



SISTEMA FOTOVOLTAICO NO BRASIL E EM RORAIMA E AS DIFERENÇAS ENTRE OS SISTEMAS ON GRID E OFF GRID

PHOTOVOLTAIC SYSTEM IN BRAZIL AND RORAIMA AND THE DIFFERENCES BETWEEN ON GRID AND OFF GRID SYSTEMS

Master Nicolás Duarte Cordeiro

Graduate of the Postgraduate Program in Intellectual Property and Technology Transfer for Innovation – PROFNIT- UFRR focal point

nicolas_zouk@hotmail.com

Doctor Marcio Akira Couceiro

Professor of the Postgraduate Program in Intellectual Property and Technology Transfer for Innovation – PROFNIT- UFRR focal point

Marcio.akira@ufr.br

RESUMO:

Segundo dados da ABSOLAR (2022) sendo os recursos solares um dos melhores do planeta, o Brasil tem experimentado um crescimento exponencial da tecnologia solar fotovoltaica, com a capacidade instalada dessa fonte limpa, renovável e de fácil acesso praticamente dobrando ano após ano. Dentre os motivos, destaca-se o aumento constante da tarifa de energia que, nos últimos anos, vem se intensificando por conta de fatores climáticos como a estiagem nos locais onde possui hidrelétricas ou os altos preços dos combustíveis fósseis que abastecem as termelétricas. Deste modo, a energia solar se consolidou como uma solução fundamental para redução de custos, com maior segurança no fornecimento de energia elétrica e aumento da sustentabilidade no território brasileiro. Dentre os sistemas existentes, o sistema fotovoltaico *on grid* é o que hoje acredita-se apresentar a maior vantagem devido ao baixo custo de implantação possuindo um excelente custo benefício a médio prazo. A presente pesquisa teve por objetivo analisar as diferenças entre o sistema *on grid* e *off grid* e identificar qual desses tem como premissa ser um investimento ou necessidade. A metodologia parte de uma revisão de literatura de caráter descritivo, fazendo uso de método exploratório e analítico. A avaliação dos resultados foi guiada pelos dados levantados em fontes especializadas no tema em questão, indicando que o sistema *on grid* é a escolha mais benéfica, sendo considerado um investimento. Por outro lado, a adoção do *off grid* é mais pertinente em áreas sem acesso à rede elétrica, sendo considerado uma necessidade.

Palavras-chaves: Energia elétrica. Fotovoltaico. Solar. Sustentabilidade.

ABSTRACT

According to data from ABSOLAR (2022) being solar resources one of the best on the planet, Brazil has experienced an exponential growth of solar photovoltaic technology, with the installed capacity of this clean, renewable and easily accessible source almost doubling year after year. Among the reasons, we highlight the constant increase in the energy tariff that, in recent years, has been intensifying due to climatic factors such as drought in places where it has hydroelectric plants or the high prices of fossil fuels that supply the thermoelectric plants. Thus, solar energy has consolidated itself as a key solution

SISTEMA FOTOVOLTAICO NO BRASIL E EM RORAIMA E AS DIFERENÇAS ENTRE OS SISTEMAS ON GRID E OFF GRID

for cost reduction, with greater security in the supply of electricity and increased sustainability in Brazil. Among the existing systems, the photovoltaic system on grid is what today is believed to have the greatest advantage due to the low cost of deployment having an excellent cost benefit in the medium term. This research aimed to analyze the differences between the on grid and off grid system and identify which of these is premised to be an investment or need. The methodology is based on a literature review of descriptive character, using exploratory and analytical method. The evaluation of the results was guided by the data collected from sources specialized in the subject in question, indicating that the on grid system is the most beneficial choice, being considered an investment. On the other hand, the adoption of off grid is more relevant in areas without access to the power grid, being considered a necessity.

Keywords: Electricity. Photovoltaic. Solar. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o aumento dos preços das tarifas, a crescente preocupação com a sustentabilidade e a busca por fontes de energia limpa e renovável têm impulsionado a adoção de sistemas fotovoltaicos para a geração de eletricidade. Dentre as principais opções disponíveis, destacam-se os sistemas fotovoltaicos on grid e off grid, cada qual apresentando suas particularidades e aplicações específicas.

O crescimento contínuo da população mundial é uma realidade, conforme dados da agência de saúde sexual e reprodutiva das Nações Unidas – UNFPA (2022), que relatou que a população global atingiu 8 bilhões de pessoas em 15 de novembro de 2022. Esse aumento populacional tem intensificado a demanda por energia elétrica, uma necessidade fundamental na vida moderna. Neste contexto, os pesquisadores vêm buscando desenvolver tecnologias para encontrar formas mais sustentáveis, limpas e renováveis de produção de energia elétrica. Neste cenário, a energia solar surge como uma alternativa que atende a esses critérios. A energia renovável proveniente do sol, já existente, como meio de geração sustentável de energia elétrica, sem causar danos ao ecossistema. O presente trabalho visou distinguir as principais disparidades entre os sistemas on grid e off grid, procurando analisar as suas características e vantagens. O trabalho buscou identificar quais sistemas apresentam benefícios econômico-financeiros e em quais especificamente se tornam mais essenciais, podendo ser, em alguns casos, a única opção viável para garantir o acesso à energia elétrica.

2 METODOLOGIA

A metodologia foi baseada de uma revisão bibliográfica integrativa de natureza quantitativa, seguindo os princípios da metodologia científica proposta por Hercule et al. (2014). Foram utilizadas as plataformas Scientific Electronic Library Online (SciELO), Revista Research Society And Development, Periódicos e Google Scholar como bases de dados para a seleção de artigos científicos, além de materiais da Agência Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica - ABSOLAR. Os critérios de inclusão e exclusão consideraram aspectos como a integridade do texto, preferencialmente em português, relevância para o objetivo proposto e publicação nos últimos 10 anos.

A revisão integrativa da literatura é um método que busca sintetizar resultados obtidos em estudos sobre um tema ou questão de maneira sistemática, ordenada e abrangente. O termo "integrativa" reflete sua capacidade de fornecer uma compreensão mais abrangente de um assunto ou problema, contribuindo para o desenvolvimento de um corpo de conhecimento. Dessa forma, o revisor ou pesquisador pode empregar uma revisão integrativa para diversos propósitos, como a definição de conceitos, revisão de teorias ou análise metodológica de estudos relacionados a um tema específico (ERCULE ET AL., 2014).

3 ENERGIA SOLAR

A energia solar é uma fonte de energia renovável que provém diretamente do sol. Ela é captada através de diferentes tecnologias que convertem a luz solar em energia elétrica ou térmica. Uma das tecnologias mais comuns é a fotovoltaica, que utiliza células solares para gerar eletricidade. Além disso, há o aproveitamento térmico por meio de painéis solares para aquecer água e ambientes. A energia solar é uma opção ambientalmente amigável e sustentável, que contribui para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e mitigar as emissões de gases de efeito estufa. Seu uso tem agradado significativamente em todo o mundo devido aos avanços tecnológicos, incentivos governamentais e crescente preocupação com a

preservação do meio ambiente, impulsionando a transição para uma matriz energética mais sustentável.

O sol é uma das principais fontes de energia, e o uso dessa energia como fonte de calor e luz apresenta-se como uma das alternativas energéticas mais promissoras para garantir um futuro sustentável para as próximas gerações. A energia solar é abundante, disponível permanentemente e não causa emissões prejudiciais ao meio ambiente. A conversão da radiação solar em energia elétrica é uma tecnologia promissora, pois é limpa, renovável e ideal para a produção de eletricidade. Essa solução é particularmente vantajosa em áreas remotas e ainda não eletrificadas, sendo especialmente relevante em países como o Brasil, sobretudo no estado de Roraima, que possui excelentes índices de insolação. Vale destacar que cada metro quadrado de coletor solar instalado evita a inundação de 56 m² de terras férteis, o que seria necessário para construir novas usinas hidrelétricas (NUNES et al., 2012, p. 161).

3.1 Evolução da Energia Solar no Brasil

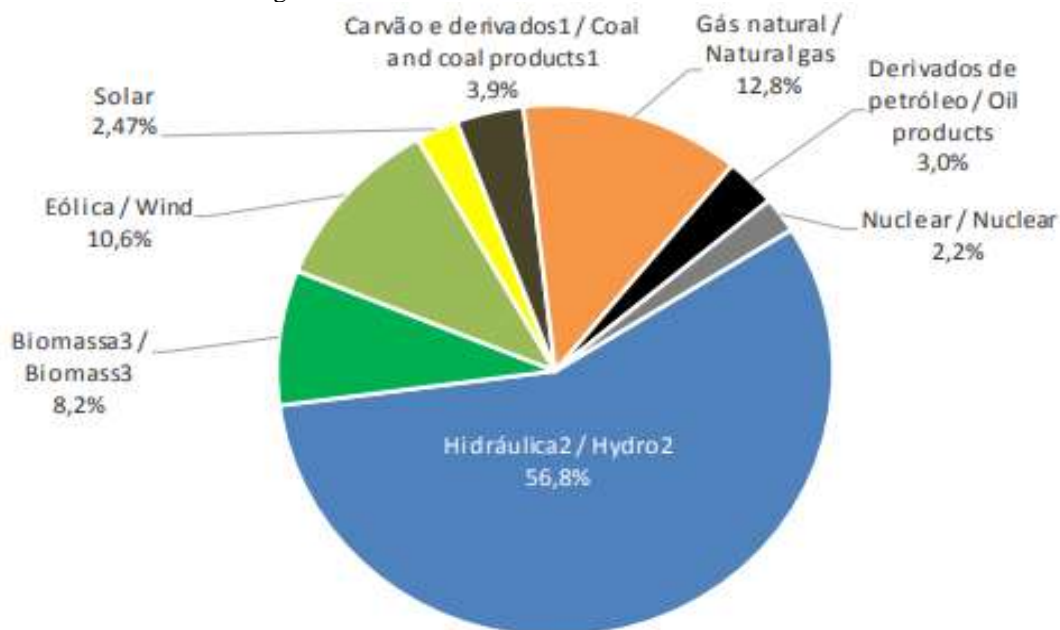
Os países desenvolvidos são precursores na maioria das inovações desenvolvidas e aplicações de produtos técnico tecnológico, e com a energia solar não foi diferente. Segundo a ABSOLAR (2022), a China, Estados Unidos, Japão, Alemanha e Índia são os 5 primeiros países liderando o ranking mundial da fonte solar no ano de 2021, respectivamente.

No entanto, segundo ABSOLAR (2022) o Brasil assumiu protagonismo no mercado internacional da fonte solar com crescimento exponencial nos últimos anos. Após apuração da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), lastreado em dados atualizados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e a atual publicação da Agência Internacional de Energias Renováveis (Irena), no ano de 2021, o país assumiu a 4^o posição no ranking mundial dos países que mais instalaram energia solar no ano. E assim, subiu para 13^o posição no ranking mundial da fonte solar de nações com maior capacidade instalada da tecnologia fotovoltaica.

Os dados, para ABSOLAR (2022), levando em consideração a soma das grandes usinas solares com sistema próprio de produção de energia em telhados, fachadas e pequenos lotes, o ranking apresentado em abril é baseado na capacidade disponível no final de 2021. O Brasil em relação ao mundo possui uma matriz energética mais limpa, ou seja, possuindo majoritariamente uma produção proveniente das energias renováveis. Conforme o gráfico abaixo, da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), ano base 2021, a oferta interna de energia elétrica está assim constituída:

SISTEMA FOTOVOLTAICO NO BRASIL E EM RORAIMA E AS DIFERENÇAS ENTRE OS SISTEMAS ON GRID E OFF GRID

Gráfico 1: Oferta interna de Energia Elétrica no Brasil - 2022.

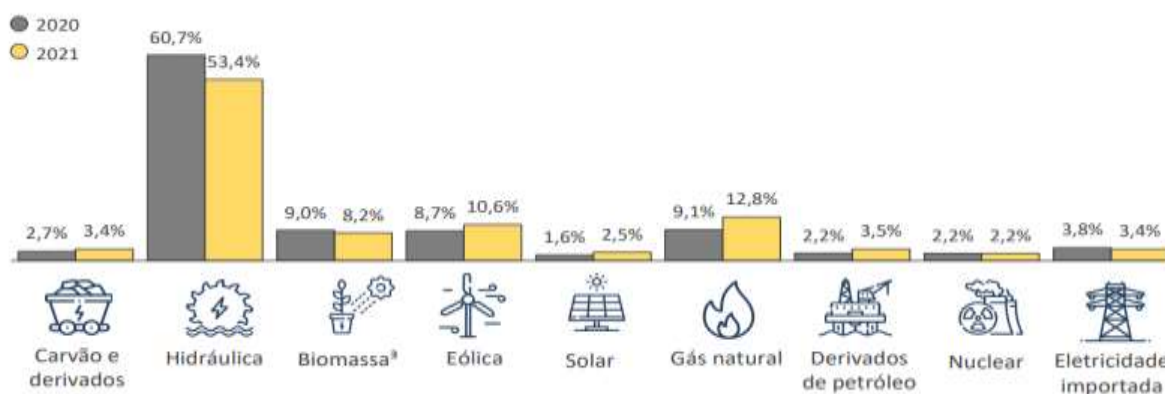


Fonte: BEN, 2022.

Segundo BEN (2022), o Brasil possui uma matriz elétrica predominantemente renovável com foco na fonte hídrica, que responde por 53,4% da oferta interna. Considerando que quase toda a importação vem da usina de Itaipu, a fonte hídrica é de cerca de 56,8%. As fontes de energia renováveis respondem por 78,1% da oferta interna de energia elétrica no Brasil, o que se deve principalmente à soma dos volumes nacionais e importados produzidos a partir de fontes renováveis de energia.

“A matriz elétrica brasileira em 2021 apresentou uma mudança em função da escassez hídrica ocorrida ao longo do ano.” (BEN,2022, p. 34)

Gráfico 2: Matriz elétrica brasileira no biênio 2020 e 2021.



Fonte: BEN, 2022.

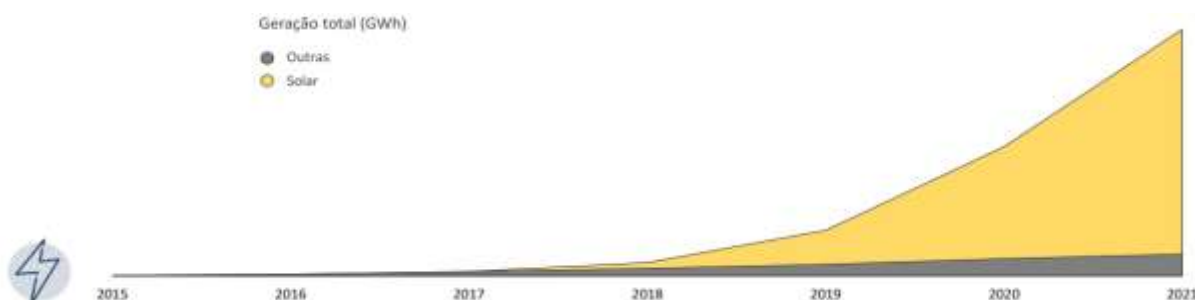
A falta de chuva em 2021 fez com que o nível dos reservatórios da principal hidrelétrica do país caísse, resultando na redução da produção de energia hidrelétrica. Este decréscimo foi compensado pelo aumento da oferta de outras fontes como o carvão a vapor (47,2 %), gás natural (46,2 %), eólica (26,7 %) e solar (+55,9 %). (BEN, 2022)

SISTEMA FOTOVOLTAICO NO BRASIL E EM RORAIMA E AS DIFERENÇAS ENTRE OS SISTEMAS ON GRID E OFF GRID

A participação das energias renováveis na matriz elétrica foi marcada pela queda da oferta de energia hidráulica, associada à escassez hídrica e ao acionamento das usinas termelétricas (BEN, 2022). Referente ao Anuário (2022) ano base 2021, verificou-se que a capacidade instalada de geração de eletricidade no Brasil teve um acréscimo de 3,9% no período entre 2020 e 2021, com a geração hidráulica contribuindo de forma predominantemente. No entanto, a maior expansão proporcional ocorreu na geração solar, que encerrou o ano de 2021 com um aumento de 40,9% na potência instalada em comparação com o ano anterior. Vale ressaltar que em 2020, houve um crescimento de quase 33% em relação a 2019.

De acordo com relatório síntese, BEN (2022), a MMGD, no ano de 2021 apresentou um acréscimo de 84% em relação ao ano anterior, permanecendo a seguinte configuração das fontes na geração de energia: A energia solar fotovoltaica foi a principal fonte responsável pelo aumento apontado na MMGD. Esse fato vem sendo construído ao longo do tempo, note que a evolução da MMGD indica a trajetória de crescimento contínuo da geração solar fotovoltaica em ritmo superior às outras fontes. (BEN, 2022)

Gráfico 3: Demonstração do crescimento da energia solar no Brasil.



De acordo com o relatório BEN de 2022, a Micro e Minigeração Distribuída no Brasil, utilizando energia solar fotovoltaica, alcançou uma potência instalada de 8.771 MW e gerou 9.019 GWh de energia em 2021. A maior parte do aumento na capacidade instalada de MMGD foi concentrado na região Centro-Sul do país, impulsionado pelo crescimento da fonte solar em estados como Minas Gerais, São Paulo, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso. Apesar de um certo crescimento na capacidade instalada de fontes térmicas e hidráulicas em 2021, é o domínio da capacidade instalada através de painéis solares que caracterizam atualmente o setor de geração de Micro e Minigeração Distribuída (MMGD) no Brasil (BEN, 2022).

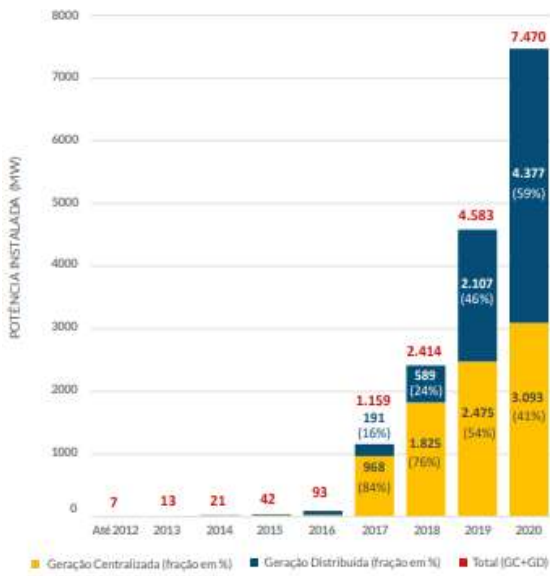
Através da análise dos infográficos da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica – ABSOLAR, Gráfico 4, foi constatado que em 5 de janeiro de 2021, a produção nacional de energia solar fotovoltaica centralizada foi de 3.093 MW, representando 1,6% da matriz elétrica do Brasil, com o Estado de Roraima ocupando a última posição no ranking de geração distribuído entre os estados (ABSOLAR, 2021). No entanto, em setembro de 2023, o cenário mudou significativamente, com a produção nacional de energia solar fotovoltaica centralizada alcançando 33.757 MW, representando 15,4% da matriz elétrica do país. Notavelmente, o estado de Roraima subiu para a 26ª colocação no ranking de geração distribuída entre os estados, evidenciando um progresso nessa área (ABSOLAR, 2023).

SISTEMA FOTOVOLTAICO NO BRASIL E EM RORAIMA E AS DIFERENÇAS ENTRE OS SISTEMAS ON GRID E OFF GRID

Gráfico 4: Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil nos anos de 2021 e 2022.

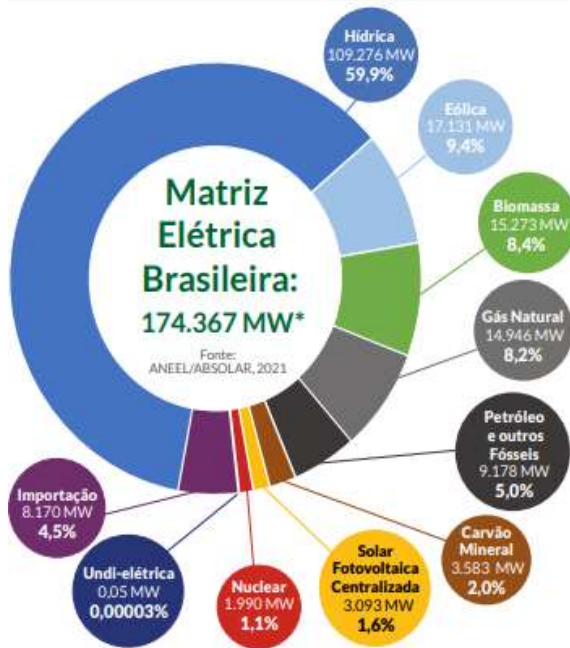
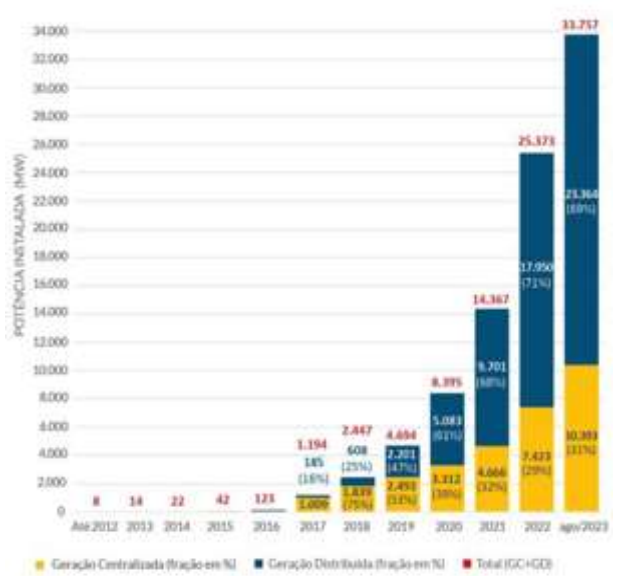
Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil

Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2021.



Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil

Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2022.



*A potência total da matriz não inclui a importação.



*A potência total da matriz não inclui a importação e segue critério aplicado pelo BNEF, que adiciona, nos setores de gás e capacidade instalada, as quantidades de mini e microgeração distribuída associadas a cada tipo de fonte.

SISTEMA FOTOVOLTAICO NO BRASIL E EM RORAIMA E AS DIFERENÇAS ENTRE OS SISTEMAS ON GRID E OFF GRID

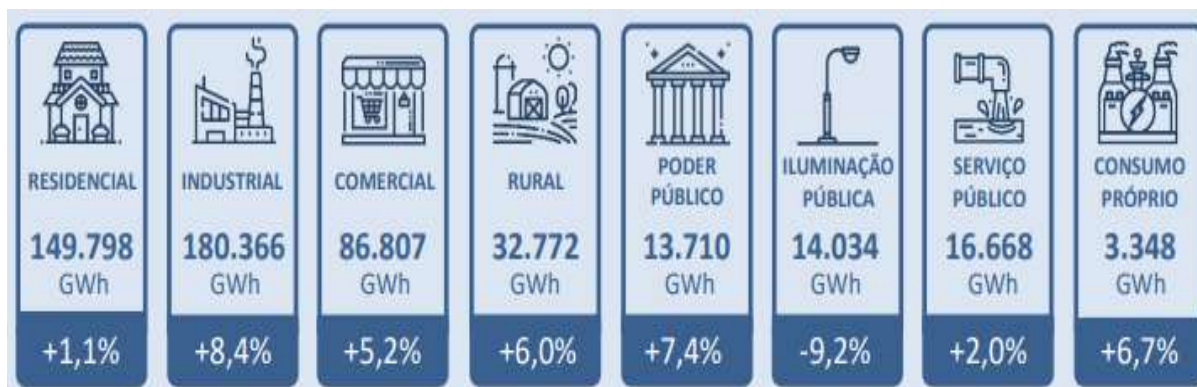
Fonte: Infográfico ABSOLAR, 2021 e 2023.

Os dados apresentados demonstram um notável aumento na produção de energia por meio de sistemas fotovoltaicos durante o triênio de 2021 a 2023. Esse crescimento vertiginoso pode ser atribuído a vários fatores, como o maior esclarecimento sobre os benefícios da MMGD, o aumento dos custos da conta de energia, a implementação do novo marco regulatório lei 14.300 de 2022, a diminuição dos custos para aquisição de uma usina solar e a existência, hoje, de mais empresas especializadas na instalação desses sistemas no país. A ABSOLAR (2022) ressalta que a potência total da matriz não inclui a importação e segue o que é aplicado pelo MME, que adiciona à capacidade instalada as habilidades de micro e minigeração distribuídas a cada tipo de fonte.

Ao examinar a classificação dos estados em relação à geração distribuída, é possível observar que o estado de Roraima registrou um crescimento, embora não tenha sido significativo, considerando o seu potencial geográfico natural e a importância de diversificar a matriz energética, que ainda é altamente volátil e predominantemente baseada em fontes não renováveis. Entre os anos de 2020 e 2021, o consumo de energia por classe no Brasil experimentou um aumento geral. De um total de oito classes, apenas a iluminação pública foi a única que teve um declínio no consumo nesse período (ANUÁRIO, 2022).

Dentre as classes, o consumo residencial ocupa uma posição significativa no consumo total de energia elétrica, ficando em segundo lugar. De acordo com a EPE (2022), a classe residencial representa o maior número de unidades consumidoras de eletricidade no país, porém, o consumo médio residencial varia em níveis distintos entre as regiões e unidades federativas do Brasil.

Figura 1: Consumo elétrico anual por classes no Brasil.



Fonte: ANUÁRIO, 2022.

Sobre as emissões de Dióxido de Carbono - CO₂ relativas no Brasil, de acordo com dados do IEA (2022), ao comparar as emissões relativas de CO₂ de cada sistema elétrico com outros países, o Brasil apresentou emissões significativamente menores por MWh gerado. Em 2019, as emissões brasileiras foram aproximadamente 85% inferiores às da China, 73% menores que as dos Estados Unidos e 63% inferiores às da União Europeia para produzir cada MWh de energia.

4 Sistema Fotovoltaico e suas Variações

Hoje existem 3 tipos de sistemas fotovoltaicos disponíveis no mercado, como: *on grid*, *off grid* e híbrido. E para melhor esclarecimento serão explicadas suas diferenças, vantagens e finalidades. Salienta-se que o foco deste artigo será entre os sistemas *on* e *off grid*.

4.1 Sistema On Grid

O sistema fotovoltaico *on grid*, conhecido também como sistema conectado à rede elétrica, está ganhando cada vez mais destaque na transição para fontes de energia limpa e sustentável. Nesse tipo de sistema, os painéis solares convertem a luz solar em eletricidade, que é utilizada localmente, e quando a geração solar é excedente, é direcionada para a rede elétrica (ABSOLAR, 2022). O funcionamento desse sistema envolve a utilização de inversores solares On-Grid, que têm a função de sincronizar com a rede pública de distribuição de energia elétrica. Diferentemente dos sistemas *off grid*, os sistemas *on grid* não contam com baterias para armazenamento de eletricidade (ABSOLAR, 2022). Toda a energia solar excedente gerada é enviada para a rede elétrica da distribuidora de energia, gerando créditos de energia. Esses créditos podem ser utilizados quando a irradiação solar não for suficiente para atender à demanda do local, permitindo ao consumidor utilizar a energia excedente em momentos de menor geração solar, como à noite ou em dias nublados (PORTALSOLAR, 2021).

O sistema fotovoltaico *on grid* é relativamente simples em seu funcionamento básico, e a conexão com a rede elétrica permite uma maior flexibilidade no consumo de energia. Com a lei 14.300 de 2022, os créditos excedentes podem ser consumidos em um prazo máximo de 60 meses, o que possibilita uma utilização mais eficiente da energia gerada (PORTALSOLAR, 2021). Dessa forma, o sistema fotovoltaico *on grid* se destaca como uma opção sustentável e econômica para aqueles que desejam aproveitar os benefícios da energia solar, sem a dependência da rede elétrica e desejam a preservação do meio ambiente.

4.1.1 Composição do Sistema On Grid

Um sistema completo de geração de energia solar conectado à rede elétrica é conhecido como um kit fotovoltaico *on grid*. Esse sistema é composto por diversos elementos que operam em conjunto para captar a energia solar e transformá-la em eletricidade. Vale ressaltar que todas as informações desta seção são informações oriundas do Portal Solar (2021) e Neosolar (2021). Abaixo os principais elementos e sua ordem de funcionamento:

Painéis Solares Fotovoltaicos: São também conhecidos como Módulos Fotovoltaicos, estes dispositivos tem a função de absorver a luz solar por meio do efeito fotovoltaico, compreendendo 6 (seis) camadas em sua estrutura e uma caixa de conexão.

É importante destacar que o calor não é uma fonte de produção de energia para esse tipo de sistema. A geração de energia ocorre apenas através da transmissão da luz solar, que ativa as células de silício e inicia o processo de produção de energia. Portanto, o sistema de geração solar só funciona enquanto houver luminosidade nos módulos. Existem dois tipos de módulos fotovoltaicos mais comercializados atualmente. São os módulos Policristalinos e Monocristalino.

A principal distinção entre essas duas tecnologias reside no tipo de células de silício utilizadas em seus painéis solares. O módulo fotovoltaico monocristalino deve seu nome ao fato de ser fabricado com células solares compostas por um único cristal de silício (mono),

SISTEMA FOTOVOLTAICO NO BRASIL E EM RORAIMA E AS DIFERENÇAS ENTRE OS SISTEMAS ON GRID E OFF GRID

enquanto os módulos fotovoltaicos policristalinos são assim denominados porque suas células fotovoltaicas são apresentadas por múltiplos fragmentos de silício fundido (poli).

Em geral, os módulos fotovoltaicos monocristalinos são considerados produtos solares de alta qualidade. Suas principais vantagens incluem maior eficiência, com uma média de eficiência apontada entre 15% e 22% (PORTALSOLAR, 2021). Realizando um comparativo entre eles, os painéis solares policristalinos costumam apresentar uma eficiência inferior e normalmente é necessária uma área maior de painéis para gerar a mesma quantidade de Watts/m² que o painel monocristalino, mas sua vantagem está associada a um custo mais acessível. A eficiência média desses painéis policristalino, varia de cerca de 14% a 20%. Além disso, é importante notar que os painéis solares policristalinos apresentam uma coloração azul, em contraste com o tom preto característico dos painéis monocristalinos e os cantos das células serem tipicamente arredondados (PORTALSOLAR, 2021). Os painéis solares policristalinos também são fabricados a partir de silício, mas, em vez de utilizar um único cristal de silício, os fabricantes empregam a fusão de múltiplos fragmentos de silício para criar as células solares dos painéis. Devido ao maior número de cristais em cada célula, há uma menor mobilidade dos elétrons. Como resultado, os painéis solares policristalinos apresentam classificações de eficiência mais modestas em comparação aos painéis monocristalinos (PORTALSOLAR, 2021).

É importante ressaltar que devido à sua maior eficiência em comparação com os painéis policristalinos, os painéis monocristalinos costumam ser de dimensões menores. Portanto, em áreas com limitações de espaço, a escolha de módulos monocristalinos pode ser uma opção preferível. No entanto, é importante salientar que esta decisão deve ser orientada pelo técnico encarregado do dimensionamento e implementação do sistema, tendo em atenção as necessidades específicas, as condições locais e o orçamento do cliente.

Tabela 1: Comparativo entre os tipos de módulos fotovoltaico.

Comparação		
	Policristalino	Monocristalino
Características Visual	<ul style="list-style-type: none"> Blocos de células quadrados; Cor: Tons de azul a azul escuro; e Formação múltipla de cristais. 	<ul style="list-style-type: none"> Blocos de células com cantos tipicamente arredondados; Cor uniforme preta; e Silício de alta pureza.
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> Mais simples de produzir; Mais baratos que os módulos monocristalinos. Vida útil maior que 30 anos; e Custo por Watt mais atrativo. 	<ul style="list-style-type: none"> Possuem a eficiência mais alta, entre 15% a 22%; Ocupam menos espaço, uma vez que possuem uma eficiência maior, onde é necessário menos espaço para gerar a mesma quantidade de energia elétrica; Vida útil maior que 30 anos; e Tende a ser melhor que o policristalino em condições de pouca luz.
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> A eficiência é tipicamente entre 14 e 18%; 	<ul style="list-style-type: none"> Módulos monocristalinos são mais caros;

SISTEMA FOTOVOLTAICO NO BRASIL E EM RORAIMA E AS DIFERENÇAS ENTRE OS SISTEMAS ON GRID E OFF GRID

	<ul style="list-style-type: none">• Menor pureza do Silício; e• Normalmente é necessária uma área maior de módulos para gerar a mesma quantidade de Watts/m² que o painel monocristalino.	<ul style="list-style-type: none">• Maior desperdício de Silício no processo de fabricação; e• Custo por Watt menos atrativo.
--	---	--

Fonte: Machado et al, 2022.

Estrutura de Suporte: É a estrutura metálica que sustenta e fixa os painéis solares no local de instalação, como o telhado ou o solo. E estes fixadores variam dependendo do tipo de superfície a ser instalado.

Inversor Solar *On Grid*: O inversor solar é um componente crucial do sistema, pois ele converte a corrente contínua (CC) gerada pelos painéis solares em corrente alternada (CA), que é a forma de eletricidade utilizada em residências e empresas. Além disso, ele garante a estabilidade do fornecimento elétrico e da segurança. Nos sistemas conectados à rede (*On grid*), o inversor também é responsável por manter a sincronização com a rede da concessionária. Dado que a maioria dos dispositivos eletrônicos opera com eletricidade no formato alternado, o papel do inversor é fundamental (NEOSOLAR, 2021).

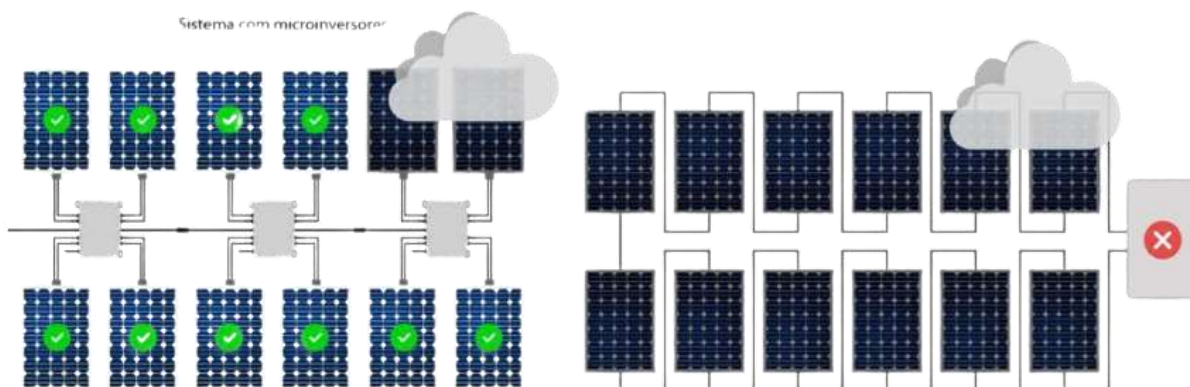
Existem dois tipos de inversores, o inversor *string* ou comum (tradicional) e o micro inversor. É essencial destacar que tanto o micro inversor quanto o inversor *string*, também conhecido como inversor comum, são categorias de inversores que servem ao mesmo propósito e desempenham um papel crucial em sistemas de energia solar fotovoltaica (NEOSOLAR, 2021). A principal diferença que se destaca ao comparar um inversor solar *string* com um micro inversor é o tamanho. O inversor *string* é mais vantajoso e tem a capacidade de lidar com potências mais elevadas em um único dispositivo. Essa diferença de tamanho ocorre principalmente pelo fato de que os inversores *string* são projetados para suportar, normalmente, potências mais altas do que os micro inversores. Sua aplicação mais comum é atender a uma "*string*" ou série de painéis solares fotovoltaicos, que compreende várias placas solares (NEOSOLAR, 2021).

Em contrapartida, o micro inversor, como o nome sugere, é de menor dimensão e possui potências inferiores em comparação à maioria dos inversores *string*. O tamanho limitado deve ser o fato de que os micro inversores geralmente são projetados para atender a um número menor de painéis solares, otimizando o desempenho de cada um individualmente. Normalmente, os micros inversores são configurados para lidar com até quatro painéis, sendo que cada painel é conectado diretamente a um micro inversor, sem conexões entre eles (NEOSOLAR, 2021).

Ao contrário dos micro inversores, que otimizam o desempenho de cada placa solar "individualmente", os inversores *string* tratam várias placas como um conjunto. Como resultado, uma discrepância, ponto de sombreamento, em qualquer uma das placas pode afetar o desempenho de todas elas. Portanto, se ocorrer sombreamento em um ou mais painéis, o sistema de energia solar como um todo será afetado em maior escala quando se utilizar inversores *string*. Em contraste, com os micro inversores, cada placa solar é otimizada independentemente por meio de seu próprio Ponto de Máxima Potência (MPPT), garantindo que uma perda localizada, como o sombreamento de um módulo, não prejudique o desempenho de todo o sistema de energia solar. Essa diferença é ilustrada na imagem abaixo (NEOSOLAR, 2021).

SISTEMA FOTOVOLTAICO NO BRASIL E EM RORAIMA E AS DIFERENÇAS ENTRE OS SISTEMAS ON GRID E OFF GRID

Figura 2: Exemplo de eficiência entre o Micro Inversor e Inversor String (tradicional).



Fonte: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/microinversor>. Acessado em: 03/10/2023

Medidor Bidirecional: Trata-se de um dispositivo que registra tanto a quantidade de eletricidade gerada pelos painéis solares e enviada à rede elétrica (injeção), quanto a quantidade de eletricidade consumida da rede elétrica (consumo). Essa tecnologia permite que o proprietário do sistema seja compensado pela energia excedente que é injetada na rede. A responsabilidade de fornecer esse dispositivo é da distribuição de energia, e caso o medidor não seja bidirecional, a empresa deve providenciar a troca sem custo para o cliente.

Quadro de Proteção Elétrica e Dispositivos de Segurança: É um quadro que contém dispositivos de proteção, como disjuntores e DPS (Dispositivos de Proteção contra Surtos), para garantir a segurança do sistema e dos usuários. Estes dispositivos são fundamentais para segurança e proteção do sistema.

Cabos e Conectores: São os cabos elétricos e conectores que interligam os painéis solares, inversores e outros componentes do sistema. Os cabos do sistema solar são diferentes dos comuns, pois é formado por fios de cobre eletrolítico estanhado, têmpera mole e encordoamento classe 5 que ajudam a proteger e conservar os componentes (ABNT NBR: 16612).

Aterramento: É o sistema que garante que a estrutura do kit fotovoltaico esteja devidamente conectada à terra, proporcionando segurança contra descargas elétricas.

Monitoramento do Sistema: Os sistemas de monitoramento de energia para instalações fotovoltaicas têm a capacidade de enviar dados relacionados à produção de energia para uma plataforma online. Essa plataforma é gerenciada por um software que monitora o desempenho do sistema de energia solar. Além disso, o inversor de frequência, responsável pela conversão da corrente contínua gerada pelos painéis solares em corrente alternada, também desempenha o papel de monitorar a produção de energia elétrica (PORTALSOLAR, 2021).

No entanto, não é necessário realizar esse acompanhamento diretamente no equipamento. Normalmente, durante a instalação do sistema, os técnicos se conectam à rede Wi-Fi da residência. Isso possibilita o acesso ao sistema de monitoramento de energia de qualquer lugar, seja por meio de um navegador de internet ou de aplicativos portáteis. Essa ferramenta permite que você acompanhe o desempenho do seu sistema solar fotovoltaico desde o momento em que começa a operar até anos depois, fornecendo históricos para qualquer período e informações em tempo real (PORTALSOLAR, 2021).

Por meio dos registros de geração, é possível analisar o desempenho do seu sistema ao longo do tempo. Isso inclui não apenas a produção diária, mas também a mensal, anual e até mesmo o total acumulado. Além disso, o monitoramento solar fornece informações sobre a economia financeira proporcionada pelo sistema. Com base na tarifa de energia de sua distribuidora, o inversor pode fornecer dados sobre quanto dinheiro você economizou desde

que o sistema começou a funcionar, seja em uma semana ou ao longo de todo o período de operação (PORTALSOLAR, 2021).

Com o sistema de monitoramento, você também é capaz de analisar dados relacionados a sustentabilidade, como número de árvores preservadas e a quantidade de CO² que deixou de ser emitida, demonstrando quantitativamente um dos maiores benefícios que a energia solar pode ser para o meio ambiente, sendo uma fonte de produção elétrica limpa e renovável (PORTALSOLAR, 2021).

A composição dos componentes do kit fotovoltaico pode variar conforme o tamanho do sistema e suas especificações técnicas. É essencial que a instalação e a manutenção sejam conduzidas por profissionais para garantir um funcionamento seguro e eficiente do sistema.

Antes da instalação, a empresa responsável realiza diversas verificações na residência, como o estado do sistema elétrico, quadro de distribuição, cabeamento do medidor de energia até o quadro de distribuição e aterramento. Caso alguns desses componentes não estejam em conformidade para receber o sistema fotovoltaico, o cliente pode precisar arcar com custos adicionais para a sua satisfação. Essas medidas são cruciais para a segurança elétrica da residência e para o pleno funcionamento do sistema instalado.

Posteriormente a adoção de tais medidas, é realizado o projeto do sistema fotovoltaico, conforme o dimensionamento de produção desejado, geralmente baseado na média de consumo anual do imóvel acrescido de uma margem de 20 a 30%.

Após a conclusão do projeto, este é submetido à empresa de energia para aprovação, procedimento obrigatório. A companhia de energia realiza verificações tanto no projeto fotovoltaico, incluindo os componentes que serão utilizados, quanto no sistema elétrico da região onde o sistema será instalado, para garantir que o transformador e outros componentes suportem a instalação da usina residencial.

Uma vez que o sistema é aprovado e instalado, ele somente entrará em pleno funcionamento para abatimento na conta de energia após a verificação realizada pela concessionária de energia. Essa análise visa garantir que os componentes instalados estejam em conformidade com o que foi projetado. Após apenas essa sequência de procedimentos, o sistema estará habilitado para pleno funcionamento. Geralmente, todas essas etapas são realizadas pela empresa contratada para a instalação do sistema.

4.1.2 Vantagens do Sistema Fotovoltaico On Grid

O sistema fotovoltaico *on grid* oferece diversas vantagens:

Redução da Conta de Energia: Ao produzir sua própria eletricidade, o consumidor reduz a quantidade de energia ocupada da empregada, o que se traduz em economia nas contas de energia.

Retorno Financeiro: O sistema *on grid* permite que o consumidor acumule créditos junto à participação, que podem ser utilizados posteriormente para compensar o consumo em momentos de menor geração solar. Isso gera uma economia a longo prazo.

Simplicidade e Facilidade de Manutenção: Os sistemas *on grid* são relativamente simples de serem instalados e sua manutenção é geralmente mais fácil, uma vez que não são necessárias baterias para armazenamento de energia, sendo necessário apenas a limpeza dos módulos fotovoltaicos, ou painéis solares, a cada 6 meses em média.

Contribuição para o Meio Ambiente: Ao utilizar energia solar, o sistema *on grid* reduz a emissão de gases de efeito estufa, CO², garantindo para a mitigação das mudanças climáticas e preservação do meio ambiente.

4.1.3 Desafios e Considerações do Sistema On Grid

SISTEMA FOTOVOLTAICO NO BRASIL E EM RORAIMA E AS DIFERENÇAS ENTRE OS SISTEMAS ON GRID E OFF GRID

Apesar das vantagens, o sistema fotovoltaico *on grid* também apresenta desafios e considerações importantes:

Dependência da Rede: Em períodos de baixa geração solar, o consumidor continua dependendo da energia da rede elétrica, pois o sistema fotovoltaico *on grid* está conectado à rede da concessionária de energia e não possui um banco de baterias para armazenamento de energia. Portanto, em casos de apagões ou falhas no fornecimento de energia pela rede, mesmo com a presença do sistema *on grid*, a residência também ficará sem energia elétrica.

Políticas de Incentivo: A viabilidade econômica do sistema *on grid* pode variar de acordo com as políticas de incentivo à geração distribuídas em cada região. Programas de compensação de energia, como o *net metering*, podem fazer a diferença na atratividade financeira do investimento.

Estabilidade da Rede Elétrica: A conexão à rede elétrica requer uma rede estável e confiável. Em algumas regiões com redes instáveis, o sistema *on grid* pode enfrentar problemas de qualidade de energia.

Por fim, o sistema fotovoltaico *on grid* é uma excelente opção para quem deseja aproveitar os benefícios da energia solar e, ao mesmo tempo, permanecer conectado à rede elétrica. Sua capacidade de reduzir a conta de energia, gerar créditos e contribuir para o meio ambiente fazem dele uma alternativa sustentável e uma estratégia de investimento.

Figura 3: Sistema completo On Grid.



Fonte: <https://www.ecoaquecedores.com.br/energia-solar-fotovoltaica-off-grid/>. Acessado em: 05/12/2023.

4.2 Sistema Off Grid

É um tipo de geração de energia fotovoltaica realizada de forma autônoma, ou seja, totalmente independente e altamente sustentável. Requer a implementação de um banco de baterias para o armazenamento da energia excedente produzida, possibilitando seu uso durante períodos em que o sistema não está gerando, como durante a noite (GASPARIN, 2018).

Essa abordagem é especialmente adequada para locais remotos, nos quais os custos de expansão da rede elétrica convencional são economicamente inviáveis. Ela permite a

alimentação de dispositivos como lâmpadas, rádio, TV e geladeira. Gasparin observa que para aplicações de pequeno porte, como a alimentação de equipamentos em locais remotos, como radares em estradas, painéis de navegação, repetidores de sinal, equipamentos de comunicação, entre outros, o sistema fotovoltaico *off grid* é bastante atraente.

No entanto, conforme as recomendações de Gasparin (2018), esta solução não é adequada para o uso de equipamentos que exigem alta potência, como chuveiros elétricos e ferros de passar roupa. Além disso, a instalação do sistema não é economicamente acessível e ainda carece de avanços avançados no armazenamento de energia. Portanto, não é recomendado para aplicações de grande escala.

Gasparin também destaca que projetos de grande porte podem ser viáveis apenas quando integrados a outras fontes de energia, formando sistemas híbridos, como aqueles que utilizam geradores a diesel em locais remotos. O sistema fotovoltaico, nesses casos, atua como uma forma de otimização do consumo de combustível. As soluções de um sistema fotovoltaico off-grid em grande escala só serão alcançadas quando a tecnologia de armazenamento de baterias avançar e os custos associados forem reduzidos. Portanto, considerando esses dados, as características favoráveis do sistema *off grid* incluem sua autonomia e independência, dispensando qualquer necessidade de autorização para instalação. Além disso, ele pode ser implementado em áreas remotas e não causa impactos ambientais.

4.2.1 Composição do sistema Off Grid

Dentre os equipamentos que compõe o sistema off grid também temos os módulos fotovoltaicos ou também conhecido como placa solares, cabos conectores e fixadores, já mencionados anteriormente. Vale ressaltar que todas as informações desta seção são informações oriundas do Portal Solar (2021), Neosolar (2021) e Intelbras (2022). Logo, os equipamentos que se diferente do sistema On grid, são:

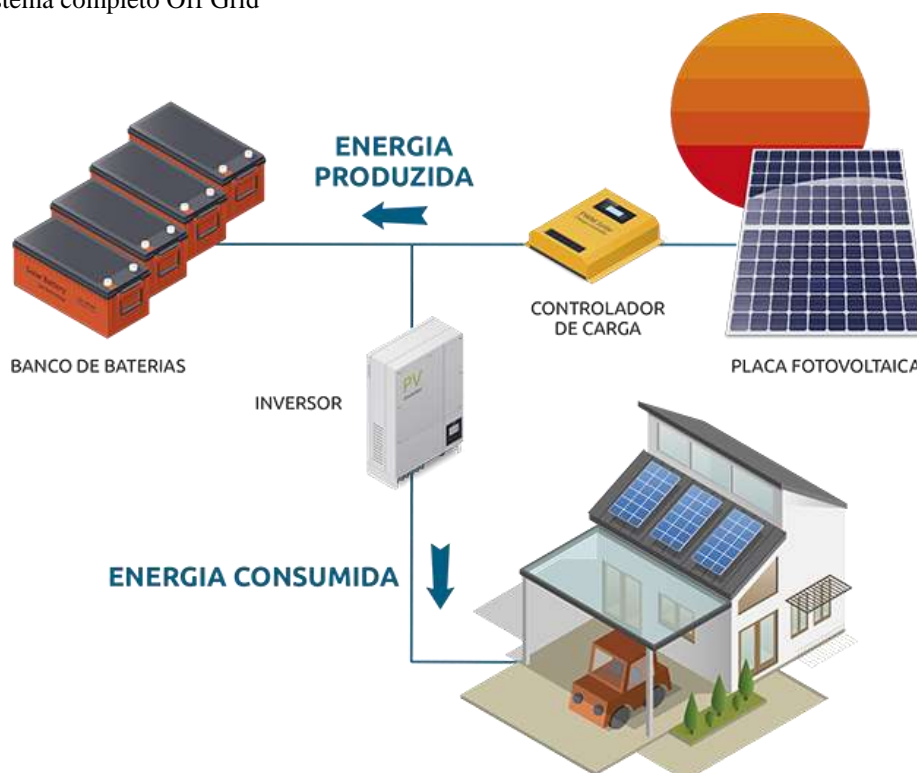
Controlador de Carga: O inversor solar desempenha a função de converter a energia solar proveniente dos painéis fotovoltaicos (Corrente Contínua - CC) em eletricidade (Corrente Alternada - CA), pronta para ser utilizada em sua residência ou empresa para diversos fins.

Baterias: Possivelmente o componente mais crucial e dispendioso do sistema off-grid. Desempenham o papel fundamental de armazenar a energia para uso em períodos sem luz solar ou quando a geração é inferior à demanda.

Inversor: Sua função é transformar a corrente contínua (12V ou 24V) produzida pelos módulos e armazenada nas baterias em corrente alternada (127V ou 220V), tornando-a compatível com a maioria dos dispositivos elétricos.

SISTEMA FOTOVOLTAICO NO BRASIL E EM RORAIMA E AS DIFERENÇAS ENTRE OS SISTEMAS ON GRID E OFF GRID

Figura 4: Sistema completo Off Grid



Fonte: <https://www.ecoaquecedores.com.br/energia-solar-fotovoltaica-off-grid/>. Acessado em: 05/12/2023.

4.2.2 Vantagens do Sistema Fotovoltaico Off-Grid

O sistema fotovoltaico *off grid* oferece diversas vantagens:

Sistema independente: Por possuir um banco de baterias, o sistema consegue armazenar energia para ser utilizada em período em que não há produção, como no período da noite. Isso propicia liberdade e independência, pois não há vínculos com a concessionária de energia, nem necessita de pagamento de taxas.

Sistema flexível: O sistema *off grid* não fica restrito apenas a possibilidade de ser instalado em imóveis, podendo também ser uma forma de obter energia em instalações móveis, sendo um meio muito utilizado em barcos, motorhome, food trucks entre outros.

Contribuição para o Meio Ambiente: Ao utilizar energia solar, reduz-se a emissão de gases de efeito estufa, CO², garantindo para a mitigação das mudanças climáticas e preservação do meio ambiente.

4.2.3 Desafios e Considerações do Sistema Off Grid

Apesar das vantagens, o sistema fotovoltaico *off grid* também apresenta desafios e considerações importantes:

Necessidade de manutenção periódicas: Por conta do banco de baterias, e por mais que hoje tenhamos baterias mais modernas e eficientes específicas para esta finalidade, as mesmas necessitam de uma manutenção preventiva, em que devesse verificar mensalmente, pelo menos, a voltagem de cada bateria afim de identificar se existe alguma anomalia. Do contrário, o tempo de duração das baterias pode ficar prejudicado ou até haver algum sinistro.

Aquisição de mais componentes: Precisa de baterias para armazenar a energia produzida nos módulos, e a quantidade destas dependerá do dimensionamento feito no projeto baseado no consumo estimado. Além, de necessitar do controlador de carga que irá estabilizar a energia produzida nas placas solares e enviar para o banco de baterias.

Custo mais elevado: Como já mencionado, estes componentes a mais, bateria e controlador de carga, tornam o sistema mais custoso de adquirir e se manter, em comparação com o sistema on grid.

Vida útil das baterias curto: Embora a tecnologia esteja evoluindo, as baterias estacionárias têm uma duração de 4 a 5 anos e um valor ainda elevado. Após esse período necessitam ser substituídas.

Necessidade de mais espaço para instalação: Precisa-se de um espaço a mais para serem colocadas as baterias.

5 Discussão dos Resultados

Os investimentos necessários para cada tipo de sistema podem variar significativamente. No sistema ligado à rede elétrica (*On grid*) o *payback* é de 3 a 5 anos e o sistema tem um período de duração de 25 anos, em média. Isso o configura como um investimento, visto que o proprietário ficará de 20 a 22 anos pagando apenas a taxa de disponibilidade e a taxa do fio B, conforme determinado pela lei 14300 de 2022. Já o sistema desconectado da rede (*Off grid*) não necessita de nenhum vínculo a concessionária de energia e não necessita pagamento de nenhuma taxa mensal. No entanto, economiza-se nesse aspecto, mas há o custo com o banco de baterias, que tem um valor elevado, exige manutenções periódicas específicas e possui um prazo de duração de 4 a 5 anos, tornando-o um sistema mais caro em comparação ao *on grid* e com um retorno mais estendido.

No contexto dos sistemas *on grid*, o investimento inicial tende a ser menor, pois não há a necessidade de adquirir baterias para o armazenamento de energia. Além disso, a oportunidade de obter créditos junto à concessionária de energia torna o retorno financeiro mais atraente, pois o excedente de energia produzida pode ser consumido posteriormente em até 60 meses, conforme Art 13 da lei 14.300 de 2022. No entanto, a viabilidade do sistema *on grid* está condicionada à presença de uma rede elétrica estável, já que, em caso de interrupção no fornecimento de energia, o sistema *on Grid* também deixará de gerar eletricidade, dado que opera em sincronia com a rede elétrica e requer seu funcionamento para permanecer ativo.

Por contraste, os sistemas *off Grid* implicam um investimento inicial mais elevado devido à necessidade de adquirir baterias para o armazenamento de energia. Essas baterias requerem manutenção periódica para prolongar sua vida útil, a qual está aproximadamente entre 4 a 5 anos, seguindo todas as especificações do fabricante. Dessa forma, é crucial observar que, dentro desse período, as baterias do sistema *off Grid* tornam-se obsoletas, demandando um novo aporte financeiro para aquisição de baterias novas. No entanto, esses sistemas oferecem completa independência energética, sendo especialmente indicados para áreas remotas ou isoladas onde o acesso à rede elétrica é inviável. Embora o período de retorno do investimento, ou *payback*, seja mais prolongado em um sistema *off Grid*, em determinadas situações, pode representar a única alternativa viável.

Considerações Finais

A escolha entre um sistema fotovoltaico *on Grid* e *off Grid* deve ser fundamentada em uma análise criteriosa das necessidades específicas do local, dos objetivos do proprietário e das condições financeiras disponíveis. Ambos os sistemas possuem suas vantagens e eficácias, e a decisão final deve levar em consideração não apenas o investimento necessário, mas também a viabilidade técnica, a disponibilidade de recursos e a sustentabilidade a longo prazo.

SISTEMA FOTOVOLTAICO NO BRASIL E EM RORAIMA E AS DIFERENÇAS ENTRE OS SISTEMAS ON GRID E OFF GRID

O estudo conclui que, em termos financeiros, o sistema conectado à rede (*On Grid*) é a opção mais vantajosa, caracterizando-se como um **investimento**. De outra forma, a utilização do *off Grid* é mais necessária para locais que não contam com acesso à rede elétrica, implicando na necessidade de um banco de baterias para o armazenamento de energia. Este componente, de custo elevado, torna o sistema *off grid* geralmente uma escolha por **necessidade**, sendo instalado principalmente em áreas remotas, distantes dos centros urbanos, onde é a única fonte de energia viável. Além disso, motivações pessoais podem influenciar a preferência pelo sistema *off Grid*.

Em resumo, a implementação de um sistema fotovoltaico, seja *on Grid* ou *off Grid*, representa um passo significativo em direção à adoção de fontes de energia limpa e renovável, contribuindo voluntariamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a construção de um futuro mais sustentável.

REFERÊNCIA

ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. São Paulo: ABSOLAR, 2022. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/2022-o-melhor-ano-da-energia-solar-no-brasil/>. Acessado em: 20/10/2023.

ABSOLAR. Energia Solar Fotovoltaica no Brasil Infográfico ABSOLAR. Atualizado em 05/01/2021 | nº 27. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/arquivos/>. Acessado em: 28/02/2023.

ABSOLAR. Energia Solar Fotovoltaica no Brasil Infográfico ABSOLAR. Atualizado em 01/09/2022 | nº 47. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/arquivos/>. Acessado em: 28/02/2023.

ABSOLAR. Energia Solar Fotovoltaica no Brasil Infográfico ABSOLAR. Atualizado em 13/09/2023. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acessado em: 20/10/2023.

ABSOLAR. Energia solar fotovoltaica: Brasil é o 4º País que mais cresceu em 2021. 20/04/2022. São Paulo. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/energia-solar-fotovoltaica-brasil-e-o-4o-pais-que-mais-cresceu-em-2021/>. Acessado em: 01/03/2023.

ABSOLAR. Entenda como funciona a energia solar fotovoltaica. 2022. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/o-que-e-energia-solar-fotovoltaica/>. Acessado em: 10/07/2022.

ALVES, Marliana de Oliveira Lage. Energia solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid. 2019. 75 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2019. Disponível em: https://monografias.ufop.br/bitstream/35400000/2019/6/MONOGRAFIA_EnergiaSolarEstudo.pdf. Acessado em: 11/04/2023.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2023/aneel-regulamenta-marco-legal-da-micro-e-minigeracao-distribuida>. Acessado em: 28/02/2023.

SISTEMA FOTOVOLTAICO NO BRASIL E EM RORAIMA E AS DIFERENÇAS ENTRE OS SISTEMAS ON GRID E OFF GRID

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ENERGIA ELÉTRICA 2022. Ano base 2021. Disponível em: <http://shinyepe.brazilsouth.cloudapp.azure.com:3838/anuario-livro/>. Acessado em: 02/03/2023.

Balanco Energético Nacional – BEN. 2022. O Relatório Síntese do Balanco Energético Nacional 2022 – ano base 2021. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf. Acessado em: 01/03/2023.

BLOGDUFRIO. “O que é sistema fotovoltaico on grid? ”. DUFRIO, 2020. Disponível em: <https://www.dufrio.com.br/blog/dicas-de-economia/sistema-fotovoltaico-on-grid/>. Acessado em: 20/10/2023.

EPE. Balanco Energético Nacional, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>. Acessado em: 28/02/2023

ERCOLE, F. F. et al. Integrative review versus systematic review. Reme Revista Mineira de Enfermagem, v. 18, n. 1, p.9-12, 2014. Disponível em: http://www.revenf.bvs.br/pdf/reme/v18n1/en_v18n1a01.pdf. Acesso em: 01/12/2023.

GASPARIN, Fabiano. Sistemas off-grid garantem energia independente da rede elétrica. Revista AEC Web, 2018. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/sistemas-off-grid-garantem-energia-independente-da-rede-eletrica/17329>. Acessado em: 02/12/2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. World Energy Outlook 2022. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf>. Acessado em: 02/03/2023.

Lei Nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências.

NUNES, G.B.; SILVA, M.A.; NETO, A.B.M. “Uso de painéis solares e sua contribuição para preservação do meio ambiente”. Bolsista de Valor: Revista de Divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF -Fluminense, vol. 2, n. 1,2012.

RIBEIRO, Daniel. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia como requisito para obtenção de título de bacharel em Engenharia Elétrica. ESTUDO DE VIABILIDADE DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ON-GRID E OFF-GRID. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/38434/1/EstudoViabilidadeSistemas.pdf>. Acessado em: 02/12/2023.