

VI-198- ENERGIA FOTOVOLTAICA E IMPACTOS AMBIENTAIS RELACIONADOS NO ÂMBITO DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL

Fiama Leticia Reis Lima⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Faculdade Anchieta do Paraná- UNIFAESP. Mestranda em Desenvolvimento Territorial Sustentável pela UFPR. Residente Técnica no Instituto Água e Terra IAT - PR.

Sara Midiã Silva da Silva⁽²⁾

Engenheira Ambiental pela Faculdade Estácio-IESAM de Belém. Diretora Presidente no SAMAE - Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto.

Endereço⁽¹⁾: Rua Luiz Leal da Rocha, 121 - Campo de Santana - Curitiba- PR- CEP: 81490-020- Brasil - Tel: (41) 99271-7154 - e-mail: fiamaleticia@ufpr.br

RESUMO

O contexto energético recente no mundo apresenta sinais de limitação dos recursos naturais voltados para a geração de energia, dessa forma a geração de eletricidade por sistemas fotovoltaicos, mostra grande expansão em território (inter)nacional. Assim é necessário que essas atividades passem pelo processo de licenciamento ambiental, esse tipo de atividade necessita de diversos estudos, com objetivo de mensurar impactos positivos e negativos de modo a demonstrar transparência junto ao órgão ambiental e sociedade, funcionando como uma ferramenta da promoção do desenvolvimento sustentável local. Nesse sentido, o objetivo central deste artigo foi entender, a partir do licenciamento ambiental do Estado do Paraná, os principais impactos ambientais relacionados a energia fotovoltaica, bem como apontar estratégias para minimização de impactos. Por meio do levantamento bibliográfico e análise documental foi possível identificar as interferências ambientais decorrentes da atividade. Verificou-se que grande parte dos impactos são previstos para ocorrer ao longo da implantação do projeto, o maior número dos impactos incidentes sobre os meios bióticos e abióticos são negativos. Já no meio socioeconômico, predominam os impactos positivos. A que a maioria das interferências ambientais acontecem na fase de implantação do empreendimento, comparados a outros métodos de geração de energia, é o menos impactante a longo prazo. Sendo considerado uma fonte de energia sustentável e sendo recomendado a sua utilização em território nacional.

PALAVRAS-CHAVE: Energia fotovoltaica, Energia solar, Impactos ambientais, Licenciamento ambiental.

INTRODUÇÃO

A geração de eletricidade por sistemas fotovoltaicos, apresenta grande expansão em território nacional e internacional. A procura pelo progresso, bem como pelo crescimento econômico, provoca o aumento da demanda por energia elétrica. O contexto energético recente no mundo apresenta sinais de limitação dos recursos naturais voltados para a geração de energia. O aumento do uso de diversos equipamentos que precisam de eletricidade produz dois efeitos, primeiro se refere ao aumento do consumo de eletricidade e adjunto a este, o crescimento do processo de produção industrial. Essa dinâmica de desenvolvimento, aumenta a emissão dos gases poluentes, responsáveis pelo efeito estufa (Knirsch, 2012).

A inclusão da energia solar na matriz energética mundial proporcionou um acréscimo de, 395% da produção primária de energia solar entre 2003 e 2013. Ocorreu um crescimento de 17% na produção total de energia no mesmo intervalo, enquanto as fontes renováveis tiveram um crescimento de 56%. A energia solar só foi superada pela energia eólica (SILVA, 2015). Para o processo de licenciamento ambiental, desse tipo de atividade necessita de diversos estudos, com objetivo de mensurar impactos positivos e negativos a fim de demonstrar transparência junto ao órgão ambiental e sociedade, favorecendo e estimulando a promoção do desenvolvimento sustentável local. Desse modo, este trabalho tem por objetivo identificar os principais

impactos ambientais relacionados a energia fotovoltaica, bem como apontar estratégias para minimização de impactos.

Portanto, o objetivo central deste artigo foi entender, a partir do licenciamento ambiental do Estado do Paraná, os principais impactos ambientais relacionados a energia fotovoltaica, bem como apontar estratégias para minimização de impactos. Por meio do levantamento bibliográfico e análise documental foi possível identificar as interferências ambientais previstas, apresentados via um quadro subdivididos em meio físico, biótico e socioeconômico, nas fases de planejamento, implantação, operação do empreendimento.

Verificou-se que a maioria dos impactos são previstos para ocorrer ao longo da implantação do projeto. Percebeu-se que maior número dos impactos incidentes sobre os meios bióticos e abióticos são negativos. Já no meio socioeconômico, predominam os impactos positivos. A quantificação histórica dos impactos ambientais pode ser utilizada para avaliar o benefício da atividade nas cidades e regiões, e, pontuar os impactos de maior relevância. Observa-se que a maioria das interferências ambientais acontecem na fase de implantação do empreendimento, comparados a outros métodos de geração de energia é o menos impactante a longo prazo. Sendo considerado uma fonte de energia sustentável e sendo recomendado a sua utilização em território nacional.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em três fases, a primeira compreendeu de revisão bibliográfica a respeito da temática, que se realiza mediante consulta de material já elaborado a respeito da temática escolhida, foram consultados principalmente livros e artigos científicos. A segunda foi realizada análise documental, que é semelhante à pesquisa bibliográfica, diferencia-se somente quanto a natureza das fontes, a pesquisa documental utiliza materiais que ainda não receberam nenhum tratamento investigativo. Assim foi consultado, através do site do órgão ambiental, documentos referentes a licenciamento de atividades relacionadas a energia fotovoltaica. terceira fase compreendeu uma sistematização, utilizando-se uma tabela dos principais impactos encontrados, em comparação às possibilidades de minimização dos efeitos negativos decorrentes da atividade.

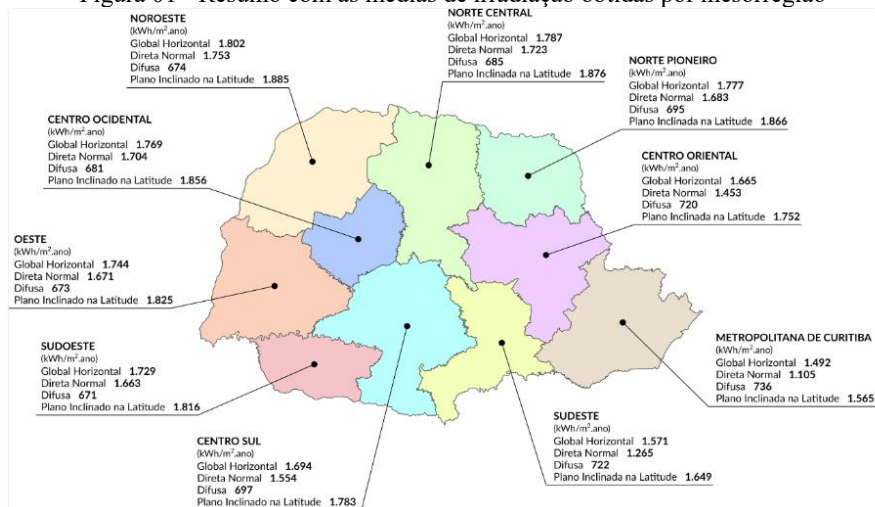
RESULTADO DA PRIMEIRA ETAPA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Potencial fotovoltaico no Estado do Paraná

Comparado ao Brasil, o estado do Paraná mostra um potencial fotovoltaico alto, semelhante aos melhores potenciais encontrados na Europa, com números de Irradiação e Produtividade Total Anual Média de 1.986 kWh/m².ano e 1490 kWh/kWp.ano (TIEPOLO, 2015). O menor valor apresentado no estado do Paraná de Irradiação e Produtividade Diária Média Mensal ocorre no mês de julho com 3,61 kWh/m².dia e 2,71 kWh/kWp.dia, enquanto o maior valor ocorre no mês de janeiro com 6,46 kWh/m².dia e 4,85 kWh/kWp.dia respectivamente. Demonstrando elevada variabilidade ocorrendo durante o ano no estado. Apesar disso, ao se considerar o valor de Irradiação e de Produtividade Média Mensal Diária avaliada em todo o estado, a menor média identificada continua sendo a do mês de julho, com 4,66 kWh/m².dia e 3,50 kWh/kWp.dia, enquanto a maior média ocorre no mês de Março com 5,95 kWh/m².dia e 4,46 kWh/kWp.dia nessa ordem (TIEPOLO, 2015).

O potencial do estado do Paraná fica provado ao se efetuar uma comparação de valores de Irradiação e Produtividade Estimada Total Anual Média com os principais países da Europa, cuja média apresentada no estado do Paraná é 58,75% superior à Alemanha, 13,48% superior à Itália, 1,97% superior à Espanha, 31,28% superior à França, 60,46% superior à Bélgica e 71,19% superior ao Reino Unido, percentuais estes que representam de forma geral a quantidade Média de Energia Elétrica que um SFVCR pode gerar a mais no Paraná em relação a cada um dos países analisados (TIEPOLO, 2015). Irradiação média do total anual obtida foi: global horizontal: 1.705kWh/m².ano; direta normal: 1.560kWh/m².ano; difusa: 695kWh/m².ano; plano inclinado na latitude: 1.789kWh/m².ano.

Figura 01 - Resumo com as médias de irradiação obtidas por mesorregião



Fonte: (TIEPOLO, 2018)

Usina Fotovoltaica no Aterro da Caximba

A usina solar foi instalada sobre o aterro sanitário do Caximba, desativado em 2010. Foi inaugurada 29 de março de 2023 em comemoração ao aniversário da Cidade que completa 330 anos, mais um símbolo destacando a já conhecida capital ecológica. A Usina possui aproximadamente 8,6 mil painéis, a Pirâmide Solar do Caximba, é a primeira usina solar em aterro sanitário da América Latina. Também faz parte de um conjunto de iniciativas do Curitiba Mais Energia, uma das estratégias da cidade para combater e mitigar as mudanças climáticas, através da produção de energia renovável, o que também resulta em economia aos cofres públicos.

A energia gerada pelos módulos fotovoltaicos da Pirâmide Solar é introduzida na rede de distribuição da Companhia Paranaense de Energia Elétrica (Copel) e o valor é abatido da conta de energia do município. A economia prevista por mês é de 30% sobre o valor da conta de energia dos prédios públicos do município, o que pode representar, por ano, R\$ 2,650 milhões, que deverão ser revertidos em benefícios à população. O programa é financiado pelo Ministério Federal Alemão para o Desenvolvimento Econômico e Cooperação (BMZ), pelo Departamento de Negócios, Energia e Estratégia Industrial do Reino Unido (BEIS) e pela Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (USAID). O empreendimento recebeu investimento total de R\$ 28 milhões. Dessa forma, a expectativa é de que a pirâmide seja "quitada" em menos de dez anos.

Figura 02 - Pirâmide solar do Caximba



Fonte: Prefeitura de Curitiba

RESULTADO DA SEGUNDA ETAPA: LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS FOTOVOLTAICOS NO ESTADO DO PARANÁ

O licenciamento ambiental de atividades fotovoltaicas no estado do Paraná, está incluso em licenciamento de atividades específicas, obedecendo a um enquadramento que considera o porte do empreendimento, o campo solar (CS), conforme Figura abaixo.

Figura 03- Enquadramento de empreendimentos fotovoltaicos quanto ao estudo demandado

PORTE	CAMPO SOLAR (CS)	ESTUDO AMBIENTAL	LICENCIAMENTO
1	CS ≤ 1,5 ha (conforme estabelecido no art. 7º)	Inexigível	DILA
2	1,5 ha < CS ≤ 7,5 ha (com rede pública)	Dispensado	DLAE
3	1,5 ha < CS ≤ 7,5 ha (sem rede pública)	PCA	LAS
4	7,5 ha < CS < 15 ha	RAS	LP, LI e LO
5	CS ≥ 15 ha ou P > 10 MW	EIA	LP, LI e LO

Fonte: IAT

Sendo os principais conceitos descritos abaixo:

1. Declaração de Inexigibilidade de Licença Ambiental (DILA): concedida para as atividades e empreendimentos dotados de impactos ambiental e socioambiental insignificantes para os quais é inexigível o licenciamento ambiental, respeitadas as legislações municipais;
2. Declaração de Dispensa de Licenciamento Ambiental Estadual-DLAE: concedida para os empreendimentos dispensados do licenciamento por parte do órgão ambiental estadual conforme os critérios estabelecidos em Resoluções específicas;
3. Licença Ambiental Simplificada-LAS: aprova a localização e a concepção do empreendimento, atividade ou obra de pequeno porte e/ou que possua baixo potencial poluidor/degradador, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos, bem como autoriza sua instalação e operação conforme as especificações constantes dos requerimentos, planos, programas e/ou projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes determinadas pelo órgão ambiental competente;
4. Licença Prévia-LP: concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade, aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;

5. Licença de Instalação-LI: autoriza a instalação do empreendimento ou atividade conforme as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambientais e demais condicionantes, da qual constituem motivos determinantes;
6. Licença de Operação-LO: autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambientais e condicionantes determinados para a operação;
7. Campo Solar – área total necessária para implantação dos painéis solares;
8. EIA – Estudo de Impacto Ambiental – é o instrumento de avaliação dos impactos ambientais decorrentes da implantação de atividades modificadoras do meio ambiente, apresentado como subsídio para a concessão da licença prévia requerida, elaborado por equipe multidisciplinar e utilizado para avaliar a viabilidade ambiental do empreendimento através do diagnóstico ambiental da área de influência (meio físico, meio biótico e meio socioeconômico), da análise dos impactos decorrentes da atividade, da definição das medidas mitigadoras e compensatórias e da elaboração de programas de acompanhamento e monitoramento dos impactos ambientais identificados;
9. RAS – Relatório Ambiental Simplificado – é o estudo relativo aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentado como subsídio para a concessão da licença prévia requerida, que conterá, dentre outras, as informações relativas ao diagnóstico ambiental da região de inserção do empreendimento, sua caracterização, a identificação dos impactos ambientais e das medidas de controle, de mitigação e de compensação;
10. PCA – Plano de Controle Ambiental – é o estudo ambiental que tem por objetivo prever medidas de gestão e controle das ações de cunho ambiental de um empreendimento;

As diretrizes que regem o licenciamento ambiental estadual são as resoluções Resolução CEMA n.º 107, de 17 de setembro de 2020 - Dispõe sobre o licenciamento ambiental, estabelece critérios e procedimentos a serem adotados para as atividades poluidoras, degradadoras e/ou modificadoras do meio ambiente e adota outras providências, e a Resolução SEDEST n.º 11/2021, de 23 de fevereiro de 2021 - Estabelece definições, critérios, diretrizes e procedimentos para licenciamento de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte solar, no âmbito do Estado do Paraná.

O órgão recomenda que o empreendedor interessado em obter o licenciamento, sobretudo os licenciamentos trifásico, solicitem formalmente através do sistema E-protocolo digital um Termo de Referência. Para o atendimento do pedido o órgão demanda o envio de: memorial descritivo da atividade com indicação do responsável pelo relatório, os meios de contato com o requerente (telefone, e-mail e endereço) e os arquivos shapefile e kmz do empreendimento. A análise considera a legislação ambiental pertinente e estudo da área com utilização de geoprocessamento quanto às fragilidades ambientais como: Unidades de Conservação, Áreas Prioritárias, Comunidades e Povos Tradicionais. Após a avaliação o órgão devolve o processo ao requerente via sistema, com as orientações pertinentes.

RESULTADO DA TERCEIRA ETAPA: ANÁLISE DOCUMENTAL E SISTEMATIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES

Foi localizado no site do órgão ambiental do Estado do Paraná, Instituto Água e Terras (IAT), somente um documento, do qual o empreendimento se enquadrava no porte 04 e necessitava do estudo denominado Relatório Ambiental Simplificado (RAS), de uma usina fotovoltaica a ser instalada no estado, no ano de 2017. Realizou-se então o levantamento dos principais impactos, divididos em: Impactos no meio físico, impactos no meio biótico e impactos no meio socioeconômico, descritos nos quadros abaixo:

Quadro 01: Impactos no meio físico

Fases	Principais impactos
Implantação	Modificação da área afetada como o nivelamento das depressões e sua terraplanagem, supressão da cobertura

	vegetal, a alteração do freático pelas extrações de água, além dos riscos de contaminação da água e do solo, que podem ocorrer devido à utilização de equipamentos.
Instalação	Emissões sonoras e alteração da qualidade do ar, decorrentes da emissão de ruídos e poluentes atmosféricos dos equipamentos, além das atividades de carga/descarga de materiais como terra e brita, o que gera suspensão de material particulado.
Operação	Os impactos relacionados qualidade sonora e do ar são considerados desprezíveis

Fonte: Adaptado RAS

Quadro 02 - Meio biótico

Fases	Principais impactos
Implantação	Alteração das comunidades vegetais, modificações na paisagem
Instalação	Afugentamento de fauna por ruído a perda de habitat, aumento da mortalidade da fauna subterrânea
Operação	Alteração da dinâmica dos animais polinizadores e dispersores de sementes e de comunidades vegetais

Fonte: Adaptado RAS

Quadro 03 - Meio Socioeconômico

Fases	Principais impactos
Implantação	Alterações dos Usos do Solo Já Estabelecidos
Instalação	Geração de expectativas, aumento da demanda por equipamentos e serviços urbanos e comunitários

Operação	Modificações do perfil da economia municipal, geração de energia elétrica renovável, desconforto visual causado por alterações da paisagem, incômodos causados alteração do cotidiano, Interferências nas condições de tráfego e aumento do risco de acidentes, aumento do potencial turístico do município
-----------------	--

Fonte: Adaptado RAS

DISCUSSÕES

A energia fotovoltaica provém do efeito fotovoltaico que decorre da excitação dos elétrons na presença de luz solar. Este efeito é obtido pela conversão direta de energia solar em energia elétrica. Dessa forma, a energia fotovoltaica consegue captar diretamente a luz solar e produzir uma corrente elétrica. A produção ao nível industrial da tecnologia fotovoltaica foi somente iniciada em 1956 com a corrida espacial e mais impulsionada em 1973 com a crise do petróleo. Após isso, houve um rápido desenvolvimento da tecnologia (OLIVEIRA, 2017).

Os dados colhidos do documento mostram que no meio físico foram considerados seis impactos, grande parte na fase de implantação do empreendimento, é preciso relacionar diversos fatores, como a erosão e contaminação do solo; ocorrência de poluição dos corpos hídricos; poluição térmica, sonora e luminosa; o surgimento de efeitos de campo eletromagnético e as mudanças no microclima (Vrinceanu et al., 2019). Sendo destacado que a possível poluição de solo e água, que seriam as mais preocupantes a longo prazo, tem possibilidade mínima de acontecer visto as precauções e cuidados que serão tomados por parte dos trabalhadores. Esse tipo de impacto não é comum nesse tipo de instalação, podendo ocorrer pela proximidade considerável de corpos hídricos.

Na fase de instalação os impactos destacados relacionam-se com a qualidade do ar, mas como essa interferência só ocorrerá na fase de instalação, pode ser considerada momentânea. No meio físico, não foram considerados impactos consideráveis na qualidade do ar, bem como poluição sonora.

No meio biótico, foi destacado a possível interferência nas comunidades vegetais e aumento das mortes de fauna subterrâneas, porem esses dois quesitos possuem poucos estudos científicos que comprovem um impacto significativo, concordando com (Lovich e Ennen, 2011; Cameron et al., 2012) que defende serem poucos os estudos que quantificam impactos diretos causados pela geração de eletricidade fotovoltaica na biodiversidade, especialmente em ambientes naturais com baixo nível de antropização. Outro impacto destacado é a alteração da dinâmica dos animais polinizadores e dispersores de sementes e de comunidades vegetais, que pode ser considerado um impacto considerável, necessitando de medidas mitigadoras.

Com relação aos impactos socioeconômicos, alguns deles foram considerados positivos, como a aumento do potencial turístico da região, geração de energia considerada sustentável, bem como a priorização de contratação de mão de obra da região, favorecendo sua economia. A energia solar fotovoltaica fornece amplos benefícios socioeconômicos, como maior independência energética regional ou nacional, maiores oportunidades de trabalho, fornecimento de energia diversificada e segura, menor custo social e promoção da eletrificação rural em países em desenvolvimento (DHAR et al., 2020).

CONCLUSÕES

Os impactos elencados, foram demonstrados de forma criteriosa, detalhando cada um em curto, médio e longo prazo, ainda mencionaram que possui poucas literaturas a respeito do tema e as que existem não fornecem bases conclusivas a respeito de determinadas interferências, como impactos na vegetação em fase de operação.

A mesma situação acontece com relação à fauna existentes próximas a empreendimento fotovoltaicos, não é possível dimensionar os reais impactos visto que a literatura não possui dados suficientes. Outra informação importante é, considerando a natureza do empreendimento, as interferências e possíveis mortalidades de fauna são mínimas.

É válido destacar que o processo de licenciamento ambiental, demanda do empreendedor o acompanhamento, minimização e se couber compensação ambiental se tratando de atividades com grande potencial de impacto. Dessa forma todos os impactos mencionados serão acompanhados e monitorados via programas ambientais propostos pelo responsável do empreendimento ou até mesmo pedido pelo órgão ambiental, caso intendam necessários. Nessa experiência foram propostos grandes programas que englobam educação ambiental, mitigação do risco de acidentes de trânsito, monitoramento da fauna, monitoramento geotécnico. Dessa forma os subprogramas conseguem atingir os objetivos de redução de impactos, e atendem o pressuposto de minimização de efeitos e monitoramento ambiental.

Chama atenção ainda, que no processo de estudos ambientais e necessário considerar todas as peculiaridades da região, pois estas são premissas para os impactos mais propícios a ocorrer, dessa forma é possível o planejamento e intervenção com mais assertividade. Outro, sim, como demonstrado, tanto a iniciativa privada quanto a pública tem investido na energia fotovoltaica, entendendo que é uma das fontes de energia que menos gera impacto ambiental, e se mostra satisfatória economicamente a médio e longo prazo. A energia solar é conhecida como a matriz energética que menos emite gases do efeito estufa durante a sua geração, colaborando para as ações da cidade contra as mudanças climáticas. Além disso, é renovável e não esgota recursos naturais para a sua geração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DHAR, A., Naeth, M. A., Jennings, P. D., El-Din, M. G., 2020. Perspectives on environmental impacts and a land reclamation strategy for solar and wind energy systems. *Science of The Total Environment*, 718, 134602.
2. INSTITUTO ÁGUA E TERRAS - IAT. Estudos ambientais. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Estudos-Ambientais-0>. Acessado em 20 de agosto de 2022.
3. KNIRSCH, T..Caminhos para a Sustentabilidade.Edição especial Rio de Janeiro: Fundação Konrad Adenauer, 2012. 124 p. (Cadernos Adenauer XIII).
4. LOVICH, J. E., Ennen, J. R., 2011. Wildlife conservation and solar energy development in the desert southwest, United States. *BioScience*, 61(12), 982-992
5. OLIVEIRA, ADRIANA DE SOUZA (2017). Avaliação de Impactos Ambientais do Módulo Fotovoltaico: Produção e Uso como Fonte de Energia Elétrica.Dissertação de Mestrado em Ciências Mecânicas, Publicação ENM-DM268/2017.Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Brasília-DF 77p.
6. PREFEITURA DE CURITIBA. PIRÂMIDE SOLAR DO CAXIMBA.Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/especiais/piramide-solar-do-caximba-primeira-da-america-latina-sobre-um-aterro/45>>. Acesso: 30 Mar 2023.
7. SILVA, Rutelly Marques da.EnergiaSolarnoBrasil: dos incentivos aos desafios.2015. Disponível em: <http://www12.senado.gov.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td166>>. Acesso em: 20 Jan. 2022.
8. TIEPOLO, Gerson Máximo et al. Atlas de energia solar do estado do paraná-resultados. *Revista Brasileira de Energia Solar*, v. 9, n. 1, p. 01-10, 2018.
9. TOYAMA, Alain Heizo et al. Estudo de viabilidade econ mica da implantação de Sistemas Fotovoltaicos Conectados   Rede Elétrica de Energia para diferentes regiões no estado do Paraná. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.