

Os impactos da tecnologia de energia solar *On-Grid* e *Off-Grid* para o meio ambiente e seus aspectos positivos

The impacts of *on-grid* and *off-grid* solar energy technology on The environment and its positive aspects

Recebido: 04/12/2022 | Revisado: 09/12/2022 | Aceitado: 10/12/2022 | Publicado: 11/12/2022

Maycon de Araujo Cavalcante

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3379-6925>
Faculdade Integrada do Carajás, Brasil
Email: maycon201057@gmail.com

Rogério Santiago Lopes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1954-6842>
Faculdade Integrada do Carajás, Brasil
Email: rogeriosantiago08@gmail.com

Wilker José Caminha dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5265-583X>
Faculdade Integrada do Carajás, Brasil
Email: wilkercaminha@uepa.br

Edgard Augusto Nascimento Ribeiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7325-1199>
Faculdade Integrada do Carajás, Brasil
Email: edgard.augusto.n.ribeiro@gmail.com

Resumo

No decorrer do tempo a oferta de energias não renováveis fez com que o uso da energia solar aumentasse de forma gradual, pois a mesma é uma alternativa ecologicamente limpa para as questões socioecológicas que o mundo enfrenta na contemporaneidade. A energia solar fotovoltaica tem sua captação gerada por uma conversão de radiação solar em eletricidade pelo uso de materiais condutores, sendo conhecido como efeito fotovoltaico. O uso da energia solar detém uma grande vantagem quando correlacionado com os métodos atuais usados de não produzir gases do efeito estufa. Com o passar dos anos, os avanços para se aproveitar a energia solar pela tecnologia dos painéis fotovoltaicos mostraram aspectos positivos e atraíram mais investimentos. Tendo este trabalho seu objetivo principal demonstrar os impactos positivos da energia fotovoltaica para o meio ambiente. Realizou-se uma pesquisa de revisão integrativa, que utilizou as plataformas *Scientific Eletronic Library On-line* (SciELO), *Revista Research Society And Development*, e *Google Scolar* como bases de dados para a seleção dos artigos científicos. De acordo com as literaturas analisadas, conclui-se que na esfera ambiental a energia solar se mostrou uma alternativa menos poluente pois até mesmo no descarte, se reutilizam uma grande parte de matérias primas para construção de novos painéis, fazendo desta, uma opção ecologicamente sustentável.

Palavras-chave: Fotovoltaica; On-grid; Off-grid.

Abstract

Over time, the supply of non-renewable energies has gradually increased the use of solar energy, as it is an ecologically clean alternative to the socio-ecological issues facing the world in contemporary times. Photovoltaic solar energy has its capture generated by a conversion of solar radiation into electricity by the use of conductive materials, being known as photovoltaic effect. The use of solar energy holds a great advantage when correlated with the current methods used of not producing greenhouse gases. Over the years, advances to harness solar energy by photovoltaic panel technology have shown positive aspects and attracted more investment. Having this work its main objective to demonstrate the positive impacts of photovoltaic energy on the environment. An integrative review was carried out, which used the Scientific Electronic Library Online (SciELO), *Revista Research Society And Development* (Journal And Development) and Google Scolar platforms as databases for the selection of scientific articles. According to the literature analyzed, it is concluded that in the environmental sphere solar energy proved to be a less polluting alternative because even in disposal, a large part of the raw materials are reused to build new panels, making it an ecologically sustainable option.

Keywords: Photovoltaic; On-grid; Off-grid.

1. Introdução

Segundo Hémerly et al (1993), os primeiros relatos escritos de um uso de energia solar para iluminação se encontram no período paleolítico, onde, por terem hábitos diurnos se houve uma estímulos para obter uma forma de luz que não fosse a natural, que nos primórdios era o fogo, sendo então este o primeiro passo para se chegar no uso que conhecemos hoje.

Com o passar dos tempos se observa que o homem tem uma ligação ancestral com a energia solar, quando nos séculos passados se utilizavam o sol para secagem de alimentos e peles. Estando ainda presentes em estudos que nos séculos A.C. se utilizavam lentes e o sol para geração de fogo. (Souza, 2015).

No decorrer dos séculos a oferta de energias não renováveis fez com que o uso da energia solar diminuísse de forma gradual. Entretanto, com o aumento de uso de petróleo fez com que surgisse uma preocupação ecológica para o uso de energias limpas, fazendo com que a indústria solar ganhasse um papel de enfoque para fontes alternativas. (Menezes, 2018).

A história moderna da primeira célula de energia solar na qual se conhece nos dias de hoje, foi submetida a uma longa espera, pois, só foi descoberta após desenvolvimentos científicos da primeira metade do século XX, pois somente após os estudos de Albert Einstein em 1905 da teoria de bandas e a física dos semicondutores e as técnicas de purificação e dopagem pode se entender, que se desenvolveu um processo de difusão para introduzir as impurezas em cristais de silício, para controlar as propriedades elétricas. Pelas instruções de Fuller, o físico Gerald Pearson e Bell Labs conseguiram criar um campo elétrico permanente. (Vallêra e Brito, 2015).

Após estes resultados, Fuller foi autorizado pelo pentágono a publicação de seus estudos, e a primeira célula solar foi então apresentada na reunião anual da National Academy em Washington, sendo essa economicamente competitiva, sendo assim um tipo de energia viável para o mercado. (Menezes, 2018).

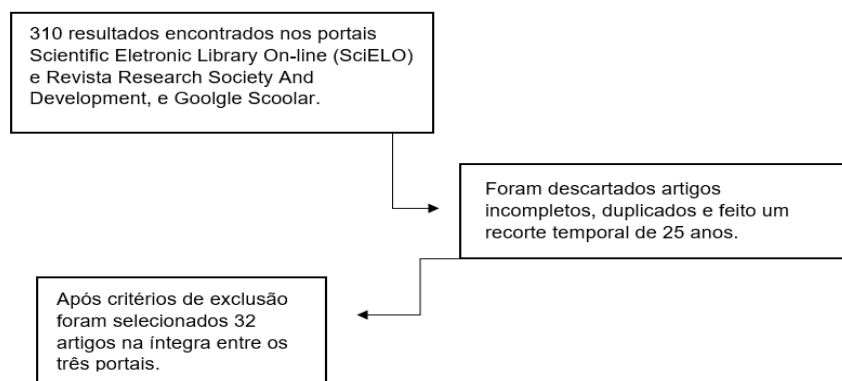
Deste modo, este trabalho tem como objetivo principal apresentar os tipos de energia fotovoltaicas, como essas são aproveitadas no Brasil, sob uma ótica de seus impactos positivos na geração de energia limpa, e como a energia fotovoltaica pode ser uma solução para os danos ambientais, promovendo uma melhor qualidade de vida para as gerações futuras.

2. Metodologia

Se trata de uma revisão bibliográfica integrativa, de natureza quantitativa, cuja abordagem segue os fundamentos de metodologia científica propostos por Ercole et. al. (2014). Que utilizou as plataformas, *Scientific Electronic Library On-line* (SciELO) e *Revista Research Society And Development*, e *Google Scholar* como bases de dados para a seleção dos artigos científicos.

Dentre os critérios de inclusão e exclusão na seleção de artigos foi considerado os seguintes aspectos: que o texto estivesse de forma integral, artigos preferencialmente em português e relação com o objetivo proposto, e publicados nos últimos 25 anos. Para composição final desta revisão foram selecionados 32 artigos. (Estrela, 2018)

Figura 1 – Filtragem dos artigos para confecção do estudo.



Fonte: Autores (2022).

Pela alta demanda em informações, se tornou necessário que se faça o desenvolvimento de meios na área da pesquisa científica de embasamento, para que se fosse capaz de delimitar as etapas metodológicas e consistentes para a melhor aplicação. Deste modo, a revisão integrativa se faz como uma incorporação do conhecimento e aplicação de estudos (Souza et al., 2010, p. 2)

3. Resultados e Discussão

Para escolha dos artigos foi em primeiro momento pela leitura do título e do resumo e após pela leitura do artigo na íntegra, deste modo, se realizando uma análise criteriosa e fundamentada nos critérios de exclusão e inclusão citados acima. Sendo destes 32 artigos selecionados, três deles por atenderem objetivos esperados a apresentar nessa revisão, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Artigos selecionados com base os critérios de inclusão e exclusão.

Título	Autor	Objetivo
Energia solar e desenvolvimento sustentável no Semiárido: o desafio da integração de políticas públicas	Bursztyn, M., 2020	Este busca analisar a relevância das políticas públicas setoriais, em relação a disseminação da geração de energia fotovoltaica em escala familiar.
Energia solar fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações	Braga, R. P., 2008	Busca explicar características e sistemas de energia solar fotovoltaica e seu contexto socioeconômico.
Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras	Farias, L. M & Sellitto, M. A., 2011	Apresentar formas de uso de energia pelo ser humano ao longo dos séculos e seus processos de conversão.

Fonte: Autores.

A energia solar tem sua fonte proveniente da radiação emitida pelo sol podendo ser coletada por dois métodos diversos, sendo eles o térmico e o fotovoltaico. A energia térmica pode ser aproveitada em todos os níveis de temperatura, podendo os sistemas termo solares serem aproveitados em diversas situações, onde a sua aplicação mais corriqueira está no aquecimento de sistemas de águas (Fernandes, 2002). Essas tecnologias fazendo possível a conversão da energia solar e térmica.

Nos ensinamentos de Pereira (2010), a energia solar é uma fonte de energia térmica e renovável que permite que seja aproveitado a energia gerada pelo Sol, pelo calor, para o aquecimento de produtos e produção de energia através da termodinâmica. Deste modo, sendo possível a produção de eletricidade através de conversão térmica pela via fotovoltaica. Nas

palavras do autor “Utilizam-se sistemas que concentram a radiação incidente numa cavidade absorvedora e aquecem a alta temperatura, um fluido que pode então ser utilizado num ciclo termodinâmico convencional, inteiramente análogo”.

Segundo Godfrey (2002), os sistemas fotovoltaicos provocam um impacto ambiental menor que qualquer outro sistema de produção renovável ou não renovável. Esta tecnologia não polui e não emite gases com efeito estufa, assim, é uma forma de produção de energia eléctrica isenta de poluição se excluirmos os impactos ambientais provocados pelo processo de fabrico e destruição das células.

O Brasil por ainda ser um país que está em desenvolvimento, gera grandes mudanças em sua estrutura econômica e de produção de energia ao passar dos anos. Segundo Nascimento (2019), quando se pontua na questão energética, o Brasil se torna um país com uma composição bem diversificada de produção, e em suma maioria de renováveis, quando se feita a comparação com países bem mais desenvolvidos.

3.1 Energia Solar *On-Grid* E *Off-Grid*

3.1.1 *On-Grid*

No *On-Grid*, quando um sistema está conectado à rede, este se entende como um sistema que gera eletricidade, conectado a uma rede eléctrica. Deste modo este sistema fotovoltaico é conectado a uma rede de painéis solares, ou inversores, em uma unidade de condicionamento de energia e equipamento de rede, podendo estes serem em telhados de residências ou em largas escalas (Adibert; Rouard, 1979).

Dependendo da capacidade encontrada no sistema fotovoltaico *On-Grid*, do tipo de conexão á rede e os hábitos do consumidor, o mesmo pode lucrar através da energia enviada para a concessionária de rede eléctrica. Não sendo necessário um investimento em baterias solares, deixando mais acessível a instalação do sistema, poe trazer redução na utilização dos créditos de energia na cobrança de iluminação mensal, de acordo com o Artigo 14 do Decreto-lei nº 5.163, de 2004, que define a geração distribuída (Oliveira, 2012).

Por se tratar de um sistema conectado a rede, deve este ser em conformidade com a frequência encontrada na rede, com tensão distribuída correta e com segurança do sistema de distribuição. Este se encaixa dentro do sistema de compensação da ANEEL 482/2012 e na resolução 687/2022, que especifica que o excedente será transportado para a rede de energia eléctrica a qual está conectado. (ANEEL, 2015).

3.1.2 *Off-Grid*

Enquanto o sistema *On-Grid* está conectado á rede eléctrica o sistema *Off-Grid* não precisa, pois este é isolado, geralmente o mesmo é encontrado em zonas rurais ou de difícil acesso da rede eléctrica. Tendo sua instalação de forma simplificada e fazendo a produção de energia suficiente para o uso direto, tendo ainda, o seu armazenamento do excedente feito por baterias (Beneduce, 1999).

Neste tipo de sistema pode se produzir eletricidade durante o dia e podendo ser armazenada para que seja feito o consumo durante a noite. Por se tratar de um sistema isolado, ele deve ser estudado e projetado de forma adequada de acordo com as necessidades de energia do consumidor (Dalmarco, 2017).

No sistema solar fotovoltaico off grid o mesmo é isolado, e a energia é fornecida de forma direta aos aparelhos eléctricos, onde as vezes existem complicações pois esses aparelhos precisam de uma fonte energia contínua, e as vezes existem sombras que atrapalham o fornecimento. O uso do inversor fotovoltaico, se faz como item indispensável, sendo este um conversor que tem a função de transformar a energia que foi produzida nos módulos solares em corrente alternada para o uso desses aparelhos solares, (Bluesol, 2017).

Sistemas fotovoltaicos off-grid, são um conjunto que não depende da rede elétrica convencional para demanda de energia elétrica porque não tem capacidade de interagir com o sinal de corrente alternada presente na rede, sendo possível sua utilização em localidades que não possui rede de distribuição elétrica (Villalva; Gazoli, 2012, p.10).

O sistema isolado com uso de acumuladores ou dispositivos de armazenamento de energia, se faz necessário para atender a demanda de períodos onde não seja possível a geração de energia ou se a mesma se encontra de forma insuficiente. Podendo, mesmo em dias chuvosos ou nublados, parte da energia gerada pelos módulos fotovoltaicos durante o dia, é armazenada para que seja utilizada nessas demandas (Pinho; Galdino, 2014).

A energia solar tem uma grande vantagem quando se compara com os métodos atuais de fontes de energia, pois a mesma não produz gás estufa (GEE) durante o seu processo de captação e geração de energia, o que traz uma demanda menor para o sistema elétrico e dessa forma contribui para que se diversifique a matriz elétrica, onde será reduzido as emissões de CO₂. (Junior, 2019).

Com a acelerada degradação do meio ambiente vem sendo notada a necessidade de mensurar os danos causados por processos e ações em diversos cenários. Quando se fala em quantificar danos ambientais, existe uma complexidade, pois os dados comprovados não atingem a amplitude necessária para uma medida exata. Deste modo, uma vez que um prejuízo ambiental tem possibilidade de causar danos socioambientais deve-se buscar uma forma para reparar (Junior, 2019).

Segundo Fernandes (2018), o consumo crescente nos próximos anos faz-se perceptível que existem cada vez mais dificuldades para suprir as demandas. Podendo ainda haver danos em relação ao ambiente, e diante disso diversas medidas foram adotadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), estabelecendo condições para o acesso de minigerações de sistemas de distribuição e compensação de energia.

A energia elétrica vinda de fontes renováveis como a biomassa, a hídrica e a eólica já é mais barata que a vinda de combustíveis fósseis em alguns lugares do mundo, dependendo do tamanho (em MW) e localização do projeto. A energia geotérmica e a solar fotovoltaica também apresentam custos comparáveis e são fontes alternativas e duradouras de geração de energia, pois estas são favoráveis ao meio ambiente, com menor produção de poluição e riscos para a saúde humana (Nayyar *et al.*, 2014).

A geração de energia distribuída usa uma tecnologia solar fotovoltaica especial, pois, essa é usada como uma solução para geração de energia sustentável, com uma fonte inesgotável e não poluente. Trazendo assim benefícios ambientais e acrescentando a matriz energética do Brasil. (Marinoski *et al.*, 2004).

Corroborando com o entendimento, Lira *et al.* (2019) afirma que trazer avanço para a captação de energia, traz uma solução de geração sustentável e responsabilidades com mudanças climáticas e deste modo mensurar a importância das fontes renováveis ao setor de energia e assim trazer um equilíbrio entre a natureza e as necessidades humanas, para mitigar os danos ao planeta.

A energia solar fotovoltaica por meio dos seus painéis tiveram um grande avanço tecnológico nos últimos anos, quando se utiliza a comparação com outras fontes de energia, pois a produção dos painéis fotovoltaicos foram as que tiveram as melhores estatísticas de desempenho, com uma redução de custo de 86% entre os anos de 2009 e 2017 (Bursztyn, 2020).

3.2 Aspectos Positivos

Dentre os diversos aspectos positivos, um dos principais se tem como a vantagem a economia gerada na conta final do consumidor, pois este não pagará os impostos atribuídos a conta de energia de uma rede elétrica comum, que estão inclusos neste o PIS, Confins E ICMS. (Xavier, 2019)

Como explanado anteriormente, os custos dos equipamentos fotovoltaicos, graças as novas tecnologias, vem diminuindo, podendo então haver uma uniformização dos sistemas ao redor do mundo. (Xavier, 2019). No Brasil, os incentivos

para fontes de energia renováveis são feitos por regulamentações, tributos e isenções de impostos e facilidades no financiamento de bancos. Neste âmbito foi consolidado pelo Governo Federal em 2015 o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD).

Dentre alguns dos principais incentivos previstos pelo ProGD se destacam: Isenção de ICMS – Regulamentada pelo Convênio ICMS nº 16/2015, do (Confaz) Conselho Nacional de Política Fazendária. Isenção de PIS/COFINS, ICMS, PIS/Pasep da energia injetada pelo consumidor na rede elétrica. Esse incentivo foi formalizado através da Lei no 13.169, de 6 de outubro de 2015 (Xavier, 2019)

A produção dos painéis fotovoltaicos é feita conforme sua demanda, deste modo, não necessita de uma grande área de extensão de terra para que seja feita a geração de energia, podendo ser produzidas em casas urbanas, em áreas comerciais e zonas rurais (Miranda, 2013).

3.3 Descarte dos componentes

A Lei 12.305/2010 trouxe a instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos, que trouxe o estabelecimento de metas e instrumentos para que as ações devam ser cumpridas com o descarte e gestão adequados para o meio ambiente. Segundo a Agência Internacional para as Energias Renováveis se estima que nos próximos 30 anos 550 mil toneladas de painéis fotovoltaicos deverão ser descartadas apenas no Brasil. (Hein, 2021).

Na composição dos painéis solares se encontram prata, e a recuperação deste material poderia se fazer a compensação dos custos para ser feita a reciclagem, além das estratégias para diminuição do valor das matérias primas para produção dos painéis fotovoltaicos, trazendo benefícios para ampliar a matriz energética, mas que deixa a preocupação com a reciclagem maior. Nos Estados Unidos, segundo Spin (2019), na capital do país os fabricantes de painéis solares são obrigados a criarem um plano para reciclarem após sua inutilização.

Segundo Priscila Carvalho Pupin (2019):

(...) a reciclagem no Brasil ainda está em atraso com relação a outros países, e muito lixo é descartado indevidamente, além de que não há aproveitamento técnico nem financeiro destes produtos. Apesar disso, ele mostra que os painéis de silício cristalino podem ser praticamente todo reciclados, ao invés de serem descartados como lixo eletrônico. Como esta é uma tecnologia recente e os painéis têm um tempo de vida útil de aproximadamente 25 anos, a maioria deles ainda está dentro de seu tempo de uso e poucos já devem ter sido descartados no planeta, por isso é tão importante estimular a reciclagem destes produtos.

A reciclagem dos módulos fotovoltaicos pode ser realizada por diversos métodos, de acordo com Radziemska (2010): “por processo químico, mecânico, térmico ou através de laser”. Em qualquer um dos processos, devem ser separados os componentes dos painéis e divididos conforme seus custos, e seus tratamentos, para que assim consiga se ter uma junção efetiva de valor econômico, como no caso do cobre e da prata comumente usados nas matérias primas. Cardoso (2010) corrobora com o entendimento e aponta que a separação dos materiais se faz importante para a destinação da reciclagem, e com isso a extração dos recursos devidas.

4. Considerações Finais

Neste trabalho observa-se os aspectos positivos e os desafios negativos do sistema solar fotovoltaico que se apresentam para melhorar e aumentar a oferta desta tecnologia na sociedade buscando solução eficaz e limpa para a geração de energia elétrica visando atender a alta demanda de eletricidade no país devido ao avanço populacional e a escassez dos recursos naturais dados pelas mudanças climáticas.

Os sistemas fotovoltaicos são uma fonte alternativa de energia que permitem uma captação térmica e gerando assim eletricidade de uma fonte limpa, não poluindo o meio ambiente. Com o crescimento das fontes de energia fósseis e do grande dano ambiental gerado por elas, fez com que o aumento gradativo da energia solar se torna-se uma opção viável para atenuar o detrimento causado.

A maior dificuldade hoje em obter o sistema se dar pela ausência de incentivos governamentais e a grande burocracia na hora de realizar o investimento junto aos bancos para a realização do empréstimo para aquisição do sistema. Porém não deixa de ser uma fonte que apresenta diversos aspectos positivos, onde vale o investimento.

Pois, como já exposto, a reciclagem do descarte de materiais, quando feito um plano pelo fabricante, faz com que ele seja lucrativo, pois os aproveitamentos dos materiais podem baratear os custos da produção de novos painéis fotovoltaicos.

Portanto, sendo a produção barateada, essa poderá ser levada ao consumidor final por um valor menor, fazendo com que a matriz energética do país, tenha uma elevação na diversificação, aproveitando que o Brasil é um país que ainda se encontra em desenvolvimento.

Para sugestões de trabalhos futuros têm-se os estudos dos impostos sobre equipamentos de energia solar, o estudo da utilização de energia solar em portos e aeroportos e o estudo de viabilidade técnica e econômica para utilização de baterias para armazenamento de energia em uma comunidade rural isolada da rede elétrica.

Referências

- ANEEL. (2008). Atlas de energia elétrica do Brasil. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)
- ANEEL. (2015). Agência Nacional de Energia Elétrica: REN 687 – Resolução Normativa 687.
- ANEEL. (2012). Agência Nacional de Energia Elétrica: Resolução N°482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e mineração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.
- ATLAS PERNAMBUCANO. (2017). Atlas Eólico e Solar de Pernambuco. <http://www.atlaseolicosolar.pe.gov.br/chapter/estado.html?Cap%C3%ADulo%20III%20-%20O%20Estado%20de%20Pernambuco>.
- Beneduce, F. C. A. (1999). Energia solar fotovoltaica sem mistérios. Fortaleza: Banco do Nordeste.
- BLUESOL. (2017). Sistemas fotovoltaicos isolados. Recuperado de <https://blog.bluesol.com.br/>
- BRAGA, R. P. (2008). Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações. 67 f. Monografia (Curso de Energia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Brasil. (2000). O setor elétrico brasileiro: situação atual e perspectivas Conselho Nacional de Política Energética. MME.
- Bruton, T. (1997). “Multimegawatt upscaling of silicon and thin film solar cell and module manufacturing”, MUSIC FM, Final Report RENA-CT94-0008.
- Bursztyn, M. (2020). Energia solar e desenvolvimento sustentável no Semiárido: o desafio da integração de políticas públicas. *Ambiente e desenvolvimento*, Estud. Av. 34(98), 167-86. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.3498.011>.
- CRESESB. (2010). Energia Solar: Princípios e Aplicações. Centro De Referência Para Energia Solar E Eólica Sérgio De Salvo Brito. *Las Colinas*. Sede Corporativa.
- Cunha, M. B. (2001). Para saber mais: fontes de informação em ciência e tecnologia. *Briquet de Lemos/Livros*.
- Dalmarco, A. R. (2017). Regulação, energia e inovação. *Lumen Juris*.
- Dolif, G. N., Si V. A. N., & Gomes, M. E. M. (2009). Energia solar. Brasília: MEC.
- FAPESP. (2010). Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Um futuro com energia sustentável: iluminando o caminho. São Paulo: 300p.
- Farias, L. M.; & Sellitto, M. A. (2011). Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras. *Revista Liberato* 12, 7/21788820-16.
- Fernandes, K. R. (2018). Estudo de viabilidade da implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica em uma empresa de mármore e granito. *Revista Liberato* (Novo Hamburgo), v. 12.
- Filho, W. P. B. (2015). Expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil: impactos ambientais e políticas públicas. 629-642.
- Gallina, A. L. (2011). Uma alternativa sustentável para a produção de biodiesel *Cyperus esculentus*. 2011. 119f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) – Universidade do Centro Oeste, Guarapuava.

- Green, M. A., & Imhoff, J. (2007). Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 146 f.
- Lima, J. E. (2019). A energia fotovoltaica no agronegócio: gestão de custos e riscos, diversificação de receita e externalidades. Tese de Doutorado.
- Lira, M. A. T., Melo, M. L. S., Rodrigues, L. M., & Souza, T. R. M. (2019). Contribuição dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica para a redução de CO₂ no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 34(3), 389-397, <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778634304>
- Lopes, L. F. R. (2011). Importância da energia renovável para o meio ambiente. 2011. 63 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental) – Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro.
- Marques, S. R. S. (2019). Análise do uso de energia solar fotovoltaica: estudo de caso no município de São José do Belmonte (PE). UFRPE Ciências Econômicas, 11-36. Recuperado de <http://hdl.handle.net/123456789/2372>
- Mendes, I. S. (2019). Potencial de geração de energia fotovoltaica e implantação de microrredes na área rural do município de Cascavel utilizando geotecnologias. Recuperado de <https://tede.unioeste.br/handle/tede/4265>
- Nascimento, C. A. (2004). Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica. 21f. Monografia (Especialização em Fontes Alternativas de Energia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Pereira, N. X. (2019). Desafios e perspectivas da energia solar fotovoltaica no Brasil: geração distribuída vs geração centralizada. UNESP, Sorocaba Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, p. 6-76. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11449/181288>
- Pupin, P. C. (2019). Avaliação Dos Impactos Ambientais Da Produção De Painéis Fotovoltaicos Através De Análise De Ciclo De Vida. Recuperado de <https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/1939>
- Rüther, R. (2004). Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. Florianópolis: UFSC / LABSOLAR.
- Schultz, O., Glunz, S. W. & Wileke G. P. (2004). "Multicrystalline Silicon Solar Cells Exceeding 20% Efficiency", *Progress in Photovoltaics: Research and Applications* 12, 553.
- Silva, E. V. C. (2021). Avaliação Econômica Entre Sistemas De Geração De Energia Fotovoltaica On-Grid E Off-Grid Em Um Aviário De Uma Propriedade Rural. Monografia - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.
- SPIN. (2019). Descarte de painéis solares, e agora?. Recuperado de <https://spinsolar.com.br/descarte-de-paineis-solares-e-agora/>.
- Tutorial Solar. (2006). ExonMobil. Panoramas Energético Perspectivas para 2030. Sede Corporativa 5959 Las Colinas Blvd.Irving, Texas 75039-2298. EUA.