



CENTRO UNIVERSITÁRIO FG - UNIFG
ENGENHARIA ELÉTRICA

LUCIANO DONATO ALMEIDA
WILLIAN FARIAS DOS SANTOS

ENERGIA SOLAR: UM ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DAS CÉLULAS
FOTOVOLTAICAS.

Guanambi - BA
2023

LUCIANO DONATO ALMEIDA
WILLIAN FARIAS DOS SANTOS

**ENERGIA SOLAR: UM ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DAS CÉLULAS
FOTOVOLTAICAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia
Elétrica do Centro Universitário FG –
UNIFG como requisito de avaliação da
disciplina de Trabalho de Conclusão do
Curso II.

Orientador: Leandro Coqueiro Silva.

Guanambi - BA

2023

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	4
2 REFERENCIAL TEÓRICO	6
2.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL.....	6
2.2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	100
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
REFERÊNCIAS.....	24

ENERGIA SOLAR: UM ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS.

RESUMO

Atualmente, as pessoas vivem dependentes das variadas fontes alternativas de energia que provem de recursos que são retirados da natureza, como a utilização da biomassa, dos recursos hídricos, do vento e da radiação solar. A energia solar, por sua vez, é uma fonte de energia abundante, limpa e que em longo prazo apresenta um ótimo custo-benefício. Considerando esses aspectos, o presente trabalho intitulado 'Energia solar: um estudo sobre a viabilidade das células fotovoltaicas' tem como objetivo geral apresentar o sistema de geração de energia elétrica por meio da radiação solar como alternativa. O tipo de pesquisa realizada foi a pesquisa bibliográfica, onde realizou-se levantamentos e análises em artigos recentes que discutem sobre a temática. Com base nos levantamentos efetuados, conclui-se que o crescimento do sistema de energia solar fotovoltaica é gradativo e vem sendo utilizado em residências, indústrias e na formação de usinas solares geradoras de energia elétrica e, apesar do alto custo de sua implantação, esta se apresenta como uma alternativa viável, promissora e em constante expansão no território brasileiro e em outros países que se beneficiam de um clima e localização geográfica favorável.

Palavras-chave: Energia solar. Viabilidade. Célula. Fotovoltaica.

ABSTRACT

Currently, people live dependent on various alternative sources of energy that come from resources that are taken from nature, such as the use of biomass, water resources, wind and solar radiation. Solar energy, in turn, is an abundant, clean source of energy that in the long term presents a great cost-benefit ratio. Considering these aspects, the present work entitled 'Solar energy: a study on the feasibility of photovoltaic cells' has the general objective of presenting the system of generating electricity through solar radiation as an alternative. The type of research carried out

was the bibliographical research, where surveys and analyzes were carried out in recent articles that discuss the theme. Based on the surveys carried out, it is concluded that the growth of the photovoltaic solar energy system is gradual and has been used in homes, industries and in the formation of solar power plants that generate electricity and, despite the high cost of its implementation, this presents itself as a viable, promising and constantly expanding alternative in Brazil and in other countries that benefit from a favorable climate and geographical location.

Keywords: Solar energy. Viability. Cell. Photovoltaics.

1 INTRODUÇÃO

Desde o início, o homem percebeu que o sol é uma fonte inesgotável de energia, as diferentes culturas deram-lhe o título de Deus e proporcionaram-lhe sacrifícios e celebrações. Os japoneses ergueram a bandeira às estrelas, a civilização asteca fez sacrifícios para alcançar a prosperidade e os egípcios construíram um templo para o deus Sol. Hoje, embora não seja mais considerado um deus ou símbolo religioso, foram realizados numerosos estudos relacionados à busca por fontes de energia inesgotáveis. Na década de 1970, o mundo enfrentou uma crise do petróleo, o que desencadeou uma intensa investigação na busca por uma fonte de energia inesgotável. O objetivo principal era encontrar uma solução sustentável para suprir as necessidades energéticas da população, visando reduzir os desastres ambientais que se tornaram mais frequentes nos últimos anos. A proteção do meio ambiente tornou-se uma preocupação crescente entre as pessoas (GALDINO; LIMA, 2002).

Como se sabe, os painéis solares podem ser o principal impulsionador da produção de energia limpa em grandes centros ou necessidades corporativas, e atrai cada vez mais seguidores. Muitos autores acreditam que o mero uso da energia solar é uma decisão acertada e pode garantir eficiência produtiva no médio a longo prazo e redução de custos. É também um patrimônio do desenvolvimento sustentável e uma mensagem sobre a maturidade e a força do mercado. Isso é esperançoso pelas seguintes razões: a incidência de luz solar na Terra é suficiente

para gerar a energia necessária; é uma energia silenciosa, não polui o ar (ZANESCO et al., 2011).

Em termos de energia, a tendência mundial é buscar novas fontes de energia que atendam ao crescimento acelerado da demanda de forma sustentável e livre de poluição. Atualmente, o carvão, o gás natural, os produtos petrolíferos e a energia nuclear emergiram como as formas mais lucrativas de geração de energia em larga escala em todo o mundo. No entanto, essas tecnologias tradicionais terão um impacto negativo sobre o meio ambiente, o pessoal e a economia das áreas afetadas (ZANESCO et al., 2011).

Por muito tempo, os humanos usaram a energia do sol para produzir energia útil. Os gregos, chineses e romanos projetaram casas e outros edifícios para usar com eficiência a luz solar para iluminação e aquecimento. Sob estas perspectivas, o presente trabalho tem como objetivo geral apresentar o sistema de geração de energia elétrica por meio da radiação solar como alternativa.

Assim, a escolha da presente temática, se justifica, pois, as tecnologias solares, como a fotovoltaica e a energia térmica, usam diferentes partes do espectro solar e diferentes energias de fótons. A tecnologia de energia térmica geralmente é projetada para capturar fótons de todo o espectro solar na tentativa de gerar o máximo de energia térmica.

Por outro lado, a energia fotovoltaica só pode gerar energia elétrica a partir de fótons com energia maior do que a lacuna de energia do material de absorção de energia. Fótons com energia menor que a lacuna do material não serão absorvidos pela célula fotovoltaica e ajudam a aquecer a célula solar.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

A busca incessante pelo desenvolvimento e pelo crescimento econômico sem dúvida levou a uma demanda ilimitada e ininterrupta de eletricidade. O atual cenário energético global mostra sinais de esgotamento dos recursos naturais destinados à geração de energia. O aumento da utilização de vários equipamentos que requerem energia tem dois efeitos, nomeadamente, um aumento do consumo de energia e um aumento dos processos de produção industrial. Portanto, esse ciclo de desenvolvimento aumenta a emissão de gases poluentes, o que desencadeia o chamado efeito estufa (TIBA; FRAIDENRAICH; BARBOSA, 2001).

A situação atual tem levado os países a buscarem novas formas de produção de energia para reduzir os danos ambientais e torná-las mais viáveis economicamente. As formas atuais de produção de energia requerem grandes quantidades de recursos e têm impacto financeiro na economia, porque muitas dessas fontes de energia são caras de implementar. Como os países têm baixas taxas de poupança, eles são forçados a recorrer a fundos internacionais. Nesse sentido, a estratégia de desenvolvimento tem direcionado o uso de energia renovável, além de reduzir as emissões, a energia renovável também se tornou economicamente viável (PINHO et. al., 2008).

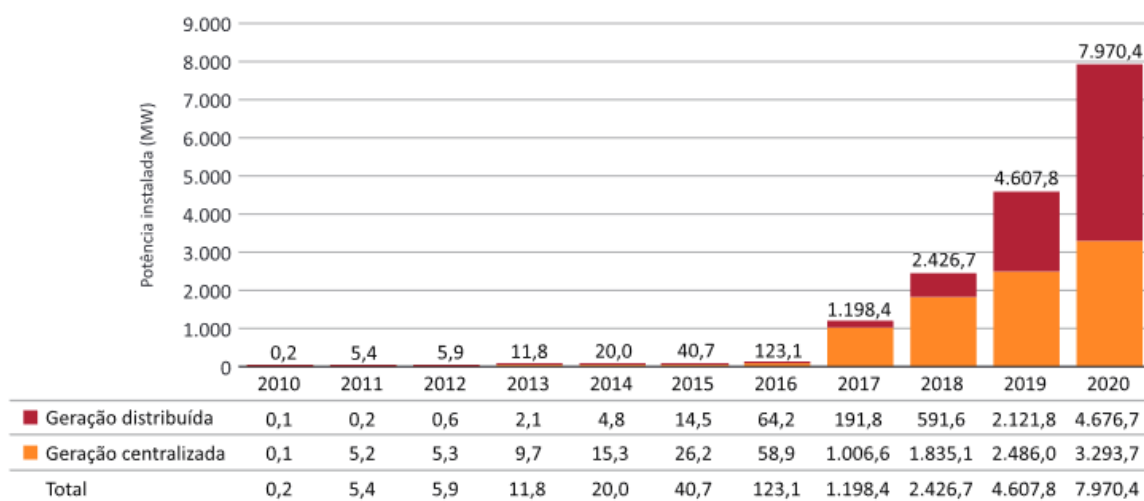
O uso da energia gerada pelo sol, que é uma fonte inesgotável em escala terrestre, fonte de calor e luz, é sem dúvida hoje uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentar os desafios do novo milênio. Isso se deve ao fato de se renovar a cada dia, e o Brasil é altamente favorecido nesse quesito devido às suas condições climáticas viabilizando a exploração para variados fins, inclusive através das células fotovoltaicas.

No âmbito mundial, o Brasil ganha destaque pela forte matriz de geração de energia elétrica baseada em recursos naturais renováveis, com predominância da energia hidrelétrica. Além da água, outros recursos renováveis como são utilizados no país, a citar a biomassa, a eólica e solar. No caso da fonte solar, o aumento de sua competitividade nos últimos anos permitiu sua inserção na matriz elétrica brasileira, sendo atualmente uma das alternativas mais viáveis para a produção de eletricidade no país. (BEZERRA, 2021).

A energia solar fotovoltaica já é uma fonte madura de produção de energia elétrica. Os desafios do Brasil em energia solar fotovoltaica têm sido superados gradativamente, o que mostra o desenvolvimento dessa área nos últimos anos. Implementar essa energia renovável com menos obstáculos ainda enfrenta muitos desafios, por isso é importante delinear esse tipo de geração de energia no país (MARINI; ROSSI, 2003).

De acordo com Bezerra (2021), nos últimos anos, a energia solar no Brasil teve um grande aumento, graças aos avanços do marco legal da geração distribuída e a baixa dos preços dos aparelhos fotovoltaicos. A partir de 2017, a capacidade de geração solar apresentou crescimento significativo, atingindo 7.977,7 MW de capacidade instalada no final do ano de 2020, conforme se pode observar no gráfico 1:

Gráfico 1 - Evolução da capacidade instalada de geração de energia solar no Brasil (MW).



Fonte: Aneel (2021 *apud* BEZERRA, 2021).

O gráfico 1 evidencia o salto exponencial dado pelo Brasil desde 2017 e isso demonstra o quão promissora e viável é a energia solar fotovoltaica, que com investimentos econômico e tecnológico apropriados, associados ao clima extremamente favorável existente no Brasil, especialmente nos estados do Nordeste, só tende a continuar com esse crescimento ano a ano.

De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia de 2021, a fonte solar fotovoltaica, assim como a fonte eólica vem se mostrando bastante competitivas economicamente quando comparadas às demais tecnologias

candidatas no plano de expansão. Esse ponto faz com que o Plano siga em constante aprimoramento da sua apresentação, especialmente no que se refere aos termos operativos e aos custos, apontando para o desenvolvimento de tais tecnologias de maneira ininterrupta e compatível com as demandas de expansão apresentadas pelo sistema e a cesta de oferta disponibilizada pelo mercado (BRASIL, 2022).

Pontua-se que desde a revolução industrial, mudanças no processo de produção e mudanças na sociedade vem ocorrendo: o aumento da população, o aumento da taxa de urbanização e, portanto, o crescimento constante da demanda de eletricidade. Este último está se tornando cada vez mais complexo porque não é mais apenas uma questão de atender à demanda, mas também é capaz de atender e distribuir a demanda de forma eficiente e sustentável (MARINI; ROSSI, 2003).

Hoje, pelos motivos econômicos causados pela crise do petróleo e pelos problemas ambientais causados pela poluição causada pela queima desses combustíveis, todos os países se esforçam para se livrar da dependência dos combustíveis fósseis. Para atingir esse objetivo, o investimento em energia limpa tem aumentado nos últimos anos, como a energia solar, a energia eólica, a geotérmica, a energia das marés e a energia hidrelétrica (SOARES et. al., 2011).

Nesse caso, o Brasil ocupa posição de destaque, com mais de 80% de sua matriz elétrica formada por fontes renováveis de energia. Essa taxa é obtida devido ao histórico de investimentos na produção de energia elétrica por meio de usinas hidrelétricas. Conforme demonstrado no Balanço Energético Nacional 2016-2017, mais da metade da matriz elétrica do Brasil provém do uso de energia hidrelétrica (KONER, 2017).

O uso de hidrelétricas é um tema polêmico, pois embora seja uma energia limpa, ainda tem impacto no meio ambiente devido ao represamento do rio. No Brasil, isso tem outros efeitos, não só o ecossistema, mas também a própria matriz elétrica, pois as vantagens da hidreletricidade absorvem a maior parte do investimento. Dessa forma, a importância de outras fontes de energia na matriz é reduzida. Entre os recursos existentes destacam-se a introdução da energia eólica, eletricidade gerada pelo aproveitamento da força dos ventos, e solar fotovoltaica, bem como o método de conversão da luz solar em energia através de painéis solares (MACEDO, 2006).

O autor destaca dois pontos cruciais devido à tecnologia não poder ser amplamente utilizada no Brasil: a falta de políticas e incentivos diretos para o uso da energia solar fotovoltaica no país, e o alto custo inicial que requer um longo tempo de recuperação do investimento para aqueles que necessitam adotá-la (TIBA; FRAIDENRAICH; BARBOSA, 2001).

A geração distribuída de energia tem estimulado muito a inserção de energias renováveis na matriz energética de um país, principalmente por meio do uso da energia eólica e solar por meio do uso de turbinas eólicas e painéis solares fotovoltaicos, promovendo o investimento privado no setor de energia (KONER, 2017).

No contexto brasileiro, a implementação da Geração Distribuída (GD) pode ser uma resposta para a crise energética vigente no país. Dentre os fatores que contribuíram para essas crises, podemos citar o atraso na implantação de novos projetos de geração de energia e linhas de transmissão, a escassez de água afetando as hidrelétricas e os leilões de energia que baratearam os preços da energia, prejudicando os retornos esperados (VILELA, 2001).

No Brasil, de acordo com a Resolução Normativa 482/2012, o sistema funciona da seguinte forma: Primeiramente, os consumidores precisam cumprir as normas já mencionadas para microgeração ou minigeração de energia. O valor da produção será descontado em sua conta, e ele pagará a diferença entre a energia produzida e a energia consumida.

Quando a energia produzida é maior do que a energia consumida, os consumidores podem injetar a energia restante em sua própria rede de distribuição, obtendo, em troca, o mesmo crédito de energia. Esses pontos são válidos por até 60 meses após o recebimento e podem ser usados para reduzir o consumo de energia ao reduzir a geração de energia no futuro (MARINI; ROSSI, 2003).

Entre os projetos de pesquisa realizados em nível universitário, federal e estadual, muitos têm como objetivo aprimorar diferentes aspectos dos sistemas fotovoltaicos, incluindo controladores de energia e células eletroquímicas. Laboratórios de demonstração também foram instalados em algumas dessas instituições, usando estufas solares simuladas como mecanismos de aprendizagem para promover a tecnologia. Alguns cursos de pós-graduação em energia incluem treinamento prático usando projetos de desenvolvimento de energia fotovoltaica em seus currículos, com foco em comunidades rurais (SOARES et. al., 2011).

2.2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

A eletricidade produzida pelos métodos convencionais é concentrada e distante do ponto de consumo, o que resulta na perda de todo o sistema de distribuição de energia, o que acarreta aumento dos custos de distribuição de energia e prejudica o meio ambiente da empresa. Quando falamos em energia fotovoltaica, estamos nos referindo à energia produzida próximo ao ponto de seu consumo, portanto as tecnologias utilizadas para produzir eletricidade são mais diversas (RODRIGUES, 2002).

Os sistemas fotovoltaicos são compostos principalmente por geradores fotovoltaicos, sistemas de armazenamento de energia elétrica, equipamentos de regulação e controle, inversores de corrente (se você tiver cargas que funcionam com corrente alternada) e cargas de corrente contínua (equipamentos de iluminação, geladeiras, etc.). A estes elementos devem ser adicionadas estruturas de suporte para módulos solares, cabos, tomadas, etc. Os sistemas fotovoltaicos geram eletricidade diretamente da luz solar (CHUCO, 2007).

A conversão da radiação solar em energia elétrica é realizada por um sistema composto por células fotovoltaicas de silício e podem ser ligados a residências, indústrias, entre outros edifícios, ou em grande escala, como uma usina de energia solar. Esses sistemas também são formados por equipamentos adicionais, como baterias, inversores e controladores de carga, alterando os componentes conforme a sua funcionalidade.

De acordo com estudos de Li et. al. (2017) o componente básico do trabalho é a célula fotovoltaica que converte energia solar em energia elétrica e esta aciona o motor para operação da bomba e componentes de armazenamento do tanque de água, conectados ao sistema.

Embora a geração de energia próxima aos consumidores fosse amplamente utilizada antes da década de 1940, a geração centralizada de energia algumas décadas depois provou ser mais interessante financeiramente, o que fez com que os consumidores mudassem para o consumo de energia concentrada e levou a um desenvolvimento estagnado. No entanto, a crise do petróleo e a reforma do setor elétrico brasileiro na década de 1990 provocaram um ressurgimento da geração distribuída e dos investimentos (RIBEIRO, 2012).

No sistema OFF-GRID mostrado na Figura 1, eles armazenam toda a energia gerada na bateria, o que pode garantir que o sistema atenderá a demanda mesmo com luz solar insuficiente. Em comparação com a geração de energia centralizada, esta forma de geração de energia traz benefícios porque reduz os custos de transmissão e as perdas do sistema desde a fonte de geração de energia até o usuário final.

Figura 1 - Sistemas Off Grid.



Fonte: RIBEIRO (2012).

Um sistema conectado à rede mostrado na Figura 2 tem características semelhantes a um sistema fora da rede. A principal diferença é que a eletricidade dos painéis fotovoltaicos flui através do inversor conectado à rede, que converte a corrente contínua em alternada e a sincroniza com a corrente alternada. A frequência da rede (60 Hz) do oscilador interno, limitando a tensão de saída para não exceder a tensão da rede, utiliza um relógio óptico bidirecional para medir a energia do franqueado. Nos períodos em que a energia fotovoltaica é insuficiente para atender a demanda e o excedente de energia solar gerado pelo sistema, essa energia solar será alimentada na rede da distribuidora (BRAGA, 2008).

Figura 2 - Sistemas On Grid.



Fonte: RIBEIRO (2012).

A ligação dos painéis solares pode ser feita em qualquer edifício, desde que tenham a direção correta do sol, ou seja, estejam voltados para norte, leste ou oeste e tenham uma direção ideal, ou seja, a superfície do painel solar. Em direção ao norte geográfico o hemisfério sul, pois esta direção pode captar melhor a energia gerada pelo sol (PEREIRA, 2010).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho será uma revisão bibliográfica ou revisão de literatura, que é uma análise crítica, minuciosa e abrangente das publicações existentes em um determinado campo do conhecimento.

A pesquisa bibliográfica visa explicar e discutir um tema com base em referências teóricas publicadas em livros, revistas, periódicos, etc. Também tenta entender e analisar o conteúdo científico de um determinado tópico (MARTINS, 2001)

Pode-se adicionar consultas de bancos de dados, periódicos e artigos indexados a esta coleção para enriquecer a pesquisa. Esse tipo de pesquisa é projetado para dar aos pesquisadores acesso direto a qualquer texto, discurso ou filme sobre um tópico específico. (MARCONI e LAKATOS, 2007).

Dessa forma, segundo os autores citados, a pesquisa bibliográfica não se limita a repetir o que já foi dito ou escrito sobre um tema, mas proporciona um exame do tema sob um novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras.

Prodanov e de Freitas (2013), completa dizendo que a ideia da pesquisa é induzir os alunos a terem contato pessoal com a teoria, começando pela leitura e levando à sua própria interpretação.

Neste estudo, a revisão bibliográfica será empregada como estratégia metodológica, se optou por utilizar a revisão narrativa, um tipo de revisão de literatura, pela possibilidade de ganhar experiência de autores que já estudaram o tema, segundo Silva et. al. (2002), a revisão narrativa é justa porque permite que outros trabalhos sejam relatados com base na compreensão do pesquisador sobre como outros o fizeram.

Na elaboração do futuro trabalho, será realizado uma revisão narrativa da literatura nacional sobre o tema proposto. Gil (2004) descreve a crítica literária como ação sobre o material produzido.

Trentini e Paim (1999, p.68) afirmaram que "a seleção cuidadosa de uma revisão de literatura relevante para a questão implica o reconhecimento dos autores e de seu trabalho prévio sobre a questão de pesquisa".

Para a construção do presente artigo, realizou-se buscas na base de dado Google Acadêmico, no qual foram encontrados arquivos como, monografias, dissertações, e artigos científico. Os critérios para inclusão de estudos na revisão bibliográfica foram textos completos em português, com acesso gratuito e com publicações realizadas entre os anos de 2019 e 2022. Os critérios de exclusão foram estudos que não condiziam com os objetivos do estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A princípio, em pesquisa na base de dados Google Acadêmico, a plataforma disponibilizou 2.690 resultados referentes a temática pesquisada, os quais foram apresentados por ordem de relevância. Por conseguinte, realizou-se a leitura e análise do título e objetivo de 45 trabalhos potencialmente relevantes, considerando os títulos que mais se assemelhavam com o presente trabalho e também o ano de

publicação. Destes foram selecionados 17 trabalhos, os quais foram lidos na íntegra e em sua totalidade, selecionando por fim, os 5 trabalhos que foram utilizados na revisão bibliográfica integrativa da literatura.

No Quadro 1 é apresentada a análise dos estudos selecionados para realização dessa revisão, onde são descritos os principais resultados e a conclusão de cada um.

Quadro 1 – Resultados e conclusões de artigos acerca da energia solar e a viabilidade das células fotovoltaicas.

Autor	Ano	Resultados	Conclusão
WEBER, Luís Gustavo	2019	Propôs-se a instalação de 26 módulos de 380W cada, um total de 9,88kWp para tecnologia monocristalina e 24 módulos de 405W cada um, um total de 9,72 kWp. Os resultados provenientes da análise demonstraram 100% de redução no consumo de energia elétrica da concessionária de energia (CELESC), quando em comparação com o consumo médio histórico de eletricidade. Com base em cálculos, os custos relacionados ao investimento de todos os sistemas foram de R\$ 38.602,41 para monocristalino e R\$	Com base os resultados, concluiu-se que o sistema alternativo de produção fotovoltaica se constitui como um bom investimento financeiro além de contribuir para o desenvolvimento sustentável do país, por se tratar de tecnologias mais eficazes da atualidade em células fotovoltaicas. Ambos os concorrentes demonstraram um bom desempenho, com isso, é necessário identificar a tecnologia mais adequada para a radiação solar

		35.081,51 para policristalino. O tempo de retorno calculado foi aproximadamente 4 a 5 anos.	frequente no local em que será instalado.
SANTOS, Rodrigo Basílio; MARTINS, Victor Resende; BORGES, Rodolfo Rodrigues de Sousa.	2020	Os custos relacionados ao investimento inicial para a implantação desse tipo de sistema é bastante elevado, embora a fonte de energia solar seja abundante. O sistema não capta os raios solares durante a noite, causando assim, um efeito intermitente de geração de energia. No entanto, quando se opta pela instalação da energia fotovoltaica, o consumidor acessa variadas vantagens, como, por exemplo, a ausência de ruído e poluição por ser uma geração completamente silenciosa, de fácil instalação, chegar em locais de difícil acesso para energia convencional, dispõe de redução de custos em	Conclui-se que, a fonte de energia solar fotovoltaica é uma excelente opção que consegue atender a demandas em locais que as alternativas convencionais não conseguem acessar com facilidade e seu custo é reduzido em longo prazo. Além de ser uma alternativa sustentável, o estacionamento solar também contribuirá para a educação, pois será usado como ambiente de pesquisa na área de produção e fornecimento de energia renovável.

		longo prazo levando em conta a vida útil do sistema fotovoltaico que supera 25 anos e é de fácil manutenção.	
COSTA, Andrelise Cardoso et.al.	2019	Os resultados alcançados indicam que o sistema solar fotovoltaico é economicamente viável, mesmo que o período de retorno seja longo. Destaca-se também os incipientes incentivos e benefícios fiscais e financeiros que tornarão essa fonte de energia mais acessível para pequenos e médios geradores.	Conclui-se que através de investimentos mais potentes por parte do Governo em projetos de geração de energia solar, tendo em vista impulsionar o setor, o sistema solar fotovoltaico torna-se economicamente viável, embora o período de retorno ainda seja elevado, porém, atualmente ainda há poucos incentivos fiscais e financeiros e benefícios por parte do governo, como financiamentos mais acessíveis para pequenos e médios geradores.
LINO, Emerson Cardoso	2021	Nos resultados, verificou-se que as placas mostraram bastante eficazes como em termos de tensão de alimentação	Com esta pesquisa, pôde-se concluir que foram alcançados resultados significativos,

		máxima, corrente de potência máxima e intervalo de potência permitida na placa monocristalino em campo que obteve valores respectivos: 14,8V, 4,2A e 62,16W e na placa policristalina de campo: 12,6V, 4,0A e 50,4W. Tais resultados foram grandemente satisfatórios, uma vez que se aproximaram dos resultados alcançados em laboratório, ambiente controlado, onde as condições oferecidas são as ideais. O que também é digno de nota é que a corrente praticamente não apresentou variações durante todo o teste, o que é favorável para o sistema de energia fotovoltaica fornecendo cargas resistivas. Neste contexto, entende-se que a ideia de energia fotovoltaica em Delmiro Gouveia – AL irá obter o	Os experimentos foram divididos e realizados dentro de um período de um ano, foram feitos três experimentos que mostraram que nos meses em que ocorreu alto nível de radiação solar os módulos fotovoltaicos policristalinos e monocristalinos forneceram resultados muito próximos das especificações do fabricante, que obviamente possui suas medições de tensão e corrente idealizadas, uma vez que os dados são definidos em laboratório. Avaliou-se também as variáveis climáticas, concluindo que a partir do mês com maior radiação solar nos deu maiores valores de tensão, corrente e potência.
--	--	--	--

		maior rendimento possível nesta área.	
RODRIGUES, Alexandre Garcia; FREITAS, Fabrício Barbosa	2022	Os resultados demonstraram que o Brasil bateu vários recordes de produção de energia solar neste ano, ficando em 14º lugar na lista de países com maior capacidade de geração solar ao atingir 10 GW de capacidade instalada, o que representa mais de 70% da potência produzida pela hidrelétrica de Itaipu e alcançamos a 7ª posição no ranking dos países que criaram mais empregos no mundo por meio da energia solar fotovoltaica.	Conclui-se que através de maiores incentivo e investimentos, associado a nossa localização geográfica privilegiada com um alto nível de radiação solar, ao longo dos anos, o Brasil pode se colocar entre os líderes mundiais nesse tipo de geração, que, além de todas as vantagens, também não agride o meio ambiente e o planeta, uma vez que sua fonte é a energia do sol, que é inesgotável, e ainda beneficia o governo e a sociedade como um todo.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A área de energia solar fotovoltaica vem se fortalecendo a cada dia em termos de inovações tecnológicas, além de contar com altos investimentos advindos de países como Itália, Alemanha, China e Japão, o que contribui para a queda dos preços para obtenção do sistema e, conseqüentemente o torna mais acessível Apolônio (2014 *apud* COSTA et. al., 2020).

Por falar em Alemanha, destaca-se que ela é a maior produtora de energia solar fotovoltaica a nível mundial, apesar de sua área total com mais alta incidência de radiação solar ser inferior a área brasileira com menor incidência (LINO, 2021).

Na Europa cita-se ainda a Itália e fora dela destaca-se os Estados Unidos, a China e o Japão Perlotti et. al. (2012 *apud* LINO, 2021).

No Brasil foi possível identificar a partir dos levantamentos realizados, o alto custo como uma barreira inicial importante, mas que não caracteriza a energia fotovoltaica como uma alternativa inviável.

Nesse sentido, WEBER (2019) pontua que, apesar da elevada procura deste meio de energia renovável, ainda que em declínio o alto custo, ainda é um importante ponto a se considerar quando se fala de viabilidade, uma vez que, o seu alto valor, acaba se apresentando como uma dificuldade para a demonstração de retorno financeiro.

SANTOS, MARTINS e BORGES (2020) concordam com o autor supracitado no que tange ao alto custo do sistema, apesar da fonte de energia solar ser abundante. No entanto, os autores pontuam que a energia fotovoltaica incide em inúmeras vantagens, dentre elas, a redução de custos em longo prazo, os benefícios provocados ao meio ambiente, a facilidade de alcance e abrangência de locais de difícil acesso, dentre outras, defendendo assim, a viabilidade do sistema.

Apresentando um posicionamento extremamente contrário e contundente ao pensamento de Weber, RODRIGUES e FREITAS (2022) consideram que o sistema de energia solar fotovoltaico é real e possui viabilidade, podendo ser uma alternativa para solucionar a crise da matriz energética brasileira. Para tal é imprescindível a disponibilização de maiores incentivos e investimentos, pois, o Brasil já dispõe de uma localização geográfica favorável, com radiação solar em abundância durante todo o ano.

Diante disso, os referidos autores reforçam que o Brasil possui grande potencialidade de se posicionar entre os líderes mundiais nesse setor e ainda apresenta algumas vantagens do sistema, a citar, ele não prejudica o meio ambiente, pois a fonte geradora da energia é inesgotável, gera vantagens para a sociedade como um todo e também para o Governo através do acesso a incentivos, como a isenção do PIS (Programa de Integração Social) e COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social) no âmbito federal, ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) no âmbito estadual, e desconto sobre o IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano) em algumas cidades brasileiras.

LINO (2021) também defende a viabilidade das energias renováveis apontando como pontos positivos a disponibilidades desses recursos naturais e o

baixo impacto ambiental gerado. Além disso, o autor chama a atenção para a necessidade que o homem tem desse recurso energético, especialmente devido as incessantes evoluções tecnológicas e considerando que as energias não renováveis tendem a ser extintas futuramente.

Às vantagens relacionadas às instalações do sistema de energia solar fotovoltaica, Zomer (2012 *apud* COSTA et. al., 2019) acrescentam a redução dos custos e das perdas provenientes da transmissão e distribuição de energia e o fato dos geradores fotovoltaicos proporcionarem ínfima capacidade ociosa de geração de energia, quando distribuídos de maneira estratégica.

Por mais que o Brasil disponha de um clima altamente favorável a instalação ampla do sistema de energia solar fotovoltaica, há alguns fatores, além do alto custo, que se constituem como impedimentos para que a localização e clima favoráveis sejam devidamente aproveitados. A esse respeito, RODRIGUES e FREITAS (2022) pontuam que há pouco investimento no setor e atribui isso às poucas pesquisas desenvolvidas sobre a temática no país, ao pouco incentivo e conhecimento por parte da população no que tange as vantagens da utilização dessa tecnologia, por fim, a instabilidade política que o Brasil vivencia e que acaba afastando os investidores.

Corroborando com os autores supracitados, COSTA et. al. (2019) citam que o período de retorno dos investimentos é alto, que ainda há poucos incentivos e baixa disponibilização de benefícios tanto fiscais quanto financeiros por parte do Governo brasileiro, o que dificulta o acesso, especialmente aos pequenos e micro geradores.

Embora o Brasil ainda não tenha alcançado o patamar desejado e os incentivos ofertados pelo Governo ainda sejam insuficientes, é essencial destacar importantes marcos que vêm sendo alcançados nos últimos anos e que demonstram a expansão gradativa do setor no cenário brasileiro, conforme se pode observar na Figura 3.

Figura 3 – Trajetória da energia solar fotovoltaica no Brasil a partir de 2017.



Fonte: ABSOLAR (2020).

A partir das informações dispostas na Figura 3 é possível observar iniciativas governamentais através da participação da energia solar fotovoltaica em Leilão de Energia, da iniciativa da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) voltada para a revisão de regras destinadas a geração distribuída solar fotovoltaica no país, e também através da concessão de isenção fiscal (Convênio ICMS nº 16/2015) a todos os Estados brasileiros. São ações fundamentais que, juntamente com os demais marcos relacionados evidenciam a crescente expansão do mercado brasileiro no setor e demonstram que a barreira do alto custo do sistema vem sendo transpassada ano após ano.

Além disso, vários bancos já dispõem de financiamentos especiais destinados às instalações de energia solar no Brasil. O Banco Itaú Unibanco dispõe de uma linha direcionada exclusivamente ao financiamento de painéis solares disponibilizado a clientes de algumas de suas agências, mas com planos de ampliar para todos os clientes brevemente. O juro cobrado é de em média 1,85% ao mês para valores de até R\$ 110 mil (ABSOLAR, 2022).

A Caixa oferece o programa de financiamento chamado Caixa Energia Renovável que financia até 100% do projeto e custos de instalação do sistema também em residências, onde as taxas de juros são de no mínimo 1,18% ao mês. O Bradesco disponibiliza algumas opções, a citar a CDC Energia Fotovoltaica com cobertura de até 100% destinada tanto a pessoas físicas quanto a empresas. Cita-se também o Leasing ambiental, o BNDES Finame baixo carbono/ Repasses e Programas Agropecuários do Governo Federal (PAGF) (ABSOLAR, 2022).

Ademais, compreende-se que são muitos os desafios que o Brasil tem enfrentado para atingir o patamar desejado no setor, porém é inegável as vantagens que o sistema proporciona, bem como a sua viabilidade no cenário brasileiro. Além disso, se reconhece o quanto o país já evoluiu nos últimos anos, os investimentos que vem sendo realizados e o seu potencial de expandir exponencialmente na área.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de energia solar fotovoltaico consiste em um sistema capaz de gerar energia elétrica por meio de um recurso natural e inesgotável, a radiação solar.

Conforme se pôde observar nos levantamentos bibliográficos realizados em artigos acerca da viabilidade do referido sistema, foi possível constatar que, apesar da abundância solar existente, especialmente em território brasileiro, ainda são poucos os investimentos nesse setor, e isso se dá, dentre outros fatores, em decorrência do alto custo das instalações. Associado a isso, cita-se os poucos incentivos e benefícios fiscais ofertados pelo governo brasileiro, como forma impulsionar o desenvolvimento do setor.

Apesar do alto custo de investimento inicial, muitos autores defendem o sistema e a sua viabilidade, especialmente por ter seus custos reduzidos significativamente em longo prazo e por não provocar danos desastrosos ao meio ambiente, diferentemente do sistema de energia tradicional.

Observa-se ainda que o Brasil não tem aproveitado de maneira suficiente da sua favorável localização geográfica e da abundância de radiação solar que dispõe o seu território. Tanto os investimentos nas novas tecnologias quanto as pesquisas desenvolvidas e direcionadas a questão, não tem sido suficientes para se aproveitar da sua alta potencialidade de se colocar entre os líderes mundiais nesse setor, como

é o caso da Alemanha que, apesar de possuir uma área de influência de radiação solar inferior que a do Brasil, atualmente é a maior produtora de energia solar fotovoltaica do mundo.

Apesar disso, é imprescindível ressaltar que desde 2017, o Brasil deu um salto exponencial, demonstrando grande crescimento no setor, evidenciando a sua potencialidade e a alta viabilidade do sistema.

Logo, conclui-se que, de maneira geral, o sistema de energia solar fotovoltaico é uma alternativa viável em longo prazo que oferece inúmeras vantagens, como por exemplo, a oferta de uma energia sustentável e limpa, o baixíssimo custo de manutenção, a alta durabilidade dos equipamentos utilizados, cuja vida útil ultrapassa duas décadas.

Ademais, finaliza-se pontuando a importância da realização da presente pesquisa do ponto de vista acadêmico e social, dada a relevância da temática que é atual, ascendente e, portanto requer bastante discussão e pesquisas que contribuam para o desenvolvimento e expansão da área.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Estatísticas e análises exclusivas do mercado solar fotovoltaico**. 2020. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/>> Acesso em 04 de Dezembro de 2022.

ABSOLAR. Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Com demanda para energia solar, bancos e empresas ampliam opções de financiamento para pessoas e pequenas empresas**. – São Paulo, 2022. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/noticia/com-demanda-para-energia-solar-bancos-e-empresas-ampliam-opcoes-de-financiamento-para-pessoas-e-pequenas-empresas/>> Acesso em 04 de Dezembro de 2022.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2031**. – Brasília: MME/EPE, 2022.

BEZERRA, Francisco Diniz. **Energia Solar**. n. 174 – Fortaleza: Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste ETENE, 2021.

BRAGA, Renata Pereira. **Energia Solar Fotovoltaica: fundamentos e aplicações**. 2008.

CHUCO, Braulio. **Otimização da potência de operação em sistema isolado fotovoltaico usado técnicas de inteligência artificial**. 2007.

COSTA, Andrelise Cardoso et.al. Energia solar fotovoltaica: uma alternativa viável? – Curitiba: V Seminário Científico do UNIFACIG, 2019.

GALDINO, Marco A.; LIMA, Jorge HG. PRODEEM–o programa nacional de eletrificação rural baseado em energia solar fotovoltaica. In: **IX Congresso Brasileiro de Energia, Rio de Janeiro**. 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: atlas, 2004.

KONER, P. K. A review on the diversity of photovoltaic water pumping systems. **International Energy Journal**, v. 15, n. 2, 2017.

LI, Guiqiang et al. Research and current status of the solar photovoltaic water pumping system – **A review. Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 79, p.440-458, nov. 2017. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.055>>.

LINO, Emerson Cardoso. **Energia solar fotovoltaica: viabilidade na geração de energia limpa no semiárido alagoano**. – Delmiro Gouveia: Universidade Federal de Alagoas, 2021.

MARCONI, M.A. & LAKATOS, E.M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 6ª edição, São Paulo: Atlas, 2007.

MARINI, José Adriano; ROSSI, Luiz Antonio. Suprimento de eletricidade por meio de painel fotovoltaico: Programa computacional para dimensionamento. In: **V Congresso Latino-Americano de Geração e Transmissão de Energia Elétrica (Clagtee), São Paulo. 2003.**

MARTINS, G.A. & PINTO, R.L. **Manual para elaboração de trabalhos acadêmicos.** São Paulo: Atlas, 2001.

PEREIRA, E. J. F. et al. Sistemas Híbridos, Soluções Energéticas para a Amazônia. **Brasília: MME, 2006.**

PINHO, João Tavares et al. Sistemas híbridos-Soluções energéticas para a Amazônia. **Brasília: Ministério de Minas e Energia, p. 396, 2008.**

PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico- 2ª Edição.** Editora Feevale, 2013.

RIBEIRO, Eunice. Fault-tolerant strategy for a photovoltaic DC--DC converter. **IEEE transactions on power electronics**, v. 28, n. 6, p. 3008-3018, 2012.

RODRIGUES, Alexandre Garcia; FREITAS, Fabrício Barbosa. **Estudo de viabilidade de implantação do sistema de energia solar fotovoltaica como alternativa para a crise energética brasileira.** – Rio de Janeiro: Editora Epitaya, 2022.

SANTOS, Rodrigo Basílio dos; MARTINS, Victor Rezende; BORGES, Rodolfo Rodrigues de Sousa. **Sistema de energia solar a partir das células fotovoltaicas: estacionamento dólar do Centro Universitário Unievangélica.** – Curitiba: Brazilian Journal of Development, 2020.

SOARES, Guilherme Fleury et al. Avaliação técnico-econômica da aplicação de sistemas fotovoltaicos individuais e de centrais com minirredes na eletrificação rural. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 2, n. 2, 2011.

TIBA, C.; FRAIDENRAICH, N.; BARBOSA, EM de S. Instalação de sistemas fotovoltaicos para residências rurais e bombeamento de água. **Texto para curso de instalador de sistemas fotovoltaicos. Versão**, v. 2, 2001.

TRENTINI, M.; PAIM, L. **Pesquisa em Enfermagem.** Uma modalidade convergente-assistencial. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

VILELA, Paulo Jayme Pereira. Energia Solar e Eólica. **Ponta Grossa (PR): Atena Editora**, v. 1, 2001.

WEBER, Luís Gustavo. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia:** estudo de caso. – Lages: Centro Universitário UNIFACVEST, 2019.

ZANESCO, Diogo L. et al. Desenvolvimento de células solares em silício tipo n com emissor formado por Boro. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 16, n. 3, p. 776-787, 2011.