE COMPARATIVA DO POTENCIAL DE ENERGIA SOLAR NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL X ALEMANHA

Renato Santos Freire Ferraz¹

Brenda Leal Mota Santos²

Patrick Laurient Cardoso Silva³

Rafael Santos Freire Ferraz⁴

Adjeferson Custódio Gomes⁵

RESUMO

A participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira é uma das mais elevadas do mundo, ficando atrás apenas da China e Estados Unidos. Entretanto, esse alto índice se dá devido à predominância de usinas hidrelétricas no país, correspondendo a 64,5% da produção total. Porém, sabe-se que além dos problemas socioambientais gerados pelas usinas hidrelétrica, há a intermitência do ciclo hidrográfico brasileiro, que reduz a quantidade de energia gerada nos períodos de seca. Dessa forma, houve a necessidade de diversificar matriz energética do país, através das fontes alternativas, como é o caso da energia solar. Por esse motivo, nesse trabalho, buscou-se realizar um estudo detalhado do potencial brasileiro de energia solar, mais especificamente do Nordeste, apresentando variáveis como irradiação, temperatura, e suas influências nos módulos fotovoltaicos. Para efeito de comparação, foram abordadas as mesmas variáveis analisadas anteriormente, para a Alemanha, sendo possível constatar uma superioridade

¹ Graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). E-mail: renatofferraz@gmail.com

² Graduanda em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). E-mail: brenda.leal.mota@gmail.com

³ Graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). E-mail: patrick_lorran@hotmail.com

⁴ Mestrando em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). E-mail: rafael.ferraz@ee.ufcg.edu.br

⁵ Docente em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). E-mail: acgomes@uesc.br

considerável da referida região brasileira, apesar da baixa capacidade instalada. Finalmente, foi abordado incentivos e políticas governamentais do Brasil e Alemanha, que justificam a superioridade do país Europeu no que diz respeito à quantidade gerada de energia solar, mesmo com condições climáticas desfavoráveis em relação ao Brasil.

Palavras-chave: Energia; Políticas; Renovável; Solar; Sustentabilidade.

COMPARATIVE ANALYSIS OF SOLAR ENERGY POTENTIAL IN THE NORTHEAST REGION OF BRAZIL X GERMANY

ABSTRACT

The renewable sources participation in the Brazilian energy matrix is one of highest in the world, being more significant than China and the United States. However, this index is due to the hydroelectric Power Station predominance in the country, corresponding to 64.5% of total production. Nevertheless, apart from the socio-environmental problems generated by hydroelectric Power Station, there is the Brazilian hydrography intermittence, which reduces the amount of energy generated during drought periods. Thus, there was a need to diversify the country's energy grid, through alternative sources, such as solar energy. For that reason, in this work, a study was made on the Brazilian solar energy potential, more specifically in the Northeast, presenting variables such as irradiation, temperature, and their influences on photovoltaic modules. For comparison purposes, the same variables discussed earlier was analyzed for Germany, leading thus to the conclusion that the Brazilian region has a superior potential, despite the insignificant solar energy generation. Finally, were approached the Brazilian and German governmental incentive and policies, which justify the European country superiority in respect of solar energy generation, even with unfavorable climatic conditions in relation to Brazil.

Keywords: Energy; Policies; Renewable; Solar; Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a humanidade depara-se com o desafio de suprir as necessidades energéticas de forma eficiente, em paralelo a isso, cresce a preocupação mundial em minimizar a emissão de dióxido de carbono (CO₂), devido a assinatura, de grande parte das nações desenvolvidas, do Protocolo de Kyoto e ratificadas pelo Tratado em 2005, tornando evidente no cenário energético o “mercado de energia verde” [1]. Contudo, de acordo com a Rede de Políticas de Energia Renovável para o Século XXI (REN21), ainda é inexpressiva a participação da energia verde no mercado total de eletricidade, [2].

No Brasil, no ano de 2016, a matriz energética dividiu-se da seguinte forma: 64,5% em usinas hidrelétricas, 18,0% em fontes não renováveis, 9,4% na biomassa, 6,7% em energia eólica, 1,8% em usinas nucleares e finalmente uma quantidade inexpressiva de energia solar [3]. Dessa forma, observa-se ainda uma grande dependência do país das usinas hidrelétricas, em que sua capacidade de geração é influenciada diretamente pela intermitência do ciclo hidrográfico do país.

Ainda no ano de 2016, mais especificamente na região Nordeste, observou-se uma concentração de 19,82% da produção nacional de energia elétrica, ficando atrás da região Sul e Sudeste [3]. Ademais, desse total, pode-se afirmar que apenas 0,05% corresponde à produção de energia solar, apesar das áreas localizadas na região Nordeste possuírem índices da radiação diária, média anual comparáveis às melhores regiões do mundo, de acordo com o Atlas Solarimétrico do Brasil [4].

Por conta dessa problemática, existem diversos trabalhos recentes que destacam o cenário mundial e brasileiro de geração de energia elétrica, mais especificamente com as fontes renováveis, como é o caso da energia solar. Fica claro em [5], a realização de um estudo detalhado de pesquisas, projetos, financiamentos e investimentos relacionados à energia solar, exibindo o potencial energético. A partir desse estudo, conclui-se que a ascensão da geração de energia solar no Brasil não é consideravelmente expressiva devido a diversos fatores, como a legislação do país que não contribui para o crescimento ideal. Outrossim, destacou-se em [6], que apesar dos ótimos índices de radiação solar na região Nordeste, esta possui o maior número de pessoas que não têm acesso à energia elétrica, por viverem em comunidade isoladas da rede de distribuição convencional.

Portanto, no presente trabalho, buscou-se realizar uma análise detalhada do cenário energético brasileiro, mais especificamente na região nordeste, evidenciando o papel da energia solar na diversificação da matriz elétrica do país. Dessa forma, através

de parâmetros como irradiação e temperatura foi possível estimar, avaliar e comparar o potencial de geração solar da região Nordeste em relação a Alemanha (referência no setor). Por fim, o trabalho analisou o panorama das políticas governamentais, no que diz respeito às fontes alternativas e seus efeitos no contexto de geração de energia elétrica.

2. DESENVOLVIMENTO

Nessa seção apresentou-se, inicialmente, o estudo e comparação do potencial de geração de energia solar, da região Nordeste em relação a Alemanha. Ademais, na segunda parte, foram abordadas as políticas governamentais do Brasil e Alemanha, como forma de justificativa para as diferenças da capacidade instalada, encontradas na etapa inicial.

a. Panorama da produção de energia solar na região Nordeste

A produção de energia elétrica no Brasil é considerada como uma das mais sustentáveis no mundo, devido a sua concentração em fontes renováveis de energia [1,7]. Nesse cenário destaca-se, que no ano de 2016 a participação das fontes renováveis na Matriz Energética Brasileira manteve-se entre as mais elevadas do mundo, apresentando um pequeno crescimento de 2,2%, em relação ao ano de 2015. Esse aumento se deu devido à queda da oferta interna de petróleo e derivados, além da expansão da geração hidráulica [3].

Entretanto, a predominância das usinas hidrelétricas no Brasil, consideradas como fonte renovável, acarretam em diversos prejuízos socio ambientais, como é o caso do aumento da extinção na fauna e flora local [8], o alagamento de terras produtivas e o desalojamento de diversas populações. Dessa forma, cria-se a necessidade da diversificação da matriz energética brasileira, através de fontes alternativas como a biomassa, solar e eólica.

Levando em consideração a energia proveniente do sol, vale salientar que quase todas as fontes de energia, incluindo hidráulica, biomassa, eólica, combustíveis fósseis e energia dos oceanos, são formas indiretas de energia solar. Por outro lado, de forma direta, a radiação solar pode ser usada, por exemplo, como fonte de energia térmica (para aquecimento de ambientes e de fluidos e para geração de potência mecânica ou elétrica), ou ainda convertida diretamente em energia elétrica, por meio de efeitos sobre materiais, dentre os quais o termoelétrico e fotovoltaico, que é o foco do presente trabalho [1].

Dessa forma, sabendo que a energia solar, a partir de painéis fotovoltaicos, é uma fonte que não apresenta impactos ambientais e sociais, esta torna-se uma alternativa sustentável para diversificar as fontes de energia elétrica do país [9]. Por conseguinte, observa-se, na Figura 1, o crescimento da capacidade instalada de energia solar, entre os anos de 2013 e 2016, para todas as regiões do Brasil.

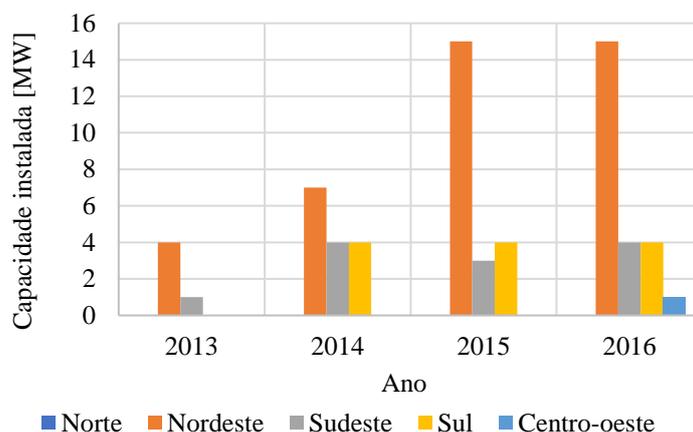


Figura 1: Capacidade instalada de energia solar nas regiões do Brasil.

Fonte: Balanço Energético Nacional (2014-2017) [3].

Ainda na Figura 1, percebe-se que o Nordeste apresenta números mais significativos entre as macrorregiões do Brasil. Esse fato, deve-se principalmente as condições climáticas favoráveis, em decorrência do alto potencial para captação de energia solar, devido sua proximidade com a linha do Equador. Contudo, apesar da posição análoga da região Norte, em relação ao Nordeste, essa recebe menos incidência solar, por ter características climáticas e geográficas que reduzem o alcance da radiação, apresentando-se como um baixo potencial nesse tipo de geração.

Com isso, nota-se que a radiação solar climática de uma região é de extrema importância na avaliação do potencial do uso de energia solar, convertida para energia termal ou energia elétrica como uma fonte de energia nessa região. Tal informação é um pré-requisito para o projeto de tal sistema de conversão de energia solar. Contudo, é necessário levar em consideração outros aspectos relevantes, já que há outros parâmetros meteorológicos, tais como: temperatura, precipitação, duração do brilho solar (insolação), umidade relativa e vento, que influenciam diretamente na potência gerada [10].

Para as análises a seguir, é importante considerar que intensidades de irradiação solar são medidas apenas em um número limitado de estações sobre todo o mundo, não sendo diferente para o Brasil e para a região Nordeste do território brasileiro, pois a

maioria das estações de superfície não possuem medições de radiação solar global, ocasionando distribuição espacial deficiente nas medições, em virtude das dimensões continentais do país [10].

Diante de tudo exposto e considerando a irradiação como principal parâmetro para avaliação do potencial de produção de energia solar, torna-se essencial analisar as características referentes à irradiação da região Nordeste, presente na Figura 2.

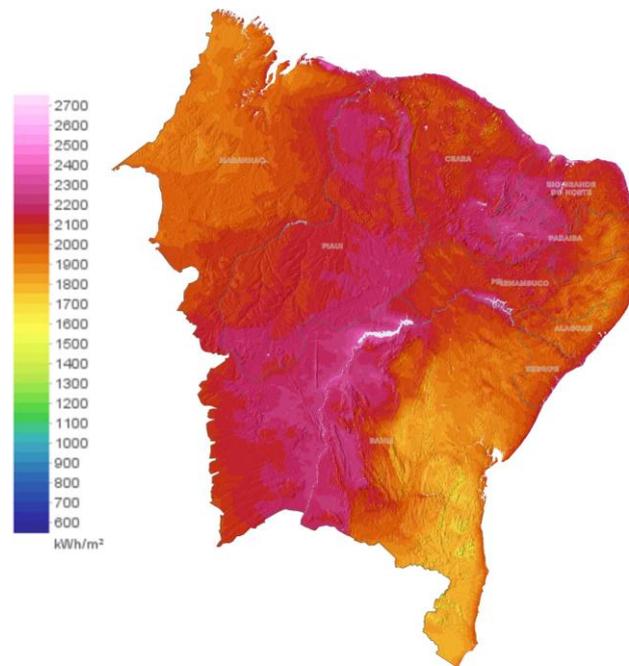


Figura 2: Mapa com o índice de irradiação da região Nordeste.

Fonte: Adaptado de Global Solar Atlas [11].

Fica evidente, na Figura 2, que as áreas localizadas no Nordeste do Brasil, têm valores da irradiação solar diária, média anual comparáveis às melhores regiões do mundo [1]. Além disso, as variações sazonais para o Nordeste são menores, o que poderá resultar em importantes vantagens técnicas e econômicas dos sistemas solares instalados nesta região [4].

Outrossim, através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), analisou-se o potencial de irradiação total das cidades nordestinas que detinham de estação meteorológica. Nesse cenário, está presente na Figura 3, as cidades que apresentaram índices mais expressivos desse parâmetro, no ano de 2017.

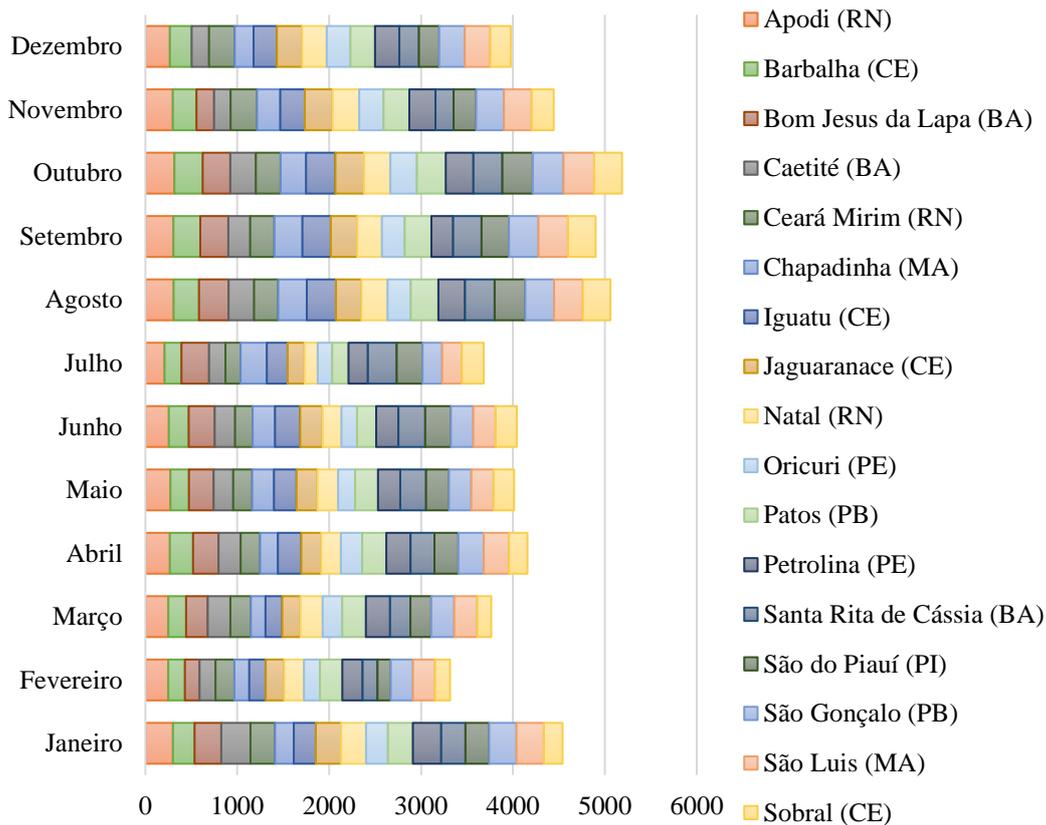


Figura 3: Irradiação de cidades da região Nordeste durante um ano.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia [12].

Fica evidente, com base na Figura 3, que além dos altos índices de irradiação em toda região Nordeste, nota-se que este parâmetro não varia consideravelmente durante o ano, nas cidades analisadas. Um dos fatores que contribuem para isso, é a proximidade da região da linha do equador, sendo uma característica extremamente positiva para a produção de energia solar, já que um dos pontos negativos é a intermitência das condições climáticas [13].

Em contrapartida, apesar do alto potencial solar, com base na irradiação na região analisada, deve-se levar em consideração o fator temperatura, visto que o semicondutor que compõe a célula solar perde eficiência com o calor [14]. Dessa forma, é possível visualizar, na Figura 4, o mapa da região Nordeste referente as características da temperatura do ar.

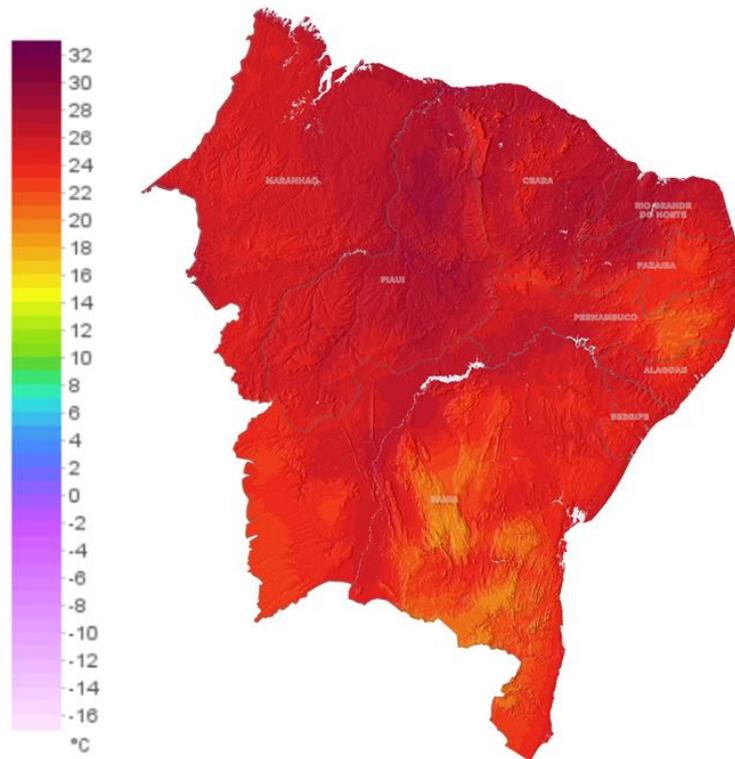


Figura 4: Mapa da temperatura na região Nordeste do Brasil.

Fonte: Adaptado de Global Solar Atlas [11].

Interpretando a Figura 4, observa-se que Nordeste do Brasil apresenta elevados valores de médias anuais de temperatura do ar, que variam de 20 °C a 28 °C, em virtude da alta incidência de radiação solar sobre a região, que lhe confere o maior potencial de energia solar disponível em todo território brasileiro, com uma radiação média global estimada em torno de $5,9 \text{ kWh/m}^2$, de acordo com o Atlas Brasileiro de Energia Solar [10,15].

Na Equação (1) está presente a energia idealmente produzida durante um dia por um painel fotovoltaico [16].

$${}^{dia}E_{ideal} = \Delta t P_{max}(G, T) \quad (1)$$

Onde:

Δt - Intervalo de tempo considerado;

$P_{max}(G, T)$ - Potência máxima do módulo em função da radiação solar e da temperatura do módulo.

Deve-se considerar que a influência da temperatura na potência máxima está relacionada com o rendimento em função da temperatura, dado por $\eta(T)$ e descrito na Equação (2) [16].

$$\eta(T) = \eta^r (1 - 0,005 (T - 25 \text{ °C})) \quad (2)$$

Onde:

T - Temperatura do módulo;

η^r - Rendimento do módulo nas condições CTS.

Dessa forma, a partir da Equação (2), é possível obter a relação entre a temperatura e o rendimento $\eta(T)$ em função de η^r , presente na Figura 5.

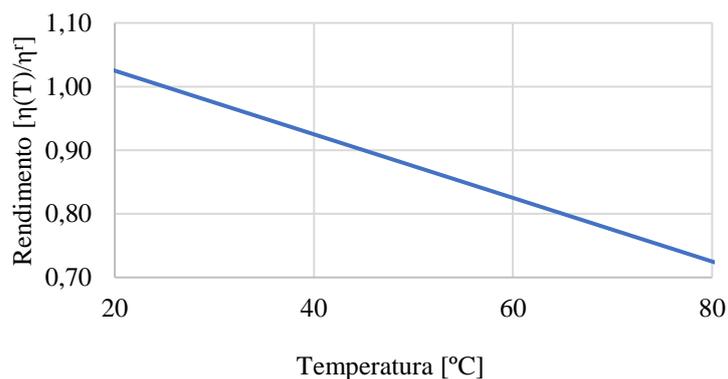


Figura 5: Gráfico do rendimento do módulo solar em função da variação de temperatura.

A partir da análise da Figura 5, nota-se que a eficiência do painel decresce com o aumento da temperatura. Por conta disso, os módulos possuem como especificação o coeficiente de temperatura que identifica a quantidade de potência elétrica o módulo está perdendo a cada 1 °C. Portanto, no caso da região nordeste, é imprescindível utilizar painéis com baixos coeficientes devido a sua característica climática [14].

Realizando um balanço entre a irradiação total (Figura 2) e a temperatura do ar (Figura 4), obteve-se, na Figura 6, a quantidade de energia elétrica que pode ser gerada em função da potência máxima instalada em painéis fotovoltaicos, dada em kWh/kWp , da região Nordeste do país.

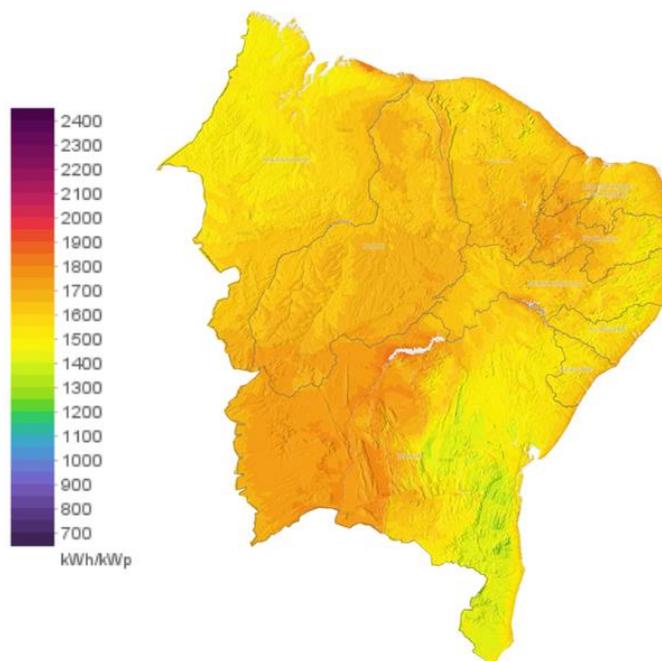


Figura 6: Capacidade de geração de energia solar na região Nordeste.

Fonte: Adaptado de Global Solar Atlas [11].

Baseado em uma interpretação criteriosa das Figuras 2 e 6, fica claro a correlação da irradiação com a capacidade de geração solar, exibindo uma relação de proporcionalidade direta. Além disso, nota-se que as altas temperaturas, que reduzem a eficiência dos módulos, não são suficientes para tornar baixo o potencial solar da região Nordeste. Contudo, apesar dessa região ser promissora nesse tipo de geração, sua produção ainda não é expressiva, como observou-se na Figura 1.

b. Análise da situação da região Nordeste no contexto mundial

No cenário mundial, foi possível observar, no ano de 2017, que a capacidade instalada de energia solar a partir de painéis fotovoltaicos cresceu mais que qualquer outra matriz de produção de energia elétrica. Deve-se ressaltar, que esse grande aumento se dá, principalmente, pela crescente demanda por eletricidade em países em desenvolvimento, além da conscientização em relação aos benefícios gerados pela maior inserção de fontes alternativas, como a energia solar, no cenário ambiental. Entretanto, salienta-se que as políticas e incentivos governamentais exercem um papel fundamental no crescimento desse tipo de fonte [2]. Na Figura 7, está presente um gráfico da potência instalada da energia solar por habitante, dos 6 maiores produtores, durante os anos de 2012 a 2017.

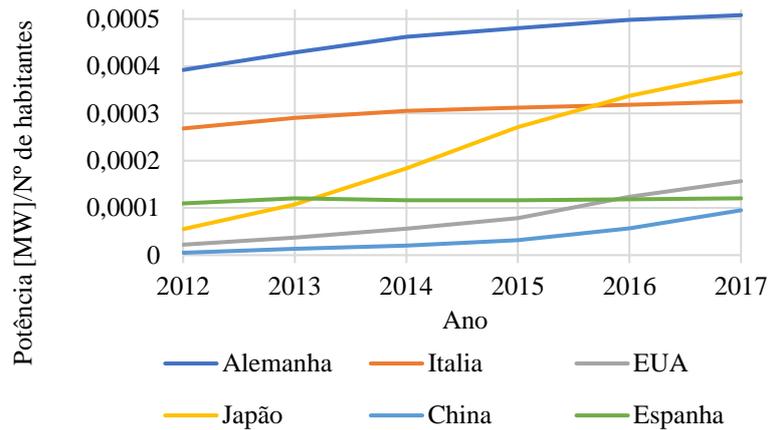


Figura 7: Gráfico do potencial de energia solar por habitante.

Fonte: International Energy Agency [17].

Analisando a Figura 7, fica claro, que entre os anos de 2012 a 2016, o Japão cresceu de forma considerável em termos de potência gerada por habitante [18], contudo, a Alemanha se encontra como maior potência de energia solar. Por esse motivo, comparou-se, nesse trabalho a capacidade de geração e potência instalada da Alemanha, referência nesse tipo de produção no mundo, com a região Nordeste, considerada como um grande potencial para geração de energia solar.

Desse modo, para que seja possível comparar o potencial de geração de energia solar da Região Nordeste com a Alemanha, tem-se, inicialmente, o mapa de irradiação da Alemanha na Figura 8.

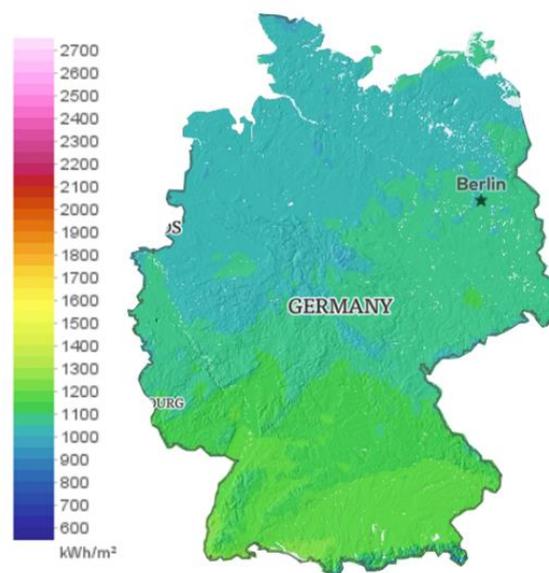


Figura 8: Índice de irradiação da Alemanha.

Fonte: Global Solar Atlas [11].

Através dos mapas gerados pela *Global Solar Atlas*, os quais mantêm as mesmas cores e escalas de irradiação, é possível perceber que a região Nordeste apresenta um percentual de irradiação em torno de 40% superior ao da Alemanha. Com isso, avaliando esse parâmetro isoladamente e analisando a Equação (1), é possível concluir a superioridade do potencial da produção de energia solar da região Nordeste em relação à Alemanha.

No que tange a temperatura do ar, a Figura 9 ilustra as características térmicas anuais da Alemanha.

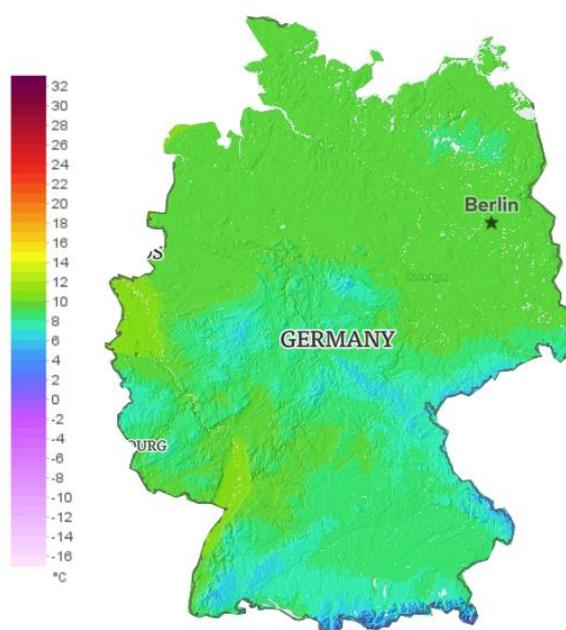


Figura 9: Mapa da temperatura da Alemanha.

Fonte: Global Solar Atlas [11].

Assim como a irradiação total, ao comparar a Figura 4 com a Figura 9, percebe-se que enquanto a temperatura do Nordeste varia em torno de 20 °C a 28 °C, a Alemanha, no entanto, apresenta temperatura variando entre -2 °C a 14 °C. Dessa forma, nesse parâmetro há uma vantagem para Alemanha, já que a eficiência dos painéis é reduzida a partir do aumento da temperatura, como está evidenciado na Equação (2) e na Figura 5. Por conseguinte, na Alemanha é possível escolher módulos solares com coeficientes de temperatura superiores.

Finalmente, na Figura 10, observa-se a quantidade de energia elétrica que pode ser gerada em função da potência máxima instalada em painéis fotovoltaicos (kWh/kWp), da Alemanha.

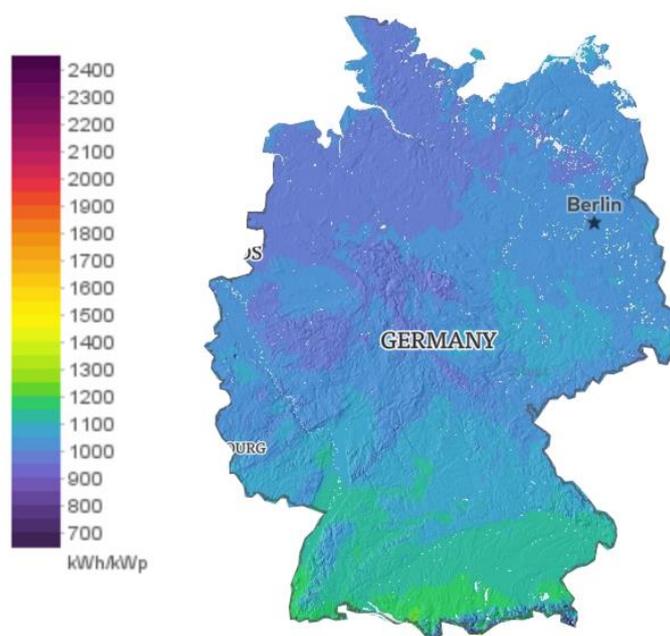


Figura 10: Capacidade de geração de energia solar da Alemanha.

Fonte: Global Solar Atlas [11].

Analisando a Figura 10 e comparando com a Figura 6, fica claro que o potencial de geração da região Nordeste do Brasil é consideravelmente superior à Alemanha. Com isso, comprova-se que os índices de irradiação mais elevados da região Nordeste são determinantes para inferir a alta capacidade de geração da região. Ademais, nota-se que as temperaturas inferiores da Alemanha não foram suficientes para tornar o país um maior potencial de geração de energia proveniente dos painéis fotovoltaicos.

Além dos pontos que favorecem a região Nordeste em relação ao potencial solar, o Brasil possui uma grande reserva de silício, que também é uma das maiores do planeta [19]. A partir de iniciativas governamentais, o Brasil vem aumentando a participação da energia solar em seu espectro energético, dominado pelos métodos hidrelétrico e termelétrico.

Entretanto apesar do crescimento da produção de energia solar na região Nordeste, esta ainda não pode ser comparada com a produção da Alemanha, possuindo diferenças consideravelmente altas. Para ilustrar essa diferença, no ano de 2016, a geração no Nordeste correspondeu a 0,036% da geração na Alemanha [3].

c. Análise comparativa das políticas do Brasil x Alemanha

i. Brasil

A tendência de diversificação da matriz energética brasileira está claramente presente nas metas governamentais do país. Segundo estudo o Plano Decenal de Expansão de Energia, desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), aponta para uma participação das fontes renováveis de 46,3% em 2020, a qual em 2010 era de 44,8% [21].

Atualmente há vários projetos para o aproveitamento da energia solar no Brasil, em especial por meio de sistemas fotovoltaicos de geração de eletricidade. Estes investimentos visam atender comunidades que sofrem pela falta de energia elétrica e simultaneamente viabilizar o desenvolvimento regional [22].

Entre os programas nacionais destacam-se:

- Programa Luz do Sol, na Região Nordeste;
- Programa Luz Solar, estabelecido em Minas Gerais;
- Programa Luz no Campo;
- Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios – PRODEEM no âmbito nacional.

O primeiro a alcançar efetivamente a esfera nacional foi o PRODEEM. Refere-se a um projeto do Governo Federal estabelecido em 1994, conduzido pelo Ministério de Minas e Energia (MME) em conjunto com os Governos Estaduais e Municipais, administrado através do Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético (DNDE). Este projeto conta com o auxílio de qualquer fonte alternativa de energia, no entanto, a utilização da energia solar, em especial os sistemas solares, ganhou [23].

Em 2003, o governo federal substituiu o Programa Luz no Campo pelo Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica (Programa luz para todos), incorporando o PRODEEM [24]. Os sistemas fotovoltaicos não tiveram custo ao consumidor final, o projeto obteve recursos, não reembolsáveis, de organismos como o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), projetos como o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), recursos do Governo Federal, Estados e Municípios [25].

Segundo [22] os principais projetos nacionais são em aproveitamento da energia solar para aquecimento e de geração fotovoltaica. A tecnologia do aquecedor solar já vem

sendo usada no Brasil desde a década de 60, época em que surgiram as primeiras pesquisas. Em 1973, empresas passaram a utilizá-la comercialmente [26].

Ainda em [22] observa-se que existem muitos pequenos projetos nacionais de geração fotovoltaica de energia elétrica, principalmente para o suprimento de eletricidade em comunidades rurais e/ou isoladas do Norte e Nordeste do Brasil. Esses projetos atuam basicamente com quatro tipos de sistemas:

- Bombeamento de água, para abastecimento doméstico, irrigação e piscicultura;
- Iluminação pública;
- Sistemas de uso coletivo, tais como eletrificação de escolas, postos de saúde e centros comunitários;
- Atendimento domiciliar. Entre outros, estão às estações de telefonia e monitoramento remoto, a eletrificação de cercas, a produção de gelo e a dessalinização de água.

ii. Alemanha

Para que as fontes renováveis sejam bem aceitas, é necessário auxílio governamental. E a Alemanha se dispôs a realizar isso, estabelecendo opções de financiamento do programa e formulando políticas que beneficiam as novas fontes, além das metas de diminuição do uso de combustíveis fósseis com o passar dos anos [20].

A trajetória da Alemanha na instalação de fontes renováveis se inicia em meados da década de 1990, quando as tarifas *feed-in* foram inseridas através do Governo como a principal forma de financiamento do projeto de transição energética, através do estímulo ao investimento em novas tecnologias para geração de energia com a garantia de retornos elevados em um longo prazo [20]. O princípio fundamental da política de tarifas *feed-in* é garantir para o investidor o retorno em um período de tempo previamente determinado a partir do pagamento pela energia elétrica desenvolvida através de fontes de energia renováveis [27].

Em 1991, foi implementado o *Electricity Feed-in Act*, recurso que buscava agilizar o investimento nas fontes renováveis de energia, fazendo com que estas novas tecnologias possuíssem acesso assegurado à rede, com preferência no despacho, e que os investidores, os quais assinavam contratos de longo termo, conseguissem um retorno viável em relação ao investimento [28].

A base dessa política estava precisamente em garantir aos produtores de energia, através das tarifas feed-in, um preço que garantisse um retorno suficiente ao investimento. Esta foi a forma identificada para reduzir o custo elevado das novas tecnologias em relação as tecnologias tradicionais, estimulando diversos produtores [20].

No início da década de 2000 foi implementado o *Renewable Energy Source Act* (em alemão, *Erneuerbare-Energien-Gesetz*), o qual adicionava uma base jurídica para as tarifas feed-in [28]. O plano tinha como objetivo remunerar cada tecnologia renovável baseado em seu custo de geração, o que obrigava o operador da rede de energia a inserir as fontes renováveis na rede e a remunerar o produtor por cada *kWh* de energia produzida, por pelo menos 20 anos [20]. Uma década após a efetivação do plano, o Governo Alemão traçou outras metas para tornar as tecnologias renováveis como fundamentais fontes de abastecimento energético da matriz alemã, tendo o ano de 2050 como período final para os objetivos serem alcançados [28].

3. CONCLUSÃO

Através do estudo realizado nesse trabalho, deslumbra-se uma fonte promissora na energia solar, com tendência de crescimento em diversos países. O Brasil apresenta um mercado com enorme potencial de crescimento devido às condições climáticas positivas a um maior desenvolvimento dessa tecnologia. Em especial o Nordeste, com favoráveis $5,9 \text{ kWh/m}^2$ de radiação solar, coloca-se como um grande agente para o crescimento dessa tecnologia e o aumento da utilização da mesma na região. Grandes projetos de energia fotovoltaica foram e estão em andamentos para serem implementados, entre eles tem-se o maior parque solar do Brasil na cidade de Bom Jesus da Lapa na Bahia com uma capacidade total de 158 MW.

Além da incidência do sol, o país ainda possui uma relevante reserva de silício (utilizado na produção das placas solares), tornando favorável uma liderança nessa área. No entanto, os custos das placas fotovoltaicas são altos, pois, o Brasil necessita da importação do elemento químico, que por ter um valor agregado elevado, ocasiona um aumento nos preços dessa tecnologia. Para tornar o mercado solar possível é fundamental que se estabeleçam indústrias para desenvolver placas fotovoltaicas e o tratamento do silício, favorecendo o país.

Outro fator favorável à região Nordeste, está no índice de geração registrado. O Operador Nacional do Sistema (ONS) informou um recorde de geração na energia solar,

registrando um pico no valor de geração instantânea de 675 *megawatts (MWp)*. No entanto, apesar desses dados parecerem favoráveis, não apresenta grande representação no mercado solar global.

Através da análise política, observou-se que apesar de haver programas de incentivos para as energias renováveis, a energia solar no Brasil se desenvolve pouco comparada com as outras fontes, ao contrário da Alemanha onde o crescimento é maior por conta da transição energética que está sendo implantada pelo interesse político de desejar ser mais sustentável e obter energia segura, através das leis e dos incentivos financeiros, consolidando como uma potência nesse seguimento. Evidenciado pela diferença gritante de políticas energéticas estabelecidas por ambos os países até os dias atuais.

A Alemanha promove a conscientização e participação da população no uso da energia solar, com debates e programas relacionados ao tema. Esse é um exemplo que deve ser seguido pelo Brasil, que apesar dos seus avanços na energia solar, em sua maioria são dados por entidades particulares ou grandes companhias e não pela participação dos usuários comuns, que não tem acesso devido à inviabilidade dos custos ou falta de conhecimento dos benefícios desta tecnologia.

Com um planejamento governamental em longo prazo bem estruturado, através de financiamentos, incentivos fiscais, debates e programas de conscientização para a opinião da evolução dessa energia com a população, viabilizarão uma transição energética a fim de garantir energia limpa e sustentável na matriz energética Brasileira.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Agência Nacional de Energia Elétrica. *Atlas de energia elétrica do Brasil*. 1ª Edição. Brasília, 2012.
- [2] Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, REN 21 (2017). *Renewables 2017: Global Status Report*. Acesso em 15 de agosto de 2018, em: <http://www.ren21.net/>.
- [3] Empresa de Pesquisa Energética, BEN. *Balanço Energético Nacional*. Acesso em 06 de setembro de 2018, em: <https://ben.epe.gov.br>.
- [4] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). *Atlas Brasileiro de Energia Solar*. 2ª Edição. Acesso em 06 de setembro de 2018, em: <http://www.inpe.br/>.

- [5] LUIZ, B. S.; SILVA, T. S. Energia Fotovoltaica: *Um Retrato da Realidade Brasileira*. INOVAE. São Paulo, Vol.5, N.2, p. 26-40. Julho-dezembro, 2017.
- [6] MARQUES, R.C.; KRAUTER, S. C.W.; LIMA, L.C. Energia Solar Fotovoltaica e Perspectivas de Autonomia Energética para o Nordeste Brasileiro. *Rev. Tecnol. Fortaleza*, v. 30, n. 2, p. 153-162, dezembro. 2009.
- [7] REIS, L.B.; SANTOS, E.C. *Energia Elétrica e Sustentabilidade: Aspectos tecnológicos, socioambientais e legais*, Manole Ltda, 2ª Edição, Barueri, SP, 2014.
- [8] SOARES, V. R. Impactos sociais causados pela construção de hidrelétrica em populações ribeirinhas na Zona da Mata Mineira. 2009. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Sociais) - Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora.
- [9] PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. CEPEL – CRESESB. 2014.
- [10] LUCAS, A. F. *Estimativa de Irradiação Solar via Modelos Empíricos com Base na Temperatura do Ar para o Nordeste Brasileiro*. Monografia. Natal, RN, 2017.
- [11] World Bank Group. Global Solar Atlas. Acesso em 8 de setembro de 2018, em: <http://globalsolaratlas.info/>.
- [12] Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). BDMEP - *Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa*. Acesso em 8 de setembro de 2018, em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>.
- [13] OLIVEIRA, O. G; OLIVEIRA, R. H.; GOME, R. O. Energia Solar: *Um Passo para o Crescimento*. REGRAD. Marília-SP, v. 10, n.1, p. 377-389, outubro de 2017.
- [14] Portal Solar. *Tudo sobre a Eficiência do Painel Solar*. Acesso em 9 de setembro de 2018, em: <https://www.portalsolar.com.br/tudo-sobre-a-eficiencia-do-painel-solar.html>.
- [15] PEREIRA, E. B. et al. *Atlas brasileiro de energia solar*. INPE. 1ª edição. São José dos Campos. 2006.
- [16] CARNEIRO, J. *Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos (Sistemas ligados à rede e sistemas autônomo)*. Universidade do Minho. 2009.

- [17] International Energy Agency (IEA). *Snapshot of Global Photovoltaic Markets*. Acesso em 09 de setembro de 2018, em: <https://www.iea.org/>.
- [18] MARQUES, P. C. A. *Sistemas Distribuídos num Contexto Industrial no Japão*. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia e Ambiente) – Universidade de Lisboa. Lisboa, 2016.
- [19] DANE, F. et al. *Eficiência Energética*. Rio de Janeiro. Fundação Konrad Adenauer, janeiro 2015. 168p.
- [20] GONÇALVES, B. B. B. *A Transição Energética na Alemanha: Possibilidades e Limites para a Utilização de Fontes Renováveis*. Monografia de Bacharelado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, março 2015.
- [21] TOLMASQUIM, M. *Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil*. São Paulo 2012.
- [22] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Energia Solar*. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar(3).pdf). Acesso em: 24 de Setembro de 2018.
- [23] GALDINO, M.A., LIMA, J.H.G. *PRODEEM- O Programa Nacional de Eletrificação Rural Baseado em Energia Solar Fotovoltaica*. In: Anais do IX Congresso Brasileiro de Energia-CBE. 2002.
- [24] FIALHO, A. C.; CAMPOS, A. L. P. S. *Perspectivas de Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Geração de Energia Elétrica no Rio Grande do Norte*. HOLOS, [S.l.], v. 3, p. 3-14, ago. 2013. ISSN 1807-1600.
- [25] NETO, Manuela, CARVALHO, Paulo. *Energia solar fotovoltaica no semi-árido: estudo de caso sobre a atuação do PRODEEM em Petrolina-PE*. 2006.
- [26] ABRAVA - Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento. Disponível em: <http://www.abrava.com.br/> Acesso em: 24 de setembro de 2018.
- [27] COUTURE, T.; GAGNON, Y. *An analysis of feed-in tariff remuneration models: Implications for renewable energy investment*. Energy Policy, v. 38, n. 2. Guildford: Elsevier, 2010. p. 955-965.

- [28] INSTITUTE FOR ENERGY RESEARCH. *Germany's green energy failure: A lesson for U.S. Policymakers*. Washington, 2014, 14 p. Entidade conhecida pela sigla IER.