

Analysis of the economic feasibility of the implementation of solar photovoltaic systems in commercial companies

LÉIA ARAÚJO SOUSA

Engenheiro Civil, Centro Uninversitário INTA – UNINTA, Sobral, CE, Brasil

Email: leia-araujo@live.com

FLANKLIN FERREIRA VIANA

Especialista em Gestão Ambiental, Centro Universitário INTA – UNINTA

Sobral, CE, Brasil

Email: frankling.viana@uninta.edu.br

MIGUEL ENÉAS DA SILVA NETO

Mestre em Engenharia Elétrica e de Computação, Centro Universitário INTA -

UNINTA, Sobral, CE, Brasil

Email: miguel.eneas@gmail.com

MAURÍCIO DE SOUSA PEREIRA

Doutor em Engenharia e Ciência de Materiais, Centro Universitário INTA - UNINTA

Sobral, CE, Brasil

Email: mauricio.pereira@uninta.edu.br

RESUMO

A energia elétrica pode ser produzida por diversas formas, tais como, usinas hidrelétricas, usinas termoeletricas a gás natural ou carvão mineral, usinas de cogeração com bagaço de cana, usinas nucleares, usinas eólicas entre outras. Grande parte da demanda global de energia usada atualmente são geradas a partir de combustíveis fósseis. No entanto, essas fontes não-renováveis ocasionam a redução dessas reservas naturais e emite um alerta para a necessidade de desenvolvimento de fontes alternativas de energia. Entre as fontes promissoras para a geração de energia elétrica de forma limpa e sustentável, a energia solar fotovoltaica e a eólica têm se destacado tanto no cenário global quanto no nacional. Além de serem geradas por fontes renováveis, limpas e econômicas, elas vêm despertando o interesse de diversos segmentos da sociedade para o seu uso, uma vez que podem impactar na redução de custos do empreendimento e contribuir para a redução dos impactos ambientais. As empresas estão sempre em busca de inovação e avanço, pois o mercado cada dia exige mais, por isso, sempre levando em consideração o controle de custos para o seu desenvolvimento, o sistema solar fotovoltaico é uma excelente solução para acrescentar de forma mais econômica e ainda sustentável. Portanto, o presente trabalho de pesquisa realiza um estudo comparativo sobre a implantação de sistemas solares fotovoltaicos em uma unidade empresarial, analisando os mecanismos de viabilidade de implantação e funcionamento dos sistemas, bem como os possíveis lucros obtidos e a redução dos impactos ambientais.

PALAVRAS-CHAVES: Energias renováveis. Sistemas solares fotovoltaicos. Sustentabilidade. Empresas.

ABSTRACT

Electric energy can be produced in several ways, such as hydroelectric plants, thermoelectric plants using natural gas or mineral coal, cogeneration plants with sugarcane bagasse, nuclear plants, wind plants, among others. Much of the global demand for energy used today is generated from fossil fuels. However, these non-renewable sources cause the reduction of these natural reserves and issues an alert for the need for the development of alternative energy sources. Among the promising sources for generating electricity in a clean and sustainable way, solar photovoltaic and wind energy have stood out both on the global and national stage. In addition to being generated by renewable, clean and economical sources, they have been arousing the interest of several segments of society for their use, since they can impact on the reduction of costs of the enterprise and also contribute to the reduction of environmental impacts. Companies are always looking for invocation and advancement because the market demands more every day, always considering cost control for their development and the photovoltaic solar system is an excellent solution to add economically and still sustainably. Therefore, the present research work carries out a comparative study on the implementation of photovoltaic solar systems in a business unit, analyzing the mechanisms of feasibility of implementation and operation of the systems, as well as the possible profits obtained and the reduction of environmental impacts.

KEYWORDS: Renewable energies. Photovoltaic solar systems. Sustainability. Companies.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o planeta tem enfrentando inúmeros desafios no setor energético e diversos problemas ambientais por conta de desequilíbrios geofísicos e ecológicos causados pela exploração e pelo uso descontrolado de recursos naturais. A energia tem atuação significativa na sustentabilidade, pois é a causadora de importantes impactos ambientais, tais como poluição do ar; chuva ácida; efeito estufa e as mudanças climáticas; o desmatamento e a desertificação dentre outras degradações ambientais (CAMPOS & LAMEGO, 2018; ARAÚJO *et al.*, 2020; DIAS *et al.*, 2017; REIS, 2016).

Dessa forma, com o aumento gradativo da população e dos padrões de consumo da sociedade, a busca por fontes de energias renováveis vem crescendo. Uma das formas mais promissoras para minimizar o problema é aproveitar a energia fornecida pelo sol, uma fonte limpa, gratuita e que não agride o meio ambiente. Por várias décadas a energia fotovoltaica apresentava um alto custo, dificultando a sua utilização, contudo, nos últimos anos, por incentivos de governo, intensas pesquisas foram e estão sendo feitas em busca

de fontes limpas, a fim de gerar uma redução nos custos para utilização, tendo um enorme aumento em sua aplicabilidade no mundo todo (VIAN, 2021).

Por isso, a indústria de energia renovável tem um rápido crescimento nos dias atuais por ser impossível pensar em um mundo sem energia elétrica. É possível destacar também o crescimento rápido do uso da tecnologia fotovoltaica em vários países. Com isso, o Brasil cresceu 23% em investimentos na capacidade de energia renovável, marcando o sétimo ano consecutivo de crescimento e, em geral, o país continua em terceiro lugar quando se fala em capacidade acumulada de energia renovável com 150 GW, ficando abaixo apenas da China e dos Estados Unidos.

Existem hoje duas formas de gerar energia elétrica por meio de raios solares, sendo elas fotovoltaica e heliotérmica. A energia heliotérmica (energia termo solar) é a geração de energia elétrica proveniente dos raios solares de maneira indireta, na qual o calor do sol é captado e armazenado para depois ser transformado em energia solar mecânica e, por fim, em eletricidade. Enquanto isso, a energia fotovoltaica utiliza painéis solares que captam a luz e geram correntes elétricas contínuas, em seguida convertidas em correntes alternadas pelo inversor solar e então distribuída no local, o que pode gerar créditos de energia ou ser armazenada (CABELLO & POMPERMAYER, 2013).

Assim, a vida útil de um painel solar fotovoltaico gira em torno de 25 até 30 anos, o custo para instalação é mínimo e quase não necessita de manutenção. Ademais, possui um retorno rápido e positivo em relação a custo e benefício, porque a economia na conta de energia é imediata e o imóvel fica mais valorizado, além de ser um sistema sustentável. (ANEEL. Resolução N° 482, 2012).

Portanto, a empresa que se adequa ao novo sistema de energia renovável pode reduzir seus gastos e diminuir seus custos. Com esses benefícios, a energia solar fotovoltaica vem ganhando espaço no mercado, sendo utilizada em residências, comércios, indústrias, áreas rurais entre outros. É uma ótima opção para economizar na conta de luz além de ser uma energia limpa, renovável e sustentável.

Energias e Meio Ambiente

Até na Idade Média, usava-se energia disponível na natureza, procurando atender as necessidades sem alterar significativamente o ambiente. O consumo de energia era moderado, o volume de comércio entre as pessoas era pequeno. Desde então, o aumento da demanda algumas agressões ao meio ambiente começaram a surgir. Nos últimos anos, os temas ambientais têm sido o centro das discussões entre diferentes classes da sociedade, pois os problemas ambientais passaram a ser visíveis. Nesse caso, o setor de energia gera impacto em toda a sua cadeia de processamento e transformação, em

uma perspectiva global, a energia desempenha um papel importante nas questões ambientais da atualidade (REIS, 2014).

Com isso, as fontes de energias renováveis, incluindo a energia solar, serviram de base energética por gerações, destacando assim os benefícios ambientais e de saúde, segurança energética de desenvolvimento e benefícios econômicos. A introdução do sistema fotovoltaico favorece a interação entre modernização e cuidados com o meio ambiente (CAMPOS & LAMEGO, 2018; ARAÚJO *et al.*, 2020; DIAS *et al.*, 2017).

Além disso, em 2020, o total de emissões associadas à matriz energética (conjunto de fontes de energia disponíveis) brasileira atingiu 398,3 milhões de toneladas de dióxido de carbono (BEN, 2021). Isso significa que, para um ambiente fragilizado pela descarga contínua de gases e outro poluentes, a instalação de sistema de energia dificilmente terá impacto. Por isso, com a ideia de que o mundo está começando a entrar nos limites do aquecimento global, a sociedade deve se preocupar com a qualidade de vida de todos os seres.

Energias renováveis e não renováveis

A energia elétrica possui um papel fundamental na vida humana e, hoje, o seu acesso é um requisito básico de cidadania. É nítida sua importância e sua necessidade de atenção ao desenvolvimento sustentável, buscando sempre uma utilização harmônica e adequada dos recursos naturais. Com o rápido crescimento populacional nos últimos anos, a questão energética assumiu posição central na agenda ambiental global, sobretudo em função do aquecimento global. (REIS, 2014; REIS, 2017)

Dessa forma, as principais fontes utilizadas para produção de eletricidade podem ser divididas em não renováveis e renováveis. São consideradas fontes não renováveis aquelas cujo tempo para serem utilizadas são mais rápido do que os milhares de anos necessários para formá-los. Esta categoria inclui derivados de petróleo, carvão, combustíveis radioativos (urânio, tório, plutônio, etc.) e gás natural (REIS, 2017)

Já as fontes renováveis, referem-se à substituição natural do recurso que são muito mais rápidos do que seu uso de energia (como água dos rios, marés, energia solar, eólica e geotérmica), ou sua gestão pode ser adaptada as suas necessidades de uso de energia (como biomassa; cana-de-açúcar, energia florestal e resíduos de animais, humanos, industriais). Essas fontes de energia podem ser utilizadas para gerar eletricidade, principalmente por meio de usinas hidrelétricas (usando água) eólica (usando vento), energia solar (fotovoltaica – uso direto do sol – e termelétrica – uso indireto do sol, gerando vapor e biomassa renovável) e geração de energia geotérmica.

Com isso, as energias renováveis provêm de ciclos naturais, a radiação solar convertida de modo natural é a principal fonte de quase toda

energia disponível na Terra e, por esse motivo, são consideradas inesgotáveis, pois não alteram o equilíbrio do planeta. No Brasil, a maior parte de eletricidade vem de usinas hidrelétricas e termelétricas via cabos de alta resistência. (REIS, 2017).

Energias renováveis no Brasil

Na busca por fontes alternativas, o Brasil apresenta grande diferencial em relação a outros países pois a sua imensa biodiversidade, permite a geração de energia por vários meios. A base energética do país gira em torno das hidrelétricas, porque possui uma ótima disponibilidade hídrica, mas o consumo desenfreado pode levar a escassez de recursos não renováveis, portanto, volta-se a atenção para as energias renováveis, das quais a energia solar é praticamente proeminente (CAMPOS & LAMEGO, 2018; ARAÚJO *et al.*, 2020; DIAS *et al.*, 2017).

Assim, é reconhecido que o país tem grande potencial para gerar a energia solar, mas ainda enfrenta grandes problemas principalmente em relação a questões financeiras para sua implantação. Por isso, o governo deve investir no setor, o que pode solucionar diversos problemas em relação ao fornecimento de eletricidade em comunidades remotas do país (SANTOS *et al.*, 2019).

Ademais, no Brasil, a matriz energética (conjunto de fontes de energia disponíveis) é muito diferente da mundial. Aqui, embora o consumo de energia não renovável seja maior do que o da energia renovável, usamos mais energia limpa do que outras partes do mundo. Somando todas as fontes renováveis brasileiras, a energia total chega a quase 48,3% que é quase a metade da matriz energética brasileira (BEN, 2021).

Em 2020, a matriz energética apresentou aumento em praticamente todas as fontes de energias, com exceção de carvão e derivados. O gás natural e energia nuclear ao invés de aumento tiveram uma redução em função de paradas para manutenção programadas. Também foi registrado redução de 4,2% na oferta hidráulica, porém outras fontes como a solar, eólica e termelétrica ganharam destaque (BEN, 2021).

MATERIAIS E MÉTODOS

Geograficamente, o Brasil é fortemente privilegiado pelo Sol, essa vantagem faz das regiões tropicais propícias para o desenvolvimento de sistemas solares. Quanto mais próximo à cidade está da linha do Equador, maior é o índice de radiação solar. Isso ocorre devido à inclinação do eixo da rotação da terra em relação ao plano da elipse, os raios solares percorrem menores distâncias para atravessar a atmosfera terrestre nestas localidades (JÚNIOR & SOUZA, 2020; SILVA *et al.*, 2017).

Com isso, essa pesquisa consiste em um estudo de caso no qual foi feito um levantamento de custo do consumo de eletricidade em uma unidade empresarial. A pesquisa buscou avaliar as vantagens que a empresa obteve com a instalação do sistema de energia solar fotovoltaica. Sendo assim, a empresa analisada está situada no município de Tianguá-CE, Brasil. O município recebe altos índices de radiação solar uma vez que está localizado próximo a linha do equador (Latitude: 3,8° S e longitude: 40,9° W). O local, portanto, apresenta grande potencial para a geração de energia elétrica a partir do uso de energia solar fotovoltaica. A empresa, objeto de estudo, possui sete empreendimentos em cinco cidades do Estado do Ceará.

A Tabela 1 apresenta os índices de radiação solar anual e mensal do município de Tianguá no ano de 2017. Pode-se observar que os maiores índices estão situados nos meses de agosto e setembro. No entanto, o índice anual médio apresenta valores elevados.

Tabela 1 Índice de radiação solar no município de Tianguá – Ce, Brasil.

Índices de Radiação Solar (kWh/m ² dia) (Ano de referência: 2017).												
Anual	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
4,96	3,80	3,40	3,40	3,20	4,36	5,18	5,78	6,64	6,58	6,22	6,08	4,8

Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2017.

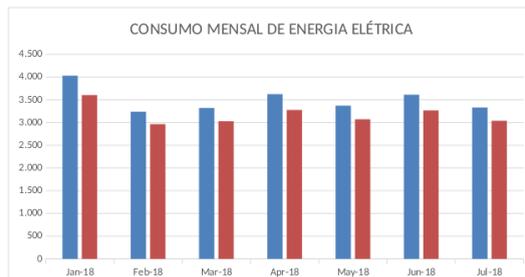
Além disso, é importante frisar que o índice solarimétrico, ou índice de radiação solar, é representado pela grandeza *kWh/m².dia*, ou seja, a quantidade de watts que incidem em uma área de 1 metro quadrado durante um dia” (PEREIRA *et al.*, 2017). Assim, o foco do trabalho partiu de uma análise do consumo mensal da empresa, evidenciando através de um estudo orçamentário as vantagens da instalação de painéis solares e a importância da relação custo-benefício para o caixa da empresa a longo prazo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para realizar a análise estatística, os dados de consumo de energia elétrica foram coletados a partir de janeiro de 2018 a junho de 2018 e janeiro de 2021 a junho de 2021. Posteriormente, os dados foram analisados a fim de obter um consumo médio da unidade produtiva.

A Figura 1 exibe um recorte temporal do consumo de energia elétrica mensal, em kWh/mês, na unidade empresarial estudada. Observa-se que os meses que registraram maior consumo foram janeiro, abril e junho.

Figura 1. Consumo mensal de energia unidade empresarial.



Fonte: Autores

Descrição do sistema solar fotovoltaico instalado

De acordo com o proprietário do estabelecimento, foi investido R\$ 225.000,00 para toda a instalação de sistema solar fotovoltaico na empresa, pagamento feito à vista.

O sistema instalado pela empresa opera no modo *on-grid*. Os principais componentes de sistemas solares fotovoltaicos desse tipo são módulos fotovoltaicos, estrutura/suporte, inversores e controladores de carga.

O sistema de geração de energia instalada na empresa possui uma potência de 63.64 kWp, com capacidade média prevista de geração de energia de 8.236 kWh/mês. O sistema é composto por 172 módulos fotovoltaicos de potência de 370 Wp (potência de pico) cada, marca Canadian Solar – KuMax (1500V), 144 células policristalinas com eficiência em torno de 18,15%. A Figura 2 abaixo, mostra o sistema fotovoltaico instalado.

Figura 2. Módulos fotovoltaicos instalados



Fonte: Autores

Também instalados dois inversores ABB PRO-33.0-TL-OUTD-SX-400 totalizando 66,0kW – trifásico 380V, com sistema de monitoramento e um quadro elétrico.

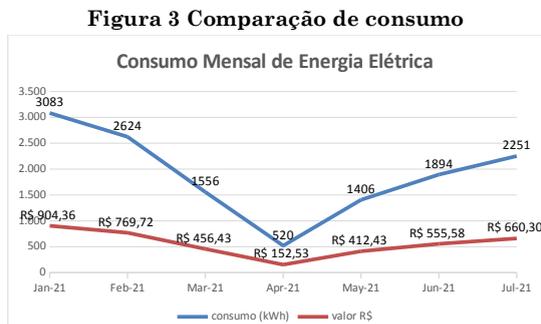
Garantias e recomendações

A empresa que fez a instalação do sistema solar concedeu para os módulos fotovoltaicos a garantia de 10 anos contra defeitos de fabricação e 25 anos quando a eficiência na geração for menor que 80% da energia gerada medida no início da operação do sistema. Aos inversores 5 anos, para estrutura metálica 12 anos e outros componentes 1 ano.

Além disso, foi recomendado a limpeza e as manutenções de todos os elementos do sistema solar fotovoltaico, pois com o tempo sujeira e poeira podem se acumular nos módulos, causando redução na potência. Para se ter o máximo da capacidade do sistema foi recomendado uma limpeza periódica, especialmente em regiões que pegam pouca chuva ou com excesso de partículas suspensas (poluição, poeira, queimadas, etc.)

Análise do consumo de energia elétrica após da instalação

Após a instalação do sistema e dado início ao seu uso, obteve-se uma economia evidente na conta de energia mensal, mantendo, praticamente, o mesmo consumo. Na Figura 3 a seguir, é notório essa economia entre os meses de janeiro de 2021 a julho de 2021.



Fonte: Autores

Os valores acima mostra o comportamento do consumo de energia elétrica mensal e o valor pago pela empresa. Os meses que mais registraram um consumo elevado foram janeiro, fevereiro e julho.

Análise de valores pagos antes e após a instalação do sistema

A Tabela 2 a seguir traz uma comparação de valores pagos nos primeiros setes meses do ano de 2018 sem o sistema solar e dos primeiros setes meses do ano de 2021 após o sistema solar.

Tabela 2. Análise de valores pagos antes e após instalação.

Meses de Referência	Valores - Antes da Instalação	Valores - Pós-Instalação	Economia (R\$)
Janeiro	3.603,00	936,00	2.667,00
Fevereiro	2.963,00	769,00	2194
Março	3.028,00	456,00	2572
Abril	3.276,00	152,00	3124
Mai	3.071,00	412,00	2659
Junho	3.266,00	555,00	2711
Julho	3.038,00	660,00	2378
Toral	22.245,00	3.940,00	18305

Fonte: Autores

É nítida a economia do estabelecimento que em apenas sete meses obteve uma redução no valor da energia elétrica mensal de modo exagerado. A empresa economizou exatamente R\$ 18.338,26, mantendo praticamente o mesmo consumo.

Com base nos valores obtidos, foi feito uma média para se analisar a economia da empresa por ano e quanto tempo é necessário para o retorno do investimento. Na Figura 4, é detalhado esse retorno em média anual.

Figura 4. Detalhamento em média da economia da empresa



Fonte: Autores

O gráfico acima nos traz uma média anual em torno de R\$ 31.440,00 equivalente a somatória da média mensal em torno de R\$ 2.620,00. O sistema se paga ao fim do oitavo ano, quando a empresa já consegue economizar R\$ 26.520,00.

Considerando a vida útil do equipamento de 25 anos, nesse período a empresa obterá um lucro de R\$ 534.480,00 sem levar os possíveis reajustes nos preços da energia elétrica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, foi possível responder ao objetivo da pesquisa. Identificou-se que os benefícios são superiores ao custo do sistema de energia solar e a implantação do sistema é economicamente viável, obtendo resultados positivos e uma enorme economia para a empresa. Com a análise dos dados da pesquisa, foi possível ainda concluir que a partir do oitavo ano, após a obtenção do sistema fotovoltaico, o valor do investimento inicial já seria retomado devido à economia obtida com a geração de energia solar.

Assim, a instalação do sistema solar custou exatamente R\$ 225.000,00 e a empresa começa obter economia na energia no ano 8 e a partir daí já consegue cobrir o que desembolsou inicialmente para a sua implantação. Além disso, em 25 anos, que é o tempo estimado para a vida útil do equipamento a empresa, consegue uma economia de R\$ 534.480,00.

Além da economia financeira que a empresa consegue obter com a geração de energia solar, sua instalação ainda tem como vantagens a geração de energia renovável, sem emissão de ruídos e sem emissão de gases poluentes. Dessa forma, destaca-se a contribuição para a redução do impacto ambiental e ainda constrói uma imagem positiva da empresa em relação ao mercado e ao seu público, que estão cada vez mais preocupados com empreendimentos que respeitem o meio ambiente.

A partir da análise realizada na empresa, após a instalação do sistema solar, conclui-se que apesar do alto investimento inicial, com o passar dos anos possibilita uma economia de 100% dos gastos com o consumo de energia elétrica.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Centro Universitário INTA – UNINTA pelo suporte acadêmico e a empresa RAMLIVE por disponibilizar sua infraestrutura e os dados para a realização do trabalho de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, L. F. O.; SOARES, M. P. R.; PEDRAÇA, A. S.; PIEDADE, C. S.; PEDRAÇA, J. A. Proposta de Projeto e Estudo de Minigeração Distribuída de Energia Elétrica Fotovoltaica na Cidade de Manaus/AM – Brasil. *European Academic Research*, v. VIII, n. 9, p. 5534, 2020.
- CABELLO, A. F.; POMPERMAYER, F. M. *Energia fotovoltaica ligada à rede elétrica: atratividade para o consumidor final e possíveis impactos no sistema elétrico*. Brasília: IPEA, 2013.

Léia Araújo Sousa, Franklin Ferreira Viana, Miguel Enéas da Silva Neto, Maurício de Sousa Pereira– **Analysis of the economic feasibility of the implementation of solar photovoltaic systems in commercial companies**

- CAMPOS, B. P. D.; LAMEGO, M. P. S. Application of Photovoltaic Energy in Civil Construction. *European Academic Research*, v. VI, n. 9, p. 5180, 2018.
- CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. *Alternativas Energéticas*: uma visão Cemig. Belo Horizonte: CEMIG, 2012. <http://doi.org/10.34024/978851700089>
- DIAS, C. T. C.; SILVA, W. K. M.; FREITAS, G. P.; NASCIMENTO, J. F. Solar energy in Brazil. *InterScientia*, v. 5, n. 1, p. 153, 2017
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2014 (Ano base 2013). Rio de Janeiro, 2014. <http://www.epe.gov.br>.
- JÚNIOR, O. M.; SOUZA, C. C. Aproveitamento fotovoltaico, análise comparativa entre Brasil e Alemanha. *Interações*, v. 21, n. 2, p. 379-387, 2020.
- PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; DE LIMA, F. J. L.; RÜTHER, R.; DE ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; DE SOUZA, J. G. Atlas Brasileiro de Energia Solar. 2 ed. São José dos Campos: INPE, 2017.
- REIS, L. B. Geração de energia elétrica. Manole, 2017.
- REIS, L. B. Energia Elétrica e Sustentabilidade: Aspectos Tecnológicos, Socioambientais e Legais. Manole, 2014.
- SANTOS, M. G. S.; BENEVIDES, J. C. M.; MEDEIROS, G. V. A Importância da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética. *European Academic Research*, v. VII, n. 1, p. 158, 2019.
- SILVA, F. G.; MACIEL, M. A. A.; FRANÇA, N. B. Energia solar fotovoltaica: Um estudo de possibilidades para o município de Conceição do Araguaia – PA. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v.6, n. 4, p. 705-726, 2017.
- VIAN, A.; TAHAN, C. M. V.; AGUILAR, G. J. R.; GOUVEA, M. R.; GEMIGNANI, M. M. F. *Energia Solar Fundamentos Tecnologia e Aplicações*. São Paulo: Blucher, 2021.
- VILLALVA, M.; GAZOLI, J. Energia solar fotovoltaica: Conceitos e aplicações. São Paulo: Erica, 2012