



**DOMINGOS SÁVIO FERREIRA DOS SANTOS**

**PARTICIPAÇÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NA MATRIZ ENERGÉTICA  
BRASILEIRA: PANORAMA ATUAL E PERSPECTIVAS FUTURA**

**FORTALEZA CE, 2023**

**DOMINGOS SÁVIO FERREIRA DOS SANTOS**

**PARTICIPAÇÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NA MATRIZ ENERGÉTICA  
BRASILEIRA: PANORAMA ATUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS**

Trabalho de Conclusão de curso – TCC -  
apresentado ao curso de Pós Graduação  
Latu sensu, MBA em Gestão Estratégica  
de Energias Naturais Renováveis do  
Programa de Educação Continuada,  
Setor Ciências Agrárias – PECCA - da  
Universidade Federal do Paraná como  
requisito para obtenção do título  
de Especialista em Gestão Estratégica de  
Energias Renováveis. Orientador(a): Prof(a).  
Dr(a). Lucieli Rossi

## RESUMO

A realidade atual em termos de oferta de energia para as sociedades se tornou motivo de grande preocupação para os governos. Sendo assim, as energias geradas a partir de fontes renováveis tem se apresentado como a grande alternativa, tanto em termos de substituição aos combustíveis fósseis como para a preservação do meio ambiente, em especial pela não emissão de gases de efeito estufa – GEE. Nesse contexto a geração de energia fotovoltaica tem sido considerada como alternativa para resolução do problema energético entre as nações. Nesse sentido esse trabalho se propôs em fazer uma apresentação do cenário atual da participação da energia fotovoltaica na matriz energética brasileira. Os achados na literatura mostraram que o Brasil ainda caminha a passos lentos em relação a outros países na transição da matriz energética, o que tem sido um fator de alegria acerca da expansão da energia fotovoltaica no país.

**PALAVRAS CHAVE:** Energia fotovoltaica, Matriz energética brasileira, Transição energética, Panorama atual.

## ABSTRACT

The current reality in terms of energy supply for societies has become a reason of great concern for governments, therefore, renewable source generated energies has been presented itself as the great alternative, both in terms of being a substitute to fossil fuels as to the preservation of the environment, in special because of the it's non emission of greenhouse gases -GG- in this context photovoltaic energy generation has been considered as an alternative to the resolution of the energetic problem among nations, in that sense this paper proposes itself to show the current scenario of photovoltaics participation in the Brazilian power matrix, and the literature findings show that Brazil still walks in slow steps in comparison to other countries on power matrix transition, what is been taken as a reason of joy about the expansion of photovoltaics in the country.

**KEY WORDS** Photovoltaic energy, Brazilian energy matrix, Energy transition, Current panorama.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
2.1 Objetivo geral.....	6
2.2 Objetivos específicos.....	6
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>6</b>
3.1 Estruturação da geração de energia fotovoltaica no Brasil. ....	6
3.2 O surgimento e evolução da geração de energia fotovoltaica.....	8
3.3 Transição energética.....	9
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>11</b>
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>11</b>
5.1 Geração de energia fotovoltaica no Brasil.....	11
5.2 Geração de energia fotovoltaica no Ceará .....	15
5.3 Energia solar no Brasil: perspectivas atuais.....	17
<b>6 DISCUSSÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>25</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico tem influenciado de maneira muito intensa a vida em sociedade bem como os modos de relação entre os povos, ao passo que gera novas perspectivas em referência a inovação. Por outro lado, as tecnologias utilizadas pelo homem têm afetado a relação deste com a natureza principalmente pelos processos milenares que assiste a essa relação (ALVES et al., 2022). Portanto, as questões que fazem referências as energias renováveis chamam atenção aos governos mundiais.

Sendo assim, se faz necessário um repensar no que se refere as relações estabelecidas entre o homem e a natureza de modo que haja uma harmonia entre as partes, ao passo que a inovação que se apresenta tão acelerada seja capaz de contribuir para um equacionamento dessa relação. No entanto, a ampliação da oferta de energia fotovoltaica na matriz energética brasileira pode em muito contribuir com a melhoria da relação do homem com a natureza, bem como a redução da utilização dos recursos naturais e possíveis soluções para a questão energética brasileira.

O panorama atual tem mostrado que soluções para a questão energética por parte dos consumidores e das indústrias, tem elevado a capacidade de geração de energias oriundas de fontes renováveis bem como de tecnologias que possam acelerar os processos de desenvolvimento energético no Brasil, o que tem levado a exploração de novos materiais e tecnologias fotovoltaica (ALMEIDA et al., [s.d.]).

A constante busca de um equilíbrio em termos de utilização dos recursos naturais bem como as buscas por fontes de energias limpas ou no mínimo de baixo carbono tem traduzido para os governos no mundo inteiro a necessidade de se debruçarem sobre as questões que possam apresentar soluções em relação a produção e consumo bem como a redução da pegada ambiental para geração de energias. Dessa forma, apresentar a energia fotovoltaica como uma das contribuintes para o problema de ordem mundial justifica a execução dessa pesquisa.

Nesse sentido, a proposta dessa pesquisa será desenvolvida em uma base científica de modo a dar uma resposta, dentro das possibilidades, do panorama atual e futuro da geração de energia fotovoltaica no estado do Ceará, ao passo que se fará um paralelo com a geração de energia fotovoltaica no Brasil.

A pesquisa se dará de forma a responder a seguinte questão: “Qual o panorama atual e as perspectivas futuras da geração de energia fotovoltaica no estado do Ceará?”. A escolha do Ceará como base para a pesquisa se deu, devido ao fato do estado ter se destacado nos últimos anos na produção de energias renováveis tais como: Eólica, Fotovoltaica e produção de hidrogênio verde.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

- Apresentar uma análise das perspectivas futuras na geração de energia fotovoltaica no Brasil em paralelo com o estado do Ceará.

### **2.2 Específicos**

- Demonstrar o panorama atual da geração de energia fotovoltaica no Brasil
- Quantificar a participação do estado do Ceará na geração dessa energia

## **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **3.1 Estrutura da geração de energia fotovoltaica**

Na busca de melhor atender aos clientes em relação as suas preferências no que se refere ao sistema de geração de energia fotovoltaica os mesmos tem duas opções a ser utilizada, as quais poder ser *On-Grid* e *Off-Grid*

Enquanto o sistema fotovoltaico *On-Grid* opera interligado a rede elétrica da distribuidora de energia, o sistema *Off-Grid*<sup>1</sup> não se interliga a rede

---

<sup>1</sup> têm como principal característica o “autossustento”, ou seja, é um sistema não conectado à rede elétrica, que armazena a energia solar excedente em baterias para ser utilizada quando não houver produção.

distribuidora fazendo uso de baterias para armazenamento da energia produzida e tida como excedente para posterior utilização. Em ambos os casos os painéis fotovoltaicos estão presentes para conversão da luz em energia elétrica (MENDES CASARO; CRUZ MARTINS, [s.d.]).

Ambas as opções tem como objetivo final atender as decisões dos clientes, ao passo que contribui de forma positiva como uma mudança da matriz energética brasileira para energias renováveis, ou seja, um incentivo para utilização de energias limpa.

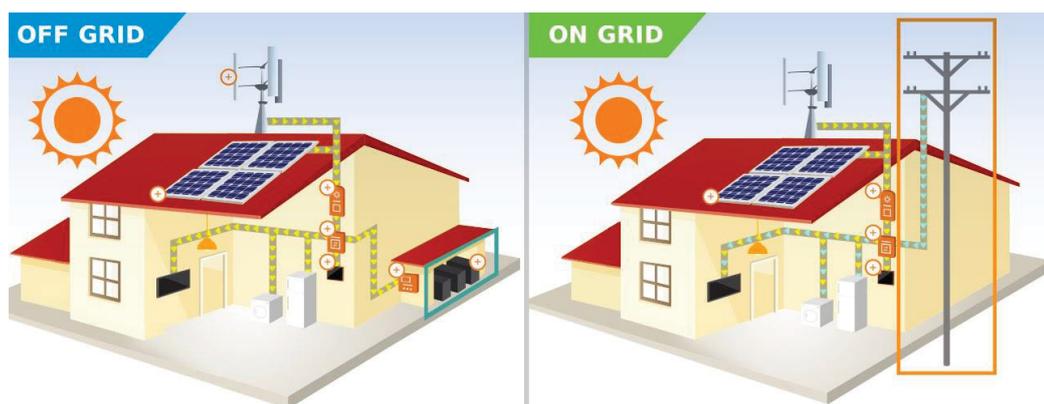
Tais mudanças na oferta de energia baseada em energia limpa, tem sido motivo de discussões não só no Brasil, mas de forma geopolíticas em todo o mundo, tendo em vista a redução do consumo de energia a partir de combustíveis fósseis bem como os conflitos potenciais que se relacionam ao poder em torno das fontes geradoras de tais combustíveis (CASTRO, 2021).

É inegável a capacidade de economia financeira para as indústrias pela adoção do uso de energias renováveis *On-Grid*<sup>2</sup> em seus processos produtivos, ampliando a sua vantagem competitiva por meio de redução dos custos com as contas de energia elétrica, além de poder estabelecer um marketing verde, ou seja, focado no meio ambiente e sua preservação, e dessa forma podendo ser percebida com outro olhar pela sociedade em seu entorno e os *Stakeholder* com os quais mantém relacionamento (ALVES et al., 2022).

Figura 1. Estrutura de geração de energia nos sistemas *On-Grid* e *Off-Grid*

---

<sup>2</sup> O sistema fotovoltaico *on-grid* é formado por equipamentos com a função de converter a energia solar em eletricidade e, por serem ligados à rede, também podem inseri-la diretamente na rede elétrica, transferindo o excesso de energia gerada para a distribuidora e economizando até 95% da conta de luz.



Fonte: <https://revistapotencia.com.br/>

A figura 1 apresenta as duas modalidades de geração e armazenamento da energia gerada a partir de placas fotovoltaicas, ou seja, o sistema *On-Grid* onde o excedente da energia não utilizada é lançada na rede de distribuição gerando créditos para proprietário junto a concessionária e o sistema *Off-Grid* onde o excedente da energia gerada é armazenada em baterias.

Em pleno século XXI a energia se transformou em uma questão geoestratégica para governos mundiais, de modo que tanto os atores econômicos como as grandes corporações tem sentido no ato do consumo de energia a realidade de sua escassez a qual tem se tornado motivo de violência entre as sociedades, portanto, a transição da energia tornou-se razões para debate em torno de fatores econômicos e de proteção ambiental nos países e estabelecido diálogos acalorados em termos geopolíticos (CASTRO, 2021).

### 3.2 O surgimento e evolução da geração de energia fotovoltaica

Descoberto em 1839 pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel, o efeito fotovoltaico foi primeiramente testado pelo francês a partir da utilização de uma célula eletroquímica para gerar uma diferença de potencial entre dois eletrodos, quando o dispositivo era submetido à luz, ficando Charles Fritts responsável pelo desenvolvimento dos primeiros painéis solares em 1880 e que foi feita uma instalação no telhado de uma casa na cidade de Nova York, a partir de 1940.

Após ser realizada a patente e dos trabalhos de Russel Ohl os painéis solares passaram a utilizar junções p-n de silício o que veio a estabelecer viabilidade para aplicações práticas e ganhos de escala, bem como, eficiência

de conversão acima de 5% percebidas a partir dos anos de 1950, e que ficou marcado pelas potencialidades que foi fornecida para as comunicações via satélite (LIMA et al., 2020).

As descobertas iniciais acima citadas por Alexandre Edmond Becquerel, Charles Fritts e Russel Ohl contribuíram para a realidade de que a energia solar tem se apresentado, como uma das importantes fontes de energia renovável, principalmente nas regiões espectrais da luz infravermelha e visível, e que pode ser convertida diretamente em calor ou em energia elétrica.

Sendo assim, as células fotovoltaicas recebem sua denominação a partir da capacidade de dispositivos capazes de converter a luz diretamente em energia elétrica por meio da produção de uma tensão e uma corrente elétrica sob iluminação (LIMA et al., 2020).

Para os autores em um momento de maior iluminação um ponto qualquer na superfície do planeta terra pode receber do Sol uma densidade de potência de até aproximadamente  $1000\text{W/m}^2$ , nos momentos de maior iluminação, podendo essa quantidade sofrer uma variação de acordo com a estação do ano, hora do dia e da localização geográfica, sabendo-se que (quanto maior a latitude menor a incidência de radiação solar).

(LIMA et al., 2020), afirmam que:

A descrição dos fenômenos fotovoltaicos requer a adequada compreensão da interação da luz com a matéria, cuja natureza é inerentemente quântica, aliada a um modelo físico dos meios materiais considerados, para os autores na descrição semi-clássica de um dispositivo fotovoltaico são ainda necessárias as equações de Maxwell do eletromagnetismo e que os materiais utilizados na conversão fotovoltaica são tipicamente semicondutores, cuja estrutura de bandas de energia é obtida mediante a aplicação das leis da mecânica quântica.

### **3.3 Transição energética**

As necessidades urgentes de descarbonização das sociedades por meio da transição energética têm sofrido impacto da inércia de tais decisões tomadas no passado em torno das tecnologias e matriz energética ao redor do mundo, impedindo o avanço dessa transição de forma mais simples e menos complexa.

Portanto, se faz necessário uma aceleração nesse processo de transição, tendo em vista que existe nesse contexto um contingente de milhões de pessoas que nem se quer tem acesso a rede elétrica (CASTRO, 2021).

O alto incentivo ao consumo por parte da mídia com seus apelos midiáticos e as dificuldades em se construir novas hidroelétricas por parte do estado em função das pressões de ambientalistas e sistemas ligados, tem produzido uma vulnerabilidade tripla, ou seja, para a sociedade, governo e as organizações. Sendo assim a busca por redução de dependência de importação de energia tem ditado aos países reinventar seu sistema de consumo bem como incentivar a produção de energia doméstica (CASTRO, 2021).

Dessa forma, começamos a perceber a importância do aumento da participação das energias renováveis na matriz energética brasileira, de modo a reduzir a dependência da utilização de combustíveis fósseis que promovem uma elevação na emissão de gases de efeito estufa (GEE). Nesse emblema a fonte de energia fotovoltaica se apresenta como uma opção viável, tendo em vista as facilidades de sua instalação e o potencial de geração de energia de que ela é capaz de produzir.

Para que haja um aumento significativo na participação da energia fotovoltaica na matriz energética brasileira se faz necessário mais incentivo por parte dos órgãos governamentais, tais como redução ou até se possível a eliminação de alguns impostos referentes a equipamentos e insumos para instalação de energia fotovoltaica nas residências, agronegócio e na indústria, consequentemente, será percebido uma redução na dependência de energia gerada a partir de combustíveis fósseis bem como uma proteção maior ao meio ambiente.

A partir do século XIX devido a necessidade de atuação geoestratégica dos governos ao redor do mundo bem como a realidade da adoção de novas formas de consumo de energia, as sociedades bem como as corporações passaram por um sentimento de escassez, o que tem sido motivo de violência em algumas sociedades. No entanto, esse panorama socioeconômico embricado por uma vulnerabilidade sistêmica, fazendo surgir políticas de

comando e controle as quais tem sido responsáveis pelo aceleração da transição das fontes de energias em todos os países (CASTRO, 2021).

As questões voltadas para a preservação do meio ambiente devem ser levadas em consideração mesmo no caso da geração de energia fotovoltaica, bem como os impactos sobre o meio ambiente, (COELHO, [s.d.]) chama a nossa atenção para a questão que ele coloca como ACV – Análise do Ciclo de Vida – ele coloca que a avaliação de impacto vista de forma resumida deve verificar com clareza a emissão (de uma determinada massa ou substância) com potencial de provocar mudanças no meio natural (água, terra ou ar), para que em seguida seja feita uma verificação da existência ou não de acidificação e aumento na temperatura do ambiente os quais podem comprometer de maneira considerável a qualidade de vida humana.

#### **4. METODOLOGIA**

Para execução dessa pesquisa foi feito uma revisão da literatura, onde buscou-se nas bases de dados Scielo.org e Google Acadêmico as publicações pertinentes ao objetivo do estudo. A busca na base de dados se deu com a utilização de três descritores “Energia”, “Fotovoltaica” e “Brasil”, foram aceitos para a revisão no trabalho os artigos que continham os descritores nos títulos, portanto, os que não atendiam e esse critério foram excluídos.

Para a coleta dos dados acerca da geração de energia fotovoltaica no Brasil na atualidade e no futuro, foi utilizado os dados da EPE (Empresa de Pesquisa Energética), e assim munuiu-se das informações para a construção do trabalho.

#### **5. RESULTADOS**

##### **5.1 Geração de energia fotovoltaica no Brasil**

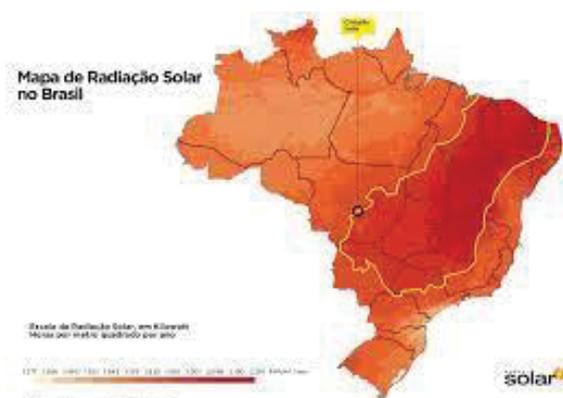
Em referência a geração de energia fotovoltaica no Brasil, tem-se percebido maior tranquilidade por parte da população e das indústrias para adoção de geração de energia a partir dessa fonte, isso mostra o potencial existente na geração de energia fotovoltaica dentro da matriz energética do país mesmo sabendo que o Brasil possui uma fonte significativa de energia hidráulica.

Porém, as questões relacionadas aos altos custos iniciais de implantação e dos impactos ambientais associados tem colocado a mesma em estática em relação as novas implantações de usinas hidroelétricas, o que se configura como uma posição contrária em relação ao avanço da energia fotovoltaica.

No entanto, é evidente que tem sido feito investimentos de forma limitada em projetos de geração de energia provenientes de outras fontes, em contraste com nações como China, Índia e Japão, onde as disparidades de investimentos e avanços nesse sentido são bastante significativas. (ROBSON OLIVEIRA DA ROSA -, 2016a) .

Um fator que favorece o Brasil em relação geração de energia fotovoltaica é o seu potencial de radiação, onde os índices são muito maiores do que os observados em países europeus por exemplo. A menor radiação no país foi verificada no norte do estado de Santa Catarina e a maior no estado da Bahia, da ordem de 1500KWh/m<sup>2</sup> e 2350 KWh/m<sup>2</sup> respectivamente de irradiação global horizontal anual (ROBSON OLIVEIRA DA ROSA -, 2016a). Sendo assim o país tem investido de forma firme em projetos de geração de energias de fontes renováveis, dentre estes estão os direcionados a geração de energia fotovoltaica.

Figura 2. Radiação solar global anual típica (Solar Gis, 2015)



Fonte: <https://www.google.com/Search>

A figura 2 mostra o potencial de radiação do Brasil e onde isso ocorre com mais intensidade, podemos ver que na região central do país desde o extremo no litoral nordestino até a região central do sudeste e centro oeste esse fenômeno ocorre com maior intensidade.

Em relação a produção de energia fotovoltaica no Brasil está sendo esperado novas reduções nos preços dos serviços e materiais oferecidos ao mercado no decorrer dos próximos vinte anos, bem como, um aumento na produção dos módulos fotovoltaicos com células bifaciais meia-célula e células de 210 mm.

Para (COELHO, [s.d.]) o processo de geração de energia elétrica está sempre relacionado a questões ambientais e diferentes formas de uso de tecnologias, porém, no caso da geração de energias a partir de fontes renováveis e até mesmo geração de energia fotovoltaica mesmo sendo considerada energia limpa merece uma atenção acerca dessa questão.

Para o autor deve-se estar atento a questão ambiental, pois para a instalação das usinas não há a emissão de gases tóxicos e prejudiciais ao meio ambiente, em contrapartida, em termos de ciclo de vida total da tecnologia utilizada na fabricação das placas fotovoltaicas, elas fazem uso de diversas substâncias poluidoras. Dessa forma, observa-se uma atenção que os governos internacionais têm depositado em torno da questão, e no Brasil não é diferente.

Figura 3. Usina de energia fotovoltaica na cidade de Tauá -CE



Fonte <https://www.revistafatorbrasil.com.br/>

A figura 3 apresenta a usina de energia fotovoltaica instalada no município de Tauá, o qual é pioneiro em produção de energia fotovoltaica. Na cidade, distante 337 km de Fortaleza, foi instalada a primeira usina a gerar eletricidade em escala comercial no Brasil e na América Latina. Inaugurada em agosto de

2011, a usina tem capacidade inicial de geração de 1 megawatt. Foi construída pela empresa MPX e hoje é administrada pela ENEVA. Para produzir seu primeiro megawatt, a usina solar Tauá usou 4.680 painéis fotovoltaicos, instalados em área equivalente a dez piscinas olímpicas.

O Brasil tem seguido padrões internacionais em termos de geração de energia solar, porém, com certo atraso, de acordo com a ABSOLAR em 2015 havia 42MW e que em 2020 houve um aumento altamente significativo, subindo para 7.740 MW, nesse mesmo sentido segue as colocações da ANEEL que em 2016 não previa fiscalização em nenhuma usina fotovoltaica e que em março de 2021 a potência fiscalizada atingia 3.291 MW (PEREIRA; RUTHER, 2021).

Com mais de 70% da sua matriz energética formada por geração de energia a partir de hidrelétricas, o Brasil é um país com sistema hidrotérmico de grande porte, caracterizando o sistema de produção de energia elétrica no país (MENDES CASARO; CRUZ MARTINS, [s.d.]).

O aumento da oferta de energia derivadas de fontes renováveis, as quais não agridem o meio ambiente nem jogam resíduos na atmosfera é crucial para promover o desenvolvimento sustentável, dentro da realidade atual gerada a partir de hidrelétricas e usinas termoelétricas (MENDES CASARO; CRUZ MARTINS, [s.d.]).

Dentro desse contexto podemos ver a geração de energia fotovoltaica como uma excelente opção para contribuir com o aumento na promoção de energia geradas a partir de fontes renováveis, o que corrobora com a justificativa de execução dessa pesquisa.

A falta de uma regulamentação condizente por parte dos órgãos governamentais no Brasil tem se apresentado como uma barreira para a promoção da implantação de sistemas fotovoltaicos bem como um baixo incentivo para utilização dessa energia (MENDES CASARO; CRUZ MARTINS, [s.d.]), para os autores existem algumas oportunidades e barreiras que devem ser levadas em conta, tais como:

Oportunidades

- ❖ O Brasil é detentor de consideráveis reservas de quartzo para a produção de silício;
- ❖ Qualquer projeto pode ser viabilizado, pelo potencial solar suficiente do país;
- ❖ Universidades brasileiras desenvolvem projetos relacionados à fabricação e análise de desempenho de células solares;
- ❖ O Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) possui certificações para apoiar a indústria de módulos, inversores e baterias.

### Barreiras

- ❖ Energia solar fotovoltaica requer um domínio tecnológico necessário em toda a cadeia produtiva;
- ❖ Ciclo de desenvolvimento de produtos é atrasado devido ao processo demorado na importação de insumos e produtos químicos;
- ❖ O Brasil está atrasado cerca de 20 anos no domínio de tecnologias, se comparado aos países do Primeiro Mundo;
- ❖ Há uma crescente necessidade de maior integração entre os centros de pesquisa e as empresas; é necessário resolver entraves legais para a comercialização de produção independente.

Fontes de dados recentes apontam que o Brasil possui reservas de petróleo suficiente para abastecer o consumo interno por mais 22 anos e que existe uma grande ineficiência na utilização do potencial hidrelétrico brasileiro, sendo assim a utilização da energia fotovoltaica além de ser uma energia limpa se apresenta como excelente alternativa para suprir esse gap que se apresenta em um futuro breve (JULIANE BARBOSA DOS SANTOS; CHARBEL JOSÉ CHIAPPETTA JABBOUR, 2013).

A questão da geração de energia para suprir o mercado consumidor no Brasil deve levar em conta algumas questões como colocado por (CABRAL, [s.d.]) ao afirmar que se faz necessário e em caráter de urgência que haja investimentos na indústria do setor de geração de energia fotovoltaica de modo a desenvolver projetos que abarquem as populações menos favorecidas do ponto de vista econômico e financeiro, possibilitando assim uma expansão do setor, uma vez que a disponibilidade e utilização de energia por populações

isoladas e de baixo poder aquisitivo pode contribuir com a redução da pobreza (CABRAL, [s.d.]).

## **5.2 Geração de energia fotovoltaica no Ceará**

Em relação a geração de energia fotovoltaica no estado do Ceará segundo ABSOLAR o Ceará é o 5º Estado do país com a maior capacidade de geração de energia solar com atuais 5,4GW, ficando atrás de Minas Gerais (34,1GW), Piauí (12,5GW), Bahia (10,4GW) e Rio Grande do Norte (7,6GW). Atualmente, o Estado possui 144 empreendimentos na área de energia solar. Os dados são da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Com isso, os investimentos na geração própria de energia solar no Ceará ultrapassam R\$ 636,7 milhões, segundo dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR).

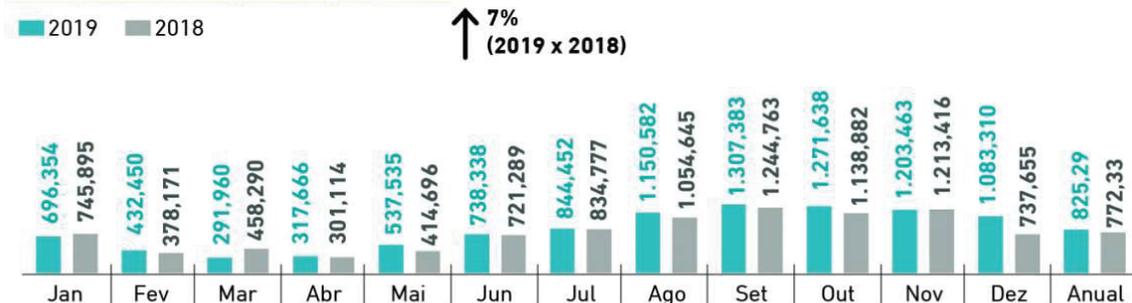
Desde 2012, a geração própria de energia solar já proporcionou ao Ceará a atração de mais de R\$ 2,5 bilhões em investimentos, geração de mais de 14 mil empregos e a arrecadação de mais de R\$ 636,7 milhões aos cofres públicos. Atualmente, segundo dados da Associação, no Ceará, são mais de 51,8 mil consumidores de energia elétrica que já contam com redução na conta de luz e maior autonomia e confiabilidade elétrica.

“O estado do Ceará é atualmente um importante centro de desenvolvimento da energia solar. A tecnologia fotovoltaica representa um enorme potencial de geração de emprego e renda, atração de investimentos privados e colaboração no combate às mudanças climáticas”, disse Jonas Becker, coordenador estadual da ABSOLAR no Ceará.

Figura 4: Geração de energia eólica e fotovoltaica no estado do Ceará nos anos de 2018 e 2019.

## MATRIZ LIMPA NO ESTADO

### GERAÇÃO EÓLICA (em MW)- CEARÁ



### GERAÇÃO FOTOVOLTAICA (em MW)- CEARÁ



Fonte: Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE)

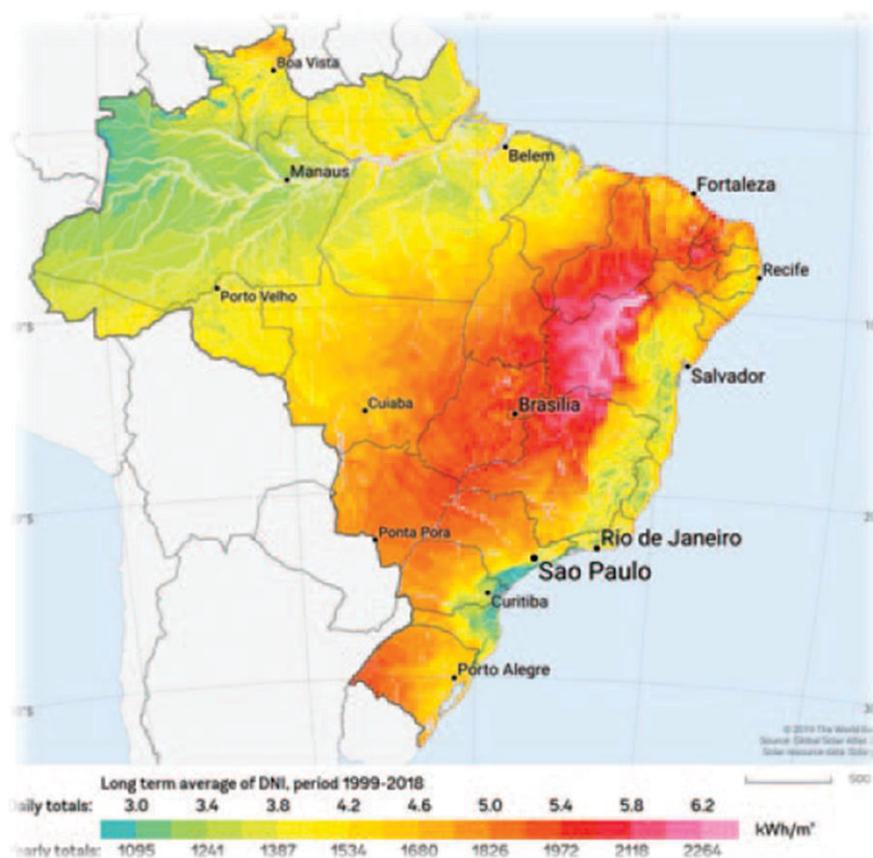
O gráfico acima (fig. 4) mostra a evolução no que diz respeito a geração de energia fotovoltaica no estado do Ceará, fortalecendo a perspectiva vertiginosa dessa geração de energia para os próximos anos. Isso se dá principalmente pelo fato do Ceará possuir uma posição geográfica que permite a maximização da geração solar fotovoltaica, principalmente, devido aos altos índices de irradiação calculados nesse Estado que, assim como os demais lugares que tem como predominância clima semiárido, apresenta estimativas promissoras no que diz respeito ao setor energético.

O estado do Ceará está localizado na região Nordeste e assim, possui grande incidência de radiação solar, sendo considerado como o terceiro maior produtor de energia eólica do Brasil fruto do grande investimento e apoio do governo estadual conta hoje com 80 parques eólicos com capacidade de 2 GW de acordo com a ABEEOLICA, e em 2009 foi lançado o Fundo de Incentivo à Energia Solar no estado com a finalidade de incentivar os fabricantes de equipamentos solares e a instalação de usinas solares no território cearense (MERCADANTE PETRY; RAMOS, [s.d.]).

No cenário nacional, a fonte solar fotovoltaica deverá gerar mais de 300 mil novos empregos em 2023, segundo a ABSOLAR, com investimentos gerados pelo setor que podem ultrapassar R\$ 50 bilhões no próximo ano, incluindo as usinas de grande porte e os pequenos sistemas em telhados, fachadas e terrenos (<https://www.sintafce.org.br>).

### 5.3 Energia solar no Brasil: perspectivas atuais e futuras

Figura 4: Irradiação direta do Brasil em kWh/m<sup>2</sup> e a produção de energia fotovoltaica



A figura 4 mostra a o potencial de irradiação por estado e região no Brasil que segundo as projeções da ABSOLAR, o mercado brasileiro caminha para um forte crescimento neste ano, principalmente após a aprovação e publicação oficial da tão esperada lei de geração distribuída (Lei nº 14.300/2022) que trouxe mais segurança jurídica, estabilidade, previsibilidade e transparência ao

mercado, e que nesse sentido devemos atingir uma capacidade total média de 67GW até o ano de 2026.

A necessidade de expansão da geração de energias renováveis e a notória dependência de energias de fontes fósseis, tem deixado muito claro o estabelecimento de metas de geração de energias de fontes limpas para os governos mundiais. Isso se deve, em grande parte, pelo potencial que os combustíveis fósseis possuem em termos de geração de gases de efeito estufa (GEE).

Nesse sentido, o acordo de Paris assinado em 2016 se configura como uma recente iniciativa para alinhamento dos governos na busca de geração de energias de fontes renováveis e por conseguinte estabelecer proteção ao meio ambiente e o planeta como um todo (MERCADANTE PETRY; RAMOS, [s.d.]).

Há no Brasil uma extensa área altamente favorável para a geração fotovoltaica centralizada, onde 25% do território apresenta nível de geração acima de 122 kWh, ou seja, uma que compreende as regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, vale colocar que 45% do território nacional tem potencial para gerar pelo menos 85% dos melhores desempenhos (115kWh); e 65% está acima de 80% (108kWh) .Ou seja, grande parte do território nacional tem forte vocação para a geração fotovoltaica (GOMES, 2018).

Dados de 2020 apontam que 26,5% da energia gerada em todo o mundo derivavam de fontes renováveis, onde a energia fotovoltaica tinha apenas 1,9 % de participação nesse montante. Porém, tem se observado um aumento considerável na geração de energia por essa modalidade ao longo da última década tendo China, Estados Unidos, Índia, Japão e Turquia como os maiores geradores de energia fotovoltaica no mundo (MERCADANTE PETRY; RAMOS, [s.d.]).0

De acordo com a EPE, o Brasil, mesmo detendo uma pequena capacidade instalada, tem buscado superar as barreiras, por meio de um conjunto de elementos, para inserção da fonte na matriz brasileira sendo assim,

os avanços alcançados nos últimos anos contemplaram ações oriundas de múltiplos agentes, em diversas esferas, destacando-se a regulatória, tributária, normativa, de pesquisa e desenvolvimento, e de fomento econômico.

A EPE (Empresa de Pesquisa Energética) afirma que os sistemas fotovoltaicos têm experimentado um enorme crescimento ao redor do mundo nos últimos anos e que comparado aos países líderes em capacidade instalada de geração distribuída fotovoltaica urbana, o Brasil possui enorme potencial, por possuir maior incidência solar e por suas tarifas de energia elétrica estarem em patamares parecidos. De acordo com os dados fornecidos pela EPE e as informações da ABSOLAR, o estado do Ceará se apresenta com um grande centro de geração de energia por meio de fontes renováveis em especial a fotovoltaica.

## **6. DISCUSSÃO**

A literatura consultada apresentou o potencial que a geração de energia fotovoltaica possui para garantir mais segurança energética para o Brasil, e que a transição energética precisa ser desenvolvida de maneira mais simples e menos complexa, de modo a reduzir a dependência de energia gerada a partir de combustíveis fósseis que elevam a geração de gases de efeito estufa – GEE – contribuindo com a degradação da atmosfera.

Vale ressaltar que o interesse da sociedade pela energia solar fotovoltaica vem aumentando principalmente após a Resolução Normativa 482/2012 da ANEEL e também devido ao potencial solar existente para geração no país, porém os custos dos materiais utilizados na implantação do sistema ainda são muito altos o que dificulta a aquisição por parte da população, principalmente as menos favorecidas financeiramente (ROBSON OLIVEIRA DA ROSA -, 2016b).

Sendo assim, vale colocar aqui a urgência de uma intervenção por parte do governo na busca de reduzir os custos de implantação dos sistemas fotovoltaicos pela população, e dessa forma a transição da matriz energética brasileira ocorra a passos mais rápidos

O Brasil segue firme no caminho em busca do aumento da oferta de energia elétrica geradas a partir de fontes renováveis, fazendo valer o tratado firmado no acordo de Paris o qual cobrou dos governos maior compromisso com a diminuição de geração de GEE.

Sendo assim, o Brasil está comprometido com as questões tidas como importantes para a implantação da energia solar no país, seja ela por meio da geração distribuída ou centralizada (OLIVEIRA; MARIO; PACHECO, 2021).

O fato de se instalar uma usina fotovoltaica em uma determinada localidade requer que se faça algumas modificações no solo local, levando a alterações na vegetação em termos de remoção por meio de terraplanagem e compactação do solo (LIMA; NETO; ABRAHÃO, 1260).

Do citado observa-se as necessidades em termos de adequação do meio ambiente para implantação de uma usina fotovoltaica, porém, mesmo com essas necessidades foi evidenciado por meio da literatura que a geração de energia fotovoltaica avança em todo o mundo inclusive no Brasil, disso colocamos aqui como discussão que o panorama atual do Brasil em termos de geração de energia fotovoltaica cresce a cada ano.

Mesmo em face a retração econômica que o Brasil está vivendo, tem-se observado um aumento no consumo de energia, porém, esse aumento se deve em maior parte devido a implantação dos programas sociais implantados pelo governo principalmente na região Nordeste (BÜHLER et al., 2015). O que mostra que no panorama atual o Brasil segue a passos largos em busca da transição da matriz energética por fontes de energias limpas, e nesse caso a geração de energia de sistemas fotovoltaico recebe suas consideradas boas vindas.

O consumo de energia elétrica tem crescido bastante ao longo dos anos influenciado pelo crescimento econômico forçando os governos a considerarem a utilização de combustíveis fósseis responsáveis pela emissão de GEE, sendo assim percebe-se os desafios impostos ao setor energético sendo este o maior contribuinte na geração de GEE, responsáveis pelo aquecimento global

conforme aponta a EPE (RAQUEL DE JESUS RODRIGUES SILVA -; AMARAL SHAYANI -; AURÉLIO GONÇALVES DE OLIVEIRA, [s.d.]).

Sendo assim podemos perceber os desafios impostos para a implantação das usinas de geração de energia fotovoltaica, mesmo que de maneira despercebidas em um primeiro momento, as mesmas trazem consigo capacidades de degradação ao meio ambiente em sua amplitude estendida a fauna e a flora, porém, diante da emergência a nível mundial pela preservação do meio ambiente as fontes de energias limpas se configuram como a grande alternativa para os governos mundiais.

Como qualquer outro empreendimento que visa a geração de energia elétrica, as fontes de energia fotovoltaica também possuem a capacidade de geração de alguns impactos ambientais, quer sejam de ordem positivas ou negativas.

Dessa forma, como impacto ambiental podemos citar as alterações provocadas nas características do sistema ambiental quer seja esta física, química, biológica, social ou econômica, causada por ações antrópicas, as quais possam afetar direta ou indiretamente o comportamento de parâmetros que compõem os meios físico, biótico e/ou socioeconômico do sistema ambiental na sua área de influência (PEREIRA et al., [s.d.]).

Em relação a geração de energia fotovoltaica no Brasil foi evidenciado um aumento significativo ano após ano tendo como exemplo os valores referentes aos anos de 2015 com 42MW e 2020 quando houve um aumento altamente significativo, subindo para 7.740 MW.

A pesquisa apresentou também o potencial do estado do Ceará como grande produtor de energia a partir de fontes renováveis o que o coloca como um dos grandes atores nesse sentido no cenário nacional na geração de energia. Sendo assim, percebeu-se com clareza que o Brasil está seguindo firme rumo a transição energética e que o estado do Ceará está dando uma excelente contribuição para esse acontecimento.

## **7. CONCLUSÃO**

Os achados na literatura foram suficientes para responder à questão de pesquisa formulada, que buscou analisar a geração de energia fotovoltaica no Brasil, ao passo que fez um paralelo com a geração dessa energia no estado do Ceará, e concluímos que o Brasil está no caminho rumo a transição energética, mas que muita lição de casa ainda precisa ser feita.

Em relação ao estado do Ceará este tem avançado a passos largos na geração de energia a partir de fontes renováveis (fotovoltaica, eólica e hidrogênio verde) porém nos debruçamos em apresentar apenas os dados referentes a energia fotovoltaica.

Portanto, concluímos que o objetivo da pesquisa foi alcançado, ou seja, apresentar as perspectivas futuras da geração de energia fotovoltaica no Brasil em paralelo com o estado do Ceará, no entanto, os dados achados refletem ainda uma lacuna da real necessidade do país em relação a urgência da transição energética existe e precisa ser equacionado.

Outro ponto que foi apresentado no trabalho diz respeito a capacidade geoestratégica que as energias renováveis têm produzido entre as nações, sendo assim, por meio de uma matriz energética bem definida em termos de respeito e colaboração ao meio ambiente os países podem aumentar seu potencial estratégico no cenário globalizado em que vivemos na contemporaneidade.

## **8. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A disponibilidade de energia para a sociedade é de extrema importância, bem como para as indústrias, no caso da energia fotovoltaica a mesma se apresenta como grande contributiva para a composição da matriz energética no Brasil.

Embora os achados na literatura tenham nos deixado satisfeitos ressaltamos aqui que nenhuma pesquisa se basta em si mesma e que novas

pesquisa se fazem necessárias para apresentar novos achados acerca da geração de energia fotovoltaica no Brasil e no mundo.

É inegável a contribuição que a geração de energia a partir de fontes renováveis contribuem para a preservação do meio ambiente e bem-estar das sociedades, sendo assim, consideramos aqui que as apresentações feitas nessa pesquisa têm capacidade para auxiliar aos leitores acerca do potencial socioeconômico da energia fotovoltaica.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. et al. **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**. [s.l: s.n.].

ALVES, J. L. et al. Economia Circular e Energias Renováveis: uma análise bibliométrica da literatura internacional. **Interações (Campo Grande)**, p. 267–297, 3 ago. 2022.

BOQUIMPANI, C. L. et al. Eficiência energética: sistemas de iluminação com LEDs, distribuídos em corrente contínua e utilizando energia fotovoltaica. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 4, p. 303–316, dez. 2019.

BÜHLER, A. J. et al. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO: SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, v. 19, p. 4–11, 2015.

CABRAL, I. **VIABILIDADE ECONÔMICA X VIABILIDADE AMBIENTAL DO USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NO CASO BRASILEIRO: UMA ABORDAGEM NO PERÍODO RECENTE**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://minhacasasolar.lojavirtualfc.com.br>>.

CASTRO, C. P. Hydropower and the geopolitics of renewable energies in the Amazon Basin. **Ambiente e Sociedade**, v. 24, p. 1–20, 2021.

COELHO, R. **VALORAÇÃO ECONÔMICA DE IMPACTOS AMBIENTAIS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: UM ESTUDO DE CASO** *Revista Brasileira de Energia Solar Ano*. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[www.ecoinvent.org](http://www.ecoinvent.org)>.

GOMES, A. M. **MAPEAMENTO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL-UMA ABORDAGEM PRELIMINAR** *Revista Brasileira de Energia Solar Ano*. [s.l: s.n.].

JULIANE BARBOSA DOS SANTOS; CHARBEL JOSÉ CHIAPPETTA JABBOUR. Adoção da energia solar fotovoltaica em hospitais: revisando a literatura e algumas experiências internacionais. **Adoção da energia solar fotovoltaica em hospitais: revisando a literatura e algumas experiências internacionais**, v. 22, n. 3, p. 972–977, 5 abr. 2013.

LIMA, A. A. et al. An overview of photovoltaic energy conversion principles. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, 2020.

LIMA, P. T. D.; NETO, M. M.; ABRAHÃO, R. **Análise dos processos de avaliação de impacto ambiental em usinas fotovoltaicas no Nordeste do Brasil**. [s.l: s.n.].

MENDES CASARO, M.; CRUZ MARTINS, D. **PROCESSAMENTO ELETRÔNICO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM SISTEMAS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA**. [s.l: s.n.].

MERCADANTE PETRY, P.; RAMOS, K. N. A EXPANSÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL E O DESENVOLVIMENTO LOCAL: UMA PROPOSIÇÃO DE ABORDAGEM. **R. gest. sust. ambient**, n. 9, p. 22–43, [s.d.].

OLIVEIRA, A. M. DE; MARIO, M. C.; PACHECO, M. T. T. Fontes renováveis de energia elétrica: evolução da oferta de energia fotovoltaica no Brasil até 2050. **Brazilian Applied Science Review**, v. 5, n. 1, p. 257–272, 2021.

PEREIRA, O. S.; RUTHER, R. Energia solar fotovoltaica. **Revista Brasileira de Energia**, v. 27, n. 3, 17 ago. 2021.

PEREIRA, W. et al. **EXPANSÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL: IMPACTOS AMBIENTAIS E POLÍTICAS PÚBLICAS**. [s.l: s.n.].

RAQUEL DE JESUS RODRIGUES SILVA -, L.; AMARAL SHAYANI -, R.; AURÉLIO GONÇALVES DE OLIVEIRA, M. **ANÁLISE COMPARATIVA DAS FONTES DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA, HIDRELÉTRICA E TERMELÉTRICA, COM LEVANTAMENTO DE CUSTOS AMBIENTAIS, APLICADA AO DISTRITO FEDERAL**. [s.l: s.n.].

ROBSON OLIVEIRA DA ROSA -, A. **PANORAMA DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL**Revista Brasileira de Energia Solar Ano. [s.l: s.n.].

ROBSON OLIVEIRA DA ROSA -, A. **PANORAMA DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL**Revista Brasileira de Energia Solar Ano. [s.l: s.n.].