

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

BRUNO SIQUEIRA PERES

**ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO EM EDIFÍCIO COM
TRÊS PAVIMENTOS, NA CIDADE DE CAMPO MOURÃO-PR**

CAMPO MOURÃO

2023

BRUNO SIQUEIRA PERES

**ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO EM EDIFÍCIO
COM TRÊS PAVIMENTOS, NA CIDADE DE CAMPO MOURÃO-PR**

**Study on the implementation of a photovoltaic system in a three-story building,
in the city of Campo Mourão, Paraná, Brazil**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Prof.^a Dr.^a Maria Cristina Rodrigues
Halmeman.

Coorientador(a): Prof.^a Dr.^a Paula Cristina de Souza.

CAMPO MOURÃO

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

BRUNO SIQUEIRA PERES

**ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO EM EDIFÍCIO COM
TRÊS PAVIMENTOS, NA CIDADE DE CAMPO MOURÃO-PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 05 de junho de 2023

Maria Cristina Rodrigues Halmeman
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Paula Cristina De Souza
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Radames Juliano Halmeman
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

José Hilário Delconte Ferreira
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CAMPO MOURÃO

2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todas as pessoas que contribuíram para a conclusão deste TCC. Em particular, gostaria de agradecer a Deus, minha mãe, avó, irmãs, namorada, tias, por todo o apoio, amor e incentivo que recebi ao longo do caminho.

Agradeço a Deus por ter me guiado e me abençoado em cada etapa deste processo. Sua sabedoria e amor me deram a força e a determinação necessárias para seguir em frente, e Sua presença constante me deu a confiança e a paz de espírito que precisava.

A minha mãe, minha rocha, minha inspiração, agradeço por todo o apoio, incentivo e por ser meu exemplo de luta e perseverança. Agradeço também às minhas irmãs, que sempre me apoiaram e me incentivaram a buscar meus sonhos. A minha namorada, que esteve ao meu lado em todos os momentos, me dando amor e suporte incondicionais.

À minha avó, que sempre me apoiou e me incentivou a buscar a educação, agradeço pelo amor e carinho que sempre me deu. Às minhas tias de São Paulo e minha bisavó, que sempre me acolheram de braços abertos e me ajudaram em todas as minhas necessidades, agradeço por todo o suporte e incentivo que me deram.

Agradeço à minha orientadora, que me guiou e apoiou durante todo o processo de pesquisa e redação. Sua orientação sábia e seus conselhos valiosos foram fundamentais para que eu pudesse alcançar os objetivos que tracei e por fim, agradeço à instituição em que estudei, que me proporcionou todas as ferramentas e recursos necessários para que eu pudesse concluir este trabalho com sucesso.

Todos vocês foram uma grande parte do meu sucesso e me ajudaram a superar todos os desafios que surgiram ao longo do caminho. Que Deus continue abençoando cada um de vocês e que nossos laços de amor e amizade continuem a crescer.

RESUMO

Em virtude da localização majoritariamente intertropical do país e seu alto índice de radiação solar, o Brasil possui relevante potencial para a geração de energia renováveis, onde ganha-se destaque a energia elétrica fotovoltaica. O mercado está cada vez mais estimulado devido as novas Resoluções Normativas e leis de incentivos. O investimento em um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica emerge como uma opção altamente viável, destacando-se também sobre uma ótica sustentável, pois se trata de uma alternativa eficiente, limpa e inesgotável para a geração de energia, onde há a redução da emissão de gases do efeito estufa. A geração distribuída em Empreendimento com Múltiplas Unidades Consumidoras é uma solução aderida por muitos prédios comerciais e condomínios. Desta forma, neste trabalho foi realizado um estudo de implantação de sistema fotovoltaico em edifício com três pavimentos, na cidade de Campo Mourão-PR, no qual foi analisado a viabilidade técnica e econômica da melhor proposta orçamentaria adquirida, por meio das fórmulas de engenharia econômicas (VPL, TIR, *payback* detalhado e ROI). Os resultados indicaram uma TIR de 19%, o que está acima da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) adotada, o VPL no final do período de 10 anos apresentou um valor de R\$ 28.188,89, o ROI de 18,84% e um retorno do investimento em torno de 3,6 anos, concluindo, portanto, uma satisfação na viabilidade econômica ao instalar o sistema fotovoltaico no edifício em estudo.

Palavras-chave: potencial de irradiação solar; benefícios ambientais; regulamentação da energia fotovoltaica; viabilidade econômica.

ABSTRACT

Due to its intertropical majority location and high solar radiation index, Brazil has significant potential for renewable energy generation, with photovoltaic electricity standing out. The market is increasingly stimulated due to new Normative Resolutions and incentive laws. Investing in a grid-connected photovoltaic system emerges as a highly viable option, also highlighting its sustainability aspect, as it is an efficient, clean, and inexhaustible alternative for energy generation, leading to a reduction in greenhouse gas emissions. Distributed generation in buildings with multiple consumer units is a solution adopted by many commercial buildings and condominiums. Thus, this study conducted an investigation on the implementation of a photovoltaic system in a three-story building in the city of Campo Mourão, Paraná, Brazil. The technical and economic feasibility of the best budget proposal was analyzed using economic engineering formulas (VPL, TIR, detailed *payback*, and ROI). The results indicated an TIR of 19%, which is above the adopted Minimum Attractive Rate (TMA), a VPL of R\$ 28,188.89 at the end of the 10-year period, an ROI of 18.84%, and an investment *payback* of approximately 3.6 years, thus demonstrating the satisfaction with the economic viability of installing the photovoltaic system in the building under study.

Keywords: solar irradiation potential; environmental benefits; regulations of energy photovoltaic; economic feasibility.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Formas de dispersão de energia solar | 19 |
| Figura 2 - Mapa de irradiação horizontal global do Brasil | 20 |
| Figura 3 - Esquema básico de um sistema de geração OFF-GRID..... | 22 |
| Figura 4 - Esquema básico de um sistema de geração ON-GRID | 23 |
| Figura 5 - Esquema básico de um sistema de geração híbrida | 24 |
| Figura 6 - Evolução de Geração Distribuída de 2012 a 2022 | 25 |
| Figura 7 - Fluxograma de escolha de modelo de geração para o projeto | 29 |
| Figura 8 - Gráfico de evolução do pagamento gradativo da TUSD Fio B | 31 |
| Figura 9 - Condomínio Spazio Parthenon | 34 |
| Figura 10 - Schlierberg conhecido como “Bairro Solar” | 35 |
| Figura 11 - Localização do município de Campo Mourão - Pr | 37 |
| Figura 12 - Fluxograma da metodologia a ser aplicada | 39 |
| Figura 13 - Simulação do sistema fotovoltaico no edifício | 48 |
| Figura 14 - Planta baixa do apartamento..... | 59 |
| | |
| Fotografia 1 - Vista do Edifício Terramaris..... | 38 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - Descrições de modalidades de geração de energia | 27 |
| Quadro 2 - Itens de consumo do apartamento por ambiente | 40 |
| Quadro 3 - Critérios para a análise das três propostas | 41 |
| Quadro 4 - Informações sobre tarifas para cálculo do <i>payback</i> descontado | 44 |
| Quadro 5 - Equipamentos e serviços apresentados no orçamento para a empresa A, B e C..... | 44 |
| Quadro 6 - Análise do resultado das propostas, conforme critérios avaliados | 46 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Médias do total diário da irradiação global horizontal para a cidade de Campo Mourão - PR..... | 21 |
| Tabela 2 - Cálculo do <i>Payback</i> descontado do orçamento para a empresa A, B e C | 45 |
| Tabela 3 - Resultado do VPL Total em 10 anos da Empresa B | 47 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-------------------|---|
| ABSOLAR | Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica |
| ANEEL | Agência Nacional de Energia Elétrica |
| Art. | Artigo |
| CCEE | Câmara de Comercialização de Energia Elétrica |
| CRESESB | Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio Brito |
| CDD | Custo de Disponibilidade |
| GD | Geração Distribuída |
| GEE | Gases de Efeito Estufa |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IEA | Agência Internacional de Energia |
| IRENA | Agência Internacional para as Energias Renováveis |
| Km | Quilômetro |
| Km ² | Quilômetro quadrado |
| kWh | Quilowatts-hora |
| M | Metro |
| M ² | Metro quadrado |
| MW | Megawatt |
| PRODIST | Procedimento de distribuição |
| REN | Resolução Normativa |
| TIR | Taxa Interna de Retorno |
| TW | Terawatt |
| TWh | Terawatt hora |
| VPL | Valor Presente Líquido |
| Wh/m ² | Watt por hora por metro quadrado |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|-----------------|-----------------------------------|
| Al | Alumínio |
| CO ₂ | Dióxido de carbono, gás carbônico |
| N° | Número |
| R\$ | Reais |
| Si | Silício |

SUMÁRIO

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 | OBJETIVOS | 15 |
| 2.1 | Objetivo geral | 15 |
| 2.2 | Objetivos específicos | 15 |
| 3 | JUSTIFICATIVA | 16 |
| 4 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 18 |
| 4.1 | Sistema fotovoltaico | 18 |
| 4.1.1 | Sistemas autônomos ou isolados (OFF-GRID)..... | 21 |
| 4.1.2 | Sistemas ligados à rede (ON-GRID)..... | 22 |
| 4.1.3 | Sistemas híbridos | 23 |
| 4.2 | Geração de energia | 24 |
| 4.2.1 | Geração distribuída (GD) | 24 |
| 4.2.2 | Resolução normativa | 26 |
| 4.2.3 | Microgeração e Minigeração | 26 |
| 4.2.4 | Modelos de geração solar fotovoltaica | 27 |
| 4.2.5 | Sistema de compensação | 30 |
| 4.3 | Redução dos custos com energia elétrica e relação com sustentabilidade | 32 |
| 4.4 | Exemplo geração compartilhada Brasil | 34 |
| 4.5 | Exemplo geração compartilhada na Alemanha | 35 |
| 5 | METODOLOGIA | 37 |
| 5.1 | Material | 37 |
| 5.2 | Métodos | 38 |
| 6 | RESULTADO E DISCUSSÕES | 44 |
| 6.1 | Análise das propostas | 44 |
| 6.2 | Benefícios ambientais | 49 |
| 7 | CONCLUSÃO | 50 |
| | REFERÊNCIAS | 51 |
| | ANEXO A - PLANTA BAIXA DO APARTAMENTO | 58 |

1 INTRODUÇÃO

A história da humanidade e da energia estão interligadas, influenciando diretamente uma na outra, sendo a energia um dos pilares da sociedade moderna. Com o decorrer do tempo, o modo como os seres humanos utilizam a energia e conforme seus meios de exploração foram se alterando, o modo de como vivemos foi influenciando profundamente. No passado, por muito tempo o uso da energia ficou limitada a energia obtida de alimentos, queima de combustíveis, até o advento das máquinas à vapor que resultou no ápice das mudanças causadas na sociedade. Atualmente marcado pelo crescente uso da energia, ela não é utilizada para situações isoladas e sim para quase tudo, inclusive transporte e comunicação. (CANGUSSÚ; COSTA, 2020).

A demanda de energia encontra-se em ascensão. Segundo o Plano Decenal de Expansão de Energia 2013, o consumo de energia per capita apresenta uma crescente média de 1,9% ao ano no país no período de 2021-2031 (BRASIL, 2022b). Aliado a isso as emissões globais de dióxido de carbono (CO₂) para produção de energia alcança níveis mais altos da história, essa piora dependeu fortemente da mudança de gás para o carvão (GALILEU, 2022). Com isso os impactos ambientais provocados por todas as gerações de energias não limpas merecem atenção, e então por que não incentivar ainda mais as renováveis?

O Brasil apresenta um grande potencial de geração fotovoltaica de energia elétrica por possuir a maior parte da sua área territorial situada na região intertropical, sendo os índices de radiação solar os mais altos. A energia solar sendo limpa e renovável não consome nenhum de nossos preciosos recursos energéticos, não faz qualquer contribuição para o ar, água ou poluição sonora, não apresenta perigo para a saúde e não gera resíduos nocivos ao meio ambiente, portanto a energia solar fotovoltaica continua a ser a força motriz responsável do crescimento da eletricidade renovável (IEA, 2021a).

Esse trabalho foi desenvolvido por meio de um levantamento de dados do Edifício Residencial Terramaris localizado na cidade de Campo Mourão - PR, com o objetivo de viabilizar a inclusão de um sistema fotovoltaico para suprir as necessidades dos moradores e da área comum.

Por fim, o objetivo de propor um sistema fotovoltaico de geração de energia compartilhada para um edifício residencial vertical de 3 pavimentos contribui para a

economia ao Edifício Residencial Terramaris, utiliza recursos renováveis para o meio ambiente, garantindo um futuro promissor além de repassar para a sociedade a importância dessa fonte de energia renovável, uma vez que o edifício apresenta diferentes moradores que poderão disseminar esses conhecimentos adiante.

2 OBJETIVOS

Nesta seção serão apresentados os objetivos, geral e específico do trabalho de maneira a orientar o desenvolvimento, expressando o problema a ser solucionado.

2.1 Objetivo geral

Propor um sistema fotovoltaico de geração de energia compartilhada para um edifício residencial vertical de 3 pavimentos.

2.2 Objetivos específicos

- Estruturar três propostas de orçamentos que atendam a demanda dos moradores;
- Verificar a viabilidade técnica e econômica de instalação do sistema fotovoltaico na área do condomínio ou considerando o aluguel de terras;
- Verificar o quantitativo de CO₂ que o condomínio compensará se utilizar o sistema fotovoltaico;

3 JUSTIFICATIVA

No contexto da matriz energética mundial, tem se verificado cada vez mais na ampliação da participação das fontes renováveis na produção de energia. Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA, 2019), a geração de energia elétrica mundial corresponde a 25.721,0 TWh (terawatt hora) e prevalece o uso de fontes não renováveis, sendo o carvão mineral a principal fonte energética utilizada, 38% do total gerado. A participação das fontes renováveis representa apenas 25% da matriz elétrica global, sendo as hidrelétricas a principal fonte geradora.

De acordo com a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE, 2022), o Brasil teve um consumo médio de 64.736 MW em 2021, volume 4,1% maior em relação ao ano anterior. o resultado é um reflexo da recuperação da economia brasileira, fortemente afetada pela pandemia de COVID-19 em 2020, sobretudo ao longo do primeiro semestre.

A energia elétrica é uma das fontes de energia que a humanidade mais utiliza na atualidade, exercendo assim um papel fundamental para o desenvolvimento econômico de um país (FINKLER et al., 2016). Baseado a isso encontra-se uma relação quase que linear entre crescimento econômico e aumento de consumo de energia elétrica de um país junto a degradação do meio ambiente.

No presente cenário, o país enfrenta a pior crise hídrica das últimas décadas e, diante da falta de chuvas, diversos reservatórios de hidrelétricas estão próximos do nível mínimo para a geração elétrica. Com essa situação Vilela (2021) discorre sobre a criação de uma nova bandeira tarifária criada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), chamada escassez hídrica, no qual será cobrado um valor extra de R\$14,20 pelo consumo a cada 100 kWh (quilowatts-hora), acelerando assim, a busca por fontes alternativas para a matriz elétrica do país.

Uma vez pautada, a sustentabilidade que a energia solar proporciona, (permitindo a produção de energia elétrica através de um recurso renovável, não emitindo gases poluentes prejudiciais à saúde e ao meio ambiente) bem como a redução do custo das tecnologias dos painéis solares, o uso desta fonte de energia cresce exponencialmente no Brasil com o passar dos meses, assumindo segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), com base em dados da Agência Internacional para as Energias Renováveis (IRENA) e da ANEEL, a quarta posição no ranking mundial de crescimento de energia solar (ABSOLAR, 2022).

Segundo Santana (2019) a Resolução Normativa 687/2015 introduziu muitas melhorias em relação à antiga REN 482/2012, ampliando ainda mais as oportunidades para o mercado de energia fotovoltaica no Brasil, dentre elas a possibilidade de instalação de geração distribuída em condomínios (empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras), onde a energia gerada pode ser repartida entre os condôminos em porcentagens definidas pelos próprios consumidores.

Desta forma, pretende-se, neste trabalho, desenvolver propor um sistema fotovoltaico de geração de energia compartilhada para um edifício residencial vertical de 3 pavimentos e que tenha o interesse comum de reduzir a tarifa energética através dessas medidas sustentáveis.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste tópico será abordado a revisão da literatura sobre o sistema fotovoltaico, geração de energia e redução dos custos com energia elétrica e relação com a sustentabilidade.

4.1 Sistema fotovoltaico

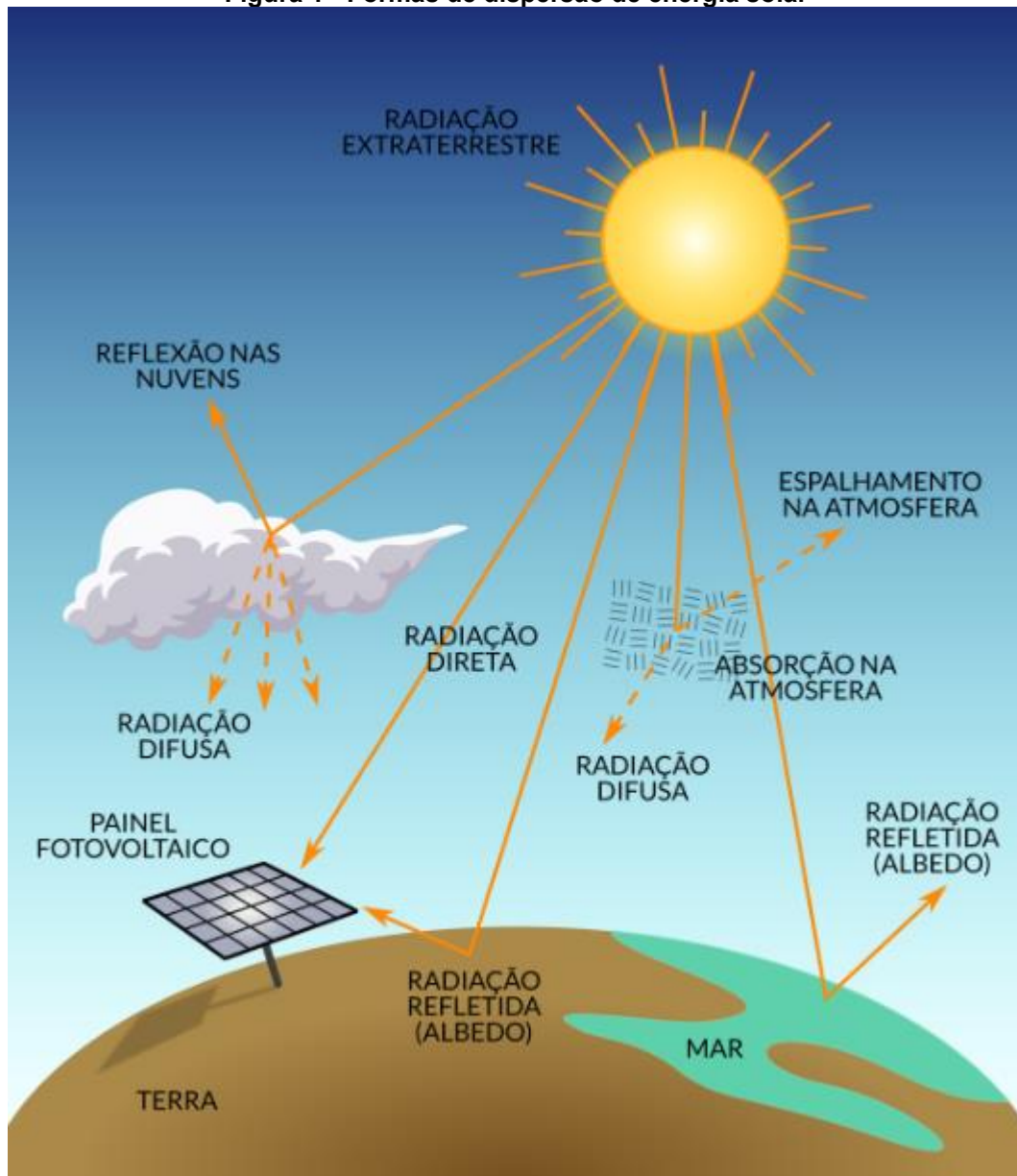
O Sol é a principal fonte de energia para a Terra é um recurso importante para o desenvolvimento da humanidade, em função principalmente do aumento do setor industrial e da alta demanda global. Segundo Pinho e Galdino (2014) embora abundante na Terra, a energia solar para a produção de energia elétrica ainda é pouco utilizada, fator que vem sendo modificado em países desenvolvidos devido aos grandes incentivos concedidos.

Os autores ainda citam que a energia solar fotovoltaica é produzida por meio da conversão direta da radiação e calor do sol em eletricidade. A radiação solar ou irradiância é de suma importância para processos químicos, físicos e biológicos na Terra GÓMEZ *et al.* (2018). De acordo com Marques *et al.* (2020), para a caracterização de sistemas solares e seus componentes é de suma importância a medição das diferentes componentes da radiação solar pois estas desempenham um papel fundamental nesse processo.

Para Souza *et al.* (2018) as componentes da radiação apresentadas na Figura 1 são descritas da seguinte maneira:

1. Irradiância extraterrestre é definida como a quantidade de radiação solar que alcança o topo da atmosfera terrestre.
2. Irradiação direta é a radiação solar que chega diretamente à superfície sem sofrer qualquer desvio ou absorção.
3. Irradiação difusa é a radiação solar que é espalhada e dispersa pela atmosfera antes de atingir a superfície.
4. Irradiação refletida, também conhecida como albedo, é a radiação solar que é refletida pelo ambiente circundante, incluindo solo, vegetação, obstáculos, e terrenos rochosos.
5. Irradiação global é a soma das irradiações direta, difusa e de albedo.

Figura 1 - Formas de dispersão de energia solar

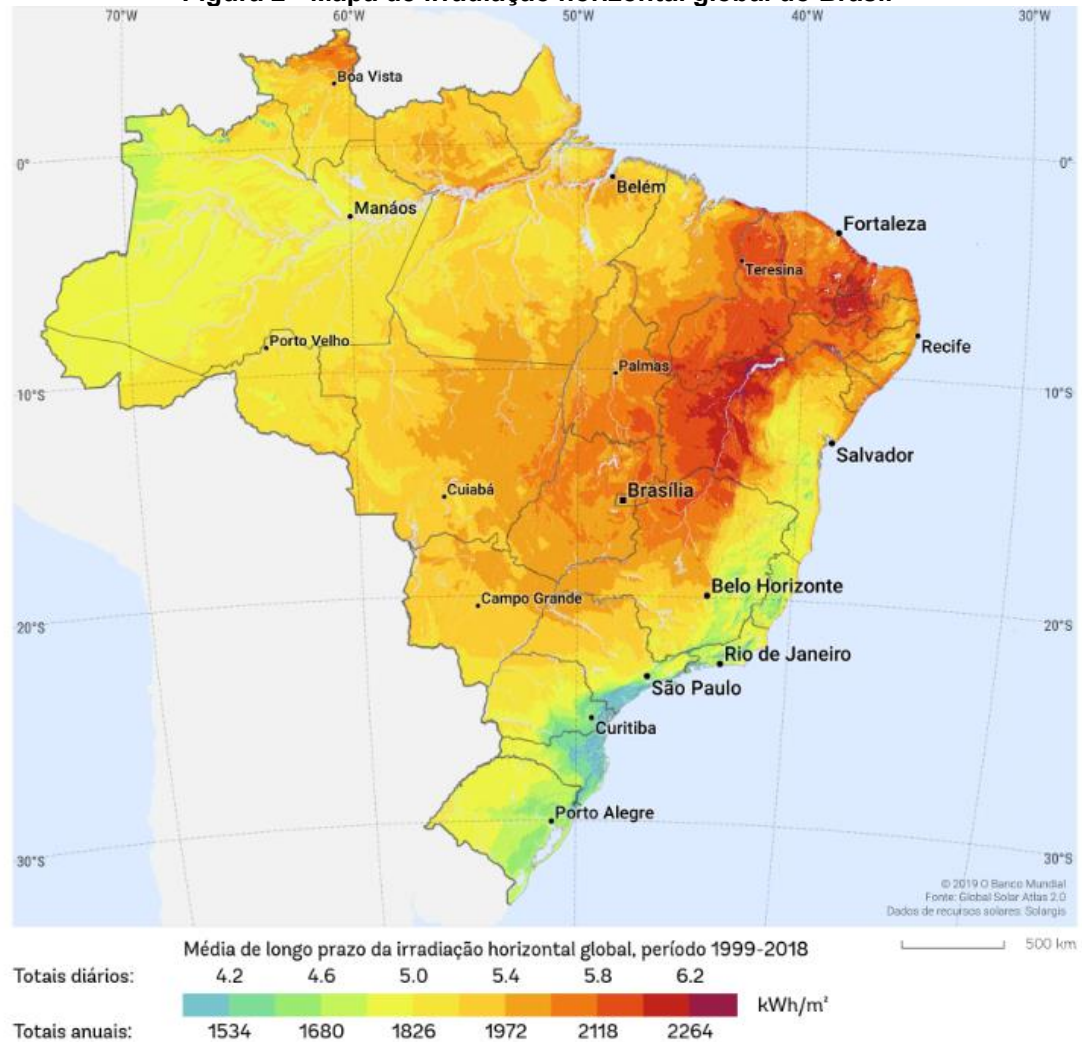


Fonte: Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná (2017)

Os autores concluem que a energia proveniente do Sol, também conhecida como radiação solar, é transmitida em todas as direções pelo espaço por meio de ondas eletromagnéticas. Essa energia é emitida pela superfície do Sol e desempenha um papel fundamental na determinação da dinâmica dos processos atmosféricos e climáticos. A intensidade da radiação solar é comumente medida em Watt por hora por metro quadrado (Wh/m^2).

De acordo com a Figura 2, verifica-se o mapa de irradiação horizontal global do território brasileiro, apresentado como a taxa de energia total por unidade de área incidente em uma superfície horizontal.

Figura 2 - Mapa de irradiação horizontal global do Brasil



O Brasil apresenta um grande potencial de geração fotovoltaica de energia elétrica, especialmente na região nordeste, em que há os maiores valores de irradiação solar global (relação entre maior média e menor variabilidade) por possuírem maior incidência de raios solares ao ano. De acordo com Lima e Nunes (2022) no local menos ensolarado do Brasil, é capaz de gerar mais eletricidade do que no local mais ensolarado da Alemanha, que é um dos líderes no uso desta energia.

Campo Mourão fica situado na região sul do Brasil, localizado no estado do Paraná, seu clima é classificado como subtropical úmido mesotérmico, sendo de acordo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a irradiação em Wh/m². dia conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Médias do total diário da irradiação global horizontal para a cidade de Campo Mourão - PR

| Lon | Lat | Anual | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|---------|----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| -52,349 | -24,0005 | 4876 | 6085 | 5729 | 5257 | 4539 | 3584 | 3164 | 3395 | 4332 | 4565 | 5279 | 6106 | 6473 |

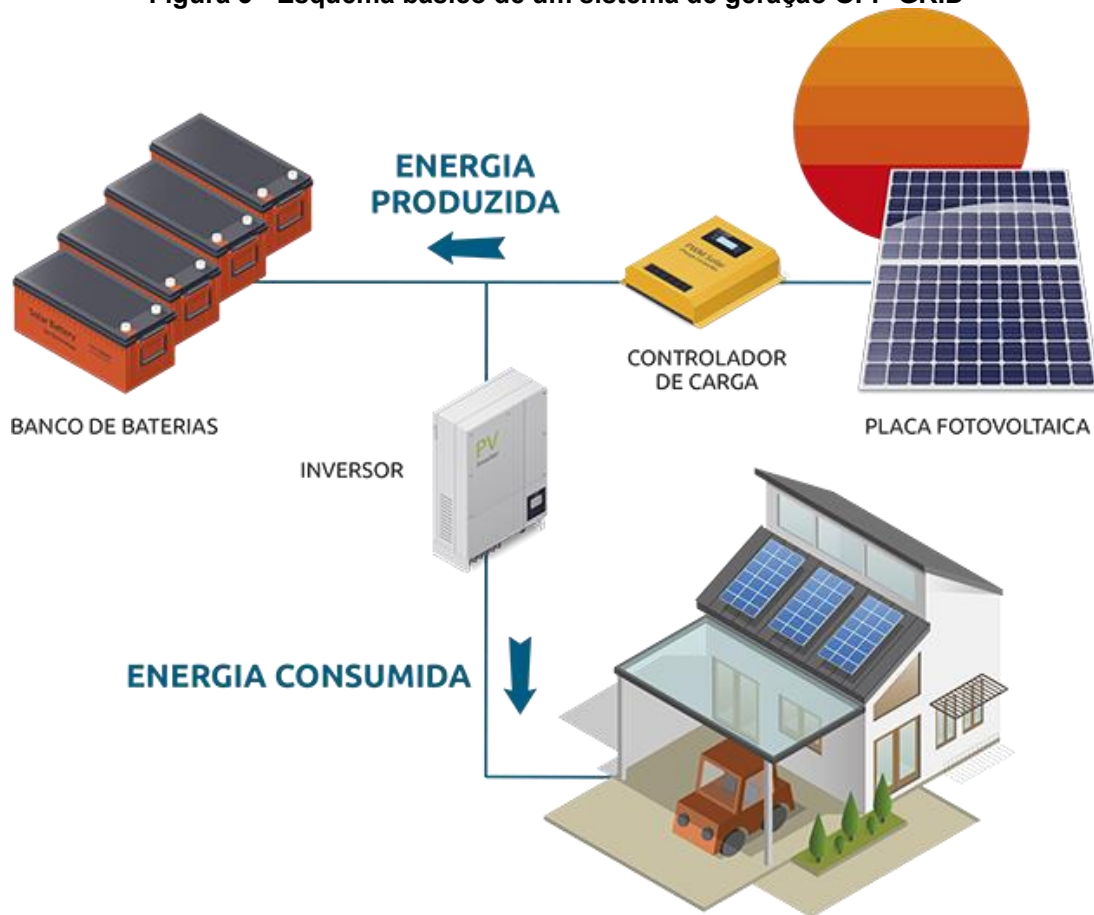
Fonte: Adaptado do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2023)

O município apresenta uma média durante o ano de 4,876 kWh/m² por dia, o que torna a região com alto potencial energético de geração fotovoltaica de energia.

4.1.1 Sistemas autônomos ou isolados (OFF-GRID)

São independentes da rede elétrica convencional para seu funcionamento, por tanto são geralmente utilizados em áreas remotas ou isoladas ou qualquer outra localização carente de rede de distribuição elétrica, podendo ser úteis na substituição geradores movidos a diesel, com vantagens na redução de poluição e ruídos (LIMA JUNIOR, 2019).

Figura 3 - Esquema básico de um sistema de geração OFF-GRID



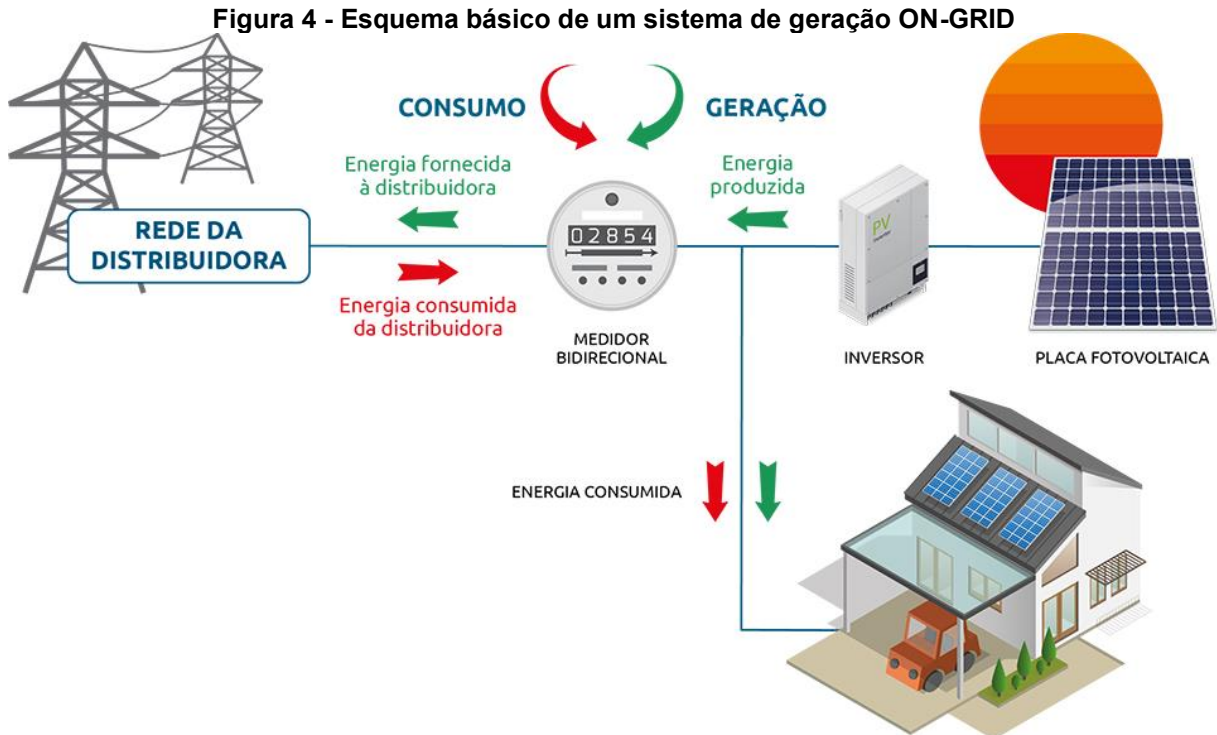
Fonte: BMC Energia (2023)

Existem dois tipos de autônomos: com armazenamento e sem armazenamento. Ainda para o autor, o primeiro pode ser aplicado na iluminação pública, sinalização de estradas, fornecer eletricidade para veículos terrestres e náuticos, dentre outras aplicações, porém necessita de um imenso banco de baterias estacionárias conforme a Figura 3, o que elevará o custo da instalação e manutenção das mesmas. Para o autor, o segundo apresenta maior viabilidade econômica, uma vez que não necessita de instrumentos para o armazenamento de energia, sendo utilizado frequentemente em bombeamento de água.

4.1.2 Sistemas ligados à rede (ON-GRID)

Ao contrário dos Off-Grid, o sistema está conectado diretamente à rede da distribuidora de energia, o sistema fotovoltaico opera com a rede convencional, formando uma cogeração de energia particular com a concessionária. Uma instalação solar fotovoltaica On-grid é composta pelos painéis solares e seus elementos de

fixação, inversor, medidor eletrônico bidirecional, fusíveis e disjuntores, além de proteções contra sobretensões e aterramento, ver Figura 4 (SOLAR, 2022).



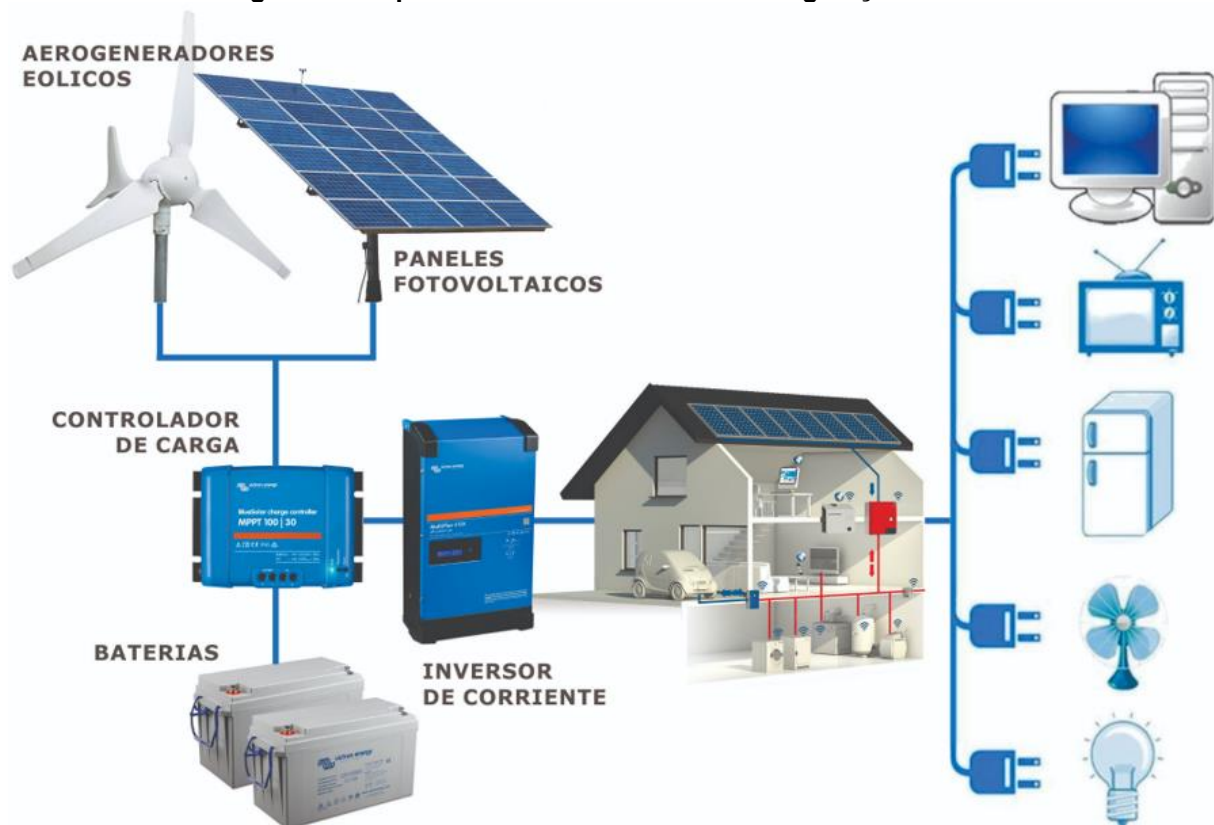
Fonte: Inovacare Solar (2021)

Essa conversão se dá pela utilização do inversor, que opera a interface entre o painel e a rede elétrica. Neste modelo a geração se dá no local de consumo, e de modo que quando os geradores não conseguem gerar energia suficiente, a rede supre a demanda, e caso ocorra o contrário, o excesso de energia gerada é injetado na rede, complementa o autor.

4.1.3 Sistemas híbridos

O sistema híbrido baseia-se na combinação de sistemas fotovoltaicos com demais fontes de energia. Seu principal ideal é garantir eletricidade de outras fontes como a eólica juntamente com a capacidade do banco de baterias observado na Figura 5, na privação de sol ou vento, ou seja, em dias com pouca insolação e durante a noite (GARCIA, 2018).

Figura 5 - Esquema básico de um sistema de geração híbrida



Fonte: Green Energy (2023)

Muitas vezes são adicionados a sistemas de geração à diesel pré-existentes. O autor ainda complementa que este sistema é complexo, necessitando de um controle para otimização do uso de todas as fontes de energia a fim de garantir ainda máxima eficiência para a entrega desta energia para o usuário.

4.2 Geração de energia

Nesta seção serão apresentados os modelos de geração de energia conforme descritas pelas resoluções e leis.

4.2.1 Geração distribuída (GD)

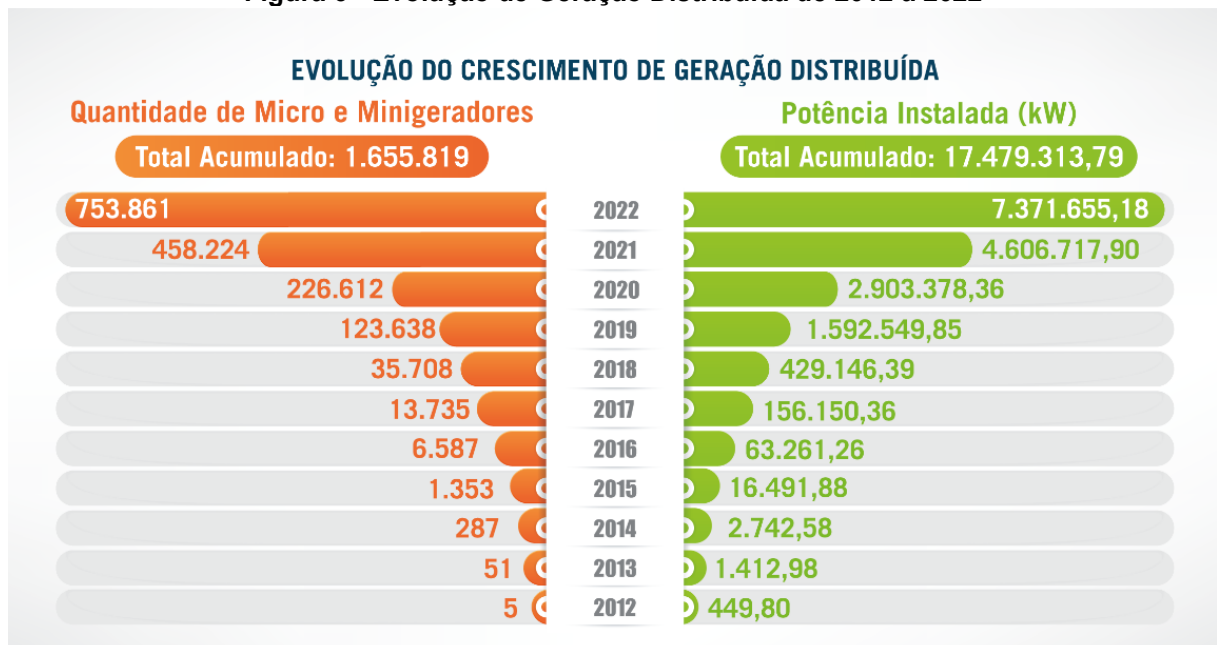
O Brasil, por apresentar grande diversidade de recursos e devido à sua extensão territorial, apresenta diversas oportunidades na diversificação de sua matriz energética. De acordo Moreira (2021) o país apresenta dificuldades de trazer energia de longas distâncias, o que foi simplificado a com geração distribuída (GD), onde essa expressão é utilizada para designar a geração realizada próxima à unidade

consumidora final, cuja instalação objetiva seu atendimento prioritário, podendo ou não gerar excedentes energéticos, independentemente de seu tamanho, potência, tecnologia e fonte de energia,

Com a GD, torna-se possível obter maior eficiência energética, pois ao contrário das grandes centrais que na maioria das vezes localizadas distantes de onde a energia elétrica será consumida, demandando longas linhas de transmissão e distribuição, essa geração economiza nos investimentos de transmissão além de redução de perdas, resultando em uma melhor estabilidade do serviço de energia elétrica. (MOREIRA, 2021).

De acordo com Cruz (2015), a geração distribuída pode ser classificada em grande, médio ou pequeno porte conforme a potência do sistema. Geralmente essa geração de menor porte representa mais à realidade de residência e do setor comercial, já as unidades de grande porte são associadas à lógica industrial.

Figura 6 - Evolução de Geração Distribuída de 2012 a 2022



Fonte: Ministério de Minas e Energia (2023)

Conforme a Figura 6, Energia (2023b) apresenta como perceptível a evolução do crescimento de geração distribuída principalmente após a publicação da Lei 14.300, em janeiro de 2022, um aumento de quase 47% em relação ao número de conexões e 44% da potência instalada.

4.2.2 Resolução normativa

No Brasil, a geração distribuída é regulada pela resolução normativa n° 482, editada em 17 de abril de 2012, aprovada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), representando sua conclusão para regulamentar o acesso de pequenas centrais geradoras aos sistemas de distribuição. A resolução tem por objetivo:

Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências (ANEEL, 2012, p.1)

Os sistemas fotovoltaicos enquadrados além de serem regulamentados por essa resolução normativa, devem atender aos procedimentos de distribuição (PRODIST) e às normas de acesso das distribuidoras locais. (PINHO; GALDINO, 2014).

4.2.3 Microgeração e Minigeração

A REN 482/2012 sofreu diversas alterações, por meio da resolução normativa n°687, de 24 de novembro de 2015 da ANEEL, introduzindo diversas melhorias tornando-a mais atrativa, ampliando ainda mais as oportunidades para o mercado de energia fotovoltaica do país.

De acordo com a REN 687/2015 tem-se microgeração distribuída:

central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;(ANEEL, 2015a, p.1).

Com a entrada em vigor da nova resolução, o processo burocrático para a inserção das centrais geradoras junto às concessionárias de energia elétrica foi reduzido, fazendo com que a mão de obra capacitada também fosse beneficiada com o surgimento de novos postos de trabalho (SANTANA, 2022). Destaca-se com essa atualização também o aumento do prazo para uso dos créditos energéticos, de 36 para 60 meses.

Ainda a resolução normativa n° 687, define minigeração como:

central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as



demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;(ANEEL, 2015a, p.1).

Foca-se também na criação de “melhoria e reforço” presente na atual resolução, caracterizados pela instalação, substituição ou reforma do sistema gerador, com objetivo de manter a qualidade do serviço prestado e ao aumento da confiabilidade e capacidade da geração distribuída.

4.2.4 Modelos de geração solar fotovoltaica

A Lei nº 14.300/2022 estabelece normas mais específicas para o mercado de geração distribuída (“GD”), que atualmente é regulado pela Resolução Normativa nº 482/2012 (“REN 482”) da Agência Nacional de Energia Elétrica (“ANEEL”). De acordo com a lei tem-se as seguintes definições exemplificada pelo Quadro 1:

Quadro 1 - Descrições de modalidades de geração de energia

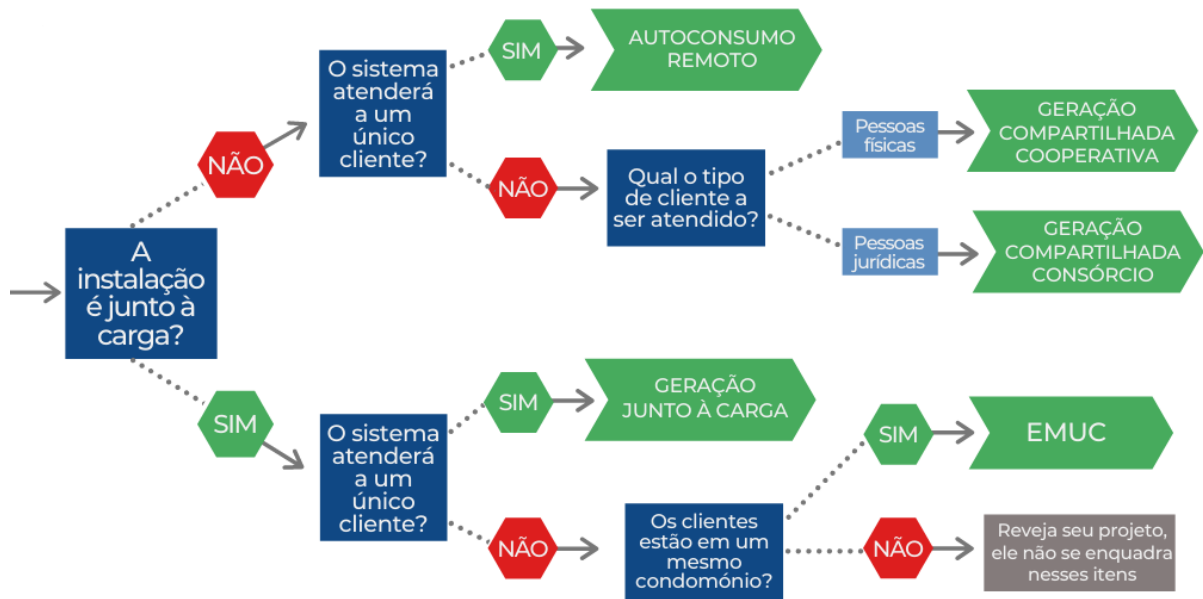
| Descrição | Exemplo | Referências |
|--|--|---|
| <p>Geração junto à carga:</p> <p>Modalidade em que unidades consumidoras pertencentes a uma mesma pessoa jurídica ou física, com microgeração ou minigeração distribuída, são atendidas por uma única distribuidora.</p> |  | <p>Fonte: Brasil (2022)</p> <p>Fonte: Picos, (2020)</p> |
| <p>O autoconsumo remoto:</p> <p>Modalidade na qual uma pessoa ou empresa possui várias unidades consumidoras de energia elétrica que são atendidas pela mesma distribuidora.</p> |  | <p>Fonte: Brasil (2022)</p> <p>Fonte: Ayres (2023)</p> |

| | | |
|---|--|--|
| <p>Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras – EMUC</p> <p>É um sistema que permite que condomínios horizontais e verticais, sendo eles residenciais e/ou comerciais instalem um sistema de micro ou minigeração distribuída de energia e compartilhem a energia gerada pelo sistema entre as unidades consumidoras.</p> |  | <p>Fonte: Brasil (2022)</p> <p>Fonte: Farol (2021)</p> |
| <p>Geração Compartilhada:</p> <p>Modalidade onde vários consumidores reunidos em cooperativa ou consórcio para utilizar os créditos de energia gerados pela usina</p> |  | <p>Fonte: Brasil (2022)</p> <p>Fonte: Lqi (2023)</p> |

Fonte: Autoria Própria (2023)

O fluxograma é de suma importância em um processo ou sistema específico. Com objetivo de ajudar a identificar etapas e otimizar a produção, o diagrama que é representado visualmente a seguir prepara o leitor para uma análise mais detalhada das modalidades de energia que foram descritas e que facilitará descobrir em qual modelo o consumidor se enquadra conforme Figura 7. (ECO, 2023)

Figura 7 - Fluxograma de escolha de modelo de geração para o projeto



Fonte: Ecoa Energias Renováveis (2023)

Contudo, geração junto à carga, segundo a Lei 14.300 é uma forma de geração de energia elétrica em que a microgeração ou minigeração distribuída ocorre na proximidade da unidade consumidora. Nessa modalidade, a unidade consumidora é de propriedade de um consumidor-gerador, que pode ser tanto uma pessoa física quanto uma jurídica, e participa do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE). O excedente de energia gerado pela unidade consumidora é compensado ou creditado diretamente por ela mesma.

Com a criação da REN 687/2015, foi possível a utilização do autoconsumo remoto, uma das modalidades da geração compartilhada, permitindo o compartilhamento dos créditos de energia, pelo modo de compensação, entre dois imóveis distinto, com a condição de que os locais estejam dentro da mesma área de concessão da mesma distribuidora e estejam em sua titularidade. Com esse modelo, facilita a geração de energia solar em um outro terreno, podendo instalar um sistema de energia solar maior e mais potente, suprimindo lugares onde não há a possibilidade de instalação como edifícios em centros urbanos, por exemplo (NETTO; URBANETZ JUNIOR, 2022).

Os autores completam que mesmo sem ter consumo de eletricidade, tem que ser pago uma tarifa mínima a depender do sistema de sua residência nomeado Custo de Disponibilidade (CDD), sendo para unidade com ligação monofásico, o equivalente

a 30 kWh, sistema bifásico a 50 kWh e em sistemas trifásicos o custo equivalente é de 100 kWh, com a nova resolução ficou mais claro a relação entre CDD e compensação de energia, uma vez que na fatura, o CDD é multiplicado com a tarifa do consumo.

Caracteriza-se geração compartilhada, a reunião de consumidores, na mesma área de concessão ou permissão, composta por pessoas física ou jurídica, detentora de unidade consumidora com micro ou minigeração distribuída em locais distintos das unidades consumidoras e que a energia excedida será compensada, ou seja, podendo ser de titularidades distintas. (ANEEL, 2015a).

Segundo ECOA (2020), Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras – EMUC, possibilita que condomínios horizontais e verticais, sejam eles residenciais ou comerciais, instalem sistemas de micro ou minigeração distribuída de energia elétrica e compartilhem a energia gerada entre as unidades consumidoras. No entanto, é necessário que as unidades consumidoras estejam localizadas em propriedades contíguas ou em uma mesma propriedade.

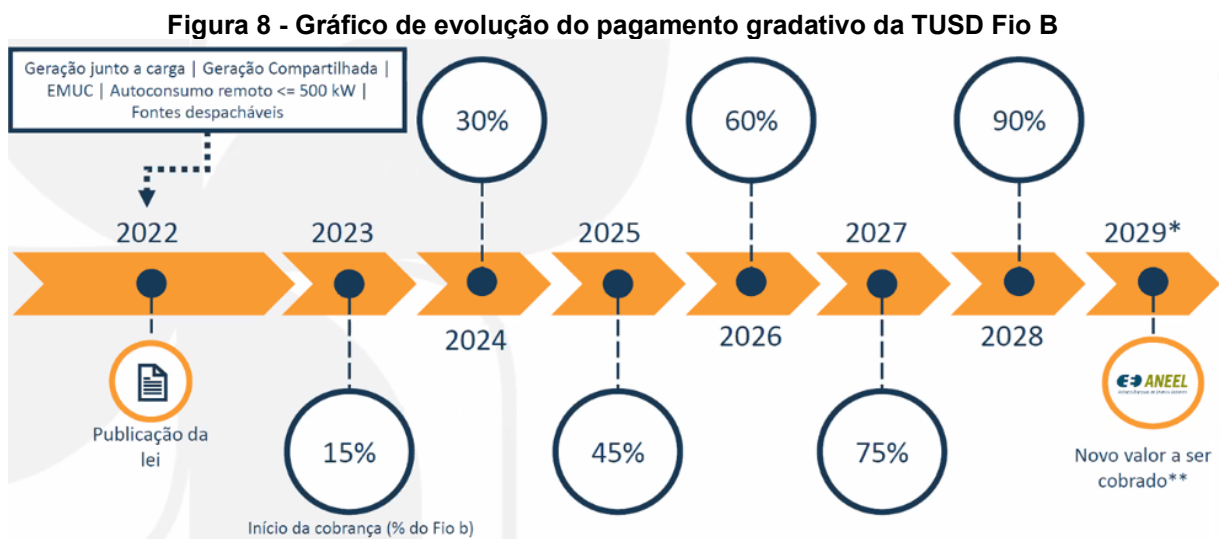
Conforme o Art. 19. Capítulo VII da REN 676, de 25 de agosto de 2015, a implantação das centrais geradoras com potência igual ou inferior a 5.000kW deverá ser comunicada à ANEEL. “O interessado deverá cadastrar informações sobre seu empreendimento, conforme determinações disponíveis no sítio oficial da agência na internet”. (ANEEL, 2015b). Ainda é importante ressaltar que o registro não dispensa o empreendedor do cumprimento das obrigações ambientais e exigências estabelecidas requeridas pelos órgãos públicos federais, estaduais ou municipais. Já o Art. 20. Assegura às centrais geradoras fotovoltaicas, com capacidade instalada reduzida e registrada (acima de 5000 kW), a comercialização de energia e o livre acesso às instalações de distribuição e de transmissão.

4.2.5 Sistema de compensação

Sistema no qual a energia injetada no sistema de distribuição por unidade consumidora com micro ou minigeração distribuída é cedida à título de empréstimo à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa. Esse crédito em quantidade de energia a ser consumida, poderá ser utilizado em até 60 meses ou ser distribuído entre as suas unidades consumidoras, sendo restrito à sua venda. (NETO; CATARINA; GEREMIAS, 2016)

Conforme discorre Hisatomi (2023), a criação da lei 14300 introduziu algumas mudanças no sistema de compensação de energia elétrica oriunda da Resolução nº 482. Essas alterações serão validadas para usuários que optaram por utilizar a energia solar após início de 2023, uma delas é que os créditos que anteriormente não eram cobrados, passaram a ser taxados devido às despesas em relação à infraestrutura e investimentos públicos, como exemplo a tarifa do Fio B. A autora ainda cita que consumidores que já utilizavam a energia solar anteriormente a esta data, estão previstas as cobranças a partir de 2045

O Art. 27 desta lei descreve sobre como será o faturamento de energia das unidades que participam do SCEE (geração junto a carga, geração compartilhada, EMUC, autoconsumo menor ou igual a 500 kW e fontes despacháveis) observado na Figura 8 Constatando então um pagamento gradativo até 100% da tarifa TUSD Fio B.



Fonte: Boschin (2023)

Em exemplo prático, Freitas (2023), em seu vídeo explicativo sobre o cálculo definitivo da taxa da energia solar em 2023 após a lei 14.300, o autor cita que se o consumo do cliente for de 500 kWh/mês e adotando a tarifa de R\$0,65, o cliente antes da instalação pagaria R\$325,00 sem adicionar imposto e taxa de iluminação pública que também são componentes da conta de energia.

Após a criação da Lei 14.300, a partir de 2023, a instalação do sistema fotovoltaico não terá mais compensação total em relação ao consumo, isso devido a taxa sobre o uso da rede elétrica (FIO B), que no exemplo foi de R\$0,23 para cada kWh utilizado. Como o sistema foi instalado no ano de 2023, após a criação da Lei, o

autor menciona uma correção na tarifa, que é de 15% de R\$0,23, resultando um desconto de R\$0,03 e obtendo uma tarifa corrigida de R\$0,62, portanto, o que passa a valer de energia abatida para 500 kWh/mês é R\$310,00, tendo então o cliente pagar R\$15,00 acrescidos dos impostos e iluminação pública já pagos.

No vídeo ainda é descrito sobre a evolução que o cliente pagaria ano a ano de taxa até 2026, ano em que o valor que equilibraria aproximadamente com a taxa mínima do exemplo, sendo eles 2023 (R\$15,00), 2024 (R\$35,00), 2025 (R\$50,00) e 2026 (R\$70,00).

4.3 Redução dos custos com energia elétrica e relação com sustentabilidade

Os sistemas de energia em todo o mundo estão passando por mudanças significativas, graças principalmente à crescente disponibilidade de energia renovável variável de baixo custo, avanços na digitalização, implantação de recursos energéticos distribuídos e às altas oportunidades de eletrificação (IEA, 2022).

Além disso, a Agência Internacional de Energia (IEA, 2021), espera que a capacidade renovável aumente mais de 8% em 2022 em comparação ao ano passado, sendo a energia solar fotovoltaica a responsável por cerca de 60% do aumento da capacidade renovável global neste ano, em razão dos projetos em escala de serviços públicos representando quase dois terços do geral da expansão fotovoltaica.

Os preços de muitos materiais industriais e os custos de frete estão em uma trajetória crescente desde o primeiro trimestre de 2021, elevando-o da energia solar fotovoltaica. O maior componente de custo da energia solar fotovoltaica é a fabricação e envio do módulo, que é diretamente afetado pelo preço do polisilício que é a forma multi-cristalina e purificada do silício (Si), aço e alumínio (Al) (CASARIN, 2021).

Apesar do aumento dos custos e dos preços dos contratos, os custos de geração eólica e solar fotovoltaica permanecem mais baixos do que as alternativas de combustíveis fósseis, especialmente devido aos altos preços atuais do gás natural e do carvão (IRENA, 2020). Ainda em seu relatório, aponta que as novas energias renováveis batem as centrais de carvão em termos de custos operacionais, desprezando assim a energia extraída do carvão cada vez menos econômica e mais poluentes de CO₂.

As energias renováveis são a espinha dorsal de qualquer transição energética para atingir o zero líquido, definido pelo equilíbrio entre os gases de efeito estufa

(GEE) lançados na atmosfera e aqueles que são retirados (IEA, 2021b). À medida que o mundo se afasta cada vez mais dos combustíveis fósseis emissores de carbono, entender o papel atual que as energias renováveis desempenham na descarbonização de vários setores é fundamental para garantir um caminho suave para o zero líquido, porém essas metas são fáceis de definir e difíceis de atingir e não basta apenas incentivar os mercados a trocaram as tecnologias sujas por outras mais limpas. A coordenação global é primordial para assegurar que a implantação dessas tecnologias mais limpas não venha seguida com mais destruição ambiental e exploração humana (ATWOLI et al., 2021).

O Brasil é visto atualmente como um dos principais mercados de geração de energia solar, devido principalmente ao volume de parques fotovoltaicos que serão instalados até 2026, alcançando junto aos outros países marca histórica no planeta, ultrapassando a marca de 1 TW de potência instalada. (NOGUEIRA, 2022)

Conforme aborda Nascimento (2017) o principal empecilho para instalar o uso de painéis de geração solar fotovoltaica em unidades consumidoras, principalmente residenciais e comerciais de pequeno porte, é resultante no alto investimento inicial associado à aquisição dos sistemas de geração.

Visto isso, o Brasil apresenta em seu setor de micro e minigeração elétrica alguns programas de incentivos para o seu desenvolvimento tecnológico e econômico, desenvolvidos por instituições governamentais e privadas, sendo elas: diversas opções de financiamentos existentes, Plano Inova Energia, Fundo Clima, incentivos fiscais em alguns estados e dentre outros. (CRUZ, 2015).

Em 2023, após o recorde de geração de energia em 2022, conforme mostrado na Figura 6, foi decretado pelo Diário Oficial da União a isenção fiscal para semicondutores incluindo as placas fotovoltaicas. Segundo Agência Brasil (2023), o governo deixará de arrecadar R\$600 milhões sobre a produção de semicondutores e chips, fundamentais para a fabricação de inúmeros dispositivos eletrônicos, viabilizando assim a Indústria 4.0.

A produção de energia solar sendo sustentável, limpa e renovável, não afeta o meio ambiente. Uma vez que diferente de outros meios de produção de energia, apresentam grandes quantidades de ruídos, a sua produção não emite qualquer ruído. Apesar do alto custo para se instalar como já citado, um sistema de energia solar se paga em média em 7 anos, possuindo duração média de 25 anos e quando bem instalado pode ter uma redução de até 95% na conta de luz. (GREEN, 2022).

O autor ainda complementa que com o avanço da tecnologia, a tendência é que o preço do sistema apresente uma queda e cita outras vantagens da instalação da energia solar fotovoltaica como o baixo custo de manutenção e fácil instalação, ressaltando também a valorização do imóvel no mercado.

4.4 Exemplo geração compartilhada Brasil

No Brasil, na data de 25 de maio de 2018, foi realizada a ligação do sistema de geração de energia solar fotovoltaica do primeiro EMUC de grande porte no Brasil, um condomínio da construtora MRV Engenharia, o Spazio Parthenon representado pela Figura 9.

Figura 9 - Condomínio Spazio Parthenon



Fontes: Minas (2018)

Segundo a construtora, o condomínio é composto de 440 apartamentos, que variam de 42 a 55 m², onde todos serão alimentados por energia solar fotovoltaica, com a geração de eletricidade também atendendo às necessidades energéticas das áreas comuns do empreendimento. Com o empreendimento será produzido uma geração mensal de 52.800 kWh, consequentemente 120 kWh por mês para cada apartamento, destinado desse valor, 105 kWh/mês para consumo próprio e 15 kWh/mês para o condomínio. Para essa potência foram instaladas 1650 placas, equivalentes a um investimento de mais de 1,5 milhão de reais.

Contudo o autor complementa que o investimento resultará ao ano R\$520 mil em economia para os proprietários, além de 380 toneladas de CO₂ que deixarão de ser emitidas para atmosfera gerando assim menor impacto ambiental ao planeta.

4.5 Exemplo geração compartilhada na Alemanha

Como já citado anteriormente, a Alemanha mesmo tendo uma menor radiação solar que muitos países, é um dos países líderes do mercado mundial em energia renovável muito pelos incentivos fiscais, como o processo “Energiewende” (transição energética) visando atingir emissões zero de gases de efeito estufa até 2045 (ENERGIEWENDE, 2022). Em 2020 sua energia gerada foi suficiente para abastecer todas as residências 2 vezes de seu território, representando 12,4% da matriz energética mundial (SOLAR, 2020).

A exemplo dessa antiga liderança mundial, foi a criação do “Bairro Solar”, concluído em 2005 na cidade de Freiburg, estado de Baden-Württemberg na Alemanha. Ao todo 59 residências e um grande edifício comercial construídos de forma ecológica impactando menos o meio ambiente representado na Figura 10 a seguir.

Figura 10 - Schlierberg conhecido como “Bairro Solar”



Fonte: Sustentáveis (2023)

Totalizando 11.000 metros quadrados, o condomínio foi desenvolvido de maneira que permite a produção energética de quatro vezes mais que a energia

consumida por ele devido sua construção dentro das normas da arquitetura passiva, suas residências variam de 75 a 162 metros quadrados. Além dos painéis solares, suas coberturas contam com sistemas de coleta de água da chuva, que é reaproveitada para irrigação de jardins e descargas de vasos sanitários (SUSTENTÁVEIS, 2023).

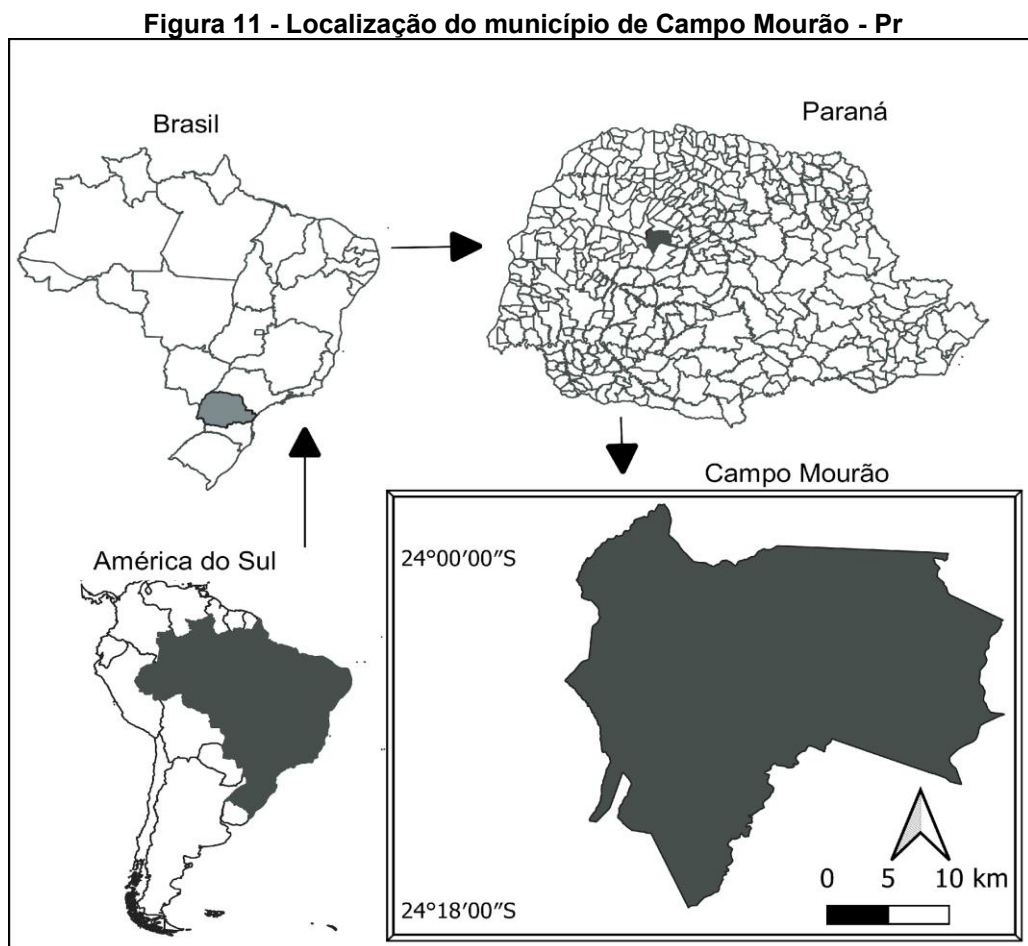
Ainda o autor discorre que com o bairro apresentado são economizados por ano 200 mil litros de óleo, deixa-se de emitir 500 toneladas de CO₂ e ao término de cada ano, o governo fornece um incentivo financeiro a cada residente do bairro pelo excedente de energia gerado e vendido à rede durante os doze meses.

5 METODOLOGIA

Nesta seção serão descritos os recursos e metodologias a serem utilizados para o estudo da implantação do sistema fotovoltaico no edifício analisado.

5.1 Material

O município de Campo Mourão localiza-se na mesorregião centro-ocidental do estado do Paraná e em 1947 foi elevado à categoria de município. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é detentora de uma área territorial de 749,637 km², elevação média de 630 metros, com população estimada de 96,102 pessoas (IBGE, 2022) e encontra-se a uma distância de 447,18 km da capital do Paraná, Curitiba (IPARDES, 2022). Conforme Figura 11, tem-se a localização municipal.



Fonte: Autoria Própria (2023)

O edifício em estudo, representado na Fotografia 1, é constituído por 30 apartamentos ao total, sendo distribuídos em três pavimentos tipos com 10

apartamentos cada um, além de um andar térreo para a garagem. Residem aproximadamente 40 pessoas que usufruem das instalações do edifício.

Fotografia 1 - Vista do Edifício Terramaris



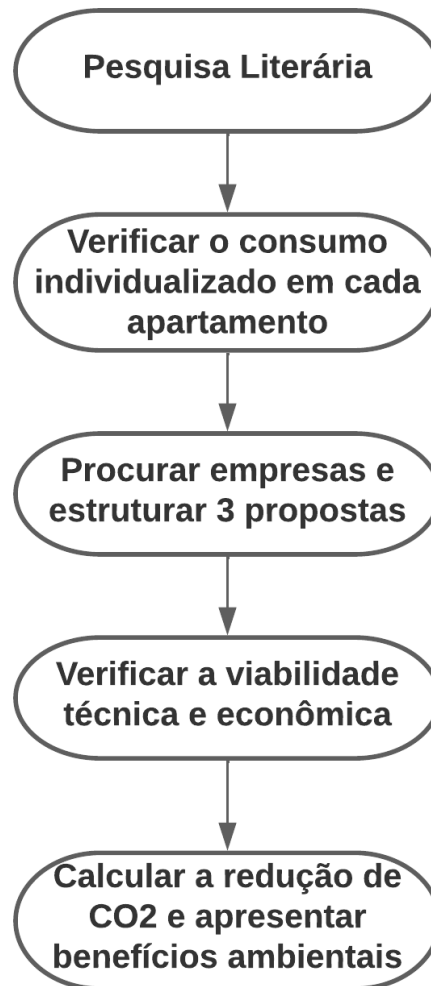
Fonte: Pronenge Construtora e Imobiliária (2023)

Conforme Anexo A, tem-se a planta baixa do edifício em que cada apartamento apresenta uma área total de 70 m² e o montante do terreno é de 930 m² incluindo uma garagem coberta de 596,30 m².

5.2 Métodos

No fluxograma, Figura 12, as etapas da metodologia que foi aplicada para melhor entendimento das atividades realizadas durante o processo de pesquisa.

Figura 12 - Fluxograma da metodologia a ser aplicada



Fonte: Autoria própria (2023)

- Primeiramente foram pesquisadas e consultadas obras bibliográficas referentes ao tema, para ajudar a compreensão sobre a energia renovável fotovoltaica e seus modelos de geração de energia. O levantamento foi fundamentado também na resolução normativa REN 482/2012 e sua atualização REN 687/2015, além da Lei 14.300 de 2022.
- Foi verificado junto à administradora dos apartamentos, o consumo médio individualizado para 1 apartamento, deste modo, foi considerado os itens de consumo de cada apartamento conforme descrito pela administradora e apresentado no Quadro 2, para então, estimar a média para os 30

apartamentos para o dimensionamento do sistema (recomenda-se calcular o consumo médio real dos últimos 12 meses).

Quadro 2 - Itens de consumo do apartamento por ambiente

| Ambiente | Itens de Consumo |
|---------------|-------------------|
| Sala de estar | Televisão |
| Sala de estar | Iluminação |
| Quarto | Iluminação |
| Quarto | Ar condicionado |
| Quarto | Notebook |
| Lavanderia | Máquina de Lavar |
| Lavanderia | Ferro de passar |
| Cozinha | Iluminação |
| Cozinha | Microondas |
| Cozinha | Geladeira |
| Cozinha | Cafeteira |
| Banheiro | Chuveiro Elétrico |
| Banheiro | Iluminação |

Fonte: Autoria Própria (2023)

Conclui-se que a média de consumo por apartamento em kWh é aproximadamente 155.

- Conforme a média de consumo em kWh proposta para os 30 apartamentos acrescido 350 kWh para áreas comuns, totalizou-se 5000 kWh. Com o valor, buscou-se três empresas na região para a realização de propostas de orçamentos para a demanda de energia para este condomínio.
- Posteriormente, analisou-se a estrutura do condomínio verificando possível implantação do sistema no local estudado, sendo ele telhado ou área de solo.

De posse das características e do orçamento do sistema fotovoltaico foi realizada a análise da viabilidade econômica.

O *payback* descontado foi calculado de acordo com o investimento inicial e junto as despesas e receitas geradas ao longo dos anos, com o objetivo de definir a

partir de qual ano o sistema fotovoltaico se tornará lucrativo para os condôminos. Segundo Ribeiro (2019), para o cálculo, utiliza-se a Equação 1:

$$\begin{aligned} \text{Payback descontado} &= N+Y \\ \frac{FCn}{360} &= X \\ \frac{FCa}{X} &= Y \end{aligned} \quad (1)$$

Onde,

FCn = Fluxo de Caixa do ano referência;

FCa = Fluxo de Caixa Acumulado do à referência;

N = Primeiro ano de Lucro;

X = Valor resultante;

Y = Valor Resultante em dias.

- Na sequência foi elaborado um Quadro 3 de critérios para análise das melhores propostas além do retorno em tempo verificado no *payback* descontado.

Quadro 3 - Critérios para a análise das três propostas

| | | | |
|--|--|--|--|
| Critérios | | | |
| Investimento/Custo | | | |
| Garantia | | | |
| Atendimento/Comunicação | | | |
| Orçamento detalhado | | | |
| Prazo de instalação | | | |
| Pontuação | | | |
| Legenda: (1-ruim); (2-bom), (3- ótimo) | | | |

Fonte: Autoria Própria (2023)

Para os critérios foram adotados os seguintes conceitos:

Quadro 4 - Conceitos para os critérios

| Critérios | Ruim | Bom | Ótimo |
|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Investimento/Custo | Maior preço | Preço intermediário | Menor preço |
| Garantia | Menor tempo de garantia | Tempo intermediário de garantia | Maior tempo de garantia |
| Atendimento/Comunicação | Maior tempo de resposta | Tempo intermediário de resposta | Menor tempo de resposta |

| Orçamento detalhado | Poucas informações relevantes | Medianas informações | Mais informações relevantes |
|--|-------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| Prazo de instalação | Maior tempo para instalação | Tempo intermediário para instalação | Menor tempo para instalação |
| Pontuação | 1 | 2 | 3 |
| Legenda: (1-ruim); (2-bom), (3- ótimo) | | | |

Fonte: Autoria Própria (2023)

- Após obter a melhor proposta no cálculo do *payback*, foi calculado o Valor Presente Líquido (VPL) e Retorno sobre o Investimento (ROI) para a empresa que obteve a maior pontuação na análise de critérios.

Segundo Cherobim (2016) Valor Presente Líquido (VPL) é determinado subtraindo-se do valor inicial de um projeto, o valor inicial de um projeto, o valor presente das entradas líquidas de caixa, descontadas a uma taxa igual ao custo do capital da empresa sendo aplicado a Equação 2:

$$VPL_{(n)} = \frac{FC_{(n)}}{(1+i)^n} \quad (2)$$

Onde,

VPL = Valor presente líquido (R\$);

FC_(n) = Fluxo de caixa no período t (R\$);

n = número de períodos t;

i = Taxa básica de juros (SELIC) (%).

De acordo com NETO (2020), a Taxa Interna de Retorno (TIR) irá representar em termos de taxa de juros, a rentabilidade do projeto, pois é a taxa de desconto com qual o VPL é igual a 0, conforme a Equação 3:

$$0 = \text{Investimento Inicial} + \frac{FC_{(n)}}{(1+TIR)^n} \quad (3)$$

O Retorno sobre o Investimento (ROI) foi calculado com base na Equação 4 abaixo descrita por NETO (2020):

$$ROI = \frac{\text{Ganho obtido} - \text{Investimento inicial}}{\text{Investimento inicial}} * 100 \quad (4)$$

Assim, com o cálculo do *payback* descontado, verificou-se em quanto tempo, os lucros trazidos pelo investimento do sistema cobrirão o valor do investimento inicial.

- Por fim, foi verificado o quantitativo de CO₂ que o condomínio deixará de emitir se utilizar o sistema fotovoltaico, por meio da seguinte Equação 5:

$$\text{Emissão de toneladas de CO}_2 \text{ evitada} = \frac{\text{Energia gerada anual}}{\text{fator de emissão médio de CO}_2^{-1}} \quad (5)$$

Ao extrair o fator de emissão médio de CO₂ da geração de energia elétrica pelo Sistema Interligado Nacional do Brasil, e possuir o conhecimento do total que geraria a instalação solicitada em 12 meses equivalente a 60,468 MWh, conseguiu estimar a quantidade de CO₂ em toneladas que evitaria ao implementar o sistema de energia solar.

6 RESULTADO E DISCUSSÕES

Neste capítulo, serão apresentados os resultados do estudo de implantação do sistema fotovoltaico no edifício em análise.

6.1 Análise das propostas

Foram solicitados 3 orçamentos de empresas da cidade e região, sendo que para o cálculo do *payback* descontado utilizou-se dos seguintes dados de 2023 conforme Quadro 4.

Quadro 4 - Informações sobre tarifas para cálculo do *payback* descontado

| | |
|--|---------------|
| Valor da tarifa do kWh segundo a concessionária COPEL (2023) para o Grupo B – Convencional (grupo tarifário em que se enquadra o condomínio) | R\$ 0,73 |
| Variação das tarifas da concessionária COPEL (2023) | 9,89% |
| Depreciação dos painéis | 0,68% |
| Taxa de juros (Selic) 03/05/2023 | 13,75% ao ano |

Fonte: Aatoria Própria (2023)

No orçamento apresentado pelas empresas A, B e C, têm-se o valor do investimento com equipamentos e serviços descritos no Quadro 5.

Quadro 5 - Equipamentos e serviços apresentados no orçamento para a empresa A, B e C.

| Equipamentos e serviços – Empresa A | Quantidade |
|--|-------------------|
| módulos sine energy 555w | 81 |
| inversor growatt mid 36ktl3-x | 1 |
| string box | incluso |
| estrutura de fixação telhado | incluso |
| art de projeto e execução | incluso |
| transformador | incluso |
| acompanhamento junto à distribuidora | incluso |
| Valor do investimento | R\$ 134.876,54 |
| Equipamentos e serviços – Empresa B | Quantidade |
| módulos jinko 565 wp | 72 |
| inversor fv mono 220v/2mppt/dps ii | 4 |

| | |
|---|-------------------|
| inversor fv mono 220v/2mppt | 1 |
| estrutura de fixação telhado | incluso |
| quadro de proteção | incluso |
| projetos, art e manuais | incluso |
| contrato, homologação, comissionamento e liberação do sistema | incluso |
| monitoramento remoto | incluso |
| Valor do Investimento | R\$ 149.591,29 |
| Equipamentos e serviços | Quantidade |
| módulos 545/550w mono halfcell | 75 |
| inversor deye/bedin 35kw 380v | 1 |
| transformador 45kva 380/220v | 1 |
| estrutura de fixação telhado | incluso |
| kit cabeamento, conexão e proteção cc/ ca c/ aterramento | incluso |
| monitoramento remoto | incluso |
| Valor do Investimento | R\$ 132.300,00 |

Fonte: Autoria Própria (2023)

Desse modo, utilizando planilha eletrônica, calculou-se o *payback* descontado para as empresas analisadas, conforme apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 - Cálculo do *Payback* descontado do orçamento para a empresa A, B e C

| Empresa A | | |
|-----------------------|------------------|--------------------|
| | Investimento | R\$ 134.876,54 |
| Ano | Fluxo descontado | Saldo |
| 0 | -R\$ 134.876,54 | -R\$ 134.876,54 |
| 1 | R\$ 38.718,60 | -R\$ 96.157,94 |
| 2 | R\$ 37.150,37 | -R\$ 59.007,57 |
| 3 | R\$ 35.645,66 | -R\$ 23.361,91 |
| 4 | R\$ 34.201,89 | R\$ 10.839,98 |
| 5 | R\$ 32.816,60 | R\$ 43.656,58 |
| <i>PayBack</i> (Anos) | | 3,7 |
| Empresa B | | |
| | Investimento | R\$ R\$ 149.591,29 |
| Ano | Fluxo descontado | Saldo |
| 0 | -R\$ 149.591,29 | -R\$ 149.591,29 |
| 1 | R\$ 38.703,24 | -R\$ 110.888,05 |
| 2 | R\$ 37.135,63 | -R\$ 73.752,42 |
| 3 | R\$ 35.631,52 | -R\$ 38.120,90 |
| 4 | R\$ 34.188,32 | -R\$ 3.932,58 |
| 5 | R\$ 32.803,58 | R\$ 28.871,00 |
| <i>PayBack</i> (Anos) | | 4,1 |

| Empresa C | | |
|----------------|------------------|-----------------|
| Investimento | | R\$ 134.876,54 |
| Ano | Fluxo descontado | Saldo |
| 0 | -R\$ 132.300,00 | -R\$ 132.300,00 |
| 1 | R\$ 38.879,90 | -R\$ 93.420,10 |
| 2 | R\$ 37.305,13 | -R\$ 56.114,97 |
| 3 | R\$ 35.794,15 | -R\$ 20.320,82 |
| 4 | R\$ 34.344,37 | R\$ 14.023,55 |
| 5 | R\$ 32.953,31 | R\$ 46.976,86 |
| PayBack (Anos) | | 3,6 |

Fonte: Autoria Própria (2023)

A partir dos orçamentos e do cálculo do *payback* descontado de cada empresa, a análise da empresa considerando o Quadro 3 de critérios propostos a empresa selecionada para o empreendimento seria a Empresa B pois ainda que possua o maior valor de investimento entre as propostas, deteve um orçamento bem detalhado, uma excelente comunicação com o consumidor e apresentou bom tempo de garantias, fatores que contribuíram para a escolha da proposta.

Quadro 6 - Análise do resultado das propostas, conforme critérios avaliados

| Critérios | Proposta | | |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | Empresa A | Empresa B | Empresa C |
| Investimento/Custo | 2 | 1 | 3 |
| Garantia | 3 | 2 | 1 |
| Atendimento/Comunicação | 1 | 3 | 2 |
| Orçamento detalhado | 1 | 3 | 2 |
| Prazo de instalação | 2 | 3 | 1 |
| Pontuação | 9 | 12 | 9 |

Fonte: Autoria Própria (2023)

Utilizando os valores apresentados no orçamento pela empresa escolhida na Equação 2, anteriormente descrita, calculou-se o VPL total em 10 anos como demonstrado na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 - Resultado do VPL Total em 10 anos da Empresa B

| Ano | Fluxo descontado | VPL Anual |
|-----|------------------|-----------------|
| 0 | -R\$ 149.591,29 | -R\$ 149.591,29 |
| 1 | R\$ 38.703,24 | R\$ 34.024,83 |
| 2 | R\$ 37.135,63 | R\$ 28.700,40 |
| 3 | R\$ 35.631,52 | R\$ 24.209,18 |
| 4 | R\$ 34.188,32 | R\$ 20.420,77 |
| 5 | R\$ 32.803,58 | R\$ 17.225,20 |
| 6 | R\$ 31.474,93 | R\$ 14.529,69 |
| 7 | R\$ 30.200,09 | R\$ 12.255,99 |
| 8 | R\$ 28.976,88 | R\$ 10.338,09 |
| 9 | R\$ 27.803,22 | R\$ 8.720,32 |
| 10 | R\$ 26.677,10 | R\$ 7.355,71 |
| | VPL Total | R\$ 28.188,89 |

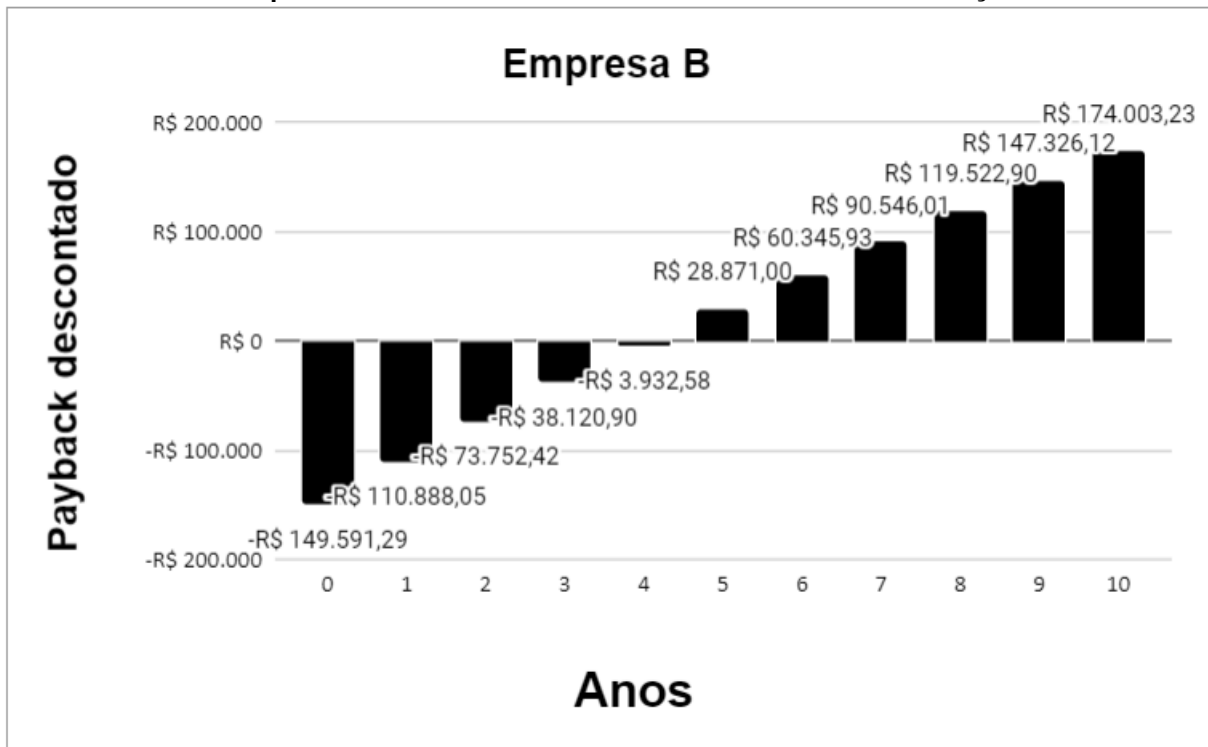
Fonte: Autoria Própria (2023)

Adotou-se para a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) o valor da Taxa SELIC apresentada no Quadro 4, de 13,75% ao ano. Desta forma, a Taxa Interna de Retorno (TIR), obtido com a geração de energia elétrica por meio do sistema fotovoltaico resultou em um valor de 19%, valor este, superior a TMA, tornando assim rentável o investimento, resultando em um fluxo de caixa positivo e VPL maior que zero.

A fim de consolidar a viabilidade do projeto, foi efetuado o cálculo do ROI, valor indicativo em porcentagem de retorno em relação ao investimento inicial, e para a proposta em análise em 10 anos, obteve um valor de 18,84%, acima de zero, portanto não haverá prejuízo em relação ao investimento. Para um retorno total do capital, o valor do ROI deveria alcançar um valor igual ou superior a 100%, sendo uma tarefa difícil e nem sempre realista devido ao tipo de investimento, do período de tempo e das condições do mercado.

O Gráfico 1 ilustra a evolução do *payback* ao longo dos anos, representando a quantidade de retorno financeiro obtido em 10 anos.

Gráfico 1 - Comportamento do indicador de retorno financeiro com relação aos anos



Fonte: Autoria Própria (2023)

Embora a empresa A não ser a escolhida pelos critérios estabelecidos, em sua proposta, apresentou uma simulação de como ficaria a instalação do sistema fotovoltaico no telhado conforme Figura 13.

Figura 13 - Simulação do sistema fotovoltaico no edifício



Fonte: Empresa A (2023)

Após contato com o engenheiro responsável pela execução, tomou-se conhecimento que o edifício possui laje de cobertura e telhas termoacústica de isopor com 15% de inclinação com a face da esquerda voltada para o Leste e a da direita

voltada para o Oeste, chegando à conclusão positiva sobre a possibilidade da instalação da estrutura e dos 72 painéis fotovoltaicos.

6.2 Benefícios ambientais

Segundo Brasil (2023), o fator de Emissão médio (tCO₂/MWh) - Anual em 2022 foi de 0,0426, e ao aplicar na equação 5 chegou-se ao seguinte valor:

$$\text{Emissão de toneladas de CO}_2 \text{ evitada} = 60,468 * 0,0426$$

$$\text{Emissão de toneladas de CO}_2 \text{ evitada} = 2,58 \text{ toneladas de CO}_2 \text{ por ano}$$

Lacerta (2009) disserta que a cada tonelada de emissão de Gás Carbônico (CO₂) é necessário o plantio de 7,14 árvores para que o planeta não sofra os danos causados por esta emissão. Portanto, para o caso em estudo, com a instalação deste sistema, a emissão de toneladas de CO₂ evitada, seria equivalente ao plantio de, aproximadamente 19 árvores por ano.

7 CONCLUSÃO

Com a proposta de viabilidade econômica da implantação do sistema fotovoltaico no Edifício Residencial Terramaris em Campo Mourão – PR, conclui-se que o investimento necessário para a instalação do sistema considerando o *payback* descontado, seria recuperado em um período de aproximadamente 50 meses, sendo assim possível considerá-lo promissor para a produção de energia elétrica gerando uma economia.

Ambientalmente, o sistema fotovoltaico a ser instalado, apresenta benefícios significativos ao reduzir a emissões de toneladas de CO₂ anualmente, por ser uma fonte de energia limpa e renovável além de ter baixo custo de manutenção.

Portanto, os resultados indicam que a implementação do sistema fotovoltaico não só traria um retorno financeiro favorável, mas como também contribuiria para a sustentabilidade ambiental.

Para futuros trabalhos, sugere-se a verificação real sobre a possível instalação do sistema verificando e demonstrando o projeto da estrutura e sua influência no edifício.

REFERÊNCIAS

- ABSOLAR (São Paulo). **Brasil avança no ranking mundial da fonte solar**. 2022. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/brasil-avanca-no-ranking-mundial-da-fonte-solar/>. Acesso em: 10 maio 2022
- AGÊNCIA BRASIL. **Energia solar terá isenção fiscal para semicondutores**. Agência Brasil, Brasília, 11 mar. 2023. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2023-03/energia-solar-tera-isencao-fiscal-para-semicondutores>. Acesso em: 11 abr. 2023.
- ANEEL. **REN 482/2012 - Regulamentação da Geração Distribuída no Brasil**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 2012. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 10 de maio 2022.
- ANEEL. **Resolução normativa nº 1000 de 2021 da ANEEL**, 2021.
- ANEEL. **Resolução Normativa nº 676 da 2015 da ANEEL**, 2015b.
- ANEEL. **Resolução Normativa nº 687 de 2015 da ANEEL**. p. 24, 2015a.
- ATWOLI, L. *et al.* **Call for emergency action to limit global temperature increases, restore biodiversity, and protect health**. *Cadernos de Saude Publica*, v. 37, n. 9, p. 1–5, 2021.
- Ayres, Fernando. **Modalidade de Compensação de Energia: Autoconsumo Remoto**. Disponível em: <https://www.shareenergy.com.br/modalidade-de-compensacao-de-energia-autoconsumo-remoto/>. Acesso em: 10 de abril 2023.
- BOSCHIN, Dr. Frederico. **A Lei 14.300 e o futuro da Geração Distribuída de Energia**. Disponível em: <https://energia3s.com.br/2022/03/02/futuro-da-geracao-distribuida/>. Acesso em: 21 abr. 2023.
- BOSCHIN, Frederico. **A Lei 14.300 e o futuro da Geração Distribuída de Energia**. 2023. Disponível em: <https://energia3s.com.br/2022/03/02/futuro-da-geracao-distribuida/>. Acesso em: 01 maio 2023.
- BRASIL, M. DE M. E E. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE**. p. 447, 2022b.
- BRASIL. **Lei n.º 173, de 6 de janeiro de, 2022a**. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1930-1939/lei-173-6-janeiro-1936-556218-norma-pl.html>. Acesso em 01 maio de 2023.
- BRASIL. **Lei nº 14.300, de 06 de janeiro de 2022**. Brasília, 07 jan. 2022. Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821>. Acesso em: 01 maio 2023.
- Brasil. **Fator médio - Inventários corporativos**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao>. Acesso em: 14 maio 2023.

CANGUSSÚ, Carla Rocha; COSTA, Eduardo Martins. **ENERGIA AO LONGO DO TEMPO**. 2020. Disponível em: <https://www.matrizenergia.com/post/energia-ao-longodo-tempo>. Acesso em: 01 jun. 2022.

CASARIN, Ricardo. **Especial: Preços dos equipamentos solares tendem a seguir pressionados**. 2021. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/noticias/mercado/consumidor/especial-precos-dosequipamentos-solares-tendem-a-seguirem-pressionados>. Acesso em: 25 maio 2022

CCEE. **Consumo de energia elétrica cresce 4,1% em 2021, aponta CCEE**. 2022. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/pt/web/guest/-/consumo-de-energia-eletricacresce-4-1-em2021apontaccee#:~:text=Distribui%C3%A7%C3%A3o%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Mercado,Consumo%20de%20energia%20el%C3%A9trica%20cresce,1%25%20em%202021%2C%20aponta%20CCEE&text=De%20acordo%20com%20a%20C%C3%A2mara,em%20rela%C3%A7%C3%A3o%20ao%20ano%20anterior>. Acesso em: 01 jun. 2022.

CRUZ, D. T. Micro e minigeração eólica e solar no Brasil: Propostas para desenvolvimento do setor. **Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**, p. 1–157, 2015.

CHEROBIM, Ana P. **Administração Financeira**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2016. 9788595154124. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595154124/>. Acesso em: 11 jun. 2022.

ECO.A. **Entenda quais são os modelos de geração de energia solar fotovoltaica**. Disponível em: <https://ecoenergias.com.br/modelos-geracao-energia-solar/>. Acesso em: 01 maio 2023.

ECO.A. **Entenda quais são os modelos de geração de energia solar fotovoltaica disponíveis para você e sua empresa!** 2020. Disponível em: <https://ecoenergias.com.br/modelos-geracao-energia-solar/>. Acesso em: 21 abr. 2023.

ENERGIA, Bmc. **Sistema Off-grid**. Disponível em: <https://bmcenergia.com.br/off-grid>. Acesso em: 01 maio 2023.

ENERGIA, Ministério de Minas e. **ANEEL regulamenta marco legal da Micro e Minigeração Distribuída**. 2023b. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2023/aneel-regulamenta-marco-legal-da-micro-e-minigeracao-distribuida>. Acesso em: 10 abr. 2023.

ENERGIA, Ministério de Minas e. **Micro e Minigeração Distribuída: saiba mais sobre micro e minigeração distribuída**. Saiba mais sobre micro e minigeração distribuída. 2023a. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>. Acesso em: 10 abr. 2023.

ENERGIEWENDE, Agora. **O que é a Energiewende alemã?** 2022. Disponível em: <https://www.agora-energiewende.de/en/the-energiewende/the-german-energiewende/q1-what-is-the-german-energiewende/>. Acesso em: 01 maio 2023.

FAROL. **Como funciona a Energia Solar para Empresas?** 2021. Disponível em: <https://faroldobrasil.com.br/projetos-empresariais/>. Acesso em: 05 maio 2023.

FINKLER, A. *et al.* Relação Do Crescimento Econômico E Consumo De Energia Elétrica. **XXIV Seminário de Iniciação Científica**, p. 1–6, 2016.

GALILEU, Redação. **Emissão de CO2 para gerar energia atingiu nível recorde em 2021.** 2022. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Um-SoPlaneta/noticia/2022/03/emissao-de-co2-para-gerar-energia-atingiu-nivel-recordeem-2021.html>. Acesso em: 01 jun. 2022

GARCIA, Lenin Domingues. **SISTEMA HÍBRIDO GERADOR DE ENERGIA ELÉTRICA PARA SUSTENTAÇÃO DE ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO.** 2018. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Hídrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/197710/001095355.pdf?sequence=1>. Acesso em: 01 maio 2023.

GAZOLI, J. R.; VILLALVA, M. GRADELLA; GUERRA, J. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações – sistemas isolados e conectados à rede.** In: **Energias renováveis alternativas.** São Paulo: Revista O Setor Elétrico, 2012.

GLOBAL, Atlas Solar. **Baixe mapas para o seu país ou região.** 2023. Disponível em: <https://globalsolaratlas.info/download/brazil>. Acesso em: 01 maio 2023.

GÓMEZ, J. M. R. *et al.* **A irradiância solar: conceitos básicos.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 40, n. 3, 26 mar. 2018.

Green, Energy **ENERGÍA PARA VIVIENDAS SOLAR & EÓLICA.** 2023. Disponível em: <https://www.greenenergy.com.pe/energia-para-viviendas-solar-eolica/>. Acesso em: 01 maio 2023.

GREEN, Ekko. **Energia Solar No Brasil: Situação e Perspectivas Para 2022.** Disponível em: <https://ekkogreen.com.br/energia-solar-no-brasil/#:~:text=Estimase%20que%20at%C3%A9%202024,manuten%C3%A7%C3%A3o%20nacional%20e%20prote%C3%A7%C3%A3o%20ambiental>. Acesso em: 23 maio 2022.

HISATOMI, Carolina. **Lei 14300: o que diz a lei de energia solar?** 2023. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/lei-14300/>. Acesso em: 21 abr. 2023.

IBGE. **Cidades e Estados - Campo Mourão.** 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/campo-mourao.html>. Acesso em: 25 maio 2022.

IEA, **Explore energy data by category, indicator, country or region.** IEA, Paris, 2019. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/datatables?country=WORLD> Acesso em 27 maio de 2022.

IEA. **Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector.** International Energy Agency, p. 224, 2021b.

IEA. **Renewables 2021.** International Energy Agency (IEA) Publications International., p. 167, 2021a.

ILUMEO. **Como a Inteligência Artificial está revolucionando o setor de energia renovável.** 2022. Disponível em: <https://ilumeo.com.br/todos-posts/2022/09/12/como-a-inteligencia-artificial-esta-revolucionando-o-setor-de-energia-renovavel>. Acesso em: 07 abr. 2023.

IMHOFF, J. Desenvolvimento de conversores estáticos para sistemas fotovoltaicos autônomos. **Universidade Federal de Santa Maria**, p. 146, 2007.

INOVACARE, Solar. **Você Sabe a Diferença entre Geração Centralizada e Geração Distribuída?** 2021. Disponível em: <https://inovacare.solar/o-setor-fotovoltaico/voce-sabe-a-diferenca-entre-geracao-centralizada-e-geracao-distribuida/127>. Acesso em: 01 maio 2023.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Médias do Total Diário da Irradiação Global Horizontal para o Estado do PARANÁ.** 2023. Disponível em: http://labren.ccst.inpe.br/atlas2_tables/PR_glo.html. Acesso em: 01 maio 2023.

IPARDES. **MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO** Maio 2022.

IRENA. **Renewable Power Generation Costs in 2020.** Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2020.

LACERDA, Jeanicolau Simone de. **Afinal, quanto carbono uma árvore sequestra?** 2009. Disponível em: <https://oeco.org.br/analises/23034-afinal-quanto-carbono-uma-arvore-sequestra/>. Acesso em: 01 abr. 2023.

LIMA JUNIOR, Elias Mota. **A ENERGIA FOTOVOLTAICA NO AGRONEGÓCIO - GESTÃO DE CUSTOS E RISCOS, DIVERSIFICAÇÃO DE RECEITA E EXTERNALIDADES.** 2019. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronegócio, Escola de Economia de São Paulo, da Fundação Getúlio Vargas – Eesp – Fgv, São Paulo, 2019. Disponível em: https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/27582/Disserta%20a7%20a3o_MPAGRO_FGV-Elias%20Lima%20-%20formatada-final%20RRML.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 01 maio 2023.

LIMA, Jaciara Rafaela de; NUNES, Luciana A. S.. **GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA ON-GRID E OFF-GRID.** 2022. 8 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semiárido - Ufersa, Mossoró, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/9058/1/JaciaraRL_ART.pdf. Acesso em: 01 maio 2023.

LQI. **Reduza o valor da sua conta de energia, sem investimento!** 2023. Disponível em: <https://lqienergia.com.br/>. Acesso em: 05 maio 2023.

MARQUES, Filipe *et al.* Irradiância solar (global, direta e difusa): metodologia de controlo de qualidade: aplicação a séries temporais medidas no les/Ineg, Lisboa. In: CIES2020 - XVII CONGRESSO IBÉRICO E XIII CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE ENERGIA SOLAR, 17., 2022, Lisboa, Portugal. **CIES2020 - XVII Congresso Ibérico e XIII Congresso Ibero-americano de Energia Solar.** [S.L.]: Lneg - Laboratório Nacional de Energia e Geologia, 2020. p. 853-860.

MINAS, Estado de. **Por dentro do mercado: fique sabendo o que rola no meio imobiliário em minas e no Brasil**. 2018. Disponível em: https://estadodeminas.lugarcerto.com.br/app/noticia/noticias/2018/06/03/interna_noticias,50270/por-dentro-do-mercado.shtml. Acesso em: 01 maio 2023.

MOREIRA, José Roberto S. **Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2021. 9788521636816. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521636816/>. Acesso em: 12 jun. 2022.

NASCIMENTO, R. L. Energia solar no Brasil: situação e perspectivas. **Estudo Técnico**, p. 1–46, 2017

NETO, R. S.; CATARINA, D. E. S.; GEREMIAS, R. **A MICRO E MINIGERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA DISTRIBUÍDA COMO POLÍTICA PÚBLICA PARA SUSTENTABILIDADE**. 2016.

NETTO, Allana de Moura; URBANETZ JUNIOR, Jair. **ANÁLISE DA GERAÇÃO COMPARTILHADA DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL**. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 9., 2022, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2022. p. 0-10. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/1203/1203>. Acesso em: 01 maio 2023.

NOGUEIRA, Paulo. **Geração de energia solar alcança marca histórica no planeta e o Brasil é visto como um dos principais mercados, dado o volume de parques fotovoltaicos que serão instalados até 2026**. Disponível em: <https://clickpetroleoegas.com.br/geracao-de-energia-solar-alcanca-marca-historicano-planeta-e-o-brasil-e-visto-como-um-dos-principais-mercados-dado-o-volume-deparques-fotovoltaicos-que-serao-instalados-ate-2026/>. Acesso em: 25 maio 2022.

Freitas, Lucas. **O CÁLCULO DEFINITIVO da Taxa da Energia Solar 2023 | Lei 14300 [Exemplo Prático]**. Roteiro: Lucas Freitas. [S.l.]: Canal Empreenda Solar, 2023. (08 min.), son., P&B. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=2Ug9Hm-uT_4&list=PLcKexiFy1SCZTylLnHzV3Hioxnr-31Ets&index=4. Acesso em: 01 maio 2023.

OLIVEIRA, Arthur. **Artigo: Como a inteligência artificial pode dar confiabilidade a uma matriz energética limpa e renovável**. 2022. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/opiniao/2022/08/5029297-artigo-como-a-inteligencia-artificial-pode-dar-confiabilidade-a-uma-matriz-energetica-limpa-e-renovavel.html>. Acesso em: 07 abr. 2023.

PEREIRA, E. *et al.* **Atlas brasileiro de energia solar**. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo, 2017.

PEREIRA, F. A. DE S.; OLIVEIRA, M. Â. S. DE. **CURSO TÉCNICO INSTALADOR DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**. 2ª edição ed. PORTO: Publindústria, Edições Técnicas, 2011.

PICOS, Jornal de. **Energia Solar | Veja aqui, as melhores informações**. 2020. Disponível em: http://www.jornaldepicos.com.br/noticia_imprime.php?id=12121. Acesso em: 05 maio 2023.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Ediouro Gráfica e Editora, 2014.

PRONENGE CONSTRUTURA E IMOBILIÁRIA (org.). **EDIFÍCIO TERRAMARIS**. 2023. Disponível em: <https://www.pronenge.com/>. Acesso em: 30 maio 2023.

RAPOSO, A. DE A. P. N. **Efeito do ângulo de incidência na medida da irradiância solar**. 2020.

RIBEIRO, Flávia. **ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID EM PIQUIRIVAÍ – PARANÁ**. 2019. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão - Pr, 2019. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/7088>

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. FLORIANÓPOLIS: UFSC, 2004.

SANTANA, Lucas. **Resolução 482 da ANEEL: 3 Principais Pontos Comentados [+BÔNUS]**. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/resolucao-482-da-aneel-guiacompleto/>. Acesso em: 25 maio 2022

SOLAR, Blue Sol Energia. **Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (On Grid): o guia 100% completo**. o Guia 100% Completo. 2022. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/sistema-fotovoltaico-conectado-a-rede-on-grid/>. Acesso em: 01 maio 2023.

SOLAR, Portal. **Alemanha está perto de ter matriz energética somente com energia renovável**. 2020. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/noticias/materias/alemanha-esta-perto-de-ter-matriz-energetica-somente-com-energia-renovavel>. Acesso em: 01 maio 2023.

SOLFACIL. **Autoconsumo remoto – o que é e como utilizar?** 2022. Disponível em: <https://blog.solfacil.com.br/energia-solar/autoconsumo-remoto-o-que-e-e-como-utilizar/>. Acesso em: 07 jun. 2022.

SOUZA, L. A. F. *et al.* Determinação da radiação difusa no Campus Pato Branco da UTFPR. In: **Smart Energy - Congresso Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações e no Ambiente Urbano**, 3., 2018, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: UTFPR, 2018. p. 247-253. Disponível em: <https://utfpr-ct-static-content.s3.amazonaws.com/labens.ct.utfpr.edu.br/wp-content/uploads/2018/11/Souza-et-al.-Smart-Energy-2018-Determina%C3%A7%C3%A3o-Radia%C3%A7%C3%A3o-Difusa-Artigo-Completo.pdf>. Acesso em: 01 maio 2023.

SUSTENTÁVEIS, Programa Cidades. **SCHLIERBERG, EM FREIBURG, É RECONHECIDO COMO "BAIRRO SOLAR"**. Disponível em:

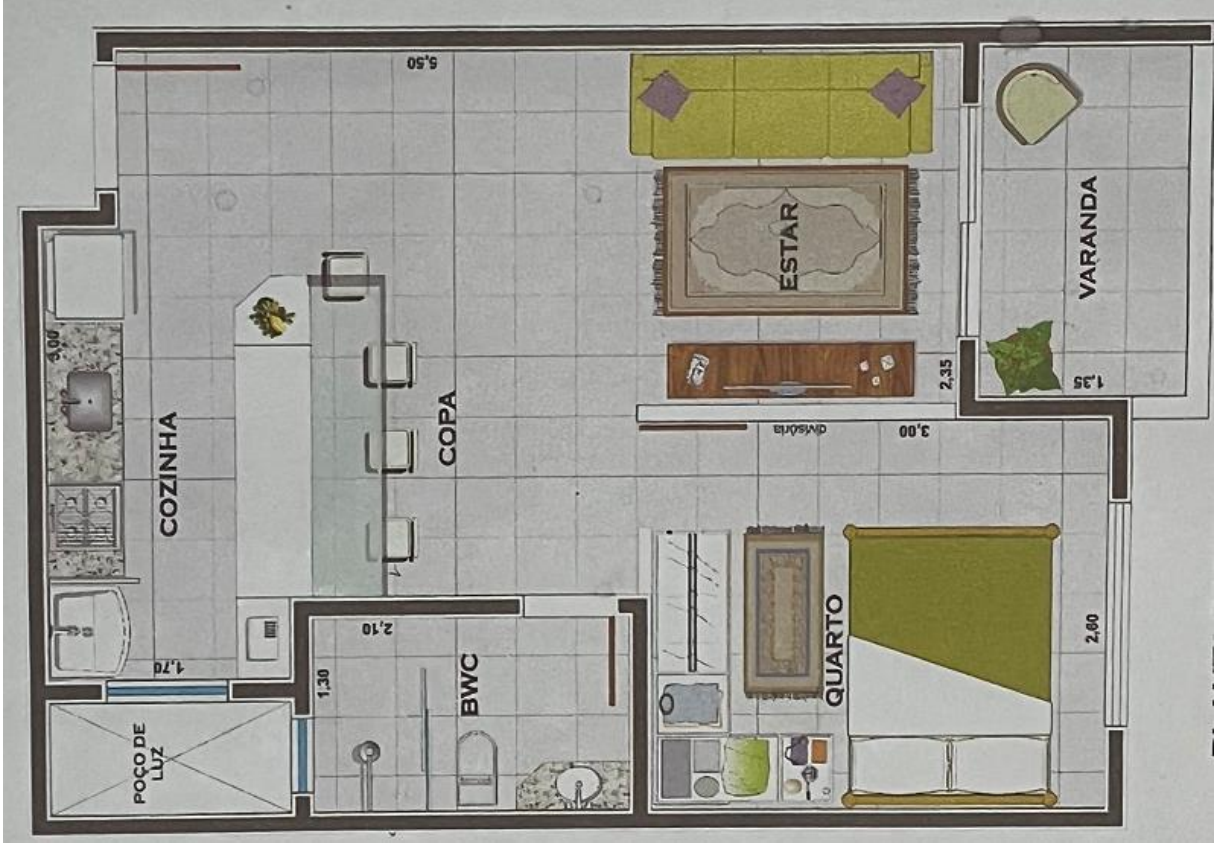
<https://www.cidadessustentaveis.org.br/boas-praticas/300>. Acesso em: 01 maio 2023.

TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, E. B.; URBANETZ JR, J.; PEREIRA, S. V.; GONCALVES, A. R.; LIMA, F. J. L.; COSTA, R. S., ALVES, A. R. "**Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná**". 1a Edição. Curitiba: INPE, 2017.

VILELA, Pedro Rafael. **Aneel cria nova bandeira tarifária, e conta de luz fica mais cara**: custo de 100 kilowatt-hora passará de r\$ 9,49 para r\$ 14,20 até abril. 2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2021-08/aneel-cria-nova-bandeira-tarifaria-e-conta-de-luz-fica-mais-cara>. Acesso em: 15 maio 2022.

ANEXO A - PLANTA BAIXA DO APARTAMENTO

Figura 14 - Planta baixa do apartamento



Fonte: Pronenge Construtora e Imobiliária (2013)