



unifaema

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAEMA – UNIFAEMA

RYAN CATRICH OLIVEIRA

VINICIUS GONÇALVES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO
RESIDENCIAL: ESTUDO DE CASO EM UMA EDIFICAÇÃO**

**ARIQUEMES - RO
2024**

RYAN CATRICH OLIVEIRA
VINICIUS GONÇALVES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO
RESIDENCIAL: ESTUDO DE CASO EM UMA EDIFICAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia Civil
do Centro Universitário FAEMA –
UNIFAEMA como pré-requisito para
obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil

Orientador (a): Prof. Esp. Bruno Dias de
Oliveira.

ARIQUEMES - RO
2024

FICHA CATALOGRÁFICA
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

O48a Oliveira, Ryan Catrich.

Análise e dimensionamento de um sistema fotovoltaico residencial: estudo de caso em uma edificação. / Ryan Catrich Oliveira, Vinicius Gonçalves de Oliveira. Ariquemes, RO: Centro Universitário Faema – UNIFAEMA, 2024.

94 f. ; il.

Orientador: Prof. Esp. Bruno Dias de Oliveira.

Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Civil – Centro Universitário Faema – UNIFAEMA, Ariquemes/RO, 2024.

1. Energia solar. 2. Sistemas fotovoltaicos. 3. Viabilidade econômica. 4. Sustentabilidade ambiental. I. Título. II. Oliveira, Vinicius Gonçalves de. III. Oliveira, Bruno Dias de.

CDD 624

Bibliotecária Responsável
Isabelle da Silva Souza
CRB 1148/11

RYAN CATRICH OLIVEIRA
VINICIUS GONÇALVES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO
RESIDENCIAL: ESTUDO DE CASO EM UMA EDIFICAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA
como pré-requisito para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Civil

Orientador (a): Prof. Esp. Bruno Dias de
Oliveira.

BANCA EXAMINADORA

Assinado digitalmente por: BRUNO DIAS DE OLIVEIRA
Razão: Professor responsável pelo documento
Localização: UNIFAEMA - Ariquemes/RO
O tempo: 26-11-2024 17:29:17

Prof. Esp. Bruno Dias de Oliveira
Centro Universitário FAEMA - UNIFAEMA

Assinado digitalmente por: FELIPE CORDEIRO
DE LIMA
Razão: Sou responsável pelo documento
Localização: UNIFAEMA - Ariquemes/RO

Prof. Me. Felipe Cordeiro de Lima
Centro Universitário FAEMA - UNIFAEMA

Assinado digitalmente por: ROEMIR PERES MACHADO
MOREIRA
Razão: Sou Responsável pelo Documento
Localização: UNIFAEMA - Ariquemes/RO
O tempo: 27-11-2024 14:21:44

Prof. Dr. Roemir Peres Machado Moreira
Centro Universitário FAEMA - UNIFAEMA

ARIQUEMES – RO
2024

Dedicamos este trabalho a nossos pais, familiares e amigos, que nos apoiaram e incentivaram a seguir em frente com nossos objetivos.

AGRADECIMENTOS

Chegar até a etapa de realização deste Trabalho de Conclusão de Curso só foi possível por conta do apoio e colaboração de diversas pessoas, e dessa forma gostaríamos de expressar nossa sincera gratidão.

Nossa gratidão se dá primeiramente aos nossos familiares, que sempre nos apoiaram durante todo o curso, compreendendo nossas ausências, auxiliando e nos incentivando a finalizar com sucesso.

Gostaríamos de dedicar este trabalho à memória do nosso querido amigo Andrey Alexandre Teixeira Bonfim, cuja presença iluminou nossa jornada ao longo dos 5 anos de curso. Sua amizade, apoio e incentivo sempre foram fundamentais em nossas vidas, e seu espírito resiliente e generoso continuará a ser uma fonte de inspiração. Embora sua ausência seja sentida profundamente, o legado que deixou e as lembranças que compartilhamos continuarão a viver em nós e em todos aqueles que tiveram o privilégio de conhecê-lo. Este trabalho é, de certa forma, uma homenagem ao impacto positivo que você teve em nossa trajetória. Com saudade e gratidão, que você descanse em paz.

Agradecemos ao nosso orientador Bruno Dias de Oliveira, por sua orientação, paciência e ensinamentos compartilhados ao longo do desenvolvimento deste trabalho, além de sua ótima docência ao longo do curso. Suas sugestões e críticas foram fundamentais para o aprimoramento deste estudo.

Agradecemos também à Unifaema, por promover os recursos e o ambiente acadêmico de ótima qualidade para a realização desta pesquisa. Aos professores e amigos do curso de Engenharia Civil, assim como os demais cursos que partilhamos períodos, pela troca de conhecimentos e pelo incentivo constante.

Em geral, agradecemos a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho, seja de forma direta ou indireta. A todos, o nosso muito obrigado.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.” (Charles Chaplin).

RESUMO

Este trabalho tem o objetivo evidenciar a viabilidade da implantação de um sistema fotovoltaico em uma edificação na cidade de Ariquemes, estado de Rondônia. O estudo se baseia em um levantamento do consumo energético médio mensal da residência e da radiação solar disponível na região. Utilizando dados obtidos de contas de energia elétrica e fontes meteorológicas, foi possível dimensionar um sistema fotovoltaico adequado às necessidades da residência. Além disso, foi feita uma análise dos aspectos econômicos, considerando os custos de instalação e os benefícios financeiros, como a redução na conta de energia elétrica e o tempo de retorno do investimento. A viabilidade técnica do projeto foi avaliada, verificando a capacidade do telhado e a eficiência do sistema. A análise ambiental incluiu a redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂) proporcionada pela substituição parcial da energia elétrica convencional por energia solar. Os resultados indicam que é viável instalar um sistema fotovoltaico em uma residência unifamiliar, trazendo benefícios econômicos e ambientais significativos. Este estudo contribui para a promoção da energia solar em residências de baixo custo, incentivando a adoção de tecnologias sustentáveis e a diversificação da matriz energética no Brasil.

Palavras-chave: Energia solar; sistemas fotovoltaicos; viabilidade econômica; sustentabilidade ambiental.

ABSTRACT

The aim of this work is to demonstrate the feasibility of implementing a photovoltaic system in a building in the city of Ariquemes, in the state of Rondônia. The study is based on a survey of the average monthly energy consumption of the residence and the solar radiation available in the region. Using data obtained from electricity bills and meteorological sources, it was possible to size a photovoltaic system suited to the home's needs. In addition, an analysis was made of the economic aspects, considering the installation costs and the financial benefits, such as the reduction in the electricity bill and the payback time. The technical feasibility of the project was assessed, checking the capacity of the roof and the efficiency of the system. The environmental analysis included the reduction in carbon dioxide (CO₂) emissions provided by the partial replacement of conventional electricity with solar energy. The results indicate that it is feasible to install a photovoltaic system on a single-family home, bringing significant economic and environmental benefits. This study contributes to the promotion of solar energy in low-cost homes, encouraging the adoption of sustainable technologies and the diversification of the energy matrix in Brazil.

Keywords: Solar energy; photovoltaic systems; economic feasibility; environmental sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 - Energia Eólica.....	29
Figura 2 – Usina de Energia Hidrelétrica	30
Figura 3 - Energia de biomassa	30
Figura 4 - Energia Geotérmica	31
Figura 5 - Energia das Ondas e Marés	32
Figura 6 - Energia de hidrogênio.....	32
Figura 7 - Energia Solar	34
Figura 8 - Funcionamento da Energia Solar	35
Figura 9 - Células de silício policristalino e monocristalino	37
Figura 10 - Inversor solar On-grid com caixa protetora	38
Figura 11 - Aplicativo de monitoramento de um Inversor solar On-grid	39
Figura 12 - Quadro geral de proteção de corrente alternada (CA).....	40
Figura 13 - Painéis instalados em cobertura residencial	40
Figura 14 - Estruturas de fixação mais utilizadas em coberturas	41
Figura 15 - Medidor bidirecional de energia	42
Figura 16 - Sistema de Compensação	43
Figura 17 - Município de Ariquemes - RO	50
Figura 18 - Residência Unifamiliar	51
Figura 19 - Índice Solarimétrico da região de Ariquemes.....	56
Figura 20 - Perdas típicas em um sistema fotovoltaico On-grid	57

GRÁFICOS

Gráfico 1 - Produção mundial de energia renovável	23
Gráfico 2 - Produção de energia renovável Brasil	23
Gráfico 3 - Panorama mundial de geração elétrica (1990-2020)	24
Gráfico 4 - Panorama de geração elétrica do Brasil (1990-2020)	25
Gráfico 5 - Consumo Médio da residência de estudo.....	55
Gráfico 6 - Payback Descontado	65
Gráfico 7 - Retorno Sobre o Investimento Anual (ROI).	66

QUADROS

Quadro 1 - Lista de materiais kit solar fotovoltaico	61
Quadro 2 - Analise dos Impactos ambientais negativos.....	67
Quadro 3 - Analise dos Impactos ambientais positivos	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Geração estimada.....	59
Tabela 2 - Receita (economia) estimados pela produção anual de energia	63
Tabela 3 - Receita e Fluxo de Caixa.....	64
Tabela 4 - Resultados da análise.....	66

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	JUSTIFICATIVA.....	17
1.2	OBJETIVOS.....	18
1.2.1	Geral.....	18
1.2.2	Específicos.....	18
1.3	HIPÓTESE.....	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	FONTES DE ENERGIA.....	19
2.1.1	Aspectos históricos	20
2.1.2	Geração de energia renovável	21
2.1.3	Energia elétrica e seus desafios	25
2.1.4	Tipos de energias renováveis	28
2.2	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	33
2.2.1	Composição de um sistema fotovoltaico on-grid	36
2.2.2	Medidor bidirecional de energia	41
2.2.3	Regulamentação da geração fotovoltaica On-grid	42
2.3	ASPECTOS FINANCEIROS	44
2.4	ASPECTOS AMBIENTAIS	45
2.4.1	Aspectos ambientais negativos	46
2.4.2	Aspectos ambientais positivos	48
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	50
3.1	ÍNDICE SOLARIMÉTRICO.....	51
3.2	ORIENTAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	52
3.3	DIMENSIONAMENTO DO GERADOR FOTOVOLTAICO ON-GRID.....	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES DA PESQUISA	54
4.1	ANÁLISE DO CONSUMO ENERGÉTICO	54
4.2	INCIDÊNCIA SOLAR E LOCALIZAÇÃO DOS MÓDULOS	55
4.3	DIMENSIONAMENTO DO GERADOR SOLAR FOTOVOLTAICO	56
4.3.1	Energia gerada anualmente – período de 30 anos	58
4.3.2	Documentação exigida pela concessionária	60
4.4	ANÁLISE DOS ASPECTOS ECONÔMICOS.....	60
4.4.1	Custos do sistema gerador solar fotovoltaico	61

4.4.2 Custos de manutenção	62
4.4.3 Análise do fluxo de caixa.....	62
4.4.4 Análise do payback descontado.....	65
4.4.5 Taxa interna de retorno (TIR) e Valor presente líquido (VPL).....	66
4.4.6 Retorno sobre o investimento (ROI).....	66
4.5 ANÁLISE DOS ASPECTOS AMBIENTAIS	67
5 CONCLUSÕES	70
REFERÊNCIAS.....	72
ANEXOS..	Erro! Indicador não definido.

1 INTRODUÇÃO

A procura por fontes de energia renováveis tem se intensificado nas últimas décadas, estimulada pelas preocupações com as mudanças climáticas e a necessidade de diversificação da matriz energética. Entre as alternativas encontradas, a energia solar fotovoltaica se destaca por sua abundância e pelo potencial de aplicação em diferentes escalas, desde grandes usinas até pequenos sistemas residenciais. No Brasil, país com elevado índice de radiação solar, a utilização de sistemas fotovoltaicos apresenta-se como uma solução promissora para a produção de energia limpa e sustentável (VIAN, 2021).

Atualmente, a matriz energética brasileira é fortemente dependente das usinas hidrelétricas, que representam aproximadamente 58,9% da capacidade instalada de fontes de geração de energia no país (EPE, 2024). Embora as hidrelétricas sejam uma fonte renovável, elas enfrentam desafios significativos, como a variação das condições climáticas com períodos chuvosos e períodos secos, e os impactos ambientais e sociais associados à construção de grandes barragens. Nesse cenário, a energia solar surge como uma alternativa capaz de reduzir a pressão sobre os recursos hídricos e aumentar a segurança energética do país (Serrano et al.2022).

Apesar do crescimento significativo na adoção de sistemas fotovoltaicos em áreas urbanas, ainda há uma percepção de que essa tecnologia é acessível apenas para empresas e grandes empreendimentos, deixando de lado o potencial de aplicação em residências. No entanto, o avanço tecnológico e a redução dos custos de instalação e manutenção tornam cada vez mais viável a implementação de sistemas fotovoltaicos em edificações. Demonstrar essa viabilidade pode não apenas incentivar a adoção dessa tecnologia por um maior número de famílias, mas também contribuir para a redução dos gastos com energia elétrica e a promoção da sustentabilidade ambiental. (Costa et al.2020).

No que diz respeito à geração distribuída para residências, é importante ressaltar as medidas adotadas para promover esse tipo de geração. A Lei 14.300 aprovada em 06 de janeiro de 2022, define todos os critérios para a compensação e cobrança por parte das empresas concessionárias. O sistema de compensação opera através de créditos de energia. Quando a energia gerada excede a energia

consumida, são computados saldos de energia, gerando créditos que podem ser usados para compensar o consumo nos meses seguintes por um período de até 60 meses.

1.1 JUSTIFICATIVA

O tema " Análise e Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico Residencial: Estudo de Caso em uma Edificação" foi selecionado devido à sua importância e atualidade no cenário atual de procura por fontes de energia mais sustentáveis e econômicas.

O aumento crescente do consumo de energia elétrica, juntamente com as dificuldades que as usinas hidrelétricas enfrentam durante períodos de seca, destaca a necessidade de buscar soluções eficazes e acessíveis para atender às demandas energéticas da população. Assim, a produção de energia solar por conta própria tem se mostrado uma alternativa esperançosa, possibilitando aos consumidores gerarem sua própria eletricidade de maneira sustentável e diminuindo os gastos relacionados à eletricidade convencional.

O município de Ariquemes, situado em Rondônia, foi selecionado para estudo devido ao seu contexto geográfico e socioeconômico, que possui particularidades específicas ligadas à demanda energética e ao potencial solar da área. Ademais, nota-se um aumento no interesse de residentes e empresários locais em implementar sistemas de energia solar, com o objetivo de diminuir despesas e auxiliar na proteção do meio ambiente.

Assim, nota-se o grande potencial da região na geração de energia elétrica por meio do sistema fotovoltaico. Levando em conta o cenário atual de altos preços de energia elétrica, a perspectiva de estímulos governamentais, o aumento da demanda populacional ou industrial, este estudo se torna essencial. Ele apresentará os diferentes tipos de sistemas de energia solar, seu dimensionamento, estimativas de custo, retorno, impactos ambientais e sua viabilidade econômica.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Dimensionar um sistema fotovoltaico residencial conectado à rede conforme a demanda de consumo de energia e realizar a análise dos aspectos econômicos e ambientais que o sistema proporciona.

1.2.2 Específicos

- Analisar a demanda energética de uma residência popular, baseando-se no histórico dos últimos doze meses de consumo.
- Realizar o levantamento quantitativo de equipamentos eletrônicos e eletrodomésticos para análise da demanda energética;
- Apresentar as principais tecnologias de painéis solares disponíveis atualmente no mercado brasileiro;
- Avaliar os aspectos ambientais e econômicos do sistema apresentado, considerando custos de instalação, manutenção, vida útil e possíveis economias na conta de energia.

1.3 HIPÓTESE

- Espera-se que o custo inicial da instalação do sistema fotovoltaico residencial seja amortizado em um período de 3 anos, após o qual o sistema proporcionará economia relevante nas contas de energia elétrica;
- O custo de manutenção de um sistema fotovoltaico ao longo de sua vida útil (20-30 anos) é significativamente menor em comparação aos benefícios econômicos obtidos;
- Residências com sistemas fotovoltaicos instalados apresentam uma redução de pelo menos 70% na conta de energia elétrica mensal comparado a residências que não contam com esse sistema.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 FONTES DE ENERGIA

A energia elétrica exerce um papel crucial no progresso da sociedade moderna. Observa-se que a ampliação da necessidade de um fornecimento contínuo de energia ocorre a partir da rápida evolução tecnológica e das demandas crescentes, como veículos autônomos e cidades inteligentes, isto é, cidades que utilizam a tecnologia para o seu planejamento e desenvolvimento (Azevedo, 2023).

A demanda em crescimento destaca a importância das fontes de energia renováveis, que englobam todas as formas de energia derivadas de recursos naturais que se regeneram naturalmente, tais como a luz solar, a água, o vento e a biomassa. Em contraste com os combustíveis fósseis, tais como carvão, petróleo e gás natural, que são finitos e causam um impacto considerável no aquecimento global, as fontes renováveis surgem como uma opção mais sustentável. (Araújo *et al.*, 2022).

A renovação das fontes de energia é essencial para promover o desenvolvimento sustentável e garantir a continuidade dos sistemas econômicos. Segundo salienta Freire (2014), as fontes de energia não renováveis são encontradas na natureza em quantidades limitadas e levam milhares de anos para se formarem. Uma vez esgotadas, suas reservas não podem ser regeneradas. Exemplos incluem os combustíveis fósseis, como petróleo, gás natural e carvão, além do urânio, que é muito aproveitado na energia nuclear.

Enquanto isso, as fontes renováveis são caracterizadas por ciclos naturais contínuos e relativamente curtos de renovação, o que permite que permaneçam disponíveis ao longo do tempo. Exemplos de fontes renováveis são a energia solar, eólica, hidrelétrica, oceânica, fotovoltaica e os biocombustíveis (Mantovani; Neumann; Edler, 2016).

Segundo Goldemberg (2015), a maior parte das fontes de energias renováveis provém da radiação solar, incluindo energia eólica, solar térmica, fotovoltaica e biomassa. Essas fontes não se esgotam e são menos poluentes, além de estarem distribuídas de forma mais uniforme ao redor do planeta, em contraste com os combustíveis fósseis.

2.1.1 Aspectos históricos

Desde o século XIX, ocorreram avanços significativos nos sistemas energéticos com o surgimento da máquina a vapor e a eletricidade, que proporcionaram um aumento na demanda por combustíveis fósseis. No entanto, no final do século também surgiram os primeiros passos em direção ao uso da energia solar e eólica, com patentes de dispositivos para capturar energia solar e turbinas eólicas rudimentares (Mauad; Ferreira; Trindade, 2017).

O século XX foi um período de grandes mudanças, especialmente na década de 1970 que trouxe uma nova atenção para as energias renováveis, impulsionada pela crise do petróleo. Em 1973, a primeira crise do petróleo levou a um aumento do interesse em fontes de energia alternativas. Durante esse período, houve avanços significativos na tecnologia solar, com a introdução dos primeiros painéis solares comerciais (Bezerra *et al.*, 2019).

Durante as décadas de 80 e 90, as nações desenvolvidas assistiram ao crescimento da energia eólica, graças ao aperfeiçoamento de turbinas mais eficazes e à edificação de parques eólicos em diversos locais do mundo, especialmente na Dinamarca e nos Estados Unidos. Apesar da predominância da energia hidrelétrica, a energia solar e a biomassa começaram a atrair mais interesse (Carmo; Tatizawa, 2019).

Durante esse período, o Protocolo de Kyoto, estabelecido em 1997 no Japão, marcou um avanço crucial nos esforços globais para enfrentar as mudanças climáticas. Esse tratado internacional determinou metas vinculativas para a diminuição das emissões de gases de efeito estufa entre os países desenvolvidos, com o objetivo de reduzir os efeitos do aquecimento global (Santos; Blanco, 2016).

Segundo Chioca (2022), embora o Protocolo de Kyoto não tenha estabelecido requisitos específicos para o uso de energias renováveis, seu impacto foi relevante para iniciar essa mobilização, sendo posteriormente aprimorada por acordos posteriores. O tratado incentivou países a adotar políticas e estratégias que incluíssem o aumento do uso de energias limpas e renováveis como uma forma de reduzir as emissões. Os compromissos de redução proporcionaram uma forte motivação para investir em tecnologias verdes e soluções sustentáveis (Chioca, 2022).

O início do século XXI marcou uma era de rápido crescimento para as energias renováveis, a partir da redução dos custos tecnológicos, o despertar de muitos países sobre as problemáticas climáticas globais e o aumento da conscientização ambiental. No Brasil, a energia eólica teve destaque no início dos anos 2000, com a construção de parques eólicos principalmente no Nordeste do país, região com alto potencial eólico, sendo a primeira em Fernando de Noronha. Em 2010, o Brasil estabeleceu um marco regulatório para a energia eólica e, desde então, a capacidade instalada cresceu exponencialmente.

Nesse contexto, o Acordo de Paris, celebrado em 2015, reforçou o comprometimento global com a diminuição das emissões de gases de efeito estufa e incentivou investimentos em tecnologias sustentáveis. Assinado na Conferência das Partes (COP21), o acordo constitui um marco significativo na batalha contra as mudanças climáticas, pois definiu um objetivo universal de limitar o aquecimento global e fomentar práticas sustentáveis, sublinhando a relevância das energias renováveis como um elemento essencial dessa abordagem (Madureira *et al.*, 2023).

Ainda a respeito disso, Madureira *et al.* (2023) reforçam que a abordagem normativa do Acordo de Paris se destaca como um ponto de convergência na ação global contra as mudanças climáticas, devido à importância dos problemas sistêmicos e transfronteiriços gerados pelo uso de fontes de energia poluentes, como os derivados do petróleo. Para os autores, estes desafios são cruciais no contexto atual de cooperação internacional para enfrentar o aquecimento global.

2.1.2 Geração de energia renovável

A integração de energia renovável na matriz energética requer mudanças nas infraestruturas e embora a energia renovável ofereça vantagens ambientais significativas, como a atenuação das emissões de gases de efeito estufa, não é isenta de desafios. Projetos de grande escala podem ter impactos ecológicos e sociais, como a alteração de habitats naturais e a disputa por terras. A implementação responsável e sustentável é crucial para minimizar esses impactos e garantir benefícios amplos (Mauad; Ferreira; Trindade, 2017).

No que se refere a um breve panorama mundial de energia renovável cita-se, por exemplo, a região do Leste dos Estados Unidos que possui um sistema energético

consolidado que atende aproximadamente 228 milhões de pessoas. Em contraste, a China demonstrou um crescimento rápido, instalando cerca de 85 GW em apenas quatro anos e aumentando sua capacidade em aproximadamente 50% (Mauad; Ferreira; Trindade, 2017).

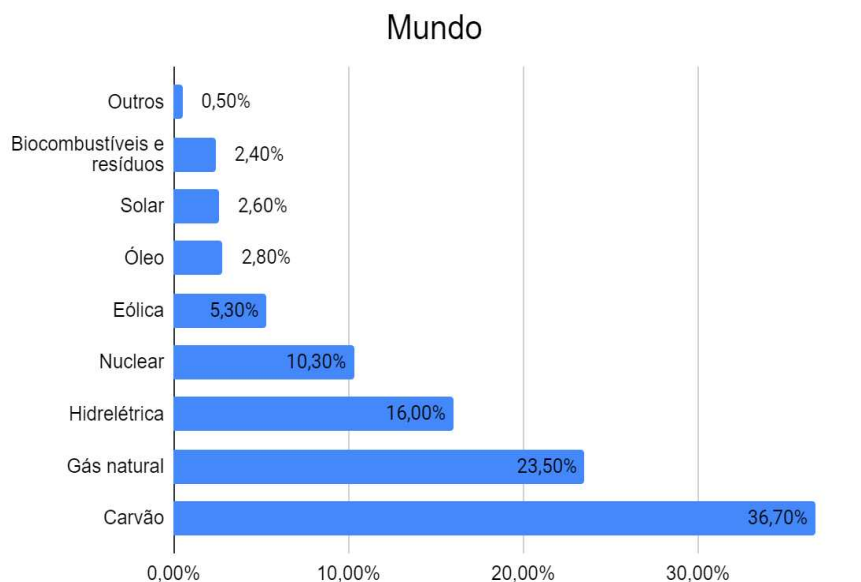
No Brasil, geração de energia renovável atende mais de 4 milhões de pessoas que representam cerca de 31 GW de potência operacional. Essa geração gera emprego, sustentabilidade, economia para as famílias e competitividade energética. Dentre outros benefícios, redução e eliminação dos gases do efeito estufa e diminuição de impactos ambientais (Miranda; Martins; Lopes, 2019; Fraga *et al.*, 2021).

A capacidade do país de gerar energia renovável pode ser percebida do desenvolvimento econômico que promove redução de custos de energia, gera empregos e fomenta a inovação tecnológica. Estas fontes renováveis de energia estão crescendo cada vez mais e se tornando cada vez mais acessíveis às famílias e aos empresários brasileiros (Miranda; Martins; Lopes, 2019).

No ano de 2019, cerca de 60% da eletricidade produzida globalmente vinha de fontes não renováveis, como o gás natural e o carvão, que, em conjunto, representavam cerca de 60% da produção global de energia. No Brasil, a hidrelétrica, que explora o abundante potencial hídrico do país, era a principal fonte de energia renovável, representando aproximadamente 63% da eletricidade produzida em 2019 (EPE, 2020).

O gráfico 1 apresenta o perfil de produção de energia renovável mundialmente.

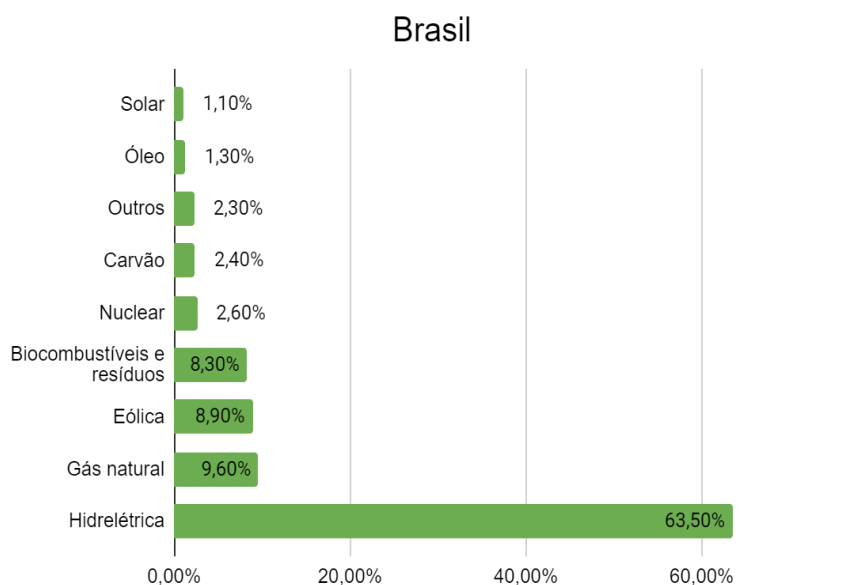
Gráfico 1 - Produção mundial de energia renovável



Fonte: IEA (2019); EPE (2020).

O gráfico 2 apresenta o percentual do perfil de produção de energia renovável no Brasil.

Gráfico 2 - Produção de energia renovável Brasil



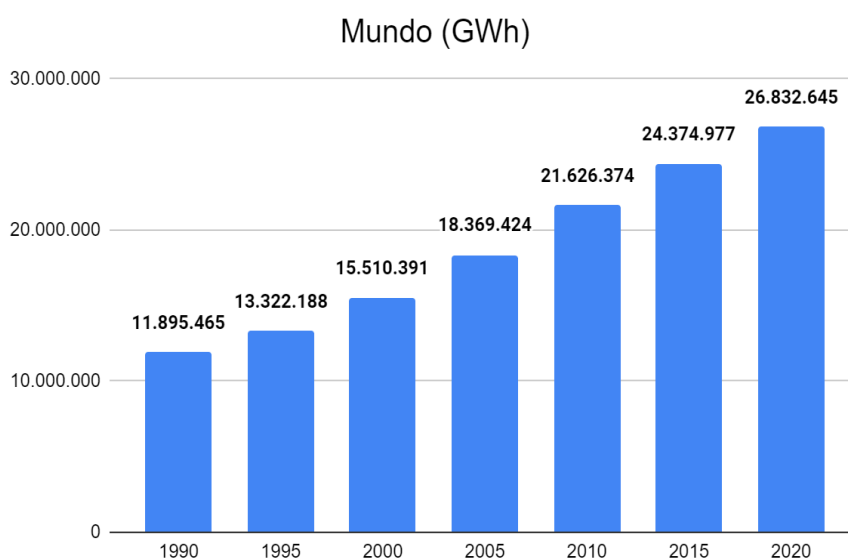
Fonte: IEA (2019); EPE (2020).

É possível observar uma grande distinção entre o perfil de geração de energia do Brasil em comparação ao cenário mundial. A matriz energética do Brasil é notoriamente dominada pela energia hidrelétrica, que tem desempenhado um papel fundamental no fornecimento de eletricidade no Brasil, enquanto outras fontes de energia renovável, como biomassa, solar e eólica, têm apresentado crescimento significativo, mas ainda estão atrás em termos de participação total (Bondarik; Pilatti; Horst, 2018).

É válido destacar que o Brasil possui um vasto potencial hídrico, com importantes bacias hidrográficas como a do Amazonas e a do Paraná, que permitem a construção de grandes usinas como Itaipu e Belo Monte. A capacidade instalada de geração hidrelétrica do Brasil é uma das maiores do mundo, o que reflete na presença da fonte na matriz energética nacional (Canales; Beluco; Mendes, 2015).

Em uma análise histórica e específica da capacidade de geração de energia mundial e do Brasil entre 1990 e 2020. O gráfico 3 apresenta o panorama mundial desse período. Enfatiza-se que o Brasil se apresenta como o país que possui o maior recurso natural e geração de energia mais limpa do mundo, onde sua matriz energética baseia-se em energia solar, hidroelétrica, biomassa e eólica, enquanto que no mundo as principais fontes são oriundas de gás natural, petróleo e carvão mineral (IEA, 2022).

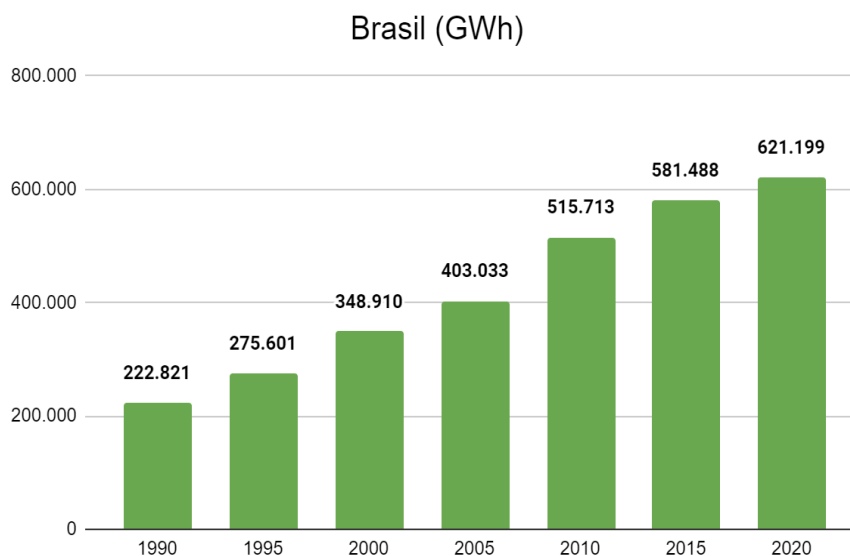
Gráfico 3 - Panorama mundial de geração elétrica (1990-2020)



Fonte: IEA (2022).

O gráfico 4 apresenta o panorama do Brasil na produção de energia no mesmo período.

Gráfico 4 - Panorama de geração elétrica do Brasil (1990-2020)



Fonte: IEA (2022).

Como observado no gráfico, no cenário brasileiro houve um aumento de cerca de 180%, atingindo aproximadamente 620 mil GWh em 2020. Destaca-se que no Brasil durante esse período, a contribuição da energia hidrelétrica na matriz energética caiu de 93% (1990) para 63% (2020), com o crescimento de outras fontes, principalmente renováveis. Enquanto isso, globalmente, o aumento foi de cerca de 125%, alcançando aproximadamente 27 milhões de GWh em 2020 (IEA, 2022).

2.1.3 Energia elétrica e seus desafios

Como visto, a energia exerce papel relevante para o desenvolvimento urbano das cidades, acompanhando as tendências de um mundo globalizado, sendo fundamental para o acesso a diversos bens e serviços públicos, como educação, saúde, nutrição, infraestrutura, habitação, oportunidades de emprego e assistência técnica. Seus benefícios são indiscutíveis. Portanto, é essencial garantir que todas as pessoas, especialmente aquelas que ainda não têm acesso, possam usufruir dessa fonte vital (Cavalcante, 2015).

Conforme destacado por Mauad, Ferreira e Trindade (2017) e Irene (2021), os principais desafios para a prática de energias renováveis incluem a disponibilidade de recursos que possam estar disponíveis para a geração da energia, tais como vento, radiação solar e fluxo de água. Destarte ainda, o constante desenvolvimento econômico e tecnológico envolvendo a produção de energia renovável se mostram ainda com custos elevados para a sua operacionalização.

Apesar da energia elétrica desempenhar um papel fundamental na satisfação das necessidades da sociedade, sua exploração está frequentemente associada a desastres ecológicos e a mudanças, muitas vezes irreversíveis, em tão alto grau para o meio ambiente quão intensamente para as comunidades humanas. Verifica-se que o planejamento e a execução de projetos de infraestrutura são frequentemente baseados em políticas uniformes, que não levam em consideração a diversidade dos contextos locais. Um exemplo disso é a Amazônia brasileira, onde os projetos elétricos muitas vezes não consideram adequadamente as particularidades geoespaciais, biodiversas e socioculturais da região (Cavalcante, 2015).

Compreender e obter energia de maneira sustentável na atualidade não é simplesmente um diferencial, mas sim uma necessidade, haja vista a emergência climática mundial que aumenta constantemente. Priorizar o uso de fontes de energia renováveis amortiza a dependência de combustíveis fósseis e atenua as emissões de gases de efeito estufa (Fraga *et al.*, 2021).

Para tanto, destaca-se que é imprescindível investir em pesquisa e incremento de novas tecnologias que possam levar a soluções mais limpas e eficientes para a produção e o armazenamento de energia. Além disso, é preciso projetar e construir infraestrutura com princípios de sustentabilidade, tendo em vista que muitas obras trazem impactos inestimáveis ao meio ambiente, como é o caso das hidrelétricas (Silva; Paula, 2018).

Nesse processo, é válido reforçar que a principal fonte da matriz energética brasileira ainda é a hidrelétrica. As problemáticas desse tipo de fonte se originam a partir da construção de barragens e reservatórios que frequentemente resultam na inundação de grandes áreas de terra, o que leva à perda de habitats naturais e à alteração dos ecossistemas aquáticos e terrestres. Esse processo pode submergir florestas, áreas de biodiversidade rica e até mesmo comunidades humanas, prejudicando a flora e a fauna locais (Fraga *et al.*, 2021).

Ainda, a criação de reservatórios modifica o fluxo natural dos rios, podendo afetar a dinâmica dos ecossistemas aquáticos e a mudança no regime de água pode prejudicar a vida de peixes e outras espécies aquáticas, afetando a reprodução e migratórias. Além disso, a retenção de sedimentos no reservatório pode impactar nas propriedades da água e a saúde dos ecossistemas fluviais (Terrin; Blanchet, 2019).

É compreensível que as características dos biomas brasileiros favoreçam esse tipo de fonte de energia, pois o país é rico em rios e já possui inúmeras hidrelétricas, especialmente na Região Norte. Porém, é necessária a integração de soluções que minimizem impactos ambientais e sociais, como a implementação de tecnologias de pequena escala, a consideração de alternativas de localização e o envolvimento das comunidades locais, além da priorização de outras fontes de energia sustentáveis (Silva; Paula, 2018).

Historicamente, o Brasil enfrentou vários períodos de escassez de energia elétrica, episódios como a crise energética de 2001, conhecida como "apagão", que resultou de uma combinação de fatores como a seca severa que afetou os reservatórios das hidrelétricas e a ausência de investimentos em infraestrutura e manutenção. Esse evento destacou a dependência excessiva do país em relação às hidrelétricas, que, apesar de serem uma fonte de energia renovável, são vulneráveis às variações climáticas (Gomes, 2023).

De maneira semelhante em 2009, o Brasil enfrentou outro apagão energético que afetou várias regiões do país. Este evento teve um impacto profundo na vida cotidiana, na economia e na infraestrutura nacional. As regiões mais afetadas foram o Sudeste, o Sul e parte do Centro-Oeste. Muitas cidades ficaram sem eletricidade, as atividades empresariais foram interrompidas e milhões de pessoas foram afetadas (Furtado; Souza; Andrade, 2023).

Neste episódio problemas técnicos em usinas e linhas de transmissão contribuíram para o agravamento da crise. Deficiências nos equipamentos, falta de manutenção e falhas na operação do sistema foram identificadas como fatores que provocaram as interrupções de energia, expondo vulnerabilidades estruturais e operacionais no setor elétrico brasileiro (Furtado; Souza; Andrade, 2023).

Porém, ainda nos dias atuais, muitas regiões têm acesso limitado a uma rede elétrica estável e enfrentam muitos episódios de apagões e escassez de energia. Isso

ocorre frequentemente em estados da Região Norte e Nordeste, como Roraima e Amapá, onde a expansão da rede elétrica é complexa e cara devido à vastidão territorial e à baixa densidade populacional em algumas áreas (Ribeiro, 2024).

Sob esse prisma, importante destacar que em 2020, o Amapá sofreu um apagão que deixou a maior parte do estado sem energia elétrica por vários dias, que afetou mais de 15 municípios. Na época, evidencia-se que tudo se iniciou com uma falha em uma subestação de energia em Macapá, a capital do estado, que causou uma série de problemas em outras partes da rede elétrica. Nesta época houve, além dos apagões, problemas com a alimentação, com a internet e com a água tratada. Ressalta-se ainda, o apagão que ocorreu em 2022, em Roraima, o qual afetou o estado durante um período crítico que se iniciou com falhas na transmissão de energia que interferiram no complexo de subestações, linhas de transmissão, usinas e outros que integram ao Sistema Interligado Nacional (SIN) (Porto, Tostes, Gomes, 2021).

Embora o Brasil tenha uma abundância de recursos hídricos, episódios como esses expõem que os problemas com energia elétrica no país ainda são reais. Além disso, verifica-se que a dependência predominante das hidrelétricas pode ser um ponto fraco durante períodos de seca e isso causa preocupação sobre a segurança energética, uma vez que a variabilidade climática pode afetar a capacidade de geração de energia (Furtado; Souza; Andrade, 2023).

Nos últimos anos, houve esforços para mitigar esses problemas, com investimentos em novas fontes de energia renovável e melhorias na infraestrutura de transmissão. No entanto, os desafios persistem, especialmente em áreas menos desenvolvidas, sendo fundamental que sejam implantadas políticas públicas focadas em expandir e modernizar a infraestrutura, incentivar o uso de outras fontes renováveis de energia, bem como em promover a inclusão energética (Ribeiro, 2024).

2.1.4 Tipos de energias renováveis

As energias renováveis são fontes que se destacam por sua capacidade de se regenerar de forma natural e por apresentarem um impacto ambiental muito menor em comparação com as fontes habituais, como os combustíveis fósseis (Goldemberg, 2015).

De acordo com Araújo et al. (2022) e Lara e Richter (2023), algumas das principais formas de energias renováveis incluem:

Energia eólica (figura 1): obtida a partir do vento, que é captado por turbinas eólicas. Essas turbinas podem ser implantadas tanto em terra (*onshore*) como no mar (*offshore*). Quando o vento aciona as lâminas da turbina, um gerador converte a energia cinética do vento em eletricidade. A eólica é uma das categorias mais desenvolvidas e está em rápido crescimento dentro do setor de energias renováveis.

Figura 1 - Energia Eólica



Fonte: Brasil, Ministério de Minas e Energia (2023).

Energia hidrelétrica (figura 2): aproveita a força da água em deslocamento, como a correnteza de rios ou quedas d'água, para produzir eletricidade. As usinas hidrelétricas podem variar em escala, desde grandes barragens que criam grandes reservatórios até pequenos sistemas conhecidos como "mini hidrelétricas". Embora seja uma fonte de energia confiável e estável, a construção de grandes barragens pode acarretar impactos ambientais e sociais significativos.

Figura 2 – Usina de Energia Hidrelétrica



Fonte: Globo (2021).

Energia de biomassa (figura 3): proveniente de materiais orgânicos, como resíduos florestais, agrícolas e restos de alimentos, sendo gerada por meio da queima desses materiais ou da conversão deles em biocombustíveis, como etanol e biodiesel. A biomassa pode ser utilizada para gerar eletricidade, aquecer ambientes e alimentar veículos, além de ajudar na redução de resíduos orgânicos.

Figura 3 - Energia de biomassa



Fonte: Galp (2024).

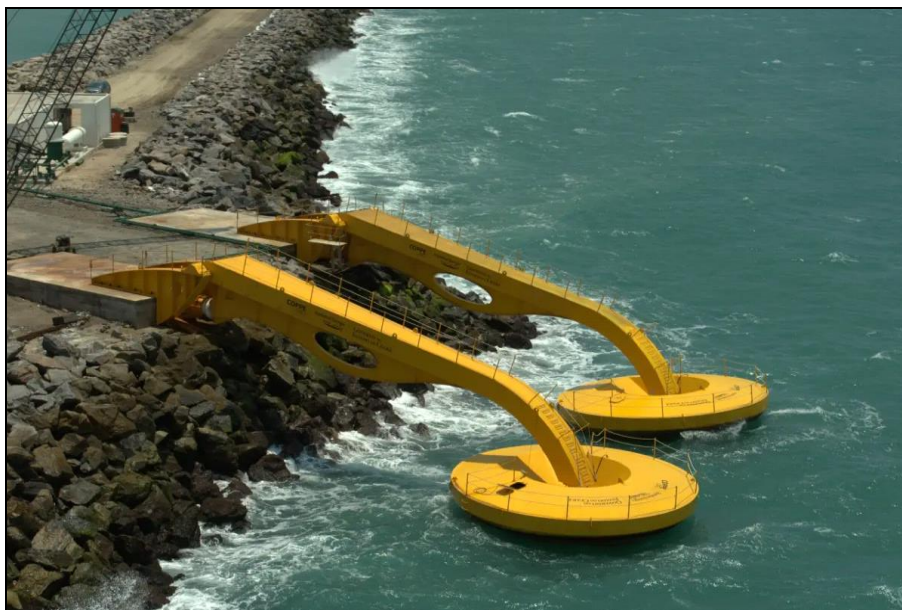
Energia geotérmica (figura 4): explora o calor no interior da Terra para gerar eletricidade e esquentar ambientes. Usinas geotérmicas acessam esse calor por meio de poços profundos que extraem vapor ou água quente do subsolo e esse calor pode ser utilizado diretamente para aquecimento ou convertido em eletricidade por meio de turbinas. É uma fonte de energia muito estável e com baixa emissão de carbono.

Figura 4 - Energia Geotérmica



Fonte: Estadão (2022).

Energia das ondas e marés (figura 5): obtida a partir do movimento das águas oceânicas. Sistemas para capturar a energia das ondas geralmente utilizam dispositivos flutuantes que convertem o movimento das ondas em eletricidade. A energia das marés, por sua vez, aproveita as variações no nível do mar causadas pelas marés para gerar eletricidade. Apesar de recentes, essas tecnologias apresentam um grande potencial devido à previsibilidade das marés e ao movimento das ondas.

Figura 5 - Energia das Ondas e Marés

Fonte: CNN Brasil (2022).

Energia a partir do hidrogênio (figura 6): embora o hidrogênio não seja uma fonte de energia primária, ele pode ser gerado a partir de fontes renováveis, como a eletrólise da água utilizando eletricidade proveniente de fontes solares ou eólicas.

Figura 6 - Energia de hidrogênio

Fonte: Canal Solar (2023).

O hidrogênio pode ser empregado como combustível em células de combustível para produzir eletricidade ou como alternativa aos combustíveis fósseis em áreas como transporte e indústria.

2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Durante séculos, as ações humanas têm provocado vários efeitos negativos no planeta, incluindo a extração imprópria de recursos, incêndios e mudanças na fauna e na flora. Com esses desafios, surge a demanda por soluções sustentáveis, que incluem a utilização responsável de fontes renováveis de vegetais e minerais (Fraga et al., 2021).

Segundo Oliveira (2023), o progresso técnico e científico tem gerado vários desafios ecológicos tanto para o meio ambiente quanto para a sociedade, o que destaca a necessidade de adotar práticas mais sustentáveis e minimizar os impactos ambientais. Nesse cenário, o autor ressalta que a adoção de tecnologias limpas e renováveis tem se tornado uma solução cada dia mais relevante para os problemas associados às fontes tradicionais de energia elétrica.

A energia solar fotovoltaica tem se expandido de forma significativa, sendo uma fonte renovável com impacto ambiental mínimo. Apesar do alto custo inicial de instalação, o potencial do Brasil para a utilização dessa tecnologia é notável. Os painéis solares fotovoltaicos (figura 7), eram considerados uma solução futura e tornaram-se uma realidade necessária no presente, com inovações contínuas (Silva; Araújo, 2022).

Figura 7 - Energia Solar

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

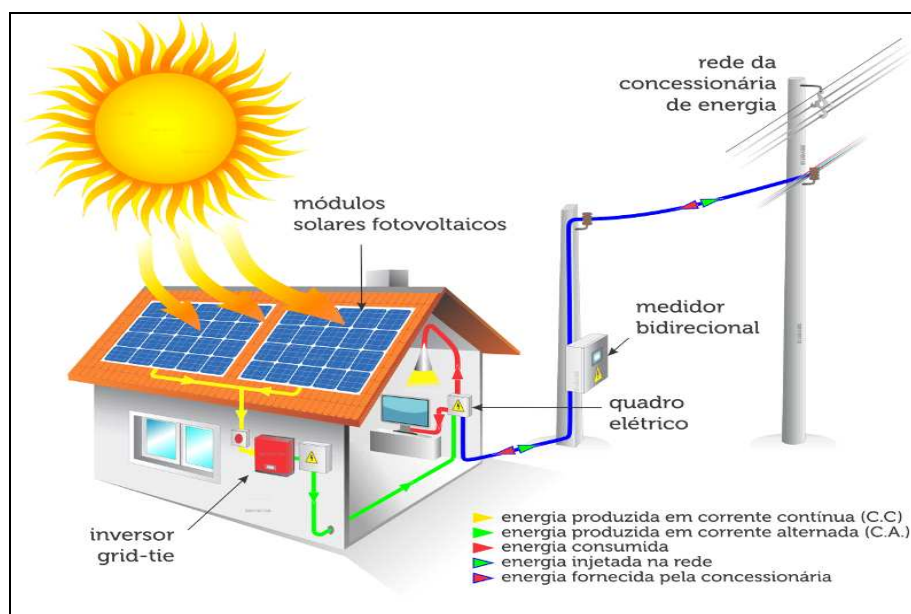
Estes dispositivos, com designs modernos adaptados a diferentes necessidades, têm avançado na capacidade de gerar eletricidade. A energia gerada a partir de painéis fotovoltaicos é agora uma opção amplamente adotada em muitos países devido à sua natureza limpa e renovável, sendo bastante procurada no Brasil, especialmente nos últimos dez anos (Silva; Araújo, 2022).

Os painéis solares fotovoltaicos são equipamentos projetados para transformar a luz solar em eletricidade. Eles são constituídos por células fotovoltaicas agrupadas em módulos, também conhecidos como placas solares ou painéis solares. Esses painéis são fabricados com materiais semicondutores que utilizam o efeito fotovoltaico para transformar a radiação solar em energia elétrica (Oliveira, 2023).

Dentre os diversos tipos de células fotovoltaicas, as mais comuns são as feitas de silício, que possui quatro elétrons na camada de valência e forma uma estrutura cristalina ao se unir com quatro átomos vizinhos. Quando o silício é dopado com elementos como arsênio ou fósforo, que têm cinco elétrons na camada de valência, um desses elétrons fica livre e contribui para a condução elétrica. Quando a junção P-N é exposta à luz solar, os fótons com energia suficiente excitam os elétrons, criando pares de lacunas e elétrons livres, o que resulta na geração de uma corrente elétrica na área de junção (Silva *et al.*, 2020).

O funcionamento básico do sistema de energia solar fotovoltaica é ilustrado na figura 8.

Figura 8 - Funcionamento da Energia Solar



Fonte: Luz solar (2017).

Segundo Ayrão (2018), existem três principais tipos de sistemas fotovoltaicos, a saber:

- Sistema fotovoltaico isolado (Off-Grid): este sistema não está conectado à rede de distribuição elétrica e é projetado para atender ao consumo próprio e pode alimentar cargas diretamente;
- Sistema fotovoltaico conectado à rede (On-Grid): este sistema está integrado à rede elétrica da concessionária e fornece energia em corrente alternada diretamente para a rede, interligando-se à infraestrutura de distribuição existente;
- Sistema fotovoltaico com bateria conectado à rede (Híbrido): este sistema também está conectado à rede elétrica da concessionária, mas inclui baterias para armazenar energia. Ele permite o fornecimento de energia para as cargas mesmo quando há falta de energia da rede, além de possibilitar o controle sobre os momentos em que a energia é injetada na rede, oferecendo assim um gerenciamento mais eficiente da energia.

De acordo com Silva *et al.* (2020), a China se apresenta como o maior mercado para energia fotovoltaica. Nos Estados Unidos, a energia solar está prevista para crescer cerca de 20%, consolidando sua posição como o segundo maior mercado mundial. Entre os estados mais proeminentes dos EUA estão Califórnia, Texas, Flórida, Carolina do Norte e Nova York. Além disso, novos mercados estão se desenvolvendo na América Latina, Oriente Médio e Sudeste Asiático ao longo desta década (Silva *et al.*, 2020).

O Brasil, com seu grande potencial para aproveitar essa tecnologia devido à sua localização geográfica, extensão territorial e alta incidência solar, tem visto um crescimento na geração de energia solar. No ano de 2023, o Brasil estabeleceu-se como um dos principais mercados de energia solar, tanto a nível regional quanto mundial, ficando em 6º lugar (PORTAL SOLAR, 2024). As políticas públicas de incentivo têm impulsionado esse crescimento, e, apesar do alto custo inicial das instalações, principalmente devido à importação de equipamentos, a aceitação do sistema fotovoltaico tem sido positiva. A energia solar fotovoltaica, por ser uma fonte limpa, renovável e de fácil instalação e manutenção, é ideal para áreas remotas que não têm acesso à energia elétrica convencional. Ela representa uma fonte inesgotável de energia, alimentada pela incidência dos raios solares (Oliveira, 2023).

2.2.1 Composição de um sistema fotovoltaico on-grid

Um sistema fotovoltaico On-grid é composto por diversos equipamentos que trabalham em conjunto para converter a luz solar em energia elétrica utilizável.

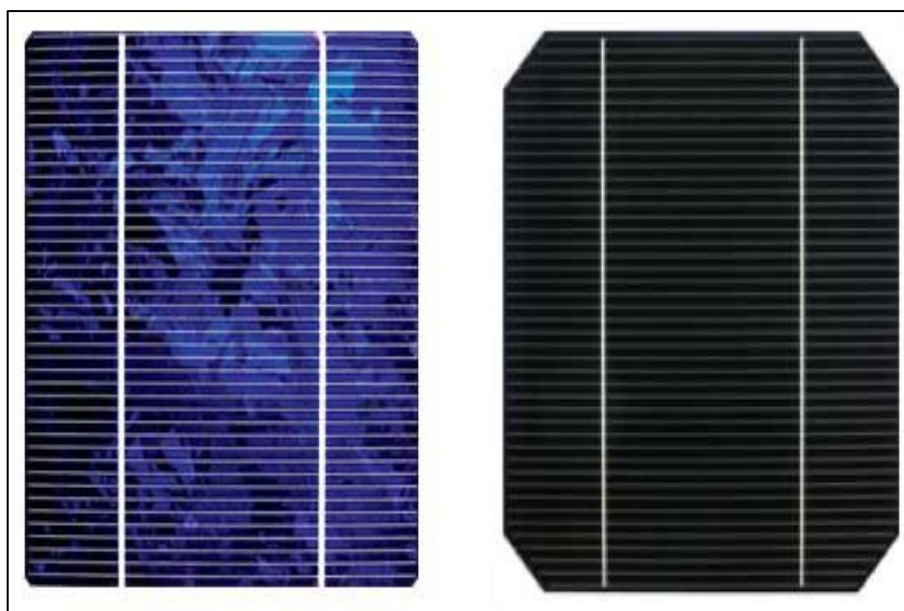
Os módulos fotovoltaicos são as unidades que captam a luz solar e a convertem em eletricidade. Existem duas categorias principais de módulos: monocristalinos e policristalinos, conforme aponta Ayrão (2018):

- **Módulos Monocristalinos:** São fabricados a partir de um único cristal de silício, o que proporciona uma alta eficiência e desempenho superior em condições de baixa luminosidade. Eles costumam ter um design elegante e ocupam menos espaço em comparação com módulos policristalinos, embora seu custo seja geralmente mais elevado.

- **Módulos Policristalinos:** São feitos a partir de múltiplos cristais de silício. Essa técnica de fabricação resulta em um custo menor, mas também em uma eficiência ligeiramente inferior em relação aos módulos monocristalinos. Eles são uma escolha popular para projetos em larga escala onde o custo é um fator importante.

Os módulos podem ser claramente diferenciados visualmente, conforme figura 9, onde a célula do módulo policristalino (esquerda) apresenta a tonalidade clara azulada e a célula do módulo monocristalino (direita) apresenta tons escuros de azul.

Figura 9 - Células de silício policristalino e monocristalino



Fonte: Fotus (2021).

Os inversores (figura 10) são essenciais em um sistema fotovoltaico, pois são responsáveis por converter a corrente contínua (CC) produzida pelos módulos em corrente alternada (CA), que é o tipo de eletricidade apropriada para uso doméstico das unidades consumidoras (UC), estando ligado à rede elétrica da casa. Os inversores, além da conversão, também exercem funções vitais de retificação e filtragem. (Ayrão, 2018).

Figura 10 - Inversor solar On-grid com caixa protetora



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Esses inversores operam em simultaneidade com a rede da concessionária local e necessitam de um sistema anti-ilhamento para assegurar que, em caso de interrupção de energia, o sistema seja desligado de forma automática por medidas de segurança. Quando a produção solar supera o consumo da unidade consumidora (UC), o excesso de energia elétrica é injetado na rede. Por outro lado, quando a produção solar é insuficiente, a demanda é suprida pela rede elétrica. Adicionalmente, em períodos sem geração, como à noite, ele se desliga automaticamente para garantir a segurança do sistema e maximizar a utilização de energia.

Uma característica crucial dos inversores conectados à rede é o recurso anti-ilhamento (*anti-islanding*). Esta característica assegura que, em caso de falha na rede elétrica, o sistema fotovoltaico seja desligado automaticamente para prevenir a entrada de energia na rede, como forma de proteção aos técnicos de manutenção e prevenindo prejuízos ao sistema. Quando a rede é reestabelecida, o inversor reconecta o sistema à rede, reiniciando o funcionamento normal (SANTOS & BRENDA, 2020).

O monitoramento da produção de energia pelo inversor é um recurso importante para acompanhar o rendimento do sistema fotovoltaico. Os inversores possuem sistemas de monitoramento integrados, que permitem aos proprietários monitorar a produção de energia em tempo real, monitorar o consumo e identificar

possíveis problemas operacionais, através de telas de visualização. Adicionalmente, existem alternativas de monitoramento remoto que permitem o acesso às informações de geração de energia por meio de aplicativos ou plataformas digitais, conforme ilustrado na figura 11.

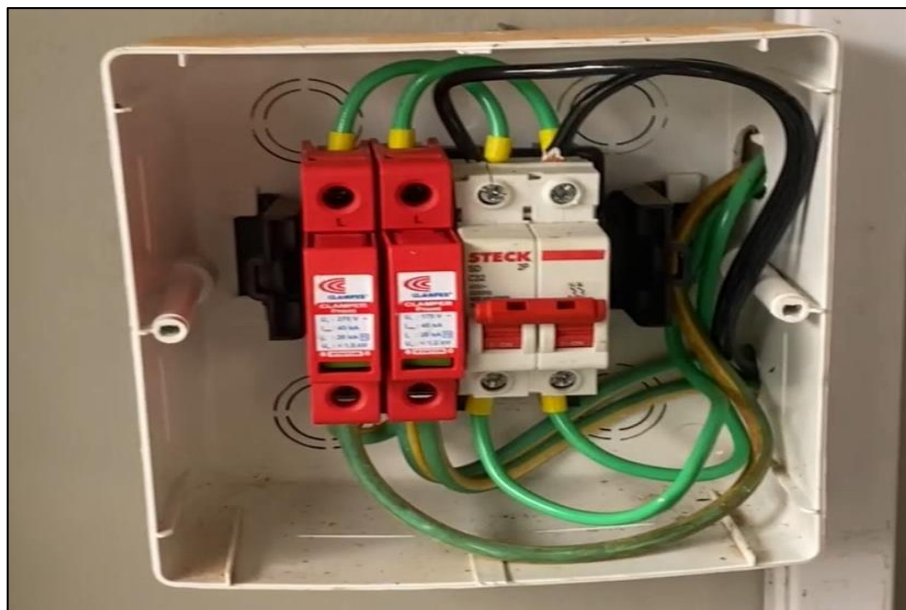
Figura 11 - Aplicativo de monitoramento de um Inversor solar On-grid



Fonte: PHB Solar (2024), adaptado pelos autores.

Para assegurar a proteção e a integridade do sistema, é exigida a utilização de dispositivos de segurança, como os disjuntores termomagnéticos e dispositivos de proteção contra surtos (DPS), como ilustrado no quadro de proteção de corrente alternada na figura 12, que inclui o disjuntor, o DPS e os fusíveis. O Dispositivo de Proteção Contra Surtos (DPS) protege o sistema contra surtos de tensão, enquanto o Disjuntor termomagnético exerce o papel de interrupção do fluxo de corrente em situações de sobrecarga ou curto-circuito. (ROQUETTO, 2024)

Figura 12 - Quadro geral de proteção de corrente alternada (CA)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

A instalação de painéis fotovoltaicos em coberturas, seja em telhados residenciais, comerciais ou industriais, é uma alternativa bastante escolhida por causa do uso eficiente do espaço (FIGUEIREDO, 2023). Com isso não há a necessidade de utilizar um espaço específico para a instalação dos módulos, visto que utilizar os telhados possibilitam o aproveitamento da estrutura existente (Figura 13), convertendo-as em fontes de energia solar.

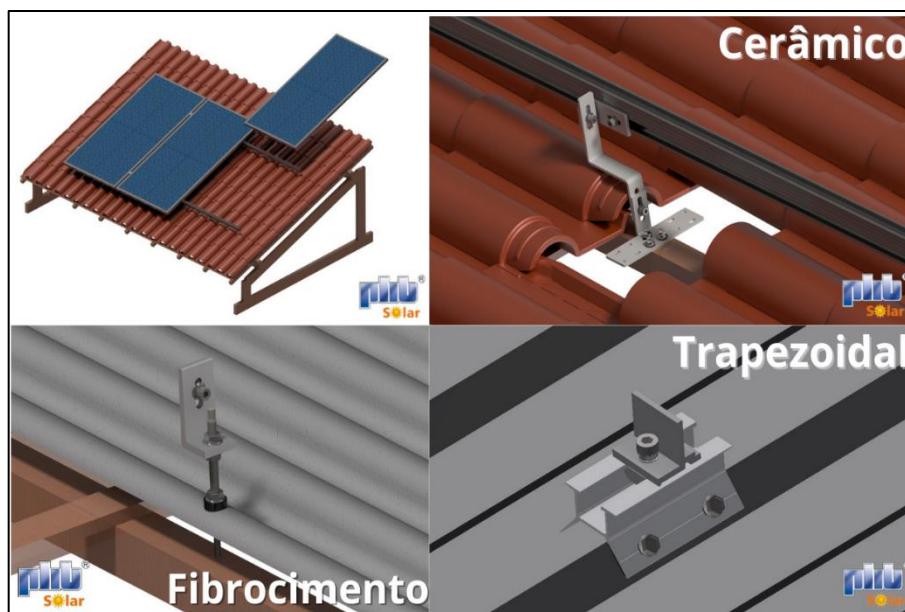
Figura 13 - Painéis instalados em cobertura residencial



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

A fixação de painéis em coberturas necessita de suportes apropriados, considerando o tipo de telhado e a estrutura do prédio, conforme mostrado na figura 14. É essencial assegurar que a estrutura seja segura, durável e adequada para a cobertura já existente (ABNT, 2014).

Figura 14 - Estruturas de fixação mais utilizadas em coberturas



Fonte: PHB Solar (2024), adaptado pelos autores.

A instalação em coberturas aproveita o espaço vertical existente, reduzindo a área que seria utilizada no solo. O número de painéis que podem ser instalados é determinado pelo tamanho da cobertura e pela capacidade de carga do telhado.

2.2.2 Medidor bidirecional de energia

A concessionária de energia elétrica fornece e instala o medidor bidirecional de energia durante a inspeção final. Ele é responsável por medir não apenas a energia utilizada por uma instalação, mas também a quantidade de energia que é injetada na rede elétrica. Em uma casa que utiliza energia solar, o medidor bidirecional medirá toda a energia em kWh injetada na rede elétrica pela usina fotovoltaica instalada, além da energia que foi utilizada pelo lar (ANEEL, 2012). A Figura 15 ilustra um exemplo de um medidor bidirecional de energia.

Figura 15 - Medidor bidirecional de energia



Fonte: Salfatis (2024).

O cálculo de potência ativa realizado pelo medidor considera a potência que entra da rede para as cargas, assim como quanto o sistema gerador injeta na rede. Conforme equação (1) (STEFFENS, 2017).

$$P_{total} = P_{injetada} - P_{consumida} \quad (1)$$

Existem três resultados possíveis na avaliação da potência consumida e injetada na rede:

$$P_{total} > 0, P_{total} = injetada \quad (2)$$

$$P_{total} < 0, P_{total} = consumida \quad (3)$$

$$P_{total} = 0, consumida = injetada \quad (4)$$

Para que o sistema possa gerar créditos no sistema de compensação, a potência produzida deve ser superior à consumida.

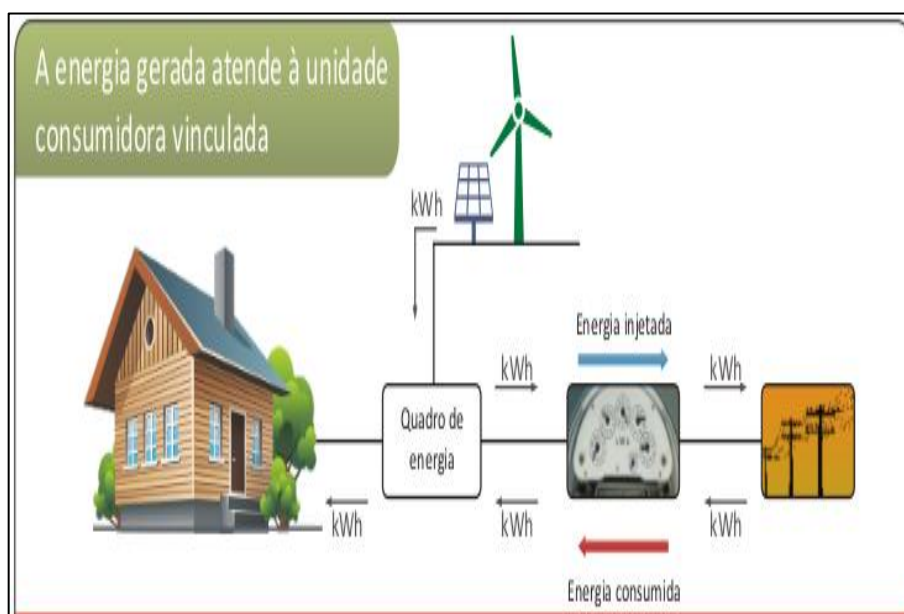
2.2.3 Regulamentação da geração fotovoltaica On-grid

A Lei 14.300 de 6 de janeiro de 2022, que estabeleceu o marco legal da geração distribuída no Brasil, entrou em vigor em 07 de janeiro de 2023. Esta lei define as normas para a micro e mini geração distribuída de energia, um método que possibilita

aos consumidores gerarem sua própria eletricidade e obterem economia na conta de luz através de um sistema de compensação de créditos com a empresa de distribuição (ANEEL, 2016).

A resolução normativa nº 482/2012 da ANEEL estabelece em seu texto que a geração distribuída inclui todas as centrais geradoras conectadas à rede de distribuição de energia elétrica (On-grid) cuja fonte pode ser hídrica, renovável ou de combustível fóssil. Ela é dividida em dois grupos: a micro geração, que inclui centrais com até 75 kW de potência instalada, seja para cogeração qualificada ou por fonte renovável instalada perto do local de consumo e a mini geração, inclui centrais entre 75 kW até 5 MW em potência instalada, para fontes renováveis, sendo no máximo 3 MW para geração hídrica (ANEEL, 2016).

Figura 16 - Sistema de Compensação



Fonte: Cadernos Temáticos ANEEL – Micro e Minigeração Distribuída, 2016

A determinação da potência necessária para uma geração distribuída deve considerar o percentual que se deseja deduzir da conta de energia elétrica, ou ainda, a quantidade de crédito que se deseja gerar mensalmente. Todo excesso de energia ativa injetado na rede de distribuição da concessionária é transformado em créditos por meio do sistema de compensação. A concessionária local contabiliza o saldo, que é válido por um período de 60 meses (ANEEL, 2016).

A Lei 14.300 estabelece que o excesso de energia de uma Unidade Consumidora (UC) pode ser dividido em percentuais pré-estabelecidos por meio de

um acordo que confirme o compromisso de solidariedade entre as partes envolvidas (LEI 14.300, 2022). Em sistemas de microgeração distribuída, o processo com a concessionária se inicia com a solicitação de acesso à rede de distribuição, seguido pela aprovação dos projetos e demais documentos, e por fim faz-se a vistoria das instalações para que o sistema possa ser homologado para integrar o sistema de compensação.

2.3 ASPECTOS FINANCEIROS

Investir em um sistema fotovoltaico deve ser abordado de maneira análoga a qualquer outro investimento. Ao instalar um sistema fotovoltaico, é preciso aplicar um capital inicial com o objetivo de reduzir os custos com energia elétrica ao longo do tempo de vida útil do sistema.

Conforme Ayrão (2018), para fazer a avaliação de investimentos em sistemas fotovoltaicos os métodos básicos incluem o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o período de *payback*.

O primeiro passo na análise de investimentos é calcular o fluxo de caixa, que representa todas as movimentações de entradas e saídas de dinheiro que ocorrem durante o período analisado. É essencial converter todas as quantias para valores da mesma data para permitir comparações concisas, a técnica em questão é chamada de Valor Presente. Essa abordagem permite avaliar todos os valores futuros com base na data inicial do investimento. Alternativamente, pode-se calcular o Valor Futuro, que confere todos os valores no final do período de investimento (Ayrão, 2018).

Segundo Ayrão (2018), o Valor Presente Líquido (VPL) representa um dos critérios mais utilizados na análise de investimentos. Seu propósito é calcular, em termos atuais, o valor que o projeto vai gerar. O método do VPL envolve trazer todas as movimentações de entradas e saídas futuras para o valor no presente ao longo da vida útil do projeto e subtrair o valor inicial do investimento. Para isso, é necessário definir uma taxa de desconto, chamada Taxa Mínima de Atratividade (TMA), para ajustar a importância do dinheiro ao longo do tempo (Ayrão, 2018).

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa que anula o Valor Presente Líquido (VPL) de um investimento, sinalizando que o montante presente das entradas de caixa é igual ao investimento inicial. Em outras palavras, a TIR representa a taxa anual

composta que um investidor pode aguardar obter ao investir no projeto e recuperar as receitas previstas.

Para tomar decisões com base na TIR, os seguintes critérios são utilizados:

- Aprovar o projeto se a TIR for maior que a taxa mínima de atratividade (TMA).
- Reprovar o projeto se a TIR for menor que a TMA.

Esses critérios garantem que o investidor obtenha um retorno que atenda ao mínimo esperado (Gitman, 2010).

O *payback* simples representa o tempo necessário para que o VPL atinja zero, geralmente expresso em anos, e é calculado somando os fluxos de caixa positivos até que o investimento inicial seja recuperado. No entanto, o *payback* simples não leva em conta o valor do dinheiro ao longo do tempo, tornando-o um indicador financeiro limitado e potencialmente impreciso para a tomada de decisões (Abreu Filho, 2012).

Em contraste, o *payback* descontado (PBD) também mede o período necessário para recuperar o investimento, mas analisa o valor do dinheiro no tempo. Empregando a TMA como taxa de desconto para calcular o valor presente dos fluxos de caixa, o *payback* descontado proporciona uma avaliação mais precisa da viabilidade do projeto com base no valor presente (Abreu Filho, 2012).

2.4 ASPECTOS AMBIENTAIS

As atividades antropogênicas, sobretudo aquelas em que o índice de emissões dos gases de efeito estufa tem sido cada vez mais alto, têm resultado em mudanças climáticas, e isso aumenta consideravelmente a necessidade de desenvolver tecnologias que apresentem autonomia energética através de fontes limpas.

A produção de energia, seja ela renovável ou não, sempre gera algum tipo de impacto ambiental, seja ele benéfico ou prejudicial, pequeno ou significativo. No entanto, nota-se que a produção de eletricidade através da energia solar fotovoltaica é a que causa menos danos ao meio ambiente. O sistema fotovoltaico é uma das principais opções para as empresas na geração de energia elétrica, pois utiliza o sol, uma fonte renovável e sem fim, como seu principal insumo. Este é um dos principais

benefícios, mas também pode-se apontar alguns pontos negativos. (VIEIRA e SANTOS, 2012).

Segundo a Resolução CONAMA n. 001/86, impacto ambiental é:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente afetem: a saúde, a segurança, e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais.

Diante disso, pode-se citar alguns impactos ambientais negativos e positivos gerados pelo uso da energia solar fotovoltaica.

2.4.1 Aspectos ambientais negativos

De acordo com Barbosa et al. (2015), há possíveis efeitos adversos no uso da energia solar fotovoltaica que afetam o ambiente físico, biótico e socioeconômico. Os impactos mais significativos relacionados aos respectivos meios são:

- Alteração e/ou modificação da paisagem: dependem do tamanho e do local do projeto. Geralmente acontece quando grandes extensões de terra são utilizadas para a instalação de grandes usinas solares, alterando a paisagem natural.
- Movimentação de maquinários, equipamentos e recursos humanos: acontece ao instalar uma usina de energia solar fotovoltaica em uma área que antes era vista como de difícil acesso ou até mesmo isolada;
- Geração ou intensificação de processos erosivos e mudanças no comportamento hídrico e no fluxo hidrológico superficial: Devido ao desmatamento e ao destocamento do solo, pode haver perda da camada superficial do solo. As raízes transportam volumes de solo superficial, tornando a superfície mais vulnerável a agentes erosivos. Portanto, os processos naturais de transporte e migração de sedimentos arenosos podem se intensificar em direções mais baixas, como vales de pequenos rios. Isso pode resultar no assoreamento de canais de drenagem naturais e até mesmo influenciar o comportamento da água local. Durante o período de chuvas, se as estradas não forem devidamente pavimentadas, podem ocorrer processos de

erosão em seus leitos. Nesta fase de implementação, podem ocorrer mudanças no fluxo hidrológico superficial da área de influência direta do projeto, considerando que certos segmentos das estradas podem bloquear o fluxo natural das águas, reduzindo a superfície de infiltração das chuvas. Os processos de erosão têm uma ligação direta com a dinâmica de escoamento das águas da superfície.

- Mudanças morfológicas e instabilidade transitória do solo - As mudanças geotécnicas e na morfologia do solo podem provocar instabilidade em sua superfície. Em relação à instalação de usinas solares fotovoltaicas, essas mudanças podem resultar em instabilidades localizadas no solo e nas bacias hidrográficas adjacentes à construção, o que pode facilitar o transporte de materiais e sedimentos arenosos, resultando no assoreamento de drenagens naturais e provocando processos de erosão.
- Produção de resíduos sólidos e/ou poluição do solo: é inegável que durante a instalação de um sistema fotovoltaico são produzidos resíduos sólidos, que precisam ser manuseados e redirecionados de forma adequada para prevenir a poluição do solo;
- Perda de vegetação: a vegetação, seja ela de pequeno ou grande porte, pode ser removida ou movida para assegurar um posicionamento mais adequado dos painéis, o que pode resultar em impactos significativos;
- Mudança na dinâmica dos ecossistemas locais: ao construir estradas, pode-se provocar mudanças na dinâmica ambiental e mudanças no fluxo de água, resultantes de uma possível compactação do terreno;
- Possível deslocamento da fauna local: durante o processo de derrubada e abertura de florestas, pode acontecer a migração da fauna para áreas inadequadas, provocando um desequilíbrio na região;
- Redução do potencial ecológico: com a degradação do habitat natural, haverá uma redução no crescimento de diversas espécies de animais.
- Perigo de acidentes envolvendo animais ou provocados por eles: alterações nas rotas de fuga e nos limites naturais das comunidades formadas pelas espécies locais, bem como a remoção de tocas e esconderijos de certas espécies, podem resultar na fuga de uma parte da fauna ou até mesmo na sua invasão às áreas do projeto.

- Crescimento do tráfego de veículos: a circulação de veículos pode causar problemas à comunidade local, como a emissão de poeira, poluição sonora, emissão de gases, além de poder causar acidentes com pessoas e a dispersão da fauna local.

Pode-se citar ainda como um impacto negativo o descarte indevido dos equipamentos, quando atingem sua vida útil, ou sofrem danos e substituições.

2.4.2 Aspectos ambientais positivos

De acordo com Oliveira (2011), há diversos benefícios na implementação do sistema fotovoltaico, que possuem grande importância ambiental, social e econômica. São eles:

- Energia Renovável: sua fonte de energia, o sol, é ilimitada;
- Energia Sustentável: atende às demandas da geração atual sem prejudicar a capacidade de geração das futuras gerações;
- Custo benefício: levando em conta a vida útil do seu painel e a produção de energia elétrica, nota-se que os gastos com eletricidade são significativamente menores ao longo dos anos de uso;
- Geração de emprego e renda: neste tipo de empreendimento, emprega-se uma grande quantidade de trabalhadores locais e regionais para instalar os equipamentos, o que resulta em aprimoramentos na qualidade de vida das comunidades adjacentes.;
- Valorização do imóvel: a instalação de um sistema fotovoltaico pode elevar o preço de um imóvel em até 4% a 6%, de acordo com o Laboratório Nacional Lawrence Berkeley (EUA). Em relação a imóveis certificados como sustentáveis, este crescimento pode atingir 30%, conforme relatado pela revista STAND em 2014;
- Não produz ruído ou som: Uma das vantagens da energia solar em residências é que os painéis fotovoltaicos não produzem ruído durante a produção de energia. A produção fotovoltaica é completamente silenciosa;
- Não causa poluição: durante sua operação, nenhum poluente é emitido para a atmosfera;

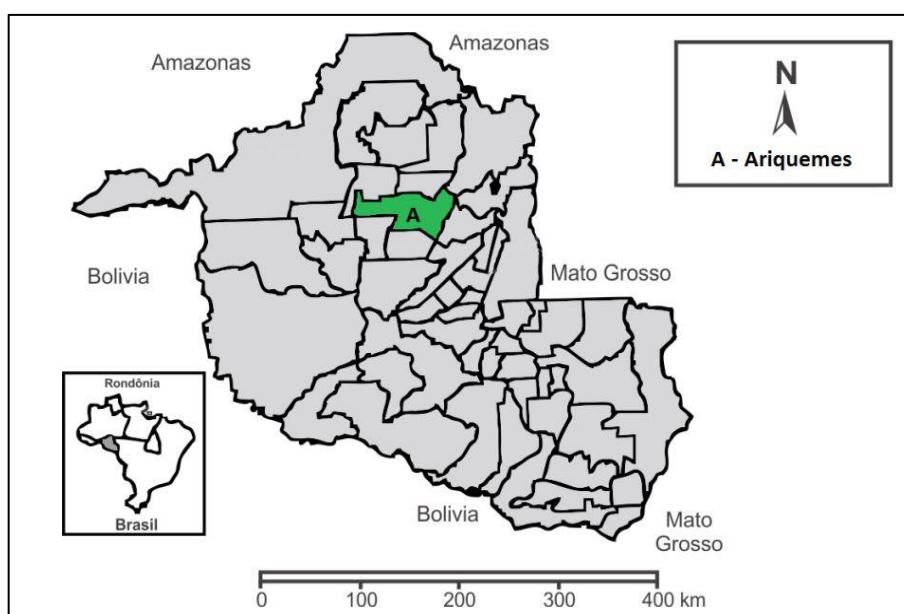
- Baixa necessidade de manutenção: mesmo sendo uma tecnologia de alto custo, os painéis empregados na geração de energia são duráveis e praticamente isentos de manutenção, graças ao seu período de garantia extenso.

Contudo, de um modo geral, os impactos negativos causados por sistemas fotovoltaicos são bastante atenuados quando comparados aos impactos positivos e as vantagens de sua implementação.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo foi realizado em uma residência unifamiliar (figura 18), localizada no município de Ariquemes, na região centro-norte do estado de Rondônia (Figura 17), situado na região Norte do Brasil. Apresenta uma população de 96.833 habitantes e uma área urbanizada de 33,26 km², com área territorial de 4.426,57 km², está inserida no Bioma Amazônia, apresentando clima do tipo Equatorial. (IBGE, 2022). Segundo RONDÔNIA (2023), o período chuvoso em Ariquemes começa em outubro e se estende até abril.

Figura 17 - Município de Ariquemes - RO



Fonte: BIANCHINI, 2014

Figura 18 - Residência Unifamiliar

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

A cidade é caracterizada por apresentar céu claro e intensa insolação em boa parte do ano. A vegetação é, em sua maioria, composta por Floresta Ombrófila Aberta e Floresta Ombrófila Densa (PEREIRA, 2017).

3.1 ÍNDICE SOLARIMÉTRICO

Para realizar o dimensionamento do sistema solar fotovoltaico, é necessário conhecer o valor da irradiância solar do município. A incidência da radiação solar é primeiramente o fator com mais influência na coleta de energia radiante transformada em energia elétrica. Entre os inúmeros estudos e mapas solarimétricos existentes, neste estudo de caso foram empregados dados do CRESESB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito), que pertence ao Ministério de Minas e Energia em companhia com a Eletrobrás. Esse órgão fornece dados atualizados e forma fácil de consulta sobre a irradiação solar, fundamentado nas coordenadas da localidade (GUIMARÃES; GALDINO, 2017).

O programa utilizado para o cálculo da irradiação solar diária média mensal em qualquer ponto do território brasileiro, intitulado SunData V3.0 da CRESESB, dispõe dos dados de irradiação solar para pelo menos 3 localidades disponíveis nas proximidades do ponto de interesse. São dispostos os valores de irradiação solar, em

kWh/m²/dia no plano horizontal, que correspondem às diárias médias mensais para os 12 meses do ano (GUIMARÃES; GALDINO, 2017).

3.2 ORIENTAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

São diversos os fatores que enfraquecem a energia irradiante ao longo da atmosfera e suas variações ao longo do tempo. No entanto, ainda é viável desenvolver um projeto onde a orientação geográfica e a inclinação dos painéis possam assegurar que a máxima irradiância seja captada.

Considerando que o propósito é elevar ao máximo a conversão de energia, o módulo fotovoltaico deve ser posicionado de forma que os raios solares incidam de maneira perpendicular à superfície do painel (Nóbrega, et al., 2018). Idealmente, pode-se empregar um sistema de seguimento (*tracking system*), um aparelho que permite girar e inclinar os painéis conforme a orientação solar, ou construir uma estrutura metálica conforme a orientação almejada. No entanto, essas modificações para inclinar os módulos em alguns graus ou para tentar orientar os módulos para o Norte adicionam custos adicionais às instalações de energia solar em telhados, além de restringirem seu uso. Na realidade, o resultado geralmente tem pouco impacto no aumento da produção de energia para as gerações domésticas.

Portanto, a análise visual do local de instalação deve ser realizada para obter os dados de orientação e inclinação dos módulos que podem ser medidos por meio de bússolas e níveis digitais ou aplicativos em dispositivos móveis.

3.3 DIMENSIONAMENTO DO GERADOR FOTOVOLTAICO ON-GRID

O dimensionamento da potência do gerador solar fotovoltaico que é apropriado para suprir a demanda da residência foi desenvolvido por meio de cálculos com o auxílio de planilhas desenvolvida no Microsoft Office Excel.

Para calcular a potência instalada necessária para fazer o abatimento de 100% da fatura de energia elétrica da residência, pode-se empregar a fórmula (5) (STEFFENS, 2017).

$$P_{fv} = \frac{P_{consumida} \times R\%}{G_{global} \times \eta \times N_{dias} \times P_{mfv}} \times P_{mfv} \quad (5)$$

Onde $P_{consumida}$ representa o consumo médio durante um intervalo de tempo, $R\%$ representa o percentual de abate da fatura, G_{global} simboliza a irradiação solar média do local, η é a eficiência do sistema, N_{dias} é o número de dias referente a consumo médio e PM_{fv} é a potência nominal do módulo fotovoltaico.

A quantidade de módulos requeridos é estipulada pela razão entre a potência instalada do gerador (7,23 Wp) e a potência do módulo escolhido (605 Wp). Ver equação (6) (Steffens, 2017).

$$Nm_{fv} = \frac{P_{fv}}{Pm_{fv}} \quad (6)$$

Onde Nm_{fv} é o número de módulos fotovoltaicos, P_{fv} é a potência instalada do gerador solar fotovoltaico e Pm_{fv} é a potência nominal do módulo solar a ser utilizado.

Da mesma forma que os módulos fotovoltaicos, os inversores também são selecionados com base na potência do sistema. Com a finalidade de reduzir custos e garantir o funcionamento adequado dos inversores, pode-se ajustar a potência requerida do inversor por meio de um FDI (Fator de Dimensionamento de Inversores). Para encontrar o ponto ideal de operação do FDI, é preciso recorrer à simulação numérica, juntamente com uma variedade de informações sobre as irradiações ao longo do dia e a temperatura do ambiente. Ao analisar a literatura, observa-se que os valores sugeridos para o FDI oscilam entre 0,85 e 1,05. Atualmente, os inversores operam com um FDI variando entre 0,60 e 1,00 e a potência nominal do inversor é determinada através da equação (7) (PINHO; GALDINO, 2014).

$$P_{nac} = FDI \times P_{fv} \quad (7)$$

Onde P_{Nac} representa a potência nominal do inversor, FDI é o fator de dimensionamento do inversor e P_{fv} a potência instalada do gerador fotovoltaico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA PESQUISA

4.1 ANÁLISE DO CONSUMO ENERGÉTICO

A fatura de energia elétrica de uma unidade consumidora (UC) é calculada com base na potência ativa utilizada pelos aparelhos, multiplicada pelo tempo em que estão em funcionamento durante um intervalo de tempo.

Um parâmetro importante para o dimensionamento do sistema solar fotovoltaico é o conhecimento do consumo de energia elétrica da unidade consumidora do projeto. Para isso, é necessário analisar o histórico de consumo que normalmente é avaliado com base no histórico anual. Essas informações podem ser obtidas através da fatura de energia elétrica fornecida pela concessionária de energia.

É possível se conectar à concessionária de maneira monofásica, bifásica ou trifásica. Esta ligação muda conforme a necessidade do cliente, já que há a opção de escolha no ato da contratação. Para cada tipo de conexão, há uma tarifa mínima a ser cobrada, mesmo que o uso não ultrapasse esse montante no mês em questão. Esta tarifa mínima é conhecida como custo por disponibilidade e está estabelecida na Resolução 414 Seção V, Artigo 98 da ANEEL. O consumo mínimo para a conexão monofásica é de 30 kWh, para a bifásica, de 50 kWh, e para a trifásica, de 100 kWh.

A análise, por se tratar de uma residência unifamiliar, tem-se como principais cargas de consumo 01 chuveiro elétrico, 02 aparelhos de ar condicionado, 01 geladeira, 01 Frigobar, 01 Forno elétrico, 01 micro-ondas, 01 máquina de lavar, 01 secador de cabelo e a iluminação da residência no período da noite.

O período de tempo aplicado para análise compreende os meses de junho de 2023 até maio de 2024 (Gráfico 5) onde como resultado obteve-se um consumo médio de energia estimado em 422kWh/mês. Esse valor serviu como apoio para o planejamento do projeto, pois através dele foi estimado a porcentagem desejada do abatimento da fatura de energia e, dessa forma, a potência necessária do sistema gerador fotovoltaico. Adicionalmente, considerou-se o anseio dos proprietários de elevar o consumo de energia elétrica da casa para cerca de 800 kWh/mês, através da instalação de 2 ares-condicionados de 9.000 BTUs (732w), que com o uso diário de 8 horas durante 30 dias mensais, consomem em média 180 kWh/mês.

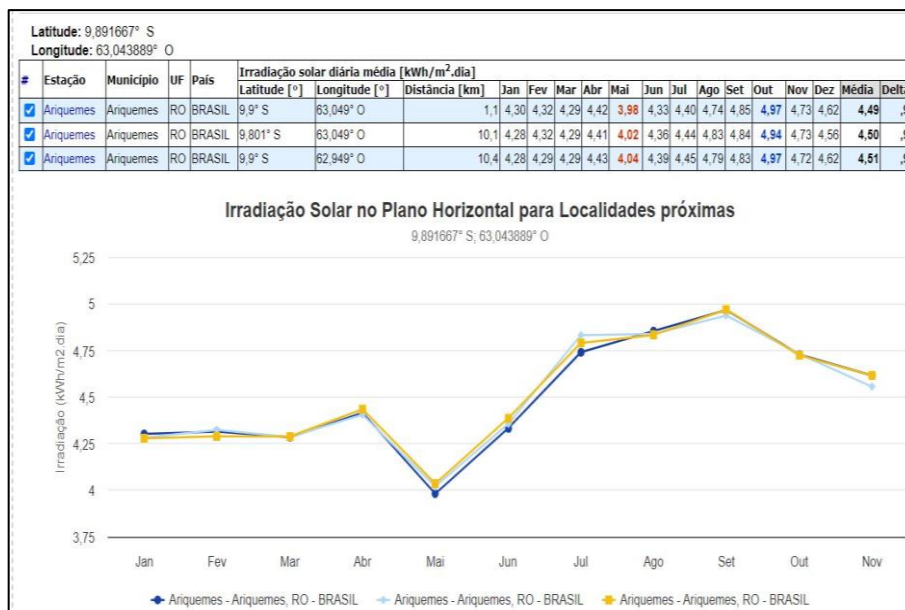
Gráfico 5 - Consumo Médio da residência de estudo

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

4.2 INCIDÊNCIA SOLAR E LOCALIZAÇÃO DOS MÓDULOS

Segundo as informações do programa SunData (Figura 19), estima-se que a média diária mensal de irradiação em Ariquemes-RO seja de 4,50 kWh/m² por dia. Também é perceptível que os índices se elevam durante o período de seca, diminuindo durante a estação das chuvas.

Figura 19 - Índice Solarimétrico da região de Ariquemes



Fonte: CRESESB, 2024

Em relação a posição e inclinação dos módulos para implantações menores, como a microgeração distribuída, aplica-se uma regra geral: o ângulo de inclinação deve ter proximidade com a latitude e, de preferência, estar direcionado para o Norte geográfico (NÓBREGA, et al., 2018).

O telhado da cobertura da residência deste estudo apresenta inclinação de aproximadamente 15°, orientado para o Norte geográfico.

4.3 DIMENSIONAMENTO DO GERADOR SOLAR FOTOVOLTAICO

Utilizando a equação (5), considerando $P_{consumida} = 800\text{kWh/mês}$, $R\% = 100\%$, $G_{global} = 4,50\text{ kWh/m}^2$; $\eta = 0,82$, $N_{dias} = 30\text{ dias}$, e $PM_{fv} = 605\text{W}$. Neste cálculo, admite-se a potência do módulo fotovoltaico como conhecida. Posteriormente, neste tópico, será abordado o método de escolha.

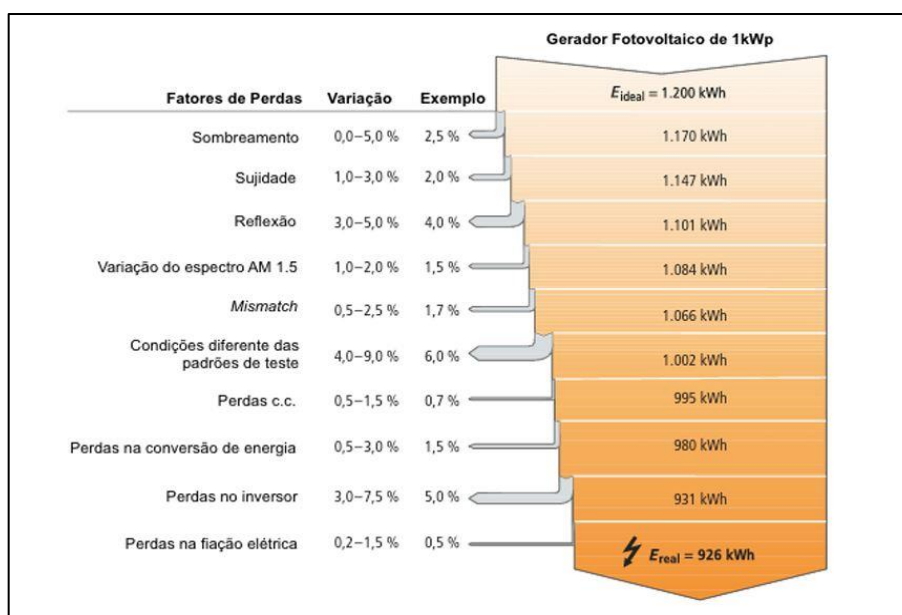
Tem-se:

$$P_{fv} = \frac{800 \times 100\%}{4,50 \times 0,82 \times 30 \times 605} \times 605$$

$$P_{fv} = 7,23\text{ kwp}$$

Dessa forma, é indispensável que este sistema gerador apresente potência de, no mínimo, 7,23 kWp para que ele realize a redução máxima da conta de energia elétrica da residência. Estes resultados foram obtidos considerando os índices solarimétricos indicados na Figura 19 e parâmetros de perdas segundo a Figura 20.

Figura 20 - Perdas típicas em um sistema fotovoltaico On-grid



Fonte: Araújo et. al., 2016

A Figura 20 não exibe valores alusivos às perdas de eficiência pela temperatura, considerando que o equipamento será instalado em local abrigado e com ventilação. Para os painéis, a eficiência fornecida corresponde a 22,4% e a eficiência do inversor está em 97,4%, valor consideravelmente alto.

Os módulos utilizados nesse estudo têm potência de 605Wp e para determinar a quantidade de módulos necessários para gerar 7,23kWp (7230wp), aplica-se a equação (6):

$$Nmfv = \frac{7230}{605}$$

$$Nmfv \cong 12 \text{ módulos}$$

Dessa forma, o sistema solar fotovoltaico necessita de 12 módulos de 605Wp. Na escolha priorizou-se o módulo comercial de última geração que apresenta o melhor custo-benefício. O módulo fotovoltaico escolhido foi o do modelo DMEGC

MONOCRISTALINO DM605M10RT-B72HST-HBT, que apresenta eficiência de 22,4% de acordo com o fabricante.

Em relação ao dimensionamento do inversor, para o esse estudo, o FDI encontra-se na faixa de 0,65, indicando que o inversor está subdimensionado em 65% da potência instalada de módulos fotovoltaicos, dentro do intervalo recomendado pelo fabricante. A potência nominal do inversor é determinada através da equação (7) (PINHO; GALDINO, 2014).

$$P_{nac} = 0,65 \times 7,23$$

$$P_{nac} \cong 5 \text{ kw}$$

Sendo necessário um inversor de 5 kW de potência ao gerador fotovoltaico. Optou-se pelo inversor monofásico PHB5000D-WS, que possui uma eficiência de 97,4%. Este modelo dispõe de monitoramento sem fio, possibilitando, assim, o acompanhamento à distância e em tempo real da geração de energia por meio de uma conexão sem fio com a internet.

4.3.1 Energia gerada anualmente – período de 30 anos

Vários fatores influenciam o rendimento energético de um sistema, sendo a variação da radiação o fator mais relevante. Assim, avaliar a capacidade de geração em um período de tempo extenso torna-se um trabalho de previsão, tendo que assumir que não existe variabilidade na radiação. (RÜTHER, 2004).

O único fator variável relacionado aos efeitos do tempo considerado é a degradação linear do painel. Segundo o fabricante, no primeiro ano de funcionamento, o módulo fotovoltaico sofre uma redução máxima de 1,0% de sua potência nominal. Os anos de 2 a 30 experimentam uma redução máxima de 0,4% ao ano. Ao completar 30 anos, a diminuição não deve exceder 12,6%, o que significa que cada painel solar deve manter pelo menos 87,4% de sua potência nominal (Dmegc solar, 2024).

Na tabela 1 foi realizada a estimativa de geração dentro do período de 30 anos de funcionamento do equipamento considerando as perdas por conta da degradação dos painéis.

Tabela 1 - Geração estimada

GERAÇÃO ESTIMADA DE ENERGIA		
Ano	Perca ao ano (%)	Produção (kWh)
1	1,0	9600
2	0,4	9466
3	0,4	9428
4	0,4	9390
5	0,4	9352
6	0,4	9315
7	0,4	9278
8	0,4	9241
9	0,4	9204
10	0,4	9167
11	0,4	9130
12	0,4	9093
13	0,4	9057
14	0,4	9021
15	0,4	8985
16	0,4	8949
17	0,4	8913
18	0,4	8877
19	0,4	8841
20	0,4	8806
21	0,4	8771
22	0,4	8736
23	0,4	8701
24	0,4	8666
25	0,4	8631
26	0,4	8596
27	0,4	8562
28	0,4	8528
29	0,4	8494
30	0,4	8460
Total	12,6	277188

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

A tabela 1 leva em conta as perdas mencionadas pelo fabricante. Após 30 anos, cerca de 87,4% da potência nominal é conservada, resultando em cerca de 277.188 kWh. Neste intervalo de tempo, a diferença entre a produção anual de energia do primeiro ano e a do trigésimo é de 1174 kWh.

4.3.2 Documentação exigida pela concessionária

Com base nas diretrizes estabelecidas pela ANEEL nos documentos dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, o Módulo 3 aborda diretamente a conexão de sistemas micro e minigeradores à rede de distribuição elétrica.

Este módulo descreve como esse procedimento deve ser conduzido, discutindo as exigências dos projetos e a documentação mínima que as concessionárias devem solicitar. A documentação necessária para a microgeração está listada abaixo:

- Formulário de Solicitação de Acesso (ANEXO A);
- Termo de Responsabilidade Técnico ou Anotação de Responsabilidade Técnica do responsável técnico pelo projeto elétrico, devidamente assinada pelo Responsável e pelo titular da unidade consumidora (ANEXO B);
- Memorial Descritivo (ANEXO C);
- Padrão de entrada e Planta de Localização (ANEXO D);
- Diagrama Unifilar (ANEXO E);
- *Datasheet* e certificados (ANEXO F);
- Procuração (ANEXO G).

4.4 ANÁLISE DOS ASPECTOS ECONÔMICOS

É importante realizar uma avaliação financeira em todos os investimentos. Em projetos de energia solar fotovoltaica não seria exceção. É crucial conhecer o retorno financeiro e compará-lo com outras opções de investimento, para avaliar sua atratividade. Neste estudo de caso, a análise se concentrou no sistema dimensionado para durar 30 anos, período que representa a vida útil do sistema. Para estimar os potenciais ganhos sobre o investimento total, utilizamos uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) para calcular o Valor Presente Líquido (VPL), a chamada Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Payback descontado.

A TMA considerada foi de 11% ao ano, considerando a aplicação no tesouro direto nacional SELIC, com uma taxa equivalente a 100% do valor do CDI, que em 2023 atingiu 10,75%, segundo o Banco Central do Brasil (2023).

4.4.1 Custos do sistema gerador solar fotovoltaico

A análise econômica considera o custo inicial para a instalação do sistema fotovoltaico, considerando que o valor necessário para o investimento está diretamente ligado ao custo dos equipamentos, materiais empregados e ao serviço necessário para a instalação. Buscou-se um orçamento junto a uma empresa local, onde o kit solar, para o mês de agosto, foi ofertado pelo valor total de R\$14.900,00 onde houve a discriminação do valor total dos materiais e custo da mão de obra, que inclui a instalação, projetos, assessoria e demais tramitações necessárias para entregar o sistema em pleno funcionamento e devidamente homologado e operante perante a concessionária. O quadro 1 apresenta a relação de materiais necessários para o projeto.

Quadro 1 - Lista de materiais kit solar fotovoltaico

Quantidade	Unidade	Descrição do item
12	PÇ	Placas Solares Marca DMEGC - 605 watts - Monocristalino
1	PÇ	Inversor da Marca PHB Solar de 5 kW, Mod. PHB5000D-WS
1	PÇ	Quadro de Proteção Elétrica com Disjuntor Bifásico e DPS
28	PÇ	Grampos de Alumínio para fixar as placas solares nos trilhos
24	PÇ	Grampos de Alumínio para aterrar as placas solares nos trilhos
15	PÇ	Jumper de aço Inox para fazer aterramento das emendas dos trilhos
24	PÇ	Suporte de Alumínio para fixar os painéis na estrutura do telhado
15	PÇ	Emenda para Trilhos de alumínio com Jumper de emenda em alumínio
29	M	Perfil tipo Trilho em Alumínio Anodizado para fixação das placas solares
50	M	Cabo de Energia Solar com Proteção Ultravioleta, bitola 4mm ² - Cor Preta
50	M	Cabo de Energia Solar com Proteção Ultravioleta, bitola 4mm ² - Cor Vermelha
40	M	Cabo de Energia Solar com Prot. Ultravioleta, bitola 6mm ² - Cor Verde/Amarela, aterramento
2	PÇ	Conector Solar do tipo MC4, para conexão das placas ao inversor
1	Kit	Sistema completo de aterramento com Hastes, Cabos e Conectores

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Com a lista de materiais e valor total apresentados, onde já se incluem os impostos, assim como a parte referente ao lucro estimado da empresa, o valor total de R\$14.900,00, simboliza a quantia requerida para o investimento inicial e que será utilizada nesta avaliação.

4.4.2 Custos de manutenção

Ao contrário de outras formas de produção de energia elétrica, a geração solar fotovoltaica tem custos de manutenção praticamente inexistentes do ponto de vista mecânico. Neste estudo, presume-se que os painéis fotovoltaicos durarão 30 anos e o inversor de tensão durará 10 anos. Neste cenário, os cálculos econômicos serão realizados num período de 30 anos. Portanto, deve-se levar em conta a opção de substituir o inversor duas vezes, a primeira no ano 10 e a segunda no ano 20 de funcionamento. Nos valores presentes, o inversor de tensão PHB5000D-WS empregado no projeto tem um custo aproximado de R\$2.625,00. Se a taxa média do IPCA de 4,62% até dezembro de 2023 fornecida pelo IBGE (BRASIL, 2024) for aplicada, o custo será de R\$4.123,60 em uma década e R\$6.477,74 em duas décadas.

A acumulação de sujeira sobre os painéis afeta diretamente a eficácia com que os painéis transformam energia. A perda de potência ocorre quando a irradiância coletada diminui devido à densidade de poeira acumulada (JAMIL et al., 2017). As manutenções à curto prazo se restringe a limpezas dos painéis fotovoltaicos, que podem ser executadas pelo próprio investidor. Portanto, não acrescentam custos consideráveis no estudo de viabilidade econômica e serão desconsiderados.

4.4.3 Análise do fluxo de caixa

Com os gastos iniciais e os gastos de manutenção em mãos, podemos avaliar os gastos totais e os retornos financeiros. O custo inicial é concreto, já que foi calculado no presente, sem a necessidade de sua atualização por meio dos indexadores inflacionários. No entanto, os valores de gastos e retorno são estimativas futuras, fundamentadas nas condições inflacionárias já mencionadas. A Tabela 2 apresenta as seguintes receitas anuais.

Tabela 2 - Receita (economia) estimados pela produção anual de energia

Ano	Tarifa de Energia (R\$/Kwh)	Produção (Kwh)	Receita de energia produzida (R\$)
1	R\$ 0,93	9600	R\$ 8.928,00
2	R\$ 0,97	9466	R\$ 9.210,10
3	R\$ 1,02	9428	R\$ 9.596,92
4	R\$ 1,06	9390	R\$ 9.999,83
5	R\$ 1,11	9352	R\$ 10.419,49
6	R\$ 1,17	9315	R\$ 10.857,74
7	R\$ 1,22	9278	R\$ 11.314,25
8	R\$ 1,28	9241	R\$ 11.789,76
9	R\$ 1,33	9204	R\$ 12.285,06
10	R\$ 1,40	9167	R\$ 8.677,36
11	R\$ 1,46	9130	R\$ 13.338,31
12	R\$ 1,53	9093	R\$ 13.897,99
13	R\$ 1,60	9057	R\$ 14.482,51
14	R\$ 1,67	9021	R\$ 15.091,38
15	R\$ 1,75	8985	R\$ 15.725,59
16	R\$ 1,83	8949	R\$ 16.386,20
17	R\$ 1,92	8913	R\$ 17.074,28
18	R\$ 2,00	8877	R\$ 17.790,96
19	R\$ 2,10	8841	R\$ 18.537,42
20	R\$ 2,19	8806	R\$ 12.839,33
21	R\$ 2,29	8771	R\$ 20.129,19
22	R\$ 2,40	8736	R\$ 20.975,13
23	R\$ 2,51	8701	R\$ 21.856,26
24	R\$ 2,63	8666	R\$ 22.774,04
25	R\$ 2,75	8631	R\$ 23.729,97
26	R\$ 2,88	8596	R\$ 24.725,62
27	R\$ 3,01	8562	R\$ 25.765,63
28	R\$ 3,15	8528	R\$ 26.848,96
29	R\$ 3,29	8494	R\$ 27.977,39
30	R\$ 3,45	8460	R\$ 29.152,79
Total		269258	R\$ 502.177,46

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

A Tabela 2 mostra os valores referentes as receitas anuais, valores da tarifa de energia ajustada pelo IPCA, e produção anual do sistema fotovoltaico considerando as perdas de produção ao longo do tempo.

O valor médio do kWh, incluindo impostos, foi atualizado anualmente com base na taxa de inflação indexada ao IPCA, que foi de 4,62% ao ano. Com os valores do reembolso considerando as saídas referente à manutenção, obtém-se o fluxo de caixa (se considera apenas os valores efetivos que entram e saem).

A receita anual resultante, assim como o fluxo de caixa descontado que considera o valor presente podem ser visualizados na tabela 3.

Tabela 3 - Receita e Fluxo de Caixa

Ano	Tarifa de Energia (R\$/Kwh)	Produção (Kwh)	Receita Anual (R\$)	Valor presente	Fluxo de Caixa Descontado
0			-R\$ 14.900,00	-R\$ 14.900,00	-R\$ 14.900,00
1	R\$ 0,93	9600	R\$ 8.928,00	R\$ 8.043,24	-R\$ 6.856,76
2	R\$ 0,97	9466	R\$ 9.210,10	R\$ 7.475,12	R\$ 618,36
3	R\$ 1,02	9428	R\$ 9.596,92	R\$ 7.017,19	R\$ 7.635,55
4	R\$ 1,06	9390	R\$ 9.999,83	R\$ 6.587,20	R\$ 14.222,75
5	R\$ 1,11	9352	R\$ 10.419,49	R\$ 6.183,46	R\$ 20.406,21
6	R\$ 1,17	9315	R\$ 10.857,74	R\$ 5.804,99	R\$ 26.211,20
7	R\$ 1,22	9278	R\$ 11.314,25	R\$ 5.449,60	R\$ 31.660,80
8	R\$ 1,28	9241	R\$ 11.789,76	R\$ 5.115,89	R\$ 36.776,69
9	R\$ 1,33	9204	R\$ 12.285,06	R\$ 4.802,53	R\$ 41.579,22
10	R\$ 1,40	9167	R\$ 8.677,36	R\$ 3.056,03	R\$ 44.635,25
11	R\$ 1,46	9130	R\$ 13.338,31	R\$ 4.232,02	R\$ 48.867,28
12	R\$ 1,53	9093	R\$ 13.897,99	R\$ 3.972,61	R\$ 52.839,89
13	R\$ 1,60	9057	R\$ 14.482,51	R\$ 3.729,45	R\$ 56.569,35
14	R\$ 1,67	9021	R\$ 15.091,38	R\$ 3.501,12	R\$ 60.070,47
15	R\$ 1,75	8985	R\$ 15.725,59	R\$ 3.286,72	R\$ 63.357,18
16	R\$ 1,83	8949	R\$ 16.386,20	R\$ 3.085,39	R\$ 66.442,58
17	R\$ 1,92	8913	R\$ 17.074,28	R\$ 2.896,35	R\$ 69.338,93
18	R\$ 2,00	8877	R\$ 17.790,96	R\$ 2.718,85	R\$ 72.057,78
19	R\$ 2,10	8841	R\$ 18.537,42	R\$ 2.552,19	R\$ 74.609,97
20	R\$ 2,19	8806	R\$ 12.839,33	R\$ 1.592,51	R\$ 76.202,48
21	R\$ 2,29	8771	R\$ 20.129,19	R\$ 2.249,28	R\$ 78.451,77
22	R\$ 2,40	8736	R\$ 20.975,13	R\$ 2.111,54	R\$ 80.563,31
23	R\$ 2,51	8701	R\$ 21.856,26	R\$ 1.982,20	R\$ 82.545,50
24	R\$ 2,63	8666	R\$ 22.774,04	R\$ 1.860,75	R\$ 84.406,26
25	R\$ 2,75	8631	R\$ 23.729,97	R\$ 1.746,72	R\$ 86.152,98
26	R\$ 2,88	8596	R\$ 24.725,62	R\$ 1.639,64	R\$ 87.792,62
27	R\$ 3,01	8562	R\$ 25.765,63	R\$ 1.539,29	R\$ 89.331,91
28	R\$ 3,15	8528	R\$ 26.848,96	R\$ 1.445,05	R\$ 90.776,96
29	R\$ 3,29	8494	R\$ 27.977,39	R\$ 1.356,57	R\$ 92.133,53
30	R\$ 3,45	8460	R\$ 29.152,79	R\$ 1.273,48	R\$ 93.407,01
Total		269258	R\$ 502.177,46	R\$ 108.307,01	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

O valor negativo identificado é referente ao investimento inicial realizado no ano zero. Nos anos 10 e 20, os valores mais baixos representam o custo de manutenção

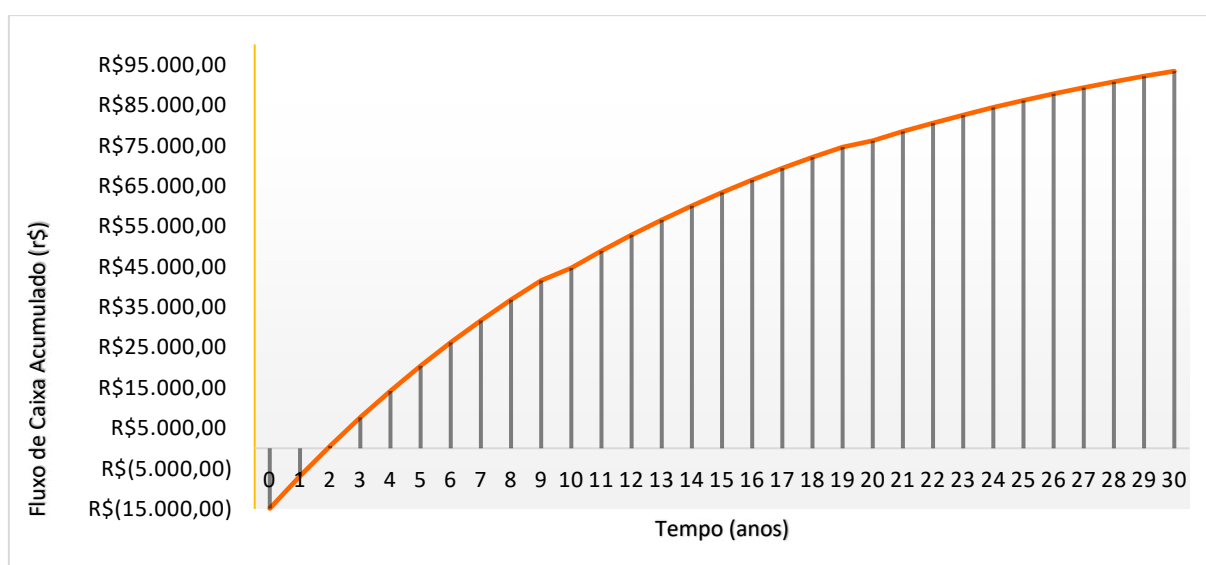
(aquisição de um novo inversor) subtraído da receita (geração de energia elétrica) no respectivo ano.

4.4.4 Análise do payback descontado

O Payback é estabelecido pelo prazo (em um período de tempo) em que o VPL é igual a zero (Ferreira; Bragagnolo, 2024), ou seja, o período necessário para que a soma dos fluxos de caixa de um investimento possa ser paga e amortizada.

Com base no fluxo de caixa mostrado na tabela 3, podemos calcular o período necessário para a liquidação do investimento inicial. De acordo com a coluna do fluxo de caixa descontado, a curva apresentada no Gráfico 6 é obtida.

Gráfico 6 - Payback Descontado



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Ao examinar o Gráfico 6, nota-se que a curva atravessa o eixo do tempo entre os anos 1 e 2. No primeiro e segundo ano de operação, os fluxos de caixa totalizam, respectivamente, R\$ -6.856,76 e R\$618,36. Assim, fica claro que o investimento é pago no término do segundo ano de funcionamento do sistema de geração solar fotovoltaica. Conforme mencionado, as quedas observadas nos anos 10 e 20 são decorrentes do custo de manutenção e substituição de inversores.

4.4.5 Taxa interna de retorno (TIR) e Valor presente líquido (VPL)

Para calcular e analisar os resultados esperados do VPL (Valor Presente Líquido) e da TIR (Taxa Interna de Retorno), utilizamos as funções TIR e VPL da planilha eletrônica Microsoft Excel. Essas funções, adequadamente escolhidas para este objetivo específico, foram praticadas conforme os requisitos do planejamento financeiro, assegurando, assim, uma metodologia precisa e segura para a avaliação dos resultados, conforme demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados da análise

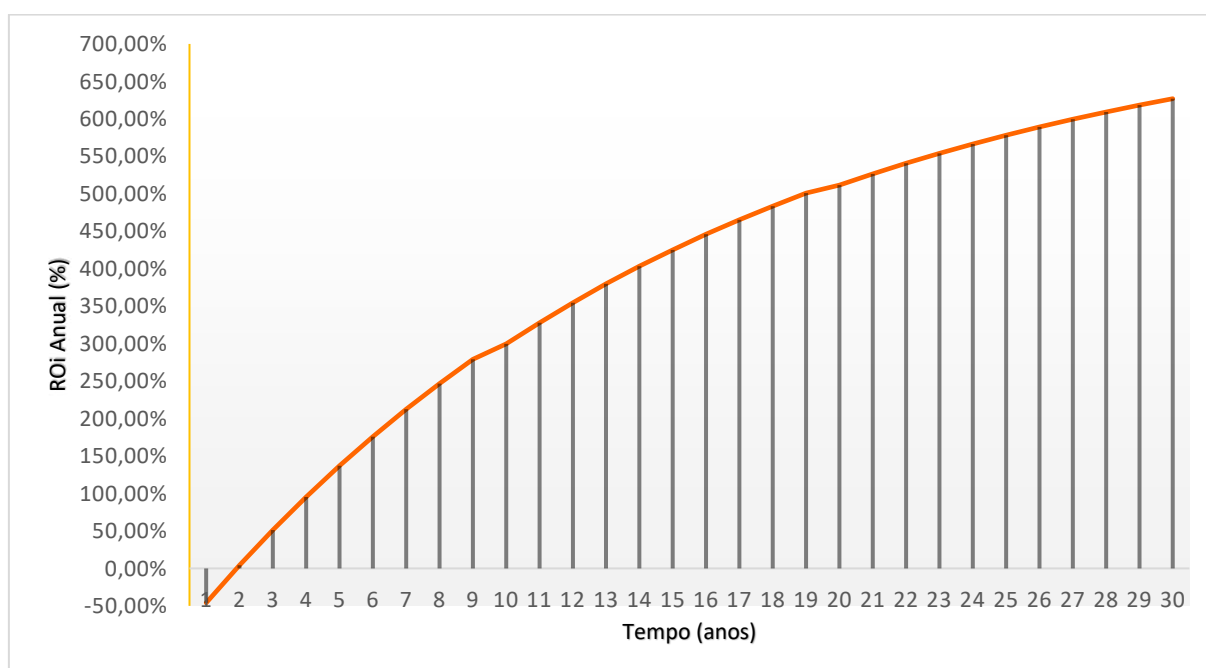
Anos	VPL	TIR
30	R\$ 93.407,01	47,4031%
25	R\$ 86.152,98	47,4025%
20	R\$ 76.202,48	47,3967%
15	R\$ 63.357,18	47,3421%
10	R\$ 44.635,25	46,7881%
5	R\$ 20.406,21	40,3374%

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

4.4.6 Retorno sobre o investimento (ROI)

Ao contrário das seções anteriores, o resultado mostrado aqui representa uma previsão de ganhos além do capital investido, e não um sinal de viabilidade.

Gráfico 7 - Retorno Sobre o Investimento Anual (ROI).



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Como observado anteriormente através do *payback*, a relação entre o investimento inicial e o fluxo de caixa do ano em análise iguala ao final do ano 2. Neste exato período, não existem lucros, mesmo que o investimento já tenha sido quitado. A partir desse momento, qualquer valor é considerado como um retorno sobre o investimento. No final de 30 anos, o ROI será estimado em cerca de 625% superior ao investimento inicial, o que corresponde a um total de R\$93.407,01 no valor presente.

4.5 ANÁLISE DOS ASPECTOS AMBIENTAIS

O sistema fotovoltaico é uma das principais opções para as empresas na geração de energia elétrica, pois utiliza o sol, uma fonte renovável e sem fim, como seu principal insumo. Este é um dos principais benefícios, mas também pode-se apontar alguns pontos negativos. (VIEIRA e SANTOS, 2012).

Diante disso, foram avaliados alguns impactos ambientais negativos (quadro 2) e positivos (quadro 3) gerados pelo uso da energia solar fotovoltaica quanto a sua aplicação e relevância em usinas residenciais.

O quadro 2 apresenta os impactos ambientais negativos analisados considerando a sua relevância e aplicação e identificando o meio ao qual o impacto está inserido.

Quadro 2 - Analise dos Impactos ambientais negativos

IMPACTO	MEIO	APLICAÇÃO/RELEVÂNCIA
Alteração/modificação da paisagem	Físico	Não se aplica
Produção de resíduos sólidos e/ou poluição do solo	Físico	Irrelevante
Provocação ou intensificação de processos erosivos e mudanças no comportamento hídrico e no fluxo hidrológico superficial	Físico	Não se aplica
Alterações morfológicas e instabilidade temporária da superfície	Físico	Não se aplica
Degradação da paisagem	Físico	Não se aplica
Descarte dos equipamentos	Físico	Se aplica

Perca de vegetação	Biológico	Não se aplica
Mudança na dinâmica do ecossistema	Biológico	Não se aplica
Possível deslocamento da fauna e flora	Biológico	Não se aplica
Redução do potencial ecológico	Biológico	Não se aplica
Riscos de acidentes envolvendo animais ou provocado por eles	Biológico	Não se aplica
Crescimento do tráfego de veículos	Socioeconômico	Não se aplica
Riscos de acidente de trabalho	Socioeconômico	Não se aplica

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Ao associar esses potenciais efeitos negativos mencionados à realidade do sistema solar fotovoltaico analisado neste estudo, percebe-se que a maioria não se aplica ou é insignificante. É possível observar no quadro 2 que, entre os 13 impactos citados, apenas 01 é aplicável, comprovando, assim, que a energia solar fotovoltaica é verdadeiramente renovável, limpa e sustentável.

Em relação aos impactos negativos irrelevantes, estes se manifestam no ambiente físico através da produção de resíduos sólidos, emissão de poeira e gases e perigos de acidentes de trabalho. Observa-se também que alguns impactos negativos não se aplicam à implantação do sistema solar fotovoltaico deste estudo.

Os maiores impactos ambientais dos sistemas fotovoltaicos ocorrem durante a produção de seus componentes e a instalação de grandes usinas. Ao processar a matéria-prima para a fabricação de módulos e componentes periféricos de um sistema de energia solar fotovoltaica, são liberados compostos tóxicos (arsênico, gálio e cádmio), como ácidos e substâncias cancerígenas, além de CO₂, SO₂, NO₂ e partículas. Ademais, ao término de sua vida útil, todo o material empregado no sistema deve ser eliminado de maneira adequada (INATOMI E UDAETA, 2005).

Segundo Barbosa et al. (2015), a maioria dos efeitos adversos previstos para a etapa de implementação do projeto são temporários, enquanto a maior parte dos impactos positivos são prorrogados após a etapa de implementação e se consolidam durante a fase operacional. No entanto, é essencial uma avaliação cautelosa da área prevista para o projeto, a fim de permitir a implementação de ações preventivas e atenuantes em relação à concretização desses impactos ambientais.

No Quadro 3, examinamos a aplicabilidade e a importância dos benefícios ambientais gerados pela implementação do sistema fotovoltaico.

Quadro 3 - Análise dos Impactos ambientais positivos

IMPACTO	APLICAÇÃO/RELEVÂNCIA
Energia renovável	Se aplica
Energia sustentável	Se aplica
Custo benefício	Se aplica
Geração de emprego e renda	Se aplica
Manutenção mínima	Se aplica
Valorização do imóvel	Se aplica
Não emite som ou ruído	Se aplica
Não polui	Se aplica
Baixa necessidade de manutenção	Se aplica

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

No quadro 3, nota-se que todos os aspectos mencionados como impactos positivos, oriundos do uso do sistema solar fotovoltaico, são pertinentes e possuem importância ambiental e socioeconômica.

5 CONCLUSÕES

O objetivo desta pesquisa foi avaliar e mensurar a viabilidade técnica, econômica e ambiental de um sistema de energia solar fotovoltaica conectado à rede para uma residência unifamiliar em Ariquemes, Rondônia.

No estudo em questão, com o objetivo de atender à demanda de energia elétrica da casa, foi estabelecido um valor de 7,23 kWp de potência instalada para o sistema solar fotovoltaico. Dessa forma, o sistema foi categorizado como micro gerador, produzindo 9600 kWh no primeiro ano de funcionamento. Segundo as estimativas, são necessários 12 módulos fotovoltaicos de 605 Wp e um inversor de tensão de 5 kW para que o gerador consiga abater 100% do consumo de energia elétrica da casa. Esta pesquisa foi realizada seguindo as normas e especificações dos componentes do sistema solar fotovoltaico, visando assegurar o funcionamento adequado dos aparelhos, sem sobrecargas, bem como a utilização correta dos mecanismos de proteção para evitar acidentes ou surtos.

No que diz respeito à viabilidade financeira do projeto, escolheu-se uma avaliação focada no período de retorno necessário para o investimento inicial. Com base nos custos do investimento inicial, nos custos de manutenção e nos reembolsos gerados pela produção que o sistema proporciona, podemos calcular o fluxo de caixa que será usado para calcular o Payback e o Retorno Sobre o Investimento (ROI). A taxa de inflação indexada ao IPCA de 4,62 % ao ano foi usada para corrigir o preço médio do kWh com impostos. Assim, conseguimos calcular o retorno do investimento após 30 anos (ROI).

Os resultados podem ser vistos como satisfatórios. Com um aporte inicial de R\$ 14.900,00, a avaliação de Payback sugere que o investimento será recuperado do primeiro para o segundo ano de funcionamento do sistema fotovoltaico solar. Em última análise, o Retorno sobre o Investimento (ROI) indica que o investidor receberá um total de R\$ 93.407,01 após 30 anos de funcionamento do sistema, montante que representa aproximadamente 6 vezes o investimento inicial. Ainda assim, é importante destacar que os valores apresentados ignoram benefícios indiretos, como a valorização do imóvel e benefícios socioambientais.

Portanto, a utilização da energia solar fotovoltaica para geração de eletricidade é viável tanto economicamente quanto ambientalmente, pois se trata de uma fonte de

energia limpa, renovável e que, durante sua operação e utilização, provoca menos impactos negativos no meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ABREU FILHO, José Carlos F. de. **Finanças corporativas**. 11 ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2012.
- ANEEL. **Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica**. 2. ed. Brasília, DF, maio 2016.
- ANEEL. **Resolução Normativa nº 482**, de 17 de abril de 2012. *Condições gerais para o registro e a microgeração e minigeração distribuída de energia elétrica*. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/web/guest/assuntos-regulatorios/geracao-distribuida>. Acesso em: 15 out. 2024.
- ARAÚJO, A. J. N.; BUENO, T. B. A.; RANK, N. I. **Análise dos fatores de perdas nos sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica em Curitiba**. 2016. 85 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/10066>. Acesso em: 13 jul. 2024.
- ARAÚJO, Raiane Sodrê de et al. **Fontes de energias renováveis: pesquisas, tendências e perspectivas sobre as práticas sustentáveis**. Research, Society and Development, v. 11, n. 11, p. 1-14, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/33893>. Acesso em: 12 set. 2024.
- ABNT. **NBR 16274:2014 – Sistemas fotovoltaicos – Requisitos para instalação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2014.
- AYRÃO, Vinicius. **Energia solar fotovoltaica no Brasil: conceitos, aplicações e estudos de caso**. 1 ed. Rio de Janeiro: Copper Alliance, 2018.
- AZEVEDO, Danilo Losano Alves de. **Otimização de um sistema híbrido de fontes renováveis de energia**. 2023. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, 2023. 156 f. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=556997>. Acesso em: 10 set. 2024.
- BARBOSA, W. P. F.; FERREIRA W. R.; AZEVEDO, A. C. S.; COSTA A. L. C.; PINHEIRO, R. B. **Expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil: Impactos ambientais e políticas públicas**. Florianópolis, n. esp., p.628-642, dez. 2015.
- BEZERRA, Filomena Nádia Rodrigues et al. **Dependência externa e (in) sustentabilidade da matriz energética brasileira entre 1970 e 2014**. Planejamento e Políticas Públicas, v. 1, n. 53, p. 49-79, 2019. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/828>. Acesso em: 12 set. 2024.
- BIANCHINI, Karina; BRONDANI, Filomena; MENEGUETTI, Naila Fernanda; MENEGUETTI, Dionatas; ZAN, Renato. **Gestão da análise de resíduos presentes na água gerada da lavagem dos gases oriundos do processo de redução da cassiterita a estanho em alto-fornos, em uma empresa minero-metalurgia do município de Ariquemes, Rondônia**. *Revista Monografias Ambientais - REMOA*, v. 14, p. 3011-3018, 2014. DOI: 10.5902/2236130810394. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/260789658_Gestao_da_analise_de_residuos_presentes_na_agua_gerada_da_lavagem_dos_gases_oriundos_do_processo_de_reducao_da_c

assiterita_a_estanho_em_alto-fornos_em_uma_empresa_minero-metalurgia_do_municipio_de_Ari. Acesso em: 09 jul. 2024

BONDARIK, Roberto; PILATTI, Luiz Alberto; HORST, Diogo José. **Uma visão geral sobre o potencial de geração de energias renováveis no Brasil**. Interciência, v. 43, n. 10, p. 680-688, 2018. Disponível em: https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/10/680-HORST-43_10.pdf. Acesso em: 12 set. 2024.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução n. 001**, de 23 de janeiro de 1986. Define a Política Nacional de Meio Ambiente e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 30 jan. 1986.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA)**, dados de 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9256-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor-amplo.html?edicao=39119&t=series-historicas>. Acesso em: 15 set. 2024.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Número de usinas eólicas se aproxima de 500 instalações no país**. 9 set. 2021. Disponível em: https://antigo.mme.gov.br/web/guest/todas-as-noticias/-/asset_publisher/pdAS9lcdBICN/content/numero-de-usinas-eolicas-se-aproxima-de-500-instalacoes-no-pa-1/pop_up?_101_INSTANCE_pdAS9lcdBICN_viewMode=print&_101_INSTANCE_pdAS9lcdBICN_languageId=pt_BR. Acesso em: 01 out. 2024.

CANAL SOLAR. **Projetos inovadores buscam impulsionar hidrogênio verde no Brasil**. 5 abr. 2023. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/projetos-inovadores-buscam-impulsionar-hidrogenio-verde-no-brasil/>. Acesso em: 03 out. 2024.

CANALES, Fausto Alfredo; BELUCO, Alexandre; MENDES, Carlos André Bulhões. Usinas hidrelétricas reversíveis no Brasil e no mundo: aplicação e perspectivas. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 1230-1249, 2015. Disponível em: <https://www.projetouhr.com.br/asel/16002-87523-1-PB.pdf>. Acesso em: 12 set. 2024.

CARMO, Carlos Eduardo Mendes do; TATIZAWA, Hédio. Potencial dos sistemas de armazenamento flywheel para a qualidade da produção de energia: aplicações. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 15, n. 37, p. 479-497, 2019. Disponível em: <http://revistas.utfpr.edu.br/rts/article/view/9781>. Acesso em: 12 set. 2024.

CAVALCANTE, Andréia Santos. **Atendimento e inclusão: impactos socioambientais da política pública de energia elétrica na construção da sustentabilidade em contexto amazônico**. 2015. Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Humanas e Letras, Programa de Pós-Graduação em Sociedade e Cultura na Amazônia, Manaus, 2015. 229 f. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5155>. Acesso em: 12 set. 2024.

CHIOCA, Manoela Flores. **As Estratégias de Internacionalização das Empresas de Energia Solar: a influência do Protocolo de Kyoto e o Acordo de Paris**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Socioeconômico, Departamento de Economia e Relações Internacionais, Curso de Relações Internacionais, Florianópolis, 2022. 71 f. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/237373>. Acesso em: 12 set. 2024.

CNN BRASIL. **Entenda como ondas e mares podem gerar energia no Brasil**. 25 jul. 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/entenda-como-ondas-e-mares-podem-gerar-energia-no-brasil/>. Acesso em: 13 out. 2024.

COSTA, Andrelise Cardoso, et al. **Energia solar fotovoltaica: uma alternativa viável?** *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 9, p. 72637-72656, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/download/17385/14114>. Acesso em: 13 ago. 2024.

CRESESB. **Potencial Solar Sun Data v3.0**. 2018.

DMEGC SOLAR. **Datasheet do módulo DM605M10RT-B72HST-HBT**. [S.l.: s.n.], 2024. Disponível em: <http://dmegcsolar.com.br/wp-content/uploads/2024/04/DMxxxM10RT-B72HST-HBT.pdf>. Acesso em: 11 set. 2024.

ESTADÃO. **Como funciona a energia geotérmica**. Summit Agro, 18 mar. 2022. Disponível em: <https://agro.estadao.com.br/summit-agro/como-funciona-a-energia-geotermica>. Acesso em: 02 out. 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balço Energético Nacional (BEN) - Síntese 2024**. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-715/BEN_S%C3%ADntese_2024_PT.pdf. Acesso em: 11 ago. 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional (BEN) - Síntese 2024**. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-715/BEN_S%C3%ADntese_2024_PT.pdf. Acesso em: 11 ago. 2024.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Estatístico de Energia Elétrica 2020**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico168/EPEFactSheetAnuario.pdf>. 2020.

FERREIRA, L. H.; BRAGANNOLO, C. **Viabilidade econômica da microgeração fotovoltaica residencial no Brasil: um estudo de caso para Sorocaba, São Paulo**. *Revista Estudo & Debate*, 2024. Disponível em: <https://www.univates.br/revistas/index.php/estudoedebate/article/download/3558/2417>. Acesso em: 11 set. 2024.

FIGUEIREDO, A. R. **Energia solar: captação e aproveitamento pela arquitetura**. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/53551/4/TCC%20Aline%20Rodrigues%20de%20Figueiredo.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2024.

FOTUS. **O módulo fotovoltaico**. Blog Fotus, 17 maio 2021. Disponível em: <https://fotus.com.br/blog/o-modulo-fotovoltaico/>. Acesso em: 07 out. 2024.

FRAGA, Matheus Oliveira et al. **Índice de sustentabilidade empresarial e desempenho econômico-financeiro: estudo do setor brasileiro de energia elétrica**. *Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace*, v. 12, n. 3, p. 245-261, 2021. Disponível em: <https://racef.fundace.org.br/index.php/racef/article/view/881>. Acesso em: 12 set. 2024.

FREIRE, Luciano. **Energias renováveis complementares: benefícios e desafios**. 2014.

FURTADO, Matheus dos Santos; SOUZA, Lucas Araujo Nora de; ANDRADE, José Antônio Bento de. **O apagão de 2009 no Brasil: causas e impactos**. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 9, n. 11, p. 3264-3278, 2023. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/12616>. Acesso em: 13 set. 2024.

GALP. **Biomassa: o que é e quais são as vantagens desta fonte de energia?**. Blog Galp, 7 jun. 2021. Disponível em: <https://galp.com/pt/pt/empresas/blog/blog-post/biomassa>. Acesso em: 02 out. 2024.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de administração financeira**. 12. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2010.

GLOBO. **Em dez anos, hidrelétricas perderão espaço na geração de energia para solar e eólica**. O Globo, 12 jul. 2019. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/em-dez-anos-hidreletricas-perderao-espaco-na-geracao-de-energia-para-solar-eolica-24242784>. Acesso em: 01 out. 2024.

GOLDEMBERG, José. **Energia e sustentabilidade**. Revista de Cultura e Extensão USP, v. 14, p. 33-43, 2015. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rce/article/view/108256>. Acesso em: 13 set. 2024.

GOMES, Milena de Oliveira. **Gestão de crise e o "apagão" em 2001: um estudo de caso**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023. 31 f. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/21476>. Acesso em: 13 set. 2024.

GUIMARÃES, Ana Paula C.; GALDINO, Marco A. **SunData 3.0** (novembro/2017). Brasília: Cresesb, 2017. Disponível em: <https://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>. Acesso em: 15 out. 2024.

IBGE. **Ariquemes - RO: Panorama**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/ariquemes/panorama>. Acesso em: 28 ago. 2024.

IEA. **Global share of total energy supply by source**, IEA, Paris, 2019. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-share-of-total-energy-supply-by-source2019>. Acesso em: 14 set. 2024.

IEA. **Electricity Information 2022**, IEA, Paris. Disponível em: <https://www.iea.org/fuels-andtechnologies/electricity>. Acesso em: 13 set. 2024.

INATOMI, T. A. H.; UDAETA, M. E. M. **Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos**. III Workshop Internacional Brasil-Japão, 2005. Universidade de São Paulo – UPS, São Paulo

IRENE. **Renewable Power Generation Costs in 2020**, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Disponível em: <https://www.irena.org/Data/View-data-by-topic/Costs/GlobalTrends>. Acesso em: 13 set. 2024.

JAMIL, Wan Juzaili; ABDUL RAHMAN, Hasimah; SHAARI, Sulaiman; SALAM, Zainal. **Performance degradation of photovoltaic power system: Review on mitigation methods**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 67, p. 876-891, 2017. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/eee/rensus/v67y2017icp876-891.html>. Acesso em: 29 jul. 2024.

LARA, Daniela Mueller de; RICHTER, Marc François. Hidrogênio verde: a fonte de energia do futuro. **Novos Cadernos NAEA**, v. 26, n. 1, p. 413-436, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/12746>. Acesso em: 13 set. 2024.

LUZ SOLAR. **Como funciona o sistema fotovoltaico**. 07 jul. 2017. Disponível em: <https://luzsolar.com.br/como-funciona-o-sistema-fotovoltaico/>. Acesso em: 03 out. 2024.

MADUREIRA, Carolina Pereira et al. Acordo de Paris (2015) e a adoção da energia fotovoltaica para transição energética na América Latina. **Anais do Seminário Regional de Políticas e Sustentabilidade (SERPS)**, v. 1, n. 1, p. 54-65, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufpi.br/index.php/serps/article/view/5102>. Acesso em: 12 set. 2024.

MANTOVANI, Paula Renata Albrecht; NEUMANN, Pamela Nicole; EDLER, Marco Antonio Ribeiro. Matriz Energética Brasileira: Em busca de uma nova alternativa. **Revista Interdisciplinar De Ensino, Pesquisa E Extensão-RevInt**, v. 4, n. 1, 2017.

MARQUES, W., Santos, A., Alves, E., Rollim, J., Pinto, M. (2022). **O sol nasce para todos: sustentabilidade mediante telhas fotovoltaicas de concreto**. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, 14(1).

MAUAD, Frederico Fábio; FERREIRA, Luciana da Costa; TRINDADE, Tatiana Costa Guimarães. **Energia renovável no Brasil: análise das principais fontes energéticas renováveis brasileiras**. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, 2017. Disponível em: www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/168. Acesso em: 12 set. 2024.

MIRANDA, Ronaldo Leão de; MARTINS, Eliane Maria; LOPES, Kamila. **A potencialidade energética da biomassa no Brasil**. *Desenvolvimento Socioeconômico em Debate*, v. 5, n. 1, p. 94-106, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unesc.net/ojs/index.php/RDSD/article/view/4829>. Acesso em: 12 set. 2024.

NÓBREGA, Balduino da; LIMA, Waléria; MELO, Raphael; GONÇALVES, Maria; NETO, Austriclinio. **Desempenho de um sistema solar fotovoltaico com diferentes inclinações e orientações azimutais em cidades da Paraíba**. *Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB*, v. 1, p. 175-188, 2018. DOI: 10.18265/1517-03062015v1n43p175-188.

OLIVEIRA, Jéssica Rayane Hernandez de. **Energia Solar Fotovoltaica**. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 9, n. 3, p. 1945-1954, 2023. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/9030>. Acesso em: 13 set. 2024.

OLIVEIRA, T. **Geração de energia x impacto ambiental**. Fundação Educacional de Ituiutaba – Campus UEMG, Ituiutaba, Minas Gerais, 2011. Disponível em: http://www.waltenomartins.com.br/tcc_2011_Thalles.pdf. Acesso em: 13 set. 2024.

PEREIRA, G. E. dos S. **Implicações da retirada da vegetação original e sua substituição por diferentes tipos de cobertura vegetal sobre aspectos físicos e de fertilidade do solo na região de Ariquemes, RO**. 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Porto Velho, 2017. Disponível em: <https://www.ri.unir.br/jspui/handle/123456789/2474>. Acesso em: 09 jul. 2024.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, mar. 2014

PORTAL SOLAR. **Brasil alcança 6ª posição no ranking global de energia solar.** *Portal Solar*, 8 abr. 2024. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/noticias/mercado/internacional/brasil-alcanca-6a-posicao-no-ranking-global-de-energia-solar>. Acesso em: 15 out. 2024.

PORTAL SOLAR. **Lei 14300: mudanças com o Marco Legal da Geração Distribuída.** Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/lei-14300>. Acesso em: 02 set. 2024.

PORTO, Jadson Luís Rebelo; TOSTES, José Alberto; GOMES, Andréa Figueiredo. **De apagão a apagado: Ensaio sobre a questão energética amapaense.** 1 ed. Maringá: Uniedusul, 2021.

RIBEIRO, Marcos Fellipe de Souza. **Análise do melhoramento da estabilidade de frequência do sistema elétrico isolado de Roraima após a introdução de uma nova matriz geradora.** 2024. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica, Uberlândia, 2024. 83 f. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/42120>. Acesso em: 13 set. 2024.

RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM). **Informativo Mensal Hidrometeorológico de Eventos Críticos no Estado de Rondônia, Período seco 2022.** Porto Velho: SEDAM, 2023. Disponível em: https://www.sedam.ro.gov.br/ext-files/cogeo/2024/02/EVENTOS-HIDROMET_CRITICO-RO_Inform_Mensal_48a-ed_dezembro2023_Miguel.pdf. Acesso em: 08 jul. 2024.

ROQUETTO, T. R. **Projeto e avaliação de um sistema de geração fotovoltaica comercial conectado à rede.** 2024. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/2391f450-849e-43c9-b37f-039b47428683/download>. Acesso em: 29 jul. 2024.

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil.** [S.l.]: LABSOLAR, 2004. ISBN 85-87583-04-2. Disponível em: <https://acervo.uniarp.edu.br/?livro=edificios-solares-fotovoltaicos-o-potencial-da-geracao-solar-fotovoltaica-integrada-a-edificacoes-urbanas-e-interligada>. Acesso em: 19 jul. 2024.

SALFATIS. **Medidor de energia bifásico bidirecional Nansen Vector 4 120A.** [S.l.: s.n.], 2024. Disponível em: <https://salfatis.com.br/produtos/medidor-de-energia-bifasico-bidirecional-nansen-vector-4-120a/>. Acesso em: 08 out. 2024.

SANTOS, F. H. S.; BREDA, J. F. D. **Análise da viabilidade de projetos de geração de energia fotovoltaica no Norte de Minas Gerais considerando aspectos de....** 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/344906733>. Acesso em: 05 ago. 2024

SANTOS, Veronica Solimar dos; BLANCO, Claudio José Cavalcante. **Estimativa de crédito de carbono na geração de energia com fontes renováveis na Ilha de Marimarituba-Santarém-PA.** *Revista de Estudos Ambientais*, v. 18, n. 1, p. 17-29, 2016. Disponível em: <https://ojsrevista.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/5330>. Acesso em: 12 set. 2024.

SERRANO, André Luiz Marques, et al. **Análise e investigação da capacidade instalada de energia elétrica no Brasil através de modelo paramétrico.** *Revista Produção Online*, v. 22, n. 1, p. 2570-2593, 2022. Disponível em: <https://producaoonline.emnuvens.com.br/rpo/article/download/4549/2162>. Acesso em: 15 ago. 2024.

SILVA, Fabiano Moreira da; PAULA, Elder Andrade de. **Usinas hidrelétricas sob os véus da “sustentabilidade”: os pescadores artesanais da Ponta do Abunã (RO) e a Usina Hidrelétrica de Jirau.** Novos Cadernos NAEA, v. 21, n. 1, p. 159-178, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/3497>. Acesso em: 12 set. 2024.

SILVA, Heitor Marques Francelino da; ARAÚJO, Francisco José Costa. **Energia solar fotovoltaica no Brasil: uma revisão bibliográfica.** Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 8, n. 3, p. 859-869, 2022. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/4654>. Acesso em: 13 set. 2024.

SILVA, Matheus Segundo da et al. **Energia solar fotovoltaica: Revisão bibliográfica.** Revista Mythos, v. 14, n. 2, p. 51-61, 2020. Disponível em: <https://ojs.periodicos.unis.edu.br/index.php/mythos/article/view/467>. Acesso em: 13 set. 2024.

STEFFENS, E. **Microgeração Solar Distribuída: Estudo de Caso Técnico e Econômico para Aviários em Águas Mornas - SC.** Monografia (Graduação) - UFSC, Florianópolis, SC, 2017.

TERRIN, Kátia Alessandra Pastori; BLANCHET, Luiz Alberto. **Direito de energia e sustentabilidade: uma análise dos impactos negativos das usinas hidrelétricas no Brasil.** Revista Videre, v. 11, n. 22, p. 47-63, 2019. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/videre/article/view/11215>. Acesso em: 13 set. 2024.

VIAN, Ângelo. **Energia Solar: Fundamentos, Tecnologia e Aplicações.** São Paulo: Editora Blücher, 2021. E-book. ISBN 9786555500592. Disponível em: https://www.blucher.com.br/energia-solar-fundamentos-tecnologia-e-aplicacoes_9786555500592. Acesso em: 05 ago. 2024.

VIEIRA, M.; SANTOS, A. **O meio ambiente sustentável e a energia solar.** Ciência Exatas e Tecnológicas. Sergipe v. 1 n.15 p. 131-139 out. 2012.

ANEXOS

ANEXO A – Formulário de Solicitação

ANEXO I - FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO DE ORÇAMENTO DE CONEXÃO DE MICROGERAÇÃO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA	
1. Identificação da Unidade Consumidora (UC)	
No caso de UC existente sem alteração da potência disponibilizada	
1.1 Código da UC 20/ [REDACTED]	
Somente nos casos de UC nova ou alteração de potência em UC existente (a distribuidora pode dispensar a apresentação total ou parcial destes itens)	
1.1 Documentos de identificação do consumidor, conforme incisos I e II do art. 67 da Resolução Normativa nº 1.000/2021.	
1.2 Endereço das instalações (ou número de identificação das instalações já existentes) e o endereço ou meio de comunicação para entrega da fatura, das correspondências e das notificações.	
1.3 Declaração descritiva da carga instalada.	
1.4 Informação das cargas que possam provocar perturbações no sistema de distribuição.	
1.5 Informação e documentação das atividades desenvolvidas nas instalações.	
1.6 Apresentação de licença ou declaração emitida pelo órgão competente caso as instalações ou a extensão de rede de responsabilidade do consumidor e demais usuários ocuparem áreas protegidas pela legislação, tais como unidades de conservação, reservas legais, áreas de preservação permanente, territórios indígenas e quilombolas.	
1.7 Documento, com data, que comprove a propriedade ou posse do imóvel onde será implantada a central geradora ou, no caso de unidade flutuante, autorização, licença ou emitido pelas autoridades competentes. documento equivalente	
1.8 Indicação de um ponto de conexão de interesse, da tensão de conexão, do número de fases e das características de qualidade desejadas, que devem ser objeto da análise de viabilidade e de custos pela distribuidora. (Opcional)	
2. Dados Técnicos da Microgeração ou Minigeração Distribuída	
2.1 Tipo de fonte primária:	<input checked="" type="checkbox"/> Solar fotovoltaica <input type="checkbox"/> Hidráulica <input type="checkbox"/> Eólica <input type="checkbox"/> Biomassa <input type="checkbox"/> Cogeração qualificada <input type="checkbox"/> Outra (especificar):
2.2 Potência:	_____ kW (Valor da potência instalada total de geração, em kW)
2.3 Tipo de geração:	<input type="checkbox"/> Empregando máquina síncrona sem conversor <input checked="" type="checkbox"/> Empregando conversor eletrônico/inversor <input type="checkbox"/> Mista <input type="checkbox"/> Outra (especificar):
2.4 Dados do inversor (se houver):	Fabricante: PHB Modelo: PHB [REDACTED] D-WS Quantidade instalada: 1 Tensão nominal de conexão à rede: 220 Potência nominal de conexão à rede: _____ kW (caso sejam empregados mais de um modelo de conversor, replicar as informações acima para os outros modelos)
2.5 Modalidade de Compensação de Excedentes	<input checked="" type="checkbox"/> Compensação local <input type="checkbox"/> Autoconsumo remoto <input type="checkbox"/> Múltiplas Unidades Consumidoras <input type="checkbox"/> Geração compartilhada

3. Documentação Técnica	
3.1 Documento de responsabilidade técnica (projeto e execução) do conselho profissional competente, que identifique o número do registro válido e o nome do responsável técnico, o local da obra ou serviço e as atividades profissionais desenvolvidas, caso seja exigível na legislação específica e na forma prevista nessa legislação.	
3.2 Indicação do local do padrão ou da subestação de entrada no imóvel, exclusivamente nos casos em que ainda não estiverem instalados ou houver previsão de necessidade de aprovação prévia de projeto na norma técnica da distribuidora.	
3.3 Diagrama unifilar e de blocos e memorial descritivo do sistema de geração e proteção.	
3.4 Relatório de ensaio, em língua portuguesa, atestando a conformidade de todos os conversores de potência para a tensão nominal de conexão com a rede, sempre que houver a utilização de conversores.	
3.5 Dados necessários ao registro da central geradora distribuída conforme disponível no site da ANEEL.	
3.6 Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação, indicando o percentual ou a ordem de utilização dos excedentes. (Opcional)	
3.7 Cópia de instrumento jurídico que comprove a participação dos integrantes para os casos de múltiplas unidades consumidoras e geração compartilhada. (Caso aplicável)	
3.8 Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (Caso aplicável)	
3.9 Dados de segurança das barragens no caso do uso de sistemas com fontes hídricas, conforme Resolução Normativa nº 696/2015. (Caso aplicável)	
3.10 Para centrais fotovoltaicas enquadradas como despacháveis, comprovação de que o sistema de armazenamento atende o disposto no art. 655-B da Resolução Normativa nº 1.000/2021. (Caso aplicável)	
3.11 Documento que comprove o aporte da Garantia de Fiel Cumprimento, se aplicável, conforme previsto no art. 655-C da Resolução Normativa nº 1.000/2021. (Caso aplicável)	
4. Solicitações e Declarações	
<input type="checkbox"/>	Solicito que a contagem do prazo para realização da vistoria pela distribuidora, conforme art. 91 da Resolução Normativa nº 1.000/2021, inicie-se somente após minha solicitação. (Opcional)
<input type="checkbox"/>	Renuncio ao direito de desistir do orçamento de conexão nos termos dos §§ 7º e 8º do art. 89 da Resolução Normativa nº 1.000/2021. (Opcional)
<input type="checkbox"/>	Autorizo a distribuidora a entregar junto com o orçamento de conexão os contratos e o documento ou meio para pagamento de custos de minha responsabilidade. (Opcional)
<input checked="" type="checkbox"/>	Declaro que as instalações internas da minha unidade consumidora, incluindo a geração distribuída, atendem às normas e padrões da distribuidora, às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e às normas dos órgãos oficiais competentes, e ao art. 8º da Lei nº9.074, de 1995, naquilo que for aplicável. (Obrigatório)
5. Identificação do solicitante	
Nome do Consumidor: [REDACTED]	Representante: [REDACTED]
Telefone: [REDACTED], [REDACTED] (69) [REDACTED]; [REDACTED] (69) 9. [REDACTED] e [REDACTED] (69) 9. [REDACTED] 3	
E-mail: [REDACTED]	
Ariquemes - Rondônia - sexta-feira, 1 de março de 2024	
<hr/> [REDACTED] CPF: [REDACTED] Proprietário da Micro Geração	

ANEXO B – Anotação/Termo de Responsabilidade Técnica (ART/TRT)

Página 1/2



Termo de Responsabilidade Técnica - TRT
Lei nº 13.639, de 26 de MARÇO de 2018

CRT 01

TRT OBRA / SERVIÇO
Nº CFTXXXXXXXXXX

Conselho Regional dos Técnicos Industriais 01

INICIAL

1. Responsável Técnico(a)

CAIO CASTRO DA SILVA

Título profissional: **TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA**

Registro: XXXXXXXXXXXX

2. Contratante

Contratante: **VINICIUS GONÇALVES OLIVEIRA**

CPF/CNPJ: XXX.XXX.XXX-XX

Logradouro: **RUA PRESIDENTE PRUDENTE**

Nº: XXXX

Complemento:

Bairro: **JARDIM PAULISTA**

Cidade: **ARIQUEMES**

UF: **RO**

CEP: XXXXXXXX

País: **Brasil**

Telefone: (69) XXXXX-XXXX

Email: xxxxxxxx@gmail.com

Contrato: XX

Celebrado em: xx/xx/xxxx

Valor: **R\$ X.XXX,XX**

Tipo de contratante: **PESSOA FÍSICA**

Ação Institucional: **NENHUM**

3. Dados da Obra/Serviço

Logradouro: **RUA PRESIDENTE PRUDENTE**

Nº: XXXX

Complemento:

Bairro: **JARDIM PAULISTA**

Cidade: **ARIQUEMES**

UF: **RO**

CEP: XXXXXXXX

Telefone: (69) XXXXX-XXXX

Email: xxxxxxxx@gmail.com

Coordenadas Geográficas: **Latitude: XX°XX'XX.XX"S Longitude: XX°XX'XX.XX"W**

Data de Início: **XX/XX/2024**

Previsão de término: **XX/XX/2024**

Finalidade: **Urbana**

Proprietário(a): **VINICIUS GONÇALVES OLIVEIRA**

CPF/CNPJ: XXX.XXX.XXX-XX

4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
13 - PROJETO		
50 - PROJETO E EXECUÇÃO > CFT -> OBRAS E SERVIÇOS - ELÉTRICA -> RECURSOS ENERGÉTICOS-> FONTES DE ENERGIA -> #1753 - RENOVÁVEIS	7,260	kWp
50 - PROJETO E EXECUÇÃO > CFT -> OBRAS E SERVIÇOS - ELÉTRICA -> RECURSOS ENERGÉTICOS-> SISTEMAS E MÉTODOS-> #1757 - CONVERSÃO DE ENERGIA	7,260	kWp
50 - PROJETO E EXECUÇÃO > CFT -> OBRAS E SERVIÇOS - ELÉTRICA -> RECURSOS ENERGÉTICOS-> PRODUÇÃO DE ENERGIA -> #1761 - SOLAR	7,260	kWp
50 - PROJETO E EXECUÇÃO > CFT -> OBRAS E SERVIÇOS - ELÉTRICA -> RECURSOS ENERGÉTICOS-> CONSERVAÇÃO DE ENERGIA -> #1765 - SOLAR	7,260	kWp
50 - PROJETO E EXECUÇÃO > CFT -> OBRAS E SERVIÇOS - ELÉTRICA -> RECURSOS ENERGÉTICOS-> TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA -> #1769 - SOLAR	7,260	kWp
50 - PROJETO E EXECUÇÃO > CFT -> OBRAS E SERVIÇOS - ELÉTRICA -> RECURSOS ENERGÉTICOS-> #1770 - UNIDADE GERADORA DE ENERGIA	7,260	kWp
50 - PROJETO E EXECUÇÃO > CFT -> OBRAS E SERVIÇOS - ELÉTRICA -> RECURSOS ENERGÉTICOS-> #1771 - DIAGNÓSTICO ENERGETICO	7,260	kWp
50 - PROJETO E EXECUÇÃO > CFT -> OBRAS E SERVIÇOS - ELÉTRICA -> RECURSOS ENERGÉTICOS-> #1772 - EFICIENTIZAÇÃO DE SISTEMAS	7,260	kWp
50 - PROJETO E EXECUÇÃO > CFT -> OBRAS E SERVIÇOS - ELÉTRICA -> RECURSOS ENERGÉTICOS-> #1773 - ENERGETICOS	7,260	kWp
50 - PROJETO E EXECUÇÃO > CFT -> OBRAS E SERVIÇOS - ELÉTRICA -> RECURSOS ENERGÉTICOS-> #1775 - FONTES DE ENERGIA TRADICIONAIS, ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS	7,260	kWp
50 - PROJETO E EXECUÇÃO > CFT -> OBRAS E SERVIÇOS - ELÉTRICA -> RECURSOS ENERGÉTICOS-> #1776 - DIAGNOSTICO ENERGETICO	7,260	kWp
50 - PROJETO E EXECUÇÃO > CFT -> OBRAS E SERVIÇOS - ELÉTRICA -> ELETROTÉCNICA APLICADA -> GERAÇÃO DE ENERGIA -> #1789 - SOLAR FOTOVOLTAICA	7,260	kWp
50 - PROJETO E EXECUÇÃO > CFT -> OBRAS E SERVIÇOS - ELÉTRICA -> PROJETO ELÉTRICO -> #3134 - DIMENSIONAMENTO DE CARGA	7,260	kWp
50 - PROJETO E EXECUÇÃO > CFT -> OBRAS E SERVIÇOS - ELÉTRICA -> PROJETO ELÉTRICO -> #3135 - DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO	7,260	kWp
50 - PROJETO E EXECUÇÃO > CFT -> OBRAS E SERVIÇOS - ELÉTRICA -> PROJETO ELÉTRICO -> #3136 - DIMENSIONAMENTO DE ELETRODUTOS	7,260	kWp
50 - PROJETO E EXECUÇÃO > CFT -> OBRAS E SERVIÇOS - ELÉTRICA -> PROJETO ELÉTRICO -> #3137 - ATERRAMENTO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	7,260	kWp

A validade deste TRT pode ser verificada em: <https://corporativo.sinceti.net.br/publico/>, com a chave: ZY83d
Impresso em: 05/03/2024 às 17:33:41 pelo usuário corporativo.: ip: 2804.3e14:8963:f300:add5:5cae:a043:71a2

CFT
Conselho Federal dos Técnicos Industriais





**Termo de Responsabilidade Técnica - TRT
Lei nº 13.639, de 26 de MARÇO de 2018**

CRT 01

**TRT OBRA / SERVIÇO
Nº CFTXXXXXXXXXX**

Conselho Regional dos Técnicos Industriais 01

INICIAL

50 - PROJETO E EXECUÇÃO > CFT -> OBRAS E SERVIÇOS - ELÉTRICA -> ELETROTÉCNICA 7,002 kWp
APLICADA -> ENTRADA DE CORRENTE DE ENERGIA ELÉTRICA -> #3138 - ENTRADA DE
ENERGIA ELÉTRICA EM BAIXA TENSÃO

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa deste TRT

5. Observações

RESPONSABILIDADE TÉCNICA DE PROJETO E DA EXECUÇÃO DE OBRA ELÉTRICA DE UM SISTEMA DE MICRO GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE FONTE SOLAR FOTOVOLTAICA, DO TIPO ON-GRID DOTADO DE UM KIT GERADOR FOTOVOLTAICO DE POTÊNCIA NOMINAL 7,26 KWP COMPOSTO POR: 12 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS MONOCRISTALINOS DE 605 WATTS, 01 INVERSOR FOTOVOLTAICO GRID-TIE DE POTÊNCIA NOMINAL 5,0 kW, MODELO PHB 5000D-WS E DEMAIS ACESSÓRIOS NECESSÁRIOS A COMPLETA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO, FAIXA DE TENSÃO DE OPERAÇÃO 100/900 VCC E 220 VCA. PROJETO ELABORADO PELO ENG.º ELETRICISTA XXXXXX RIBEIRO DA CUNHA, CREA: XXXXXD/RO. ART N°2XXXXXXXXXX.

6. Valor

Valor do TRT: R\$ 62,57 Pago em: XX/XX/2024 Boleto: 8XXXXXXXX

7. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Responsável Técnico: CAIO CASTRO DA SILVA
CPF: XXX.XXX.XXX-XX

Contratante: VINICIUS GONÇALVES OLIVEIRA
CPF: XXX.XXX.XXX-XX

A validade deste TRT pode ser verificada em: <https://corporativo.sincetel.net.br/publico/>, com a chave: ZY83d
Impresso em: 05/03/2024 às 17:33:41 pelo usuário corporativo. . ip: 2804.3e14:8963.f300.add5.5cae.a043.71a2


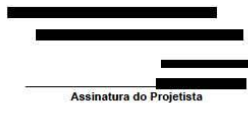
CFT
Conselho Federal dos Técnicos
Industriais




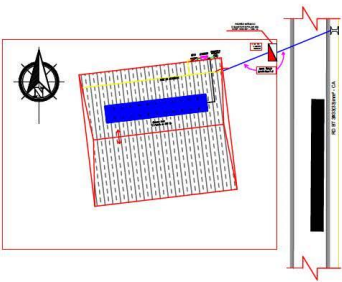
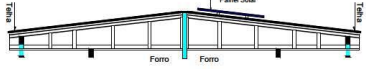
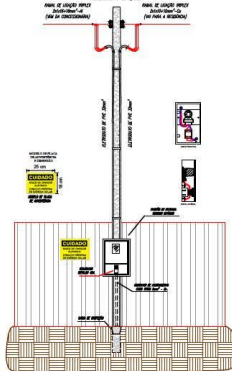
ANEXO C – Memorial Descritivo da Instalação

MEMORIAL DESCRITIVO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA UFV-SOLAR									
1. IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA - UC									
Código do cliente (UC):	[REDACTED]		Classe:	RESIDENCIAL		CNPJ/CPF:	[REDACTED]		
Titular da UC:	[REDACTED]								
Logradouro:	[REDACTED]								
Nº:	[REDACTED]	Bairro:	[REDACTED]	Cidade:	ARIQUEMES				
E-mail:	[REDACTED]			UF:	RO	CEP:	[REDACTED]		
Telefone:	[REDACTED]		Celular:	[REDACTED]		Nº de fases:	2	Ramal	
Tipo do Padrão:		Nível de tensão (V)		Potência Máxima Disponibilizada (kW):			AÉREO		
BIFÁSICO		127/220		10,10					
Disjuntor geral (A)		Fator de Potência		Demanda Contratada (kW):		DPS CA (kA)	DISJUNTOR CA	DPS CC (kA)	DISJUNTOR CC
40		0,92		0					
Modalidade		Potência Trafo:	Numero de hastes	Demanda Contratada (kWg):		40	40		
Compensação local		0	1	0					
Coordenadas do padrão de entrada em UTM:				FUSO		X (LONG)		Y (LAT)	
				20K		[REDACTED]		[REDACTED]	
Tipo Tensão:		Cabos por fase:	Potência De Geração (kW):	Bitola Fase:	Bitola Neutro:	Bitola Terra:	Sistema GD já instalado?	Previsão de ligação (Mês):	
BAIXA		1	[REDACTED]	10	10	6	NÃO	Mês: [REDACTED]	Ano: 2024
Zona:		URBANO							
Observações:									
V6									
2. CARACTERÍSTICAS DA GERAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA									
Estrutura dos painéis utilizados na usina:									
Nº	Qtd.	Fabricante	Modelo dos paineis			Area total do arranjo (M²)	Potência (kW)	Subtotal (kW)	
1	12	OUTROS	OUTRO			32	0,585	7,02	
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
						Area Total:	32m²	Potencia Total (kW):	7,02
Estrutura do(s) inversor(es) utilizado(s) na usina:									
Nº	Qtd.	Fabricante	Modelo do(s) inversor(es)			Potência (kW)	Subtotal (kW)	Tensão nominal (V)	
1	1	26 - PHB SOLAR	OUTRO			6	6	220	
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
							Potencia Total (kW):	6	
NECESSITA DE AUTOTRAFO OU DE TRANSFORMADOR DE ACOPLAMENTO?							NÃO		
POTÊNCIA:									
ATENDIMENTO COM TRAFEGO EXCLUSIVO (GRUPO "A" E CONSUMIDORES RURAIS)?							NÃO		
POTÊNCIA:									
Assinatura do Projetista									
[REDACTED]									

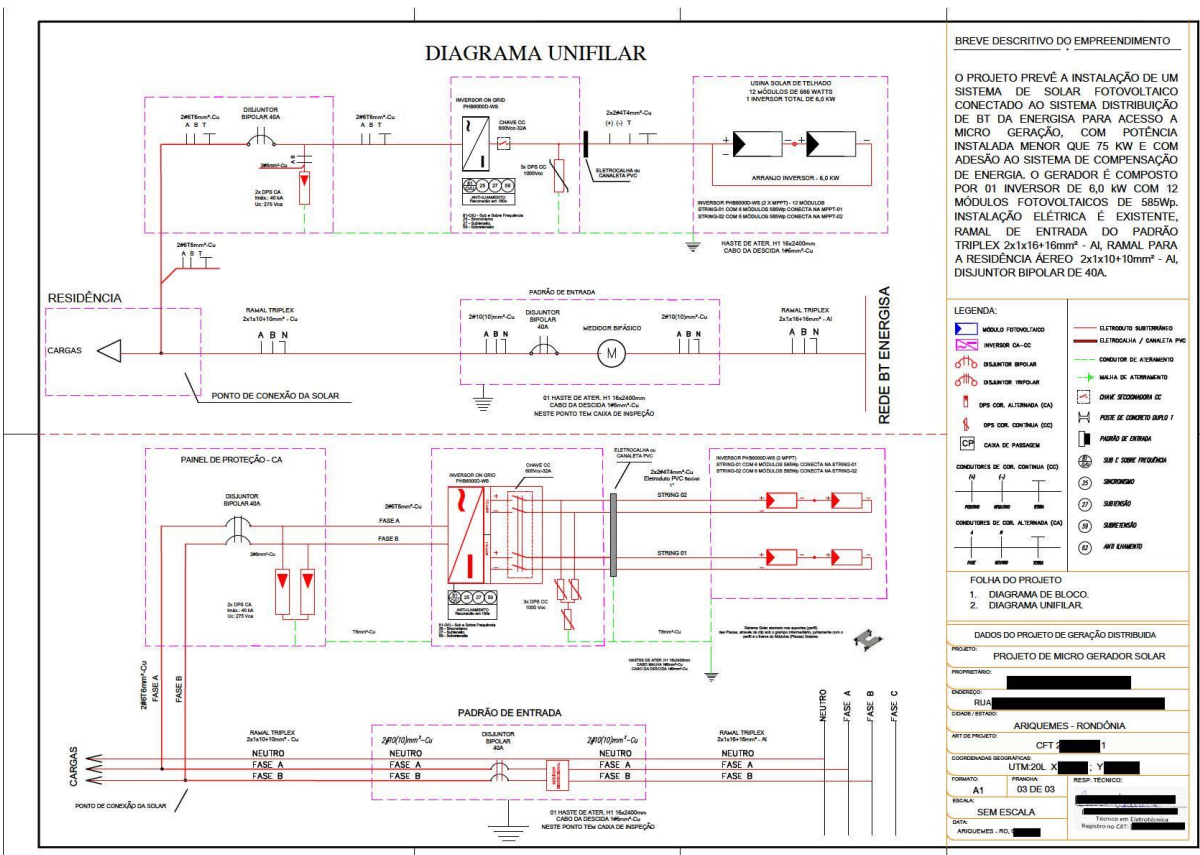
3. AJUSTES RECOMENDADOS DAS PROTEÇÕES - PARAMETRIZAÇÕES DO INVERSOR		
DESCRIÇÃO	PARÂMETROS	TEMPO DE ATUAÇÃO
Tensão no ponto de Conexão:	$V < 80\% (0,8 \text{ PU}) V_n$	Desligar em 0,2 s
Tensão no ponto de Conexão:	$V < 110\% (1,1 \text{ PU}) V_n$	Desligar em 0,2 s
Regime Normal de Operação:	$80\% \leq V \leq 110\%$	Condições normais
Subfrequência:	$f < 57,5 \text{ HZ}$	Desligar em até 0,2 s
Sobrefrequência:	$f > 62,0 \text{ HZ}$	Desligar em 0,2 s
Frequência Nominal da Rede:	$f = 60 \text{ HZ}$	Condições normais
Após a perda da rede (ilhamento), deverá interromper o fornecimento de energia a rede:	ilhamento	Interromper em até 2s
Após a retomada das condições normais de tensão e frequência da rede, religar:	Reconexão	Após 180s

4. REQUISITOS DE SEGURANÇA
<p>O projeto deve ser elaborado atendendo todos os requisitos de segurança solicitado no item 10 da NDU013 e NDU015. Para os sistemas de Geração Distribuída, é necessária a instalação de dispositivo de proteção contra surto (DPS) devidamente projetado e de acordo com as indicações estabelecidas na ABNT NBR 5419:2015 e os diagramas, conforme Desenhos NDU013.</p> <p>4.1 Variações de Tensão e Frequência</p> <p>Condições anormais de operação podem surgir na rede elétrica e requerem uma resposta do sistema de Geração Distribuída conectado a essa rede. Esta resposta é para garantir a segurança das equipes de manutenção da rede e das pessoas em geral, bem como para evitar danos aos equipamentos conectados à rede, incluindo o sistema de geração distribuída.</p> <p>4.2 Proteção Anti-Ilhamento</p> <p>Na ocorrência de uma eventual falha na rede da Energisa durante a operação de paralelismo, o sistema de Geração deve desligar-se através do inversor e isolar a geração da rede, no máximo, em 2 segundos. O inversor deve garantir o sincronismo da geração com a rede e evitar conexões indevidas. Em nenhuma hipótese será permitido o ilhamento de geradores conectados ao sistema Elétrico da Energisa.</p> <p>4.3 Reconexão</p> <p>Depois de uma "desconexão" devido a uma condição anormal da rede, o sistema de Geração Distribuída não pode retomar o fornecimento de energia à rede elétrica (reconexão) por um período mínimo de 180 segundos após a retomada das condições normais de tensão e frequência da rede.</p> <p>4.4 Aterramento</p> <p>O sistema de Geração Distribuída deverá estar conectado ao sistema de aterramento da unidade consumidora. As instalações de Centrais Geradoras deverão estar providas de sistemas de aterramento que garantam que, em quaisquer circunstâncias, não sejam geradas tensões de contato superiores aos limites estabelecidos conforme NBR 5410. O estudo relativo ao sistema de aterramento da geração distribuída deverá ser de responsabilidade do responsável técnico pelo projeto.</p> <p>4.5 Sinalização de Segurança</p> <p>A sinalização de segurança deve ser instalada junto ao padrão de entrada de energia, próximo à caixa de medição/proteção. Deverá ser instalada uma placa de advertência com os seguintes dizeres:</p> <p style="text-align: center;">"CUIDADO - RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO - GERAÇÃO PRÓPRIA"</p> <p>Sendo identificado com tinta anticorrosiva, não sendo aceita a utilização de adesivos. A placa de advertência deverá ser confeccionada em PVC ou acrílico com espessura mínima de 1mm e conforme modelo do desenho NDU013 pág. 65.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Modelo de placa de Advertência</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Assinatura do Projetista</p> </div> </div>

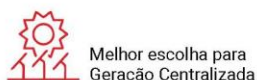
ANEXO D – Padrão de Entrada e Mapa de Localização

<p style="text-align: center;">MAPA DE LOCALIZAÇÃO</p> 	<p style="text-align: center;">LAY OUT DA DISPOSIÇÃO DOS PAINÉIS</p> 	<p>BREVE DESCRITIVO DO EMPREENDIMENTO</p> <p>O PROJETO PREVÊ A INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO AO SISTEMA DISTRIBUIÇÃO DE BT DA ENERGISA PARA ACESSO A MICRO GERAÇÃO, COM POTÊNCIA INSTALADA MENOR QUE 75 KW E COM ADESAO AO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA. O GERADOR É COMPOSTO POR 01 INVERSOR DE 10 KW COM 12 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DE 400Wp. INSTALAÇÃO ELÉTRICA É EXISTENTE, RAMAL DE ENTRADA DO PADRÃO TRIPLEX 2x1x16+16mm² - Al, RAMAL PARA A RESIDÊNCIA AÉREO 2x1x10+10mm² - Al, DISJUNTOR BIPOLAR DE 40A.</p>																																																
<p style="text-align: center;">Corte Lateral</p> <p>Telhado com cobertura estruturada em madeira com telhas de fibrocimento, 11° Orientado para o oeste e leste geográfico.</p> 	<p style="text-align: center;">VISTA FRONTAL DA ENTRADA DO PADRÃO</p> 	<p>LEGENDA:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td></td> <td>MODULO FOTOVOLTAICO</td> <td></td> <td>ELETRIVOTO SUBTERRANEO</td> </tr> <tr> <td></td> <td>INVERSOR CA-CC</td> <td></td> <td>ELETROLINHA / CANALETA PVC</td> </tr> <tr> <td></td> <td>DISJUNTOR BIPOLAR</td> <td></td> <td>CONDUTOR DE ATERRAMENTO</td> </tr> <tr> <td></td> <td>DISJUNTOR BIPOLAR</td> <td></td> <td>MALHA DE ATERRAMENTO</td> </tr> <tr> <td></td> <td>DPS COM ALTERNADA (CA)</td> <td></td> <td>CABE STRACIONADA DC</td> </tr> <tr> <td></td> <td>DPS COM CONTINUA (CC)</td> <td></td> <td>POSE DE CONCRETO BUNDO F</td> </tr> <tr> <td></td> <td>CABA DE MEDIÇÃO</td> <td></td> <td>PADRÃO DE ENTRADA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>CONDUTORES DE COR. CONTINUA (CC)</td> <td></td> <td>SUB E CORRE PREDICAO</td> </tr> <tr> <td></td> <td>CONDUTORES DE COR. ALTERNADA (CA)</td> <td></td> <td>SINCRONIZO</td> </tr> <tr> <td></td> <td>CONDUTORES DE COR. ALTERNADA (CA)</td> <td></td> <td>SUBSISTEMO</td> </tr> <tr> <td></td> <td>CONDUTORES DE COR. ALTERNADA (CA)</td> <td></td> <td>SUBSISTEMO</td> </tr> <tr> <td></td> <td>CONDUTORES DE COR. ALTERNADA (CA)</td> <td></td> <td>ANT ENXERTO</td> </tr> </table>		MODULO FOTOVOLTAICO		ELETRIVOTO SUBTERRANEO		INVERSOR CA-CC		ELETROLINHA / CANALETA PVC		DISJUNTOR BIPOLAR		CONDUTOR DE ATERRAMENTO		DISJUNTOR BIPOLAR		MALHA DE ATERRAMENTO		DPS COM ALTERNADA (CA)		CABE STRACIONADA DC		DPS COM CONTINUA (CC)		POSE DE CONCRETO BUNDO F		CABA DE MEDIÇÃO		PADRÃO DE ENTRADA		CONDUTORES DE COR. CONTINUA (CC)		SUB E CORRE PREDICAO		CONDUTORES DE COR. ALTERNADA (CA)		SINCRONIZO		CONDUTORES DE COR. ALTERNADA (CA)		SUBSISTEMO		CONDUTORES DE COR. ALTERNADA (CA)		SUBSISTEMO		CONDUTORES DE COR. ALTERNADA (CA)		ANT ENXERTO
	MODULO FOTOVOLTAICO		ELETRIVOTO SUBTERRANEO																																															
	INVERSOR CA-CC		ELETROLINHA / CANALETA PVC																																															
	DISJUNTOR BIPOLAR		CONDUTOR DE ATERRAMENTO																																															
	DISJUNTOR BIPOLAR		MALHA DE ATERRAMENTO																																															
	DPS COM ALTERNADA (CA)		CABE STRACIONADA DC																																															
	DPS COM CONTINUA (CC)		POSE DE CONCRETO BUNDO F																																															
	CABA DE MEDIÇÃO		PADRÃO DE ENTRADA																																															
	CONDUTORES DE COR. CONTINUA (CC)		SUB E CORRE PREDICAO																																															
	CONDUTORES DE COR. ALTERNADA (CA)		SINCRONIZO																																															
	CONDUTORES DE COR. ALTERNADA (CA)		SUBSISTEMO																																															
	CONDUTORES DE COR. ALTERNADA (CA)		SUBSISTEMO																																															
	CONDUTORES DE COR. ALTERNADA (CA)		ANT ENXERTO																																															
<p>FOLHA DO PROJETO</p> <p>1. MAPA DE LOCALIZAÇÃO; 2. LAYOUT DA DISPOSIÇÃO DOS PAINÉIS.</p>																																																		
<p>DADOS DO PROJETO DE GERAÇÃO DISTRIBUIDA</p> <p>PROJETO: PROJETO DE MICRO GERADOR SOLAR</p> <p>PROFUNDIZADO: [REDACTED]</p> <p>INDICADO: [REDACTED]</p> <p>RU/IA: [REDACTED]</p> <p>DESENHO/ESTADO: [REDACTED]</p> <p>LOCAL: ARIQUEMES - RONDÔNIA</p> <p>POSTO DE PROJETO: CF1 [REDACTED]</p> <p>COORDENADAS GEOGRÁFICAS: UTM20L X: [REDACTED] Y: [REDACTED]</p> <p>FORMATO: A1 PÁGINA: 01 DE 03 RESP. TÉCNICO: [REDACTED]</p> <p>ESCALA: SEM ESCALA</p> <p>DATA: [REDACTED]</p> <p>PROJETO: [REDACTED]</p> <p>ANEXOS: [REDACTED]</p>																																																		

ANEXO E – Diagrama Unifilar



ANEXO F – Datasheet e Certificação dos Módulos e Inversor



N-type

Módulo Bifacial com Vidro Duplo

Tipo: DMxxxM10RT-B72HST/HBT

Faixa de potência: 590 - 610W Máx.

Máx. Eficiência: 22.6%

Tolerância de Potência: 0~+3%



Aplicação do Módulo Bifacial

Rendimentos de eletricidade até 25% maiores devido à tecnologia de células ativas em módulos bifaciais de vidro/vidro em ambos os lados.



Melhor performance

Nossos módulos funcionam melhor em dias ensolarados e quentes graças ao seu coeficiente de temperatura otimizado.



Excelente desempenho com pouca luz

Nossos módulos também podem fornecer maior potência em condições de pouca luz, como pôr do sol, nublado ou amanhecer.



Qualidade excelente

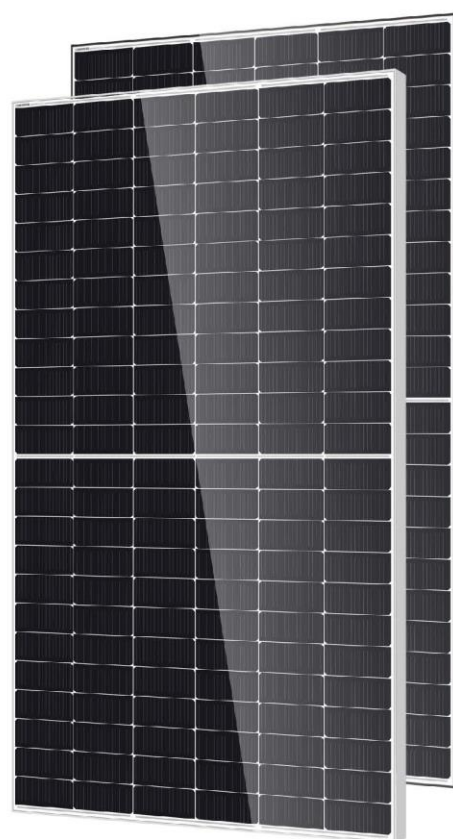
Mais de 40 anos de experiência em fabricação e testes intensivos de qualidade acima do padrão IEC garantem módulos confiáveis e um investimento seguro.



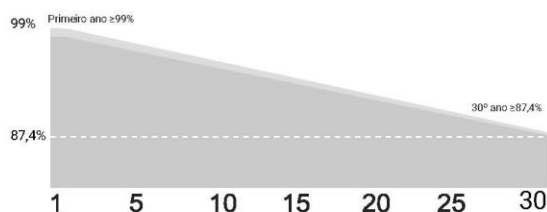
Assunção de Responsabilidade

Ambiental, Social e de Governança (ESG)

DMEGC representa sua responsabilidade. A produção é certificada de acordo com SA 8000 (normas da OIT).



Garantia



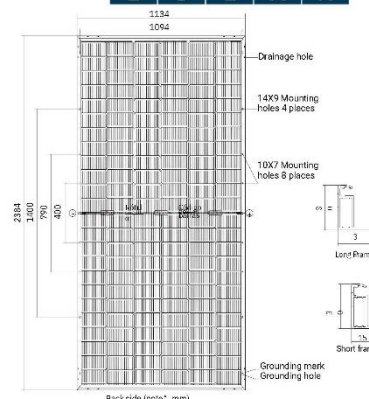
Um membro do Grupo Hengdian

DMxxxM10RT-B72HST/HBT

DMEGC
SOLAR

Especificação do módulo

Tipo de célula	Monocristalino N-type, 144 (6x24)
Dimensões (mm)	2384 x 1134 x 30
Peso (kg)	32,8
Cobertura Fronta	Vidro termoprocessado de 2 mm com revestimento antirreflexo Vidro
Cobertura Traseira	termoprocessado de 2 mm
Caixa de Conexão	3 Diodos, IP68 conforme IEC 62790
Cabos	4mm ² /Retrato: 350mm (+)/250mm(-)
Tipo de conector	PV-ZH202B ou MC4-EVO 2A (1500V)



Especificações Elétricas¹

Tipo de Módulo	DM590M10RT-B72HST/HBT	DM595M10RT-B72HST/HBT	DM600M10RT-B72HST/HBT	DM605M10RT-B72HST/HBT	DM610M10RT-B72HST/HBT
Condição de Teste	STC ²	NMOT ³	STC	NMOT	STC
Potência Máxima (P _{max} /W)	590	444	595	448	600
Corrente de Potência Máxima (I _{mp} /A)	13.45	10.87	13.50	10.91	13.55
Tensão de Potência Máxima (V _{mp} /V)	43.90	41.00	44.10	41.19	44.30
Corrente de Curto Circuito (I _{sc} /A)	14.03	11.30	14.08	11.34	14.13
Tensão de Circuito Aberto (V _{oc} /V)	53.18	50.37	53.38	50.56	53.58
Eficiência do Módulo (STC) (%)	21.8	22.0	22.2	22.4	22.6

¹ Medições de acordo com IEC 60904-3, Tolerância de medição: ISC: ±4%, VOC: ±3%, Bifacialidade: 80% ±5%

² STC (Condição de teste padrão): Radiação 1000 W/m², Temperatura do módulo 25°C, AM = 1,5

³ NMOT: Radiação 800 W/m², Temperatura ambiente 20°C, AM = 1,5, Velocidade do vento 1 m/s

SAÍDA BIFACIAL - GANHO DE POTÊNCIA TRASEIRA

	10%	P _{máx} (STC)	649	655	660	666	671
20%	P _{máx} (STC)	708	714	720	726	732	732
30%	P _{máx} (STC)	767	774	780	787	793	793

Certificações e Garantia

Certificações	CEI 61215, CEI 61730
	Teste de corrosão com amônia: IEC 62716
	Teste de corrosão por névoa salina: IEC 61701
	PID (IEC TS 62804); LeTID (IEC TS 63342)
Nº de registro WEEE	Poeira e Areia (IEC 60068)
	DE 50188598
Garantia do produto	15 anos
Garantia de potência máxima	30 anos de garantia linear

1.) Primeiro ano: min. 99%. 2.) A partir do 2º ano: Máx. 0,4% de degradação anualmente. 3.) Min. 87,4% no 30º ano.

Condições de funcionamento

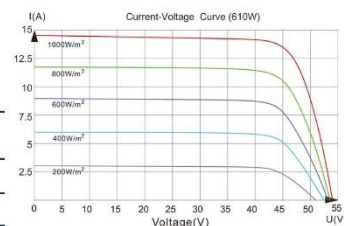
Temperatura de operação (°C)	-40 a +85
Tensão Máxima do Sistema (V)	1500 DC (IEC)
Classificação de Proteção contra Sobrecorrente (A)	30
Tolerância de Desempenho de Potência (%)	0 / +3
Classe de Proteção	II
Carga Máxima de Teste, Empurrar/Puxar (Pa)	Neve 5400 / Vento
Máx. Carga de projeto, empurrar/puxar (Pa)	2400
Classe de Resistência ao Fogo	3600/1600

Características de temperatura

Temperatura de Operação Nominal do Módulo (NMOT)	42 ±2 °C
Coefficiente de Temperatura de P _{max} (%/°C)	-0,29
Coefficiente de Temperatura de Voc (%/°C)	-0,25
Coefficiente de Temperatura de I _{sc} (%/°C)	+0,048

Embalagem

Contêiner	40' HQ
Dimensões do Palete (mm)	2396x1140x1250
Peças por Palete	36
Peças por Contêiner	720



Declaração: As instruções de instalação e as condições de garantia devem ser seguidas. Devido ao progresso tecnológico, os parâmetros do produto serão ajustados em conformidade. Na assinatura do contrato prevalecerão os dados mais recentes da empresa.

DMEGC
SOLAR

Hengdian Group DMEGC Magnetics Co., Ltd. Zona Industrial de Hengdian, cidade de Dongyang, província de Zhejiang, China 322118
Tel: 0086-579-8658-8825 Fax: 0086-579-8655-4845
E-mail: solar@dmege.com.cn
Site: www.dmege.com.cn

Todas as informações nesta ficha técnica correspondem à EN 50380. Exceto alterações e erros.
Status: 03/2024, Documento: BR_DS-M10RT-B72HST/HBT-202403_1

Copyright ©2024 Hengdian Group DMEGC Magnetics.
Todos os direitos reservados.

BRASIL
(HTTPS://GOV.BR)

Avaliação da Conformidade

Procurando algo?

O plug-in Adobe Flash Player não é mais compatível

[Pagina inicial \(http://www.inmetro.gov.br/\)](http://www.inmetro.gov.br/)
[/ Qualidade \(http://www.inmetro.gov.br/qualidade/\)](http://www.inmetro.gov.br/qualidade/) / [Registro de objeto \(...\)](#)
[/ Consultar registros concedidos](#)

☰ Registro de Objeto [Consultar registros concedidos](#)

🔍 Detalhes do Registro 005378/2024

Status

Ativo

Concessão

17/04/2024

JANOUSEK CONSULTORIA E SERVICOS LTDA

Rua José Vicente de Barros, 750 CJ 43-D Cep:12061-001 | Pq. Santo Antônio - Taubaté - SP

Tel: (Telefone) (12) 99164-8123 - jcs@janousek.com.br (mailto:jcs@janousek.com.br) - [CNPJ:](#)[\(CNPJ\)34.279.076/0001-10](#)**Programa de Avaliação da Conformidade**

Sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica (módulo, controlador de carga, inversor e bateria)

Portaria Inmetro

nº (número) 140 de 21/03/2022

Nome de Família

Módulos - DMEGC - mono-Si -

Bifacial - 2,70

Certificado

Não aplicável

↕Pesquisar histórico de alterações

Data	Alteração	Marca	Modelo	Descrição
17/04/2024	Incluído	DMEGC Solar	DM590M10RT- B72HST	590W;73,75kWh/mês;21,82%;A;2384mm;1134mm

24/05/2024, 15:12

Registro 005378/2024 | Avaliação da Conformidade

Data	Alteração	Marca	Modelo	Descrição
17/04/2024	Incluído	DMEGC Solar	DM595M10RT-B72HST	595W;74,38kWh/mês;22,00%;A;2384mm;1134mm
17/04/2024	Incluído	DMEGC Solar	DM600M10RT-B72HST	600W;75,00kWh/mês;22,19%;A;2384mm;1134mm
17/04/2024	Incluído	DMEGC Solar	DM605M10RT-B72HST	605W;75,63kWh/mês;22,37%;A;2384mm;1134mm
17/04/2024	Incluído	DMEGC Solar	DM610M10RT-B72HST	610W;76,25kWh/mês;22,56%;A;2384mm;1134mm
17/04/2024	Incluído	DMEGC Solar	DM590M10RT-B72HBT-P	590W;73,75kWh/mês;21,82%;A;2384mm;1134mm
17/04/2024	Incluído	DMEGC Solar	DM595M10RT-B72HBT-P	595W;74,38kWh/mês;22,00%;A;2384mm;1134mm
17/04/2024	Incluído	DMEGC Solar	DM600M10RT-B72HBT-P	600W;75,00kWh/mês;22,19%;A;2384mm;1134mm

<< Voltar

Barra GovBr (<http://www.gov.br/acessoainformacao/>)(<http://www.brasil.g>

INVERSOR SOLAR FOTOVOLTAICO MONOFÁSICO PHB

5000 W (220 V)

3100 W (127 V)



Adequado para sistemas residenciais e comerciais. Possui design moderno e inovador que facilita o manuseio e instalação.

PHB5000D-WS INVERSOR FOTOVOLTAICO

PHB3100D-WS INVERSOR FOTOVOLTAICO

Atende as Normas: ABNT NBR 16149; ABNT NBR 16150; ABNT NBR IEC 62116.

Possui a garantia de 10 anos para defeito de fabricação. (consulte o termo de garantia).

Características Principais:

- ✓ Detecção de inversão de polaridade;
- ✓ Função Zero Export (com PHB120T ou CT90-5);
- ✓ String box integrada com detecção remota de falha DPS.

EXCELENTE DESEMPENHO

- ✓ Eficiência do MPPT > 99,9%
- ✓ THDi menor que 3%
- ✓ Tensão de partida 50 V
- ✓ Duplo MPPT

ALTA SEGURANÇA

- ✓ IP66 anti-poeira e à prova d'água
- ✓ Atende as normas brasileiras;
- ✓ Atende as tensões módulo B PRODIST
- ✓ Registro do Inmetro:

PHB5000D-WS – 004163/2022

PHB3100D-WS – 011480/2023

PROJETO ORIENTADO PARA O CLIENTE

- ✓ LCD em português
- ✓ Fácil e rápida instalação
- ✓ Peso 12,8 kg
- ✓ Adequado para instalações, residenciais e comerciais
- ✓ Interface de comunicação: RS485, USB Serial e WI-FI



Rua São Bernardino nº 12
Pq. Anhanguera - CEP: 05120-050
São Paulo - SP



(11) 3648-7830
contato@phb.com.br

20240603 v1.5



Dados técnicos

A PHB Solar mantém uma estrutura de equipamentos calibrados, "setups" de testes e técnicos treinados, para proporcionar aos seus clientes um rápido serviço de reparo.

Modelo	PHB5000D-WS	PHB3100D-WS
Dados da Entrada CC		
Max. Tensão [V]	600	550
Faixa de Operação SPMP [V]	40~560	40~480
Tensão de Partida [V]	50	50
Corrente Máxima [A]	16 / 16	16 / 16
Corrente de Curto-Circuito [A]	23/ 23	23 / 23
Número de Strings / MPPT	2 / 2	2 / 2
Conector	MC4	MC4
String Box Integrada	Interruptor/ Seccionador CC (IEC60947-1 e IEC60947-3), DPS CC classe II (EN50539-11)	
Dados de Saída CA		
Potência Nominal [W]	5000	3100
Max. Corrente [A]	24	24,5
Saída Nominal [V]	208, 220, 230, 240 e 254 Vca; 60 Hz	115, 120 e 127 Vca; 60 Hz
Faixa de Operação [V]	166,4~279,4 Vca; 57,5~62 Hz	92~139,7 Vca; 57,5~62 Hz
THD	< 3 %	
Fator de Potência	Unitário (0.8 Capacitivo. / 0.8 Indutivo)	
Conexão	Monofásico /Bifásico	
Eficiência		
Max. Eficiência	97,4 %	96,4 %
Eficiência SPMP	>99,9 %	
Segurança do Equipamento		
Monitoramento de corrente de fuga	Integrado	
Proteção Anti-ilhamento	AFD	
NBR (Normas Brasileiras)	ABNT NBR 16149, 16150 e ABNT NBR IEC 62116	
Normas de Referência		
EMC	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-6-4	
Segurança	IEC 62109-1, AS3100	
Dados Gerais		
Dimensões (L*A*P) [mm]	350*410*143	
Peso Líquido [kg]	12,8	
Ambiente de Operação	Interno ou Externo	
Montagem	Fixado na parede	
Temperatura de Operação [ambiente]	-25~60 °C	
Umidade relativa	0~100 %	
Altitude [m]	<4000 m	
Grau de Proteção [IP]	IP66	
Topologia	Sem Transformador	
Ventilação	Convecção Natural	
Display	LCD (Português)	
Comunicação	USB Serial / RS485 / Wi-Fi	
Cor	Branco	
Garantia [anos]	10/15/20/25 (opcional)	



Rua São Bernardino nº 12
Pq. Anhanguera - CEP: 05120-050
São Paulo - SP



(11) 3648-7830
contato@phb.com.br



BRASIL
(HTTPS://GOV.BR)



Avaliação da Conformidade **Procurando algo?**
Este plug-in não tem suporte

 Buscar

Página inicial (<http://www.inmetro.gov.br/>)
/ Qualidade (<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/>) / Registro de objeto (...)
/ Consultar registros concedidos

☰ Registro de Objeto Consultar registros concedidos

🔍 Detalhes do Registro 004163/2022

Status

Ativo

Concessão

28/04/2022

PHB ELETRONICA LTDA

Rua São Bernardino, 12 Cep:05120-050 | Parque Anhanguera - São Paulo - SP

Tel: (Telefone) 1138358300 - rogerio@phb.com.br (mailto:rogerio@phb.com.br) - CNPJ:
(CNPJ)53.977.021/0001-28



Programa de Avaliação da Conformidade

Sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica (módulo, controlador de carga, inversor e bateria)

Portaria Inmetro

nº (número) 4 de 04/01/2011

Nome de Família

Monofasico 5000W

Certificado

Não aplicável

↵Pesquisar histórico de alterações

Data	Alteração	Marca	Modelo	Descrição
28/04/2022	Incluído	PHB	PHB5000D-WS	Inversor solar fotovoltaico conectado a rede

ANEXO G – Procuração

Para

Energisa Rondônia Distribuidora de Energia S.A.

PROCURAÇÃO

Eu, Vinicius Gonçalves Oliveira, Cpf: xxx.xxx.xxx-xx, autorizo por meio deste documento a empresa [REDACTED], CNPJ: [REDACTED], com sua sede na [REDACTED], [REDACTED], [REDACTED], Ariquemes – RO, CEP [REDACTED], e seus representantes, [REDACTED], Projetista, CPF: [REDACTED], [REDACTED], CPF: [REDACTED], [REDACTED], CPF: [REDACTED], e a senhora [REDACTED], [REDACTED], CPF: [REDACTED], a serem meus representantes legais em quaisquer tratativas que envolvam unidades consumidoras que estejam devidamente cadastradas em meu nome, junto a Energisa – S/A, podendo protocolar e assinar todos os itens relacionados abaixo sem restrições, sendo:

Protocolar e assinar Projetos elétricos de: Centrais geradoras de micro e mini geração distribuída de energia, com as fontes solares; centros de medição agrupada, medição direta e medição indireta; postos de transformação (Subestação) Monofásicos e Trifásicos de quaisquer potências; redes de distribuição Rurais e Urbanas em Média e Baixa Tensão.

Protocolar e assinar pedidos e solicitações de: Disponibilidade de Carga e/ou de viabilidade técnica em Média e Baixa Tensão; definição ponto de entrega e Local de atendimento em média e Baixa Tensão; desligamentos programados em redes de distribuição rural e urbana em média e baixa tensão; ampliação de redes de distribuição Rurais e Urbanas em Média e Baixa Tensão.

Fazer pedidos e solicitações de: Transferência de Titularidade de unidade consumidora; Assinar e protocolar contratos de Ligação Nova, Aditivos em unidades consumidoras dos grupos A e B; Solicitar ligação Nova, provisória, mudar tipo de ligação e desligamento de unidade consumidora; Retirar Extrato e segunda via de conta de energia elétrica; Alteração de dados cadastrais, carga e endereço da unidade consumidora; Protocolar Formulário de Compensação de créditos de energia elétrica; Solicitação de Acesso para instalação de sistemas de micro e minigeração distribuída; Ateração de modalidade tarifária, em unidades consumidoras dos grupos A e B; Substituição, insalação, vistoria e aferição de medidor; Assinar contrato de relacionamento operacional e/ou acordo operativo de micro e mini geração Solar; Solicitar revisão e/ou correção de fatura de energia e histórico de consumo.

Assinar e protocolar: Toda e qualquer solicitação, ordens de serviços e pedidos, além de toda documentação necessária a homologação e registro de usina de micro e mini geração de energia solar fotovoltaica, junto a concessionária Energisa e órgão regulador (ANEEL).

Representar o Cliente junto ao: CREA - Conselho Regional de engenharia e Arquiteutura e CFT - Conselho federal dos técnicos, autorizado os procuradores a assinar toda documentação que for necessária inclusive TRT's e ART's tanto de projeto quanto de execução de obras. geração de energia solar fotovoltaica, junto a concessionária Energisa e órgão regulador (ANEEL).

Sem mais para o momento agradeço a atenção.

Ariquemes - Rondônia - sexta-feira, 1 de março de 2024

Vinicius Gonçalves Oliveira
CPF: xxx.xxx.xxx-xx
Proprietário da Micro Geração

RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO DE PLÁGIO

DISCENTE: Ryan Catrich Oliveira, Vinicius Gonçalves de Oliveira.

CURSO: Engenharia Civil

DATA DE ANÁLISE: 19.11.2024

RESULTADO DA ANÁLISE

Estatísticas

Suspeitas na Internet: **3,48%**

Percentual do texto com expressões localizadas na internet [△](#)

Suspeitas confirmadas: **3,28%**

Confirmada existência dos trechos suspeitos nos endereços encontrados [△](#)

Texto analisado: **74,77%**

Percentual do texto efetivamente analisado (frases curtas, caracteres especiais, texto quebrado não são analisados).

Sucesso da análise: **100%**

Percentual das pesquisas com sucesso, indica a qualidade da análise, quanto maior, melhor.

Analisado por Plagius - Detector de Plágio 2.9.6
terça-feira, 19 de novembro de 2024

PARECER FINAL

Declaro para devidos fins, que o trabalho dos discentes RYAN CATRICH OLIVEIRA n. de matrícula **46685**, e VINICIUS GONÇALVES DE OLIVEIRA n. de matrícula **45717**, do curso de Engenharia Civil, foi aprovado na verificação de plágio, com porcentagem conferida em 3,48%. Devendo os alunos realizarem as correções necessárias.

Assinado digitalmente por: ISABELLE DA SILVA SOUZA
Razão: Responsável pelo documento
Localização: UNIFAEMA - Ariqueme/RO
O tempo: 19-11-2024 21:34:19

ISABELLE DA SILVA SOUZA
Bibliotecária CRB 1148/11
Biblioteca Central Júlio Bordignon
Centro Universitário Faema – UNIFAEMA