

ESTUDO DA VIABILIDADE E IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UM RESTAURANTE EM CATALÃO (GO)

Cássio Santos de oliveira; Clayton Marcos da Silva; João Antônio de Rezende Oliveira

Universidade UNA de Catalão – Campus Santo Antônio

Ruvier Rodrigues Pereira; Professor Orientador, Curso de Engenharia Civil

cassioliveira_21@hotmail.com, claytonmarcos2015@gmail.com e joaorezende.eng@gmail.com

RESUMO

O Brasil possui uma vasta capacidade de captação da energia solar, no entanto as indústrias do segmento de energia solar fotovoltaica brasileira ainda apresentam alguns impedimentos para o seu desenvolvimento. A crescente demanda do uso da energia solar fotovoltaica para a produção de energia elétrica vem se aprimorando substancialmente em diversos locais do mundo. Isso vem ratificando para que a energia solar fotovoltaica seja considerada a melhor solução para a geração de energia, sobretudo quando se leva em consideração os menores impactos ambientais na sua produção. Entretanto, é preciso que ocorra uma nova forma de produção e matriz energética no país, que ainda vem fazendo uso como forma de energia a utilização de combustíveis fósseis. Levando em considerações essas questões, este artigo objetivou analisar a viabilidade do sistema fotovoltaico para geração de energia, sabendo que esse sistema é capaz de gerar energia através das células fotovoltaicas, isto é, de materiais que transformam a radiação solar em energia elétrica. Trata-se de um estudo quantitativo que possibilitou o alcance de resultados eficientes de modo a maximizar a eficiência energética ou se adequar às possibilidades e necessidades de consumo sustentável. Para ilustrar, apresentamos um projeto de viabilidade e implantação de um sistema fotovoltaico em um restaurante no distrito de Pires belo, localizado no município de Catalão, estado de Goiás. Foi projetado um valor, exclusivo para a demanda média de consumo energético do estabelecimento descrito neste estudo e utilizado um sistema *in loco* de mini geradores de conversão energética (energia fotovoltaica para energia elétrica).

Palavras-chave: Energia fotovoltaica; Energias renováveis; Energia solar; Células fotovoltaicas; Eficiência energética.

Abstract

Brazil has a vast capacity to capture solar energy, however industries in the Brazilian photovoltaic solar energy segment still present some impediments to its development. The growing demand for the use of photovoltaic solar energy for the production of electrical energy has been improving substantially in various parts of the world. This has ratified that photovoltaic solar energy is considered the best solution for energy generation, especially when taking into account the lower environmental impacts in its production. However, a new form of production and energy matrix must occur in the country, which is still using fossil fuels as a form of energy. Taking these issues into consideration, this article aimed to analyze the feasibility of the photovoltaic system for energy generation, knowing that this system is capable of generating energy through photovoltaic cells, that is, from materials that transform solar radiation into electrical energy. This is a quantitative study that made it possible to achieve efficient results in order to maximize energy efficiency or adapt to the possibilities and needs of sustainable consumption. To illustrate, we present a project for the feasibility and implementation of a photovoltaic system in a restaurant in the district of Pires

Bonito, located in the municipality of Catalão, state of Goiás. A value was projected, unique to the average energy consumption demand of the establishment described in this study and used an in loco system of mini generators for energy conversion (photovoltaic energy to electrical energy).

Keyword: Photovoltaic energy; Renewable energy; Solar energy; Photovoltaic cells; Energy efficiency.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma grande diversidade de recursos naturais, potencializando a produção de energia solar devido a sua posição ao globo terrestre. O país conta também com uma farta mão de obra devido a sua população, fazendo com que ele possa ter uma grande capacidade de produção de energia solar fotovoltaica. Embora tenha uma infinidade de recursos disponíveis que contribuem com seu crescimento de produção de energia fotovoltaica, o país ainda tem alguns problemas que impedem o seu desenvolvimento de produção de grandes volumes e assim, impede a utilização como meio de matriz elétrica do país.

A demanda por energia elétrica tem aumentado de uma forma muito desorganizada, talvez por conta do crescimento das grandes indústrias que buscam atender ao aumento da população mundial. Estima-se que fontes energéticas, como hidráulica fóssil e a nuclear, atinjam seus limites de produção na forma atual e esse déficit deverá ser complementado ou substituído por formas renováveis (INPE, 2007).

A fim de minimizar os impactos ambientais causados pelas construções de grandes hidrelétricas, usinas nucleares e mineração de carvão, que tem se tornando cada vez mais escassa no globo terrestre, tem surgido novas políticas para valorização de energias renováveis. A energia renovável revela como uma fonte importante entre os aspectos econômicos e ambientais, quando se pensa no desenvolvimento mundial das futuras gerações.

Com a radiação do sol transmitindo cerca de 4,8 a 6,0 Kw/h por dia nas regiões do Brasil, temos um elevado potencial em conversão de energia solar fotovoltaica para energia elétrica.

No Brasil, a principal fonte de produção de energia elétrica é demandada pelas usinas hidrelétricas (60% da produção atual), segundo os dados obtidos pela Agência Nacional de energia elétrica (ANEEL, 2016). O instituto alemão de inovação em recursos renováveis (FRAUNHOFER, 2013), aponta o Brasil com um país chave para fontes alternativas de energias

renováveis, impulsionando o governo federal a incentivar industriais, lojas, supermercados e conjuntos habitacionais ao programa GD (Geração Distribuídas)¹.

Pesquisas feitas em diversos laboratórios mostram a eficiência na conversão de energia solar em energia elétrica vem superando cada vez mais as expectativas.

Associação de incentivos políticos na conversão de energia solar em energia elétrica. Para a aplicação no GD (Geração Distribuída), a agência brasileira de energia elétrica (ANEEL), a partir da resolução 482/2012, estabeleceu condições para o acesso de sistemas de micro e mini sistema de geração (micro geração até 75 kW e mini geração de 76 kW até 5 mW).

De acordo com (ANEEL, 2016) são consideradas inovações dentro do setor energético brasileiro a geração e distribuição em micro ou mini geradores de inovações dentro do setor energético do país, uma vez que estão aliadas a economia financeira, a consciência socioambiental e a sustentabilidade.

A instalação do sistema de geração de energia fotovoltaico é considerada um sistema simples e não necessita de as residências sofrerem grandes adaptações a sua instalação ou estrutura.

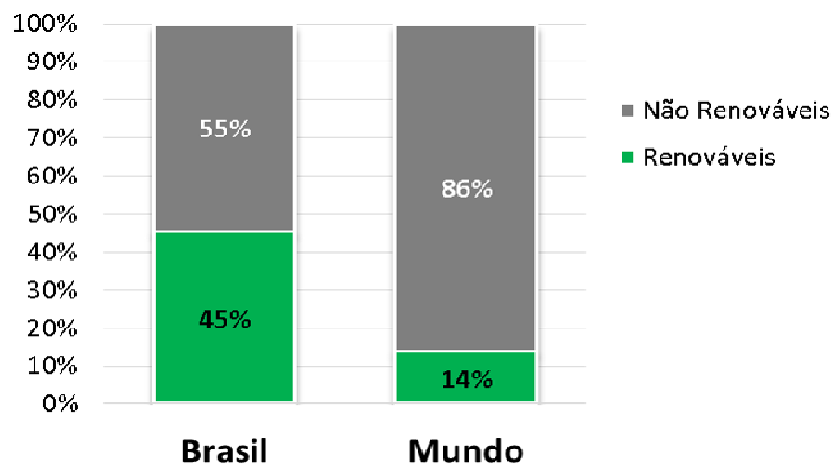
Foi refletindo sobre estas preposições, que este trabalho teve o propósito de descrever sobre a implantação do sistema fotovoltaico, revelando as suas vantagens, o dimensionamento do seu sistema e a viabilidade deste tipo de projeto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

Conforme Gráfico 1, elaborada por Ben(2018), a matriz energética são classificadas em energias (i) não renováveis e (ii) renováveis, que, respectivamente, correspondem: (i) a nuclear, ao carvão mineral, a lenha, ao carvão, aos derivados da cana de açúcar, ao gás natural e a hidráulica, que juntos somam 86% do uso no mundo e no Brasil somam 55% de todo o total; e (ii) a solar, a eólica, a geotérmica, a biomassa e a hidráulica, representando 14% no mundo e 45% no Brasil.

¹ GD – Geração distribuída, pode ser definida como uma fonte de energia elétrica conectada diretamente à rede de distribuição. Isso significa que a geração distribuída pode ocorrer com diversas fontes de energia sustentáveis, como a energia solar, a eólica e a proveniente de usinas hidroelétricas.

Gráfico 1 -Matriz energética



Fonte: Ben (2018)²

O Brasil produz energia Elétrica 3,2 vezes mais de forma renovável que o mundo. Até mesmo em comparação com os Estados Unidos (EUA), que possui um total de apenas 3% da produção de energia renovável, segundo Sinkinger(2021).

Cada vez mais encontramos dificuldades para a geração de energia elétrica, devido ao: (a) aumento da população;(b) escassez nos índices de chuvas;(c) impactos ao meio ambiente; entre tantos outros fatores. Com isso, o Brasil geograficamente é beneficiado pelos componentes que possui a disposição, como a presença do sol durante todo ano. A AB solar nos apresenta alguns destes benefícios.

2.1 Estatísticas e dados da atualidade do Brasil:

Conforme a figura 1, elaborada pela AB Solar(2021), desde implementação dos primeiros projetos, em meados do ano de 2012, o Brasil vem obtendo números cada vez mais expressivos no cenário mundial. Do ano de 2012 até 2021, a geração de empregos diretos já chega a 240 mil, representando 0,24% dos ofícios formais gerados no país (ABSOLAR, 2021).

² Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcedenergia/matriz-energetica-e-eletrica>.
Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil.

Figura 1-Estatísticas e dados da atualidade do Brasil - Energia fotovoltaica no Brasil

Benefícios da Fonte Solar Fotovoltaica ao Brasil



Mais de 8,0 GW
operacionais
desde 2012.



Mais de R\$ 41,5
bilhões em novos
investimentos
privados.



Mais de 240 mil
novos empregos
gerados.



Mais de R\$ 11,9 bilhões
em arrecadação de
tributos.



Mais de 1,1 milhão de
toneladas de
CO₂ evitadas.

Fonte: AB Solar (2021)³

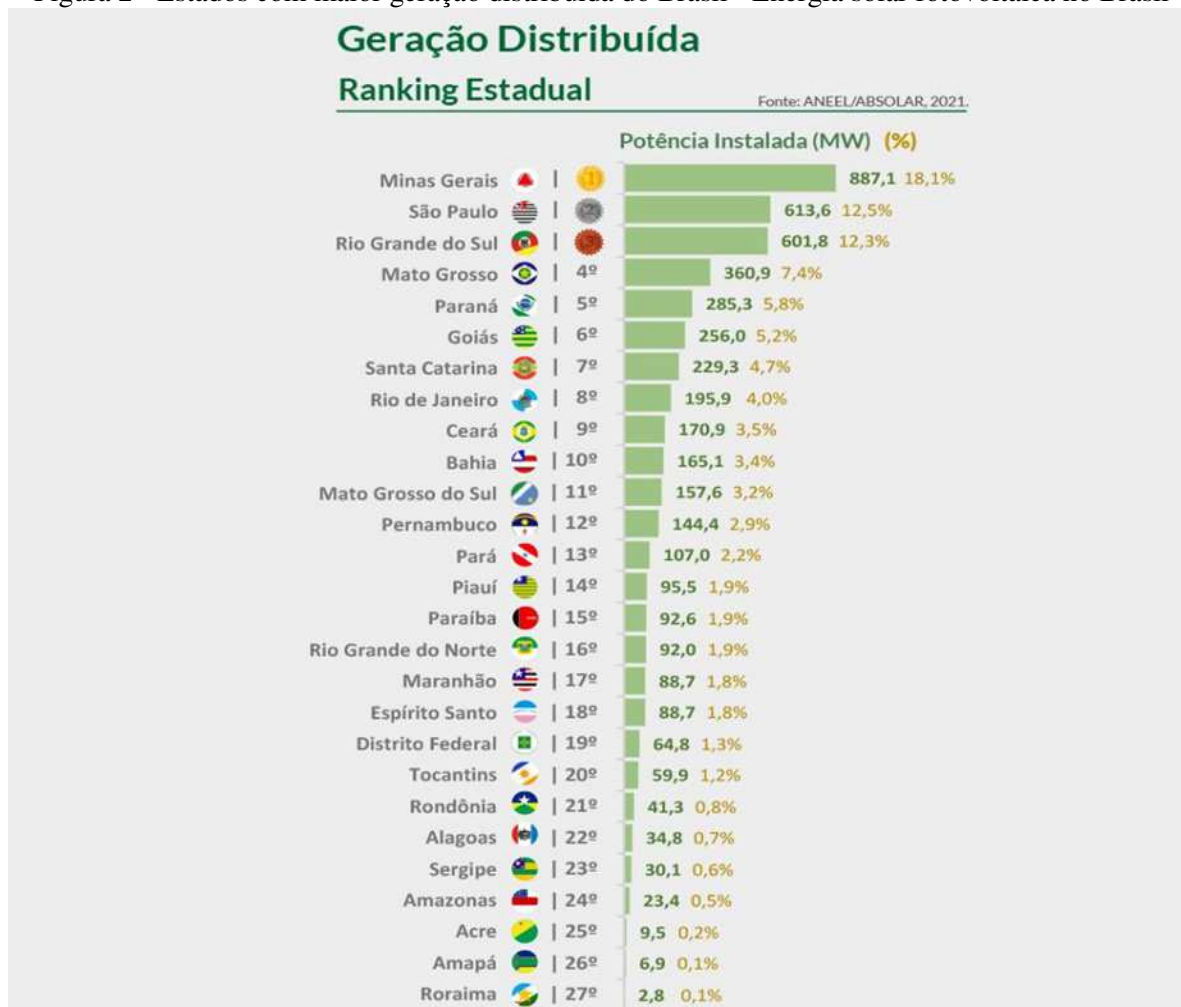
Com a implantação do sistema e a geração de energia elétrica fotovoltaica, temos dados relevantes que demonstram a sua eficácia, podendo no futuro serem bastantes utilizados em todo mundo, evitando, assim, a degradação do meio ambiente, por conta das grandes construções ou das extrações de recursos minerais. A tendência com esses números mostra que possa haver um aumento em até quatro vezes nos próximos anos.

2.3 Estados com maior geração distribuída do Brasil

Conforme a figura 2, elaborada pela ABSolar(2021), o Brasil tem uma grande capacidade para a produção de energia solar, graças aos esforços do governo e da iniciativa privada, o que tem feito com que o país esteja cada vez mais perto de utilizar todo o seu potencial para se tornar uma verdadeira potência no mercado de energia fotovoltaica (ABSOLAR,2021).

³ Disponível em: www.absolar.org.br.

Figura 2 - Estados com maior geração distribuída do Brasil - Energia solar fotovoltaica no Brasil



Fonte: AB Solar (2021)⁴

Minas Gerais se estabelece como o estado com maior capacidade fotovoltaica instalada, com 887,1 MW, representando 18,1% da produção nacional. Em seguida, vem o estado de São Paulo, com 613,6 MW, representando 12,5% da produção. O estado do Rio Grande do Sul, que conta com 601,8 MW, representa 12,3% da produção nacional (ABSOLAR, 2021). O estado de Goiás, aonde o estudo de viabilidade do projeto está localizado, está em sexto lugar com 256 MW significando 5,2% da produção nacional. O estado tem projetos de casas populares com o sistema fotovoltaico já incluso, segundo a Agência goiana de habitação (AGEHAB, 2020), um projeto denominado de “casa solar”, está em execução com a construção e instalação de 1200 casas.

⁴ Disponível em: www.absolar.org.br.

O preço da fonte solar fotovoltaica sofreu um leve aumento (R\$20,33), se comparado com o ano de 2019, quando o preço médio era de R\$ 17,62. Ainda assim, o leilão no mercado regulado apresenta uma forte tendência de queda desde 2013, quando o preço era de R\$ 103,00.

2.4 Cidades com maior geração distribuída do Brasil

Conforme a figura 3, elaborada pela AB Solar (2021), Brasília, pela segunda vez consecutiva, lidera o *ranking* dos municípios brasileiros com maior potência instalada em Geração Solar Distribuída (GD). Segundo o ranking atualizado AB Solar, divulgado no mês de março de 2021, a capital federal continua na frente de importantes capitais, como Rio de Janeiro (RJ), Goiânia (GO), Belo Horizonte (MG), Fortaleza (CE) e Cuiabá (MT).

Figura 3 - Estados com maior geração distribuída do Brasil - Ranking de cidades



Fonte: AB Solar (2021)⁵

De acordo com o balanço da AB Solar (2021), o município de Uberlândia, em 2019, acumulava a primeira colocação no *ranking* com produção de cerca de 5 megawatts (MW) de potência instalada, o equivalente a quase 2% de tudo o que é produzido na geração solar distribuída no país. Nos anos seguintes, foi ultrapassado por Brasília que, em 2019, teve uma produção de 5 megawatts (MW) e, em 2021, teve seu potencial instalado em 64,8 (MW), o que equivale a um aumento de 1296% em comparação ao ano de 2019 (ABSOLAR, 2021).

No mês de março de 2021, a capital se destacou no contexto nacional na questão de geração de produção de energia elétrica a partir de sistema fotovoltaico, representando 1,3% do potencial já instalado, gerando 64,8% megawatts (MW).

⁵ Disponível em: www.absolar.org.br.

2.5 Grupos e classes de consumidores da energia elétrica

Os grupos de consumo são classificados em diversas classes aplicadas a cada tipo de consumidor, conforme a Resolução Normativa ANEEL n° 418, de 23 de novembro de 2021.

Grupo A: agrupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento de alta tensão igual ou superior a 2,3 kV (Quilovolts) ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela tarifa binômia e subdividido nos seguintes subgrupos:

- Subgrupo A1 – tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV (Quilovolts);
- Subgrupo A2 – tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV (Quilovolts);
- Subgrupo A3 – tensão de fornecimento de 69 kV (Quilovolts);
- Subgrupo A3a – tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV (Quilovolts);
- Subgrupo A4 – tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV (Quilovolts);
- Subgrupo AS – tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição.

Grupo B: agrupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV (Quilovolts), caracterizado pela tarifa monômio e subdividido nos seguintes subgrupos:

- Subgrupo B1 – residencial;
- Subgrupo B2 – rural;
- Subgrupo B3 – demais classes;
- Subgrupo B4 – Iluminação Pública.

As classes de consumo são as diversas, aplicadas a cada tipo de consumidor, conforme a Resolução Normativa ANEEL n. 414/2010.

1º - Residencial:

- Residencial baixa renda;
- Residencial baixa renda Indígena;
- Residencial baixa renda benefício de prestação continuada da assistência social;
- Residencial baixa renda multifamiliar.

2º - Industrial.

3º - Comercial:

- Serviços de transporte, exceto tração elétrica;
- Serviços de comunicações e telecomunicações;
- Associação e entidades filantrópicas;
- Templos religiosos;
- Administração condominial: iluminação e instalações de uso comum de prédio ou conjunto de edificações;
- Iluminação em rodovias: solicitada por quem detenha concessão ou autorização para administração em rodovias;
- Semáforos, radares e câmeras de monitoramento de trânsito, solicitados por quem detenha concessão ou autorização para controle de trânsito.

4º - Rural:

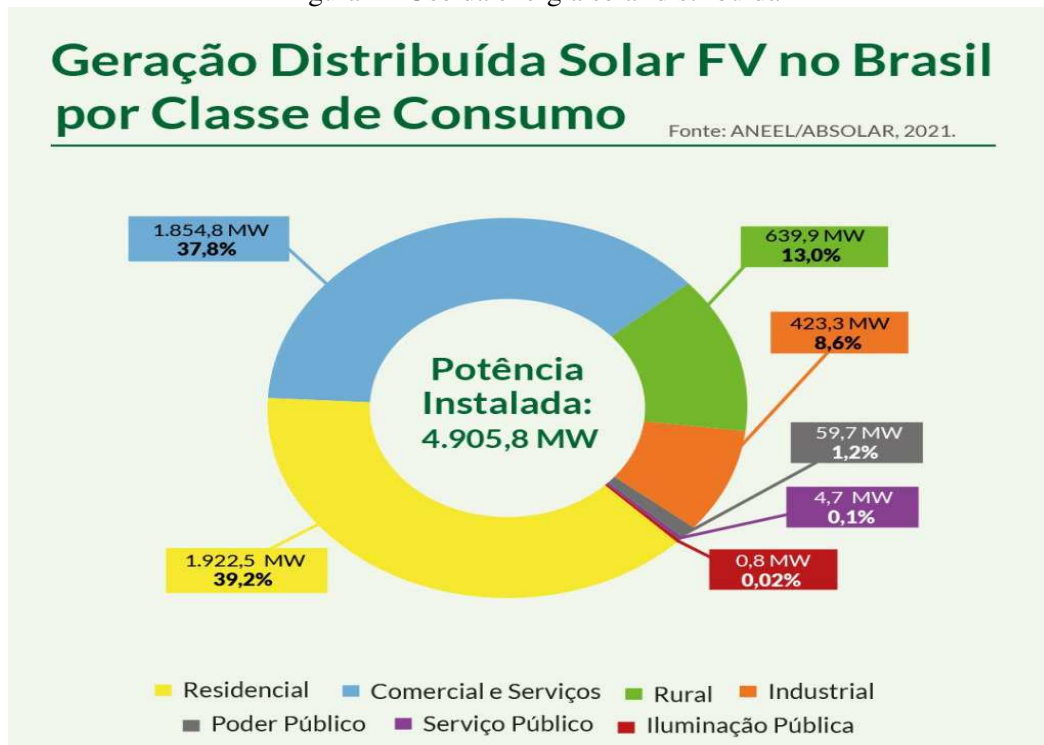
- Agropecuária rural;
- Instalações elétricas de poços de captação de água;
- Serviço de bombeamento de água destinada à atividade de irrigação;
- Agropecuária urbana;
- Residencial rural;
- Cooperativa de eletrificação rural;
- Agroindustrial;
- Serviço público de irrigação rural;
- Escolaagro técnica: estabelecimento de ensino direcionado à agropecuária;
- Aquicultura.

5º - Poder Público:

- Iluminação Pública;
- Serviço Público;
- Tração elétrica;
- Água, esgoto e saneamento;
- Consumo Próprio.

Na figura 4, elaborada pela ABSolar(2021), segue a divisão das classes consumidoras catalogadas e a quantidade de potencial elétrico já instalado, em seus devidos respectivos usos:

Figura 4 - Uso da energia solar distribuída



Conforme dados fornecidos pela AB Solar (2021), a demanda de potencial elétrico instalado, no valor de 1.922,5 MW, representa 39,2%, e está disponível para o consumo de residências, enquanto 1.854,8 MW, representando 37,8%, está disponibilizado para o comercial e serviços. Estes números apenas foram alcançados devido ao incentivo do governo, que no ano de 2013, tinha um valor gerado do Kw em R\$ 103,00, e, em 2021, um valor na casa de R\$ 17,62, graças à facilidade de aplicação, instalação e financiamentos disponíveis por diversos bancos.

O projeto de lei 10.361/18, protocolado pelo deputado Jorge da Silva (SD/ES), previu que as licitações feitas pelo governo federal deem preferência para fornecedores que utilizem em seus produtos, serviços e obras a energia solar fotovoltaica. As concorrências para a construção e reformas de prédios públicos deverão contar também com projetos de energia elétrica fotovoltaica. O projeto ainda determinou a instalação da tecnologia de forma gradual, com um período de 10 anos para sua conclusão. Foi demonstrado o retorno do investimento de acordo com uma projeção recente da ANEEL “Nota Técnica nº 0056/2017-SRD/ANEEL.

⁶ Disponível em: www.absolar.org.br.

2.6 Componentes dos Sistemas

Na figura 5, elaborada pela ABSolar (2021), está o método instalado no projeto, tendo em vista a demanda estabelecida pelo consumo, onde são apresentados os equipamentos que foram utilizados no projeto e suas especificações técnicas:

Figura 5 - Sistema fotovoltaico conectado à rede



Fonte: AB Solar (2021)⁷

- 1° - Painel fotovoltaico;
- 2° - Inversor solar;
- 3° - A energia solar é distribuída pela rede;
- 4° - A energia solar é consumida pela iluminação e equipamentos elétricos;
- 5° - O excesso de energia gerada é enviado a rede de distribuição, o que gera crédito.

2.6.1 Definição

O Painel Solar é composto pelos módulos fotovoltaicos ou placas solares (nome popular), é um dos equipamentos-chaves de um sistema solar fotovoltaico, por ser o responsável por converter a luz do sol em energia elétrica, com vida útil padrão de 25 anos e resistente as mais adversas condições climáticas.

O Inversor solar é o equipamento usado para converter a energia gerada pelos painéis solares, de corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), possibilitando o uso da energia elétrica gerada pela energia solar fotovoltaica.

⁷ Disponível em: www.absolar.org.br.

A geração distribuída é o termo dado à energia elétrica gerada no local de consumo ou próxima a ele, sendo válida para diversas fontes de energia renováveis, como a energia solar, a eólica e a hídrica. No Brasil, a definição de geração distribuída é feita pelo Artigo 14º, do Decreto Lei nº 5.163 de 2004.

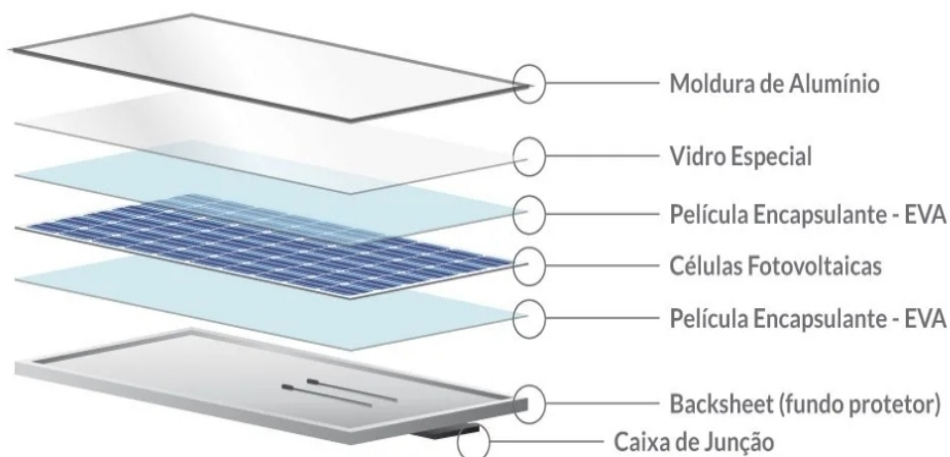
Assim a energia solar é consumida pela iluminação e equipamentos elétricos, sendo uma energia alternativa e sustentável, podendo ser utilizada tanto para geração de eletricidade (pela energia fotovoltaica) quanto para aquecimento de água (com a energia solar térmica).

Tem-se então que o excesso de energia gerada é enviado à rede de distribuição, gerando crédito, pois o circuito aberto se liga à rede de energia, o que possibilita que o excesso de energia gerada e não consumida seja destinado para a rede elétrica, proporcionando, assim, um crédito junto à concessionária da região.

2.7 Composição de uma placa solar

A figura 6, segundo ABSolar (2021), mostra a composição do painel solar ou placa solar, que é um dos equipamentos que compõe o sistema fotovoltaico, essencial para a geração de energia solar:

Figura 6: Composição de uma placa solar - Formação da placa fotovoltaica



Fonte: AB Solar (2021)⁸

2.7.1 Definição

Na figura 7, elaborada pela ABSolar (2021), segue a especificação do vidro a ser utilizado no painel solar:

⁸ Disponível em: www.absolar.org.br.

- O vidro especial utilizado na fabricação de um painel solar não é o seu vidro comum. Trata-se de um material especial ultrapuro, com baixo teor de ferro, desenvolvido especialmente para refletir menos e deixar o máximo de luz passar através dele. É um vidro temperado especial de 3.2mm ou 4mm revestido com uma substância antirreflexiva.

Figura 7 - Vidro especial



Fonte: AB Solar (2021)⁹

Na figura 8, elaborado pela AB Solar(2021), segue a especificação da película a ser utilizado no painel solar:

- Película Encapsulante é um EVA para o painel solar, composto por acetato-vinilo de etileno (que deriva do inglês: *EthyleneVinylAcetat*), um material selante de cura rápido especificamente projetado para os painéis fotovoltaicos. Ele protege as células fotovoltaicas contra o envelhecimento causado por raios UV, isto é, pelas temperaturas extremas e umidade, assegurando que a máxima luz visível atinja as células solares. O EVA representa aproximadamente 8% do custo de fabricação do painel solar.

Figura 8 - Película Encapsulante



Fonte: AB Solar (2021)¹⁰

⁹ Disponível em: www.absolar.org.br.

Na figura 9, elaborado pela AB Solar(2021), segue uma foto ilustrativa da célula fotovoltaica que é utilizado com suas devidas especificações:

- A célula fotovoltaica é a "vida" do seu painel solar, pois é ela que, através de uma reação físico-química, transforma a luz do sol em energia elétrica. Ela representa aproximadamente 60% do custo de um painel solar. São muito finas, com aproximadamente 185 microns de espessura (menos de 2mm).

Figura 9 - Célula Fotovoltaica



Fonte: AB Solar (2021)¹¹

Na figura 10, elaborada pela AB Solar(2021), segue a especificação do *backsheet* (fundo protetor) que compõe o painel solar:

- Backsheet (fundo protetor) apresenta como função principal proteger os componentes internos do painel solar, especificamente as células fotovoltaicas, que agem como um isolante elétrico. Elas apresentam uma composição robusta, composta por 3 camadas, com uma aparência de um "filme branco plástico grosso". A Backsheet representa aproximadamente 8% do custo de fabricação do painel solar.

Figura 10 -Backsheet



Fonte: AB Solar (2021)¹²

¹⁰ Disponível em: www.absolar.org.br.

¹¹ Disponível em: www.absolar.org.br.

Na figura 11, elaborada pela AB Solar(2021), está uma foto ilustrativa da caixa de junção utilizado no projeto:

- Caixa de junção é uma parte muito importante do painel solar, pois como uma espécie de "gabinete" que fica localizado na parte de trás do painel solar onde os strings (células fotovoltaicas interconectadas em série) estão conectados eletricamente. Comumente fica fixada na parte de trás do painel solar com um adesivo de silicone ou uma fita dupla-face especial. Possui dentro diodos de by-pass que vão garantir a segurança e o bom funcionamento do painel solar. A caixa de junção já vem com os cabos e conectores especiais (tradicionalmente se utiliza os conectores MC4 ou MC3) que são usados para interconectar os painéis solares quando instalados em seu telhado. A caixa de junção representa aproximadamente 6% do custo de fabricação do painel solar.

Figura 11 - Caixa de Junção



Fonte: AB Solar (2021)¹³

Na figura 12, elaborado pela ABSolar(2021), podemos visualizar o modelo do aparelho de monitoramento de produção diário e mensal que é responsável pela leitura contínua e gráficos de produção, que são ligados a um celular, tablet ou notebook (computador de mesa).

¹² Disponível em: www.absolar.org.br.

¹³ Disponível em: www.absolar.org.br.

Figura 12 - Monitor de produção elétrica



MONITORAMENTO WIFI

Fonte: AB Solar (2021)¹⁴

O monitoramento via *wifi* (leitor e transmissor) é instalado em conjunto com os painéis em campo, que envia a leitura através de aplicativo pré-instalado no telefone celular. Nestas leituras são mensuradas a produção do momento, a diária, a mensal e a anual quantidade de energia disponibilizadas para a rede.

2.8 Equipamentos utilizados na subestação

Para a subestação são necessários um conjunto de equipamentos e dispositivos para se obter o resultado desejado. Usualmente as subestações são compostas dos seguintes itens e funções: Células; Módulo; Características do módulo fotovoltaico; Desempenho dos módulos; Arranjos dos módulos; Inversor de frequência; Eficiência do inversor; Potência do inversor e Distribuição de energia.

2.8.1 Células

As células fotovoltaicas são dispositivos formados por um material semicondutor, que transforma energia luminosa proveniente do sol em energia elétrica.

O silício (Si) é o mais usado para a fabricação das células de uma placa solar, pois seu átomo se caracterizou por possuir quatro elétrons, que se interligam e formam uma rede cristalina. Ao se vincularem a átomos como o fósforo (P), que possuem cinco elétrons de ligação, haverá um elétron em excesso que não poderá ser emparelhado e permanecerá sozinho. Este elétron

¹⁴ Disponível em: www.absolar.org.br.

isolado possui uma fraca ligação com os átomos de origem, mas o suficiente para que a energia térmica se livre e migre para a condução.

Utiliza-se o silício (Si) na fabricação das placas, pois é um elemento mais abundante no globo terrestre em forma de mono cristalino (um único cristal) e poli cristalino (vários cristais). As células de silício mono cristalino possuem uma eficiência de 2% a mais do que o poli cristalino, que necessita de uma área de instalação maior.

2.8.2 Módulo

Módulo fotovoltaico é termo técnico para placa solar ou painel solar, que apresenta um módulo fotovoltaico composto por 36 a 72 células solares produzidas normalmente por silício, que é utilizado para a captação da luz do sol, com a função de converter a luz solar em energia elétrica fotovoltaica.

2.8.2.1 Características do módulo fotovoltaico

O efeito fotovoltaico ocorre quando a célula exposta a radiação solar e o aproveitamento desse efeito ocorre por meios de campos elétricos, através de um circuito elétrico externo.

As principais características de um módulo fotovoltaico são corrente, tensão e potencial nominal. A potência é medida por Wp (Watt pico).

2.8.2.2 Desempenho dos módulos

Quando exposto a luz solar, os módulos fotovoltaicos geram energia elétrica em corrente contínua e o desempenho deles depende da temperatura de operação da célula e do nível de irradiação solar aos que seus módulos estão sujeitos. Sendo assim, quanto maior a irradiação, maior será a produção de energia.

Em algumas situações, os módulos podem receber sombras que causam o aquecimento do material semicondutor, isso acontece quando ao invés de gerar, o módulo recebe corrente devido o sombreamento no módulo, fazendo com que as células fiquem polarizadas impossibilitando de produzir eletricidade. Por conta disso, o módulo com efeito de sombreamento pode causar prejuízo em toda fileira.

2.8.2.3 Arranjos dos módulos

Os módulos fotovoltaicos podem ser associados em série e paralelos ou somente em série ou somente em paralelo, para se obter os níveis de corrente e tensão desejado.

Na conexão em série, o terminal positivo fotovoltaico é conectado no terminal negativo do outro dispositivo, e assim por diante. Para dispositivos idênticos e submetidos as mesmas circunstâncias. Quando a ligação é em série, as tensões são somadas e a corrente elétrica não é afetada.

Se associarem os dispositivos em séries com diferentes correntes elétricas, o resultado será limitado pelo menor entre elas. Sendo assim, a ligação dos módulos com características distintas não é recomendada, pois pode causar superaquecimento.

Na associação em paralelo, os terminais positivos dos dispositivos são interligados entre si, assim como os terminais negativos. As correntes elétricas são somadas e a tensão não se altera.

2.8.3 Inversor de frequência

Um inversor é um dispositivo eletrônico que fornece energia elétrica em correntes alternadas (CA) a partir de uma fonte de energia elétrica em corrente contínua (CC), através de dispositivos semicondutores que chaveiam a entrada da corrente contínua (CC), fazendo com que o inversor produza uma saída de corrente alternada (CA) de frequência.

Nos sistemas fotovoltaicos conectados na rede elétrica, os inversores são conhecidos como *gradotie*, cuja diferença é o maior controle sobre a tensão, fase e frequência.

2.8.3.1 Eficiência do inversor

A eficiência de conversão depende do autoconsumo e do carregamento de todos os inversores, que possuem perdas que variam linearmente com a potência de saída (ZILTES, 2012).

O inversor controlado pela rede utiliza a frequência e a tensão para chavear os tirantes em GVI de energia e o inversor desliga automaticamente.

2.8.3.2 Potência do inversor

A potência do inversor é dimensionada a partir da carga do inversor pelo método FDI (Fator de Dimensionamento do Inversor), que elabora cálculos empíricos com valores pré-estabelecidos com determinação mínima de eficácia. O valor do FDI é indicado pela capacidade de potência do inversor que corresponde 80% ou 0,8, segundo (ZILTES, 2012).

2.8.4 Distribuição de energia

A geração distribuída (GD) é classificada de duas formas:

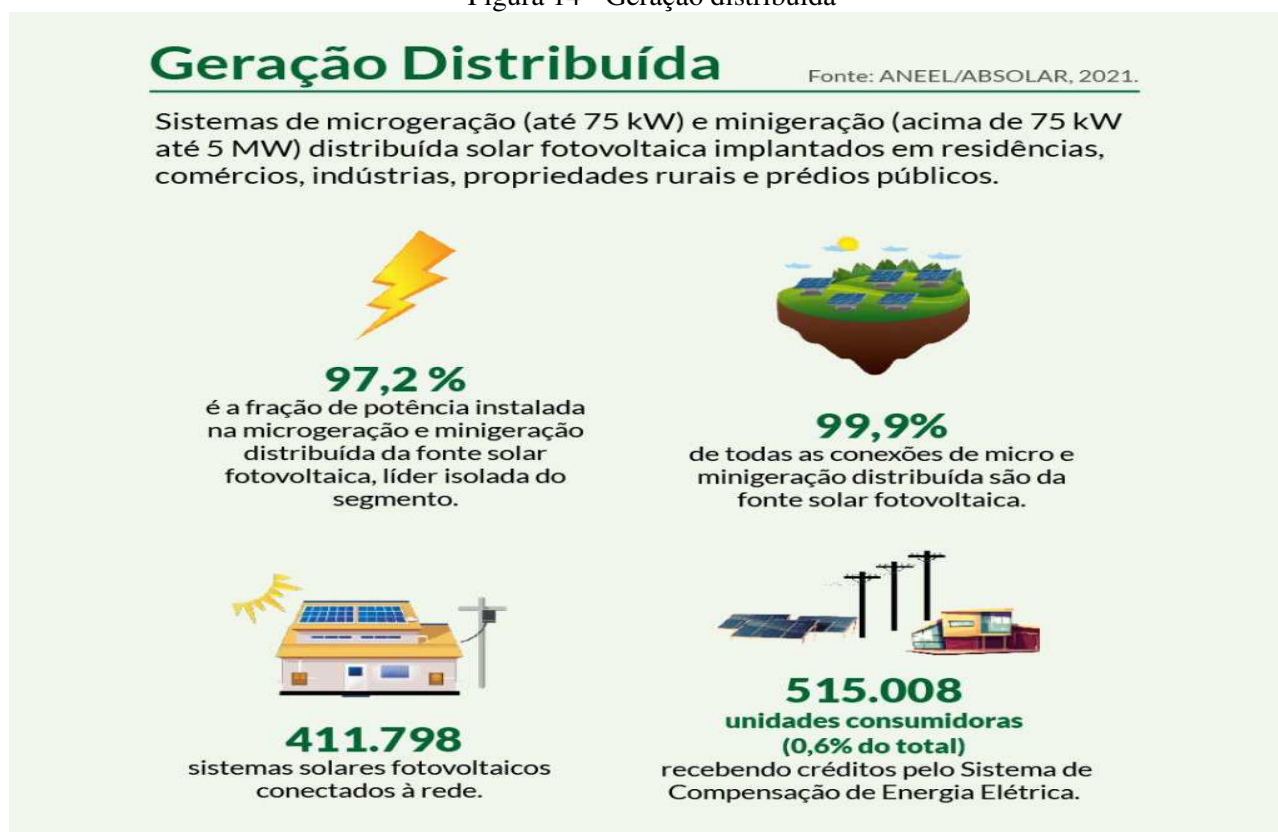
1º - micro geração distribuída – central geradora de energia elétrica, com potencial instalado até 7 Kw, conforme a regulamentação da ANEEL.

2º - mini geração distribuída – central de energia elétrica, com potencial instalado superior a 75 Kw e menor ou igual a 3 Mw em fontes hídricas e de 5 Mw, conforme a regulamentação da ANEEL.

Com a geração distribuída, é possível definir uma fonte de energia elétrica conectada diretamente a rede distribuição, que irá fazer com que a energia transite para o consumo no qual ela foi designada e que o excedente retorne em forma de crédito a rede elétrica. Este método é mais eficaz quando comparado ao armazenamento desta energia através de baterias.

Na figura 13, elaborado pela AB Solar(2021), vemos a modalidade de geração disponível (micro ou mini geração) e suas respectivas influência no sistema GD (Geração distribuída).

Figura 14 - Geração distribuída



Fonte: AB Solar (2021)¹⁵

Atualmente, há 515.008 unidades já instaladas no país. 411.798 representam uma porcentagem de 79,96% que está conectada à rede elétrica, o que tem contribuído para a geração de bônus na conta de energia junto à concessionária. 103.210 que representam 20,04% dos sistemas

¹⁵ Disponível em: www.absolar.org.br.

instados, geram energia abaixo do consumo, e, por isso, não apresentam a necessidade de fazer a interligação com a rede elétrica, pois tudo que é gerado é consumido, fazendo uso de uma pequena parte da energia da rede elétrica.

3 Metodologia

O local de implantação do projeto se situa na BR-050, próximos ao distrito de Pires belo, município de Catalão (GO). O restaurante está localizado em um ponto estratégico, servindo de apoio as pessoas que usufruem da rodovia. O proprietário decidiu a implantação do sistema fotovoltaico visando a economia, que até o momento apresentava gastos de energia elétrica em média R\$ 3.081,41 mensais.

3.1 Dimensionamentos do projeto

Conforme o método de cálculo da formula 3.1.1, que determina o dimensionamento da quantidade de módulos a ser usado no projeto, verificou-se as potências do módulo e sua eficiência, que precisam possuir o selo do Inmetro (instituto nacional de metrologia, qualidade e tecnologia) e da Procel (programa nacional de conservação de energia elétrica), que são órgãos federais responsáveis pela certificação das normas regulamentadoras (NBR) dos produtos que envolvem a energia elétrica.

Outro ponto importante é a garantia oferecida pelos fabricantes de no mínimo dez a vinte cinco anos de eficiência energética acima de 80% (ABSOLAR, 2021).

3.1.1 Potencial do projeto:

$$\text{POTÊNCIA PROJETO} = (\text{MC/DIAS}) / \text{IRRADIAÇÃO SOLAR} / \text{PERDA}$$

- Calcular qual é o potencial do projeto a ser executado;
- Levar em consideração para o cálculo a base média de consumo dos últimos doze meses (MC);
- Quantidade de dias no mês (adotar sempre 30 dias, como orientado o órgão, AB solar);
- Irradiação da região a ser instalado (tabela disponibilizada pelo órgão da AB Solar);
- Usar a porcentagem/100 da perda fornecido pelos fabricantes das placas e inversor.

Conforme o método de cálculo da fórmula 3.1.2, apresentamos o dimensionamento da quantidade de módulos que foram utilizados no projeto:

3.1.2 Números de módulos a ser utilizados:

$$\text{NÚMERO DE MÓDULOS} = \text{POTÊNCIA TOTAL} / \text{POTÊNCIA DO MÓDULO}$$

- Potencial total, o potencial calculado do projeto;
- Potencial do módulo usado conforme a especificação do fabricante.

Conforme o método de cálculo da fórmula 3.1.3, apresentamos o dimensionamento da quantidade de energia a ser produzido diariamente:

3.1.3 - Consumo de energia gasta diária

$$\text{ENERGIA} = \text{MÉDIA} / \text{DIAS}$$

- Média de gastos mensais;
- Quantidade de dias (conforma recomendação da AB solar, sempre utilizar 30 dias).

Conforme o método de cálculo da fórmula 3.1.4, apresentamos o dimensionamento do rendimento unitário por módulo, que serviu de parâmetro funcional de produção para cada módulo instalado, fazendo uso dos dados para projeção dos desvios padrão.

3.1.4 Rendimento unitário (quantidade de energia gerada por placa ou módulo).

$$\text{RENDIMENTO ÚNITÁRIO} = \text{CONSUMO DIÁRIO} / \text{QUANTIDADE DE MÓDULO}$$

- Consumo diário é a média de consumo por dia a ser utilizado;
- Quantidade de módulos utilizados no projeto.

3.2 Materiais Utilizados

3.2.1 Módulo fotovoltaico

Conforme o quadro 1, apresentamos a especificação do módulo usado no projeto. Sabendo que no mercado existem diversos modelos, potências e marcas de módulos, o projeto em questão fez uso do módulo da marca “Empalux 330 W”, por conta da sua melhor trabalhabilidade com peso de 22,5 Kg, e por apresentar uma eficiência energética de 80%.

Quadro 1 - Módulo Fotovoltaico 330W

Código	MF00330
Máxima Potência (W)	12
Voltagem de Máxima Potência (Vmp)	37,26
Corrente de Máxima Potência	8,86
Voltagem de Circuito Aberto (Voc)	46,1
Corrente de Curto-Circuito (Isc)	9,57
Voltagem Máxima do Sistema	1000
Temp. Nominal de Operação de Célula	48+-2°C
Disjuntor Recomendado (A)	15
Selo Inmetro	Sim
Selo Procel	Sim
Comprimento	1965 mm
Largura	992 mm
Altura	40 mm
Peso	22,5Kg
Garantia	13 anos contra defeito de fabricação.
	30 anos para perda de eficiência.

Fonte: EMPALUX¹⁶

O módulo possui garantia do fabricante de 13 anos contra defeitos de fabricação e 30 anos para perda de eficiência. Sua máxima perda de carga é considerada 20% pelo fabricante. Conforme recomendado pela NBR (16690, 2019) este módulo possui os dois selos de certificação emitidos pelo Inmetro e Procel.

3.2.2 Inversor

No quadro 2, apresentamos a especificação do inversor usado no projeto: o inversor da “Empalux Série beta (Grid monofásico ON)”, com 6,5 kg de peso próprio, com uma tecnologia de comunicação via Wifi.

¹⁶ Disponível em: www.empalux.com.br.

Quadro 2 - Inversor utilizado:Série beta (Grid monofásico ON)

Código	SI01500
Potência AC Nominal (W)	1500
Máxima Potência AC (VA)	1650
Máxima tensão de entrada DC (V)	500
Startup Tensão (V)	150
Mínima Tensão (V)	60
Máxima Corrente de entrada (A)	11
Corrente Nominal de saída (A)	6,6
Máxima Corrente de saída (A)	7,2
Máxima Eficiência	98,10%
Selo Inmetro	Sim
Selo Procel	Sim
Método de instalação	Fixação em Parede
Comunicação	WiFi
Dimensão (CxLxA)	283 x 343 x 119 mm
Peso (Kg)	6,5
Garantia	7 anos

Fonte: EMPALUX¹⁷

Figura 15 - Inversor Série beta (Grid monofásico ON)



Fonte: EMPALUX¹⁸

¹⁷ Disponível em: www.empalux.com.br.

¹⁸ Disponível em: www.empalux.com.br.

O inversor possui garantia do fabricante de 07 anos contra defeitos de fabricação e perda de eficiência. Sua máxima eficiência é de 98,10% pelo fabricante. Conforme orientado pela NBR 16690, o módulo apresenta os dois selos de certificação emitidos pelo Inmetro e Procel.

3.2.3 Fios de 04 e 06 mm (preto e vermelho)

No quadro 3, apresentamos a especificação dos fios utilizados no projeto. Para uma instalação correta dos equipamentos, segundo a NBR (9117/247-3, 2002) é preciso considerar a previsão de futuros problemas elétricos, por isso é preciso usar fios da classe quatro (antichama), para uma melhor confiabilidade do projeto contra incêndios e curtos.

Quadro 3 - Fios de 04 e 06 mm (preto e vermelho)

Norma	NBR 9117 / 247-3
Classe	Quatro (anti chama)
Tensão Nominal	450/750 V
Isolação	PVC 70°

Fonte: SIL¹⁹

Figura 16 - Fio 04 e 06 mm vermelho



Fonte: CEIGON²⁰

Figura 17 - Fio 04 e 06 mm Preto



Fonte: CEIGON²¹

¹⁹ Disponível em: www.sil.com.br.

²⁰ Disponível em: www.ceigon.com.br

²¹ Disponível em: www.ceigon.com.br

O cabo utilizado no projeto da cor vermelha foi designado à fase “positivo”, aonde os fios de 04 mm foram ligados dos painéis solares até o quadros/inversores e os cabos de 06 mm foram ligados dos quadros/inversores até o quadro geral de distribuição. Cabo utilizado no projeto da cor Preta foi designado à fase “negativo”, aonde os fios de 04 mm foram ligados dos painéis solares até o quadros/inversores e os cabos de 06 mm foram ligados dos quadros/inversores até o quadro geral de distribuição.

3.3.4 Hastes de aterramento

Nas figuras 18 e 19, estão o modelo da hastes e conectores utilizados no projeto. Segundo a NBR-13571, os requisitos mínimos para hastes de aterramentos aço-cobreadas e seus acessórios é de que sejam fabricados com materiais de primeira qualidade que suportem as condições elétricas, mecânicas e químicas-resistências a corrosão.

Figura 18 - Hastes de cobre para aterramento.



Fonte: MECARI²²

Figura 19 - Conector de hastes de aterramento.



Fonte: MECARI²³

O conector de haste de aterramento tem como função fazer à interligação de uma haste a outra, no propósito de formar uma única peça estática.

A haste de aterramento é, na realidade, a interface entre o sistema de aterramento e toda a terra, por onde é feito o contato elétrico entre ambos: "terra" e sistema de aterramento.

Os objetivos e funcionalidades da haste de aterramento são:

- Obter uma resistência de aterramento mais baixa possível, para correntes de falta a terra;

²² Disponível em: www.mecari.com.br.

²³ Disponível em: www.mecari.com.br.

- Manter os potenciais produzidos pelas correntes da falta dentro de limites de segurança de modo a não causar fibrilação;
- Fazer que equipamentos de proteção sejam mais sensibilizados e isolem rapidamente as falhas à terra;
- Proporcionar um caminho de escoamento para terra de descargas atmosféricas;
- Usar a terra como retorno de corrente no sistema MRT;
- Escoar as cargas estáticas geradas nas carcaças dos equipamentos.

4 Resultados

Para verificar a viabilidade econômica do sistema implantado foram analisados fluxos de consumo dos últimos doze meses em quilowatts e o valor pago a concessionária, considerando a variação do valor dos quilowatts (tarifação devido a cor da bandeira cobrada nos meses analisados) e o consumo em quilowatts mensais, provendo uma média global de consumo mensal. A análise contempla os cálculos do valor investido pelo proprietário do restaurante em questão, cálculos do dimensionamento para retorno ao proprietário em meses, cálculos do valor dos insumos utilizados pelo proprietário da empresa para aplicação e instalação do projeto (empresa brothers energy), valor diário gastos com mão de obra, transporte, alimentação e recursos usados durante a execução. Tudo formas utilizadas para um comparativo de viabilidade tanto do cliente quanto do dono da empresa.

4.1 Dimensionamentos do projeto

4.1.1 Consumo específico

No quadro 4 consta o levantamento do consumo dos últimos doze meses. O primeiro passo para um melhor dimensionamento foi obter as informações de consumo do cliente e as despesas, identificando qual o propósito que ele almeja, para colocar esses pontos em uma planilha e definir o melhor plano de ação para suprir seus consumos.

Quadro 4 - consumo específico

Mês / Ano	Dias	Consumo Kw	Valor Kw (R\$)	Valores da conta (R\$)
Mar/20	30	3963,49	0,9202	3647,20
Abr/20	32	4092,95	0,8926	3653,37
Mai/20	30	3934,67	0,87	3423,16
Jun/20	29	4030,74	0,9236	3722,79
Jul/20	32	3902,85	0,9158	3574,23
Ago/20	30	3661,12	0,9664	3538,11
Set/20	30	3712	0,9565	3550,53
Out/20	32	2510,88	0,8963	2250,50
Nov/20	30	3379,2	0,9025	3049,73
Dez/20	30	3364,82	0,8654	2911,92
Jan/21	32	822,89	0,8497	699,21
Fev/21	29	3775	0,82389	3110,18
Total	12	366	40484,61	10,78289
Média		30,5	3429,22	0,8986
				3081,41

Fonte: Enel - Goiás

O consumo específico é a média do consumo dos últimos doze meses em quilowatts, levando em consideração o valor energia consumida (média do valor do quilowatts cobrado do período) e o valor total pago durante esse período.

- Média de consumo mensal: 3429,22 Kw/mês;
- Média do valor pago mensal: R\$ 3081,41;
- Potencial do projeto: 3450 Kw/mês;
- Potencial do projeto: 115 Kw/dia;
- Numero de módulos: 88 Unidades;
- Energia gerada por modulo: 1.3068 Kw/dia;
- Energia gerada por modulo: 39.201 Kw/mês.

4.2 Memoriais de cálculos

4.2.1 Potencial do projeto

Fazer o levantamento da média de consumo dos últimos doze meses, identificando qual o potencial do seu projeto que devem ser definidos nos cálculos apresentados abaixo:

- Média de consumo do projeto aproximado (MC): 3450 Kw (arredondamento do consumo atual);
- Perda: 80% (Fornecido pelo fabricante);
- Irradiação solar: 5,5 H/dia (entre as 10:30 as 16:00 horas);
- Dias: 30 (média de dias que contém um mês).

$$\text{POTÊNCIA PROJETO} = (\text{MC/DIAS}) / \text{IRRADIAÇÃO SOLAR} / \text{PERDA}$$

$$\text{POTÊNCIA PROJETO} = (3450/30) / 5 / 0,8$$

$$\text{POTÊNCIA PROJETO} = 28,75 \text{ Kwp}$$

$$\text{POTÊNCIA PROJETO} = 29 \text{ Kwp}$$

O resultado mostra o que por dia devemos obter para suprir nossa quantidade energética, de 29 Kwp (quilo watt pico), considerando o intervalo de maior irradiação solar no período do dia (10:30 às 16:00), fazendo o uso do fator de cinco horas de irradiação máxima.

4.2.2 Números de módulos a serem utilizados

Para calcular a quantidade de módulos a serem usados, fez-se a utilização do módulo escolhido para o projeto, que foi o “Empalux 330W”, que apresenta uma potência de geração de 330 W.

$$\text{NÚMERO DE MÓDULOS} = \text{POTÊNCIA TOTAL} / \text{POTÊNCIA DO MÓDULO}$$

$$\text{NÚMERO DE MÓDULOS} = 29/330$$

$$\text{NÚMERO DE MÓDULOS} = 87,8$$

$$\text{NÚMERO DE MÓDULOS} = 88 \text{ MÓDULOS}$$

Para suprir a necessidade energética, foi preciso instalar 88 módulos de 330 W, para obter total funcionalidade do nosso projeto.

4.2.3 Cálculo de energia produzida diário

Levando em consideração a energia calculada do projeto (3450 W/mês), foi preciso considerar de maneira igualitária os trinta dias do mês.

$$\text{ENERGIA} = \text{MÉDIA} / \text{DIAS}$$

$$\text{ENERGIA} = 3450 / 30$$

$$\text{ENERGIA} = 115 \text{ Kw/dia}$$

Para suprir todo consumo energético, a usina tem que produzir 115 Kw/dia (quilo watt por dia), podendo variar conforme a irradiação solar durante cada dia.

4.2.4 Cálculo do rendimento unitário por módulo diário

A princípio, fez-se uma projeção de qual seria a eficiência energética de cada módulo por dia.

$$\text{RENDIMENTO ÚNITARIO} = \text{CONSUMO DIÁRIO} / \text{QUANTIDADE DE MÓDULO}$$

$$\text{RENDIMENTO ÚNITARIO} = 115 / 88$$

$$\text{RENDIMENTO ÚNITARIO} = 1.3068 \text{ Kw}$$

Para suprir a necessidade do projeto, cada módulo precisou produzir 1.3068 kw por dia, chegando a somatória de 115 Kw/dia.

4.2.5 Levantamento de custos

Foi feito o levantamento dos insumos e equipamentos utilizados referentes ao projeto, compreendendo os componentes elétricos para instalação, que estão detalhados na tabela abaixo.

4.3 Equipamentos utilizados

No quadro 4 está todo o material utilizado e suas respectivas quantidades e custos unitários:

Quadro 4 - Materiais usados

Equipamentos utilizados	Quantidade	Preço Unitário	Total
Módulos 330 W	88 unid	R\$530,43	R\$46.677,84
Inversores 8K	3unid	R\$8.900,59	R\$26.701,77
Fio 4 mm	200 m	R\$1,59	R\$318,00
Fio 6 mm	250 m	R\$3,19	R\$797,50
Hastes de aterramento	3 unid.	R\$190,00	R\$570,00
Conectores de hastes	3 unid.	R\$13,91	R\$41,73
Total			R\$75.106,84

Fonte: Brother Energy

Foi feito um levantamento de todo o material utilizado no projeto, levando em conta os suportes das placas e que o valor está embutido no preço dos módulos, por isso a medida teve que passar por adequação do executante.

4.4 Custos relacionados à mão de obra

No levantamento de custos foi considerado os aspectos da mão de obra (quantidade de funcionários), do transportes dos empregados, da alimentação, do uso das ferramentas e utensílios utilizados no projeto e da quantidade de dias de execução do inicial ao final do projeto.

4.4.1 Levantamento de gastos da execução (Brothers Energy)

No quadro 4, apresentamos o levantamento dos custos da parte operacional com suas respectivas quantidades, preços unitários e valores total.

Quadro 5 - Gastos da execução

	Valor Unitário/dia	Valor (R\$)	Quant. Dias	Total
Quantidade Funcionários	5	R\$ 70,00	58	R\$20.300,00
Transportes (KM)	68	R\$ 0,529	58	R\$2.088,00
Alimentação	5	R\$ 20,00	58	R\$5.800,00
Ferramentas	Geral	R\$40,00	58	R\$2.320,00
Total				R\$30.508,00

Fonte: Brother Energy

No projeto foi feito o levantamento do custo unitário por dia, levando em consideração desde mão de obra que fez uso de cinco funcionários com valores fixos pagos ao dia de R\$ 70,00 para cada, os transportes dos empregados calculados em um único veículo entre Catalão e o restaurante do projeto, a alimentação desses funcionários durante a sua jornada de trabalho estabelecidos num valor fixo de R\$ 20,00 por cada e as ferramentas e utensílios utilizados no dia a dia (fitas isolantes, ferramentas elétricas, abraçadeiras, entre outros).

4.4.4 Levantamento de lucratividade para empreendedor

No quadro 6, está o inventário de todos os custos e rentabilidades proporcionados a empresa Brothers Energy, responsável pela execução do projeto.

Quadro 6 - Rentabilidade do projeto

Descrição	Custos
Equipamentos / mão de obra / custos agregados	R\$105.614,84
Insumos elétricos	R\$13.201,86
Total	R\$118.816,70
Valor orçado projeto	R\$132.000,00
Lucro	R\$13.183,31
Taxa de lucratividade	10,89%

Fonte: Brother Energy

O proprietário da empresa “Brother Energy” levou em consideração todos os custos adotados no projeto e apresentados e os valores de cada seguimento utilizado o projeto.

4.4.5 Levantamento de retorno ao cliente:

Napróxima tabela é possível confirmar a viabilidade do projeto e qual o seu tempo de retorno do investimento inicial. Foram usados os seguintes dados:

- Valor investido: R\$ 132.000,00;
- Geração mensal: 3450 Kw;
- Média do valor do Kw atual: R\$ 0,8986.

RETORNO DO INVESTIMENTO = VALOR INVESTIDO/(GERAÇÃO MENSAL * MÉDIA VALOR KW)

RETORNO DO INVESTIMENTO = R\$ 132.000,00/(3450 * 0,8986)

RETORNO DO INVESTIMENTO = 42,58 Meses

RETORNO DO INVESTIMENTO = 43 Meses

Tabela 2 - Retorno do investimento

	Media produção	Custo Kw	Retorno
Mês	3450	R\$0,8986	R\$3.100,17
Ano 1	41400	R\$0,8986	R\$37.202,04
Ano 2	82800	R\$0,8986	R\$74.404,08
Ano 3	124200	R\$0,8986	R\$111.606,12
43 Meses	148350	R\$0,8986	R\$133.307,31

Fonte: Brother Energy

Concluimos que nesses parâmetros de média descritos (média valor do Kw), levando em consideração os dados apresentados nos últimos doze meses (média do consumo mensal) e o valor

Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil.

inicial investido, o tempo de retorno do investimento será de quarenta e três meses, podendo surgir alterações conforme a mudança de taxaço e consumo do cliente.

4.5 Projetos finalizados

Este projeto se propôs a geração de uma mini geradoradistribuidora de energia elétrica, localizada na região da cidade de Pires Belo, estado de Goiás, localizada a 292 km da capital Goiânia e a 230 Km de Brasília, capital do Brasil.

O estudo se baseou em uma revisão teórica a respeito da conversão de energia solar para energia elétrica.

O projeto e equipamentos específicos foram dimensionados para o atendimento de 100% da demanda energética média consumida no estabelecimento, atendendo a geração média de 45,264 kW/h, prevendo que o excesso de produção da energética sejaconvertidosem crédito junto a concessionária ENEL (Energia Elétrica de Goiás).

4.5.1 Distribuição das placas *in loco*

O local de instalação da usina foi de 420 m² (14x30 m), ficando localizado na parte traseira do restaurante, de maneira que não pudesse haver nenhum tipo de interferência. O investimento inicial necessário para implantação do projeto foi de R\$ 132.000,00 com retorno deste valor em aproximadamente quarenta e três meses.

Na imagem 1, é possível ver a locação e distribuição das placas na área demarcada do terreno, para instalação da usina fotovoltaica.

Imagem 1 - Locação das placas



Fonte: os próprios autores

No local da instalação das placas, alguns fatores foram levados em consideração no momento da escolha.

- Melhor e maior exposição à radiação solar entre as 10:30 e às 16:00 (horário com maior índice de irradiação solar).
- Local neutro sem influencia de arvores ou outros objetos que possam danificar o sistema.
- Proximidade do restaurante (local fica na parte atrás da edificação do restaurante).
- Não interferência no estacionamento dos caminhões que param no restaurante para se alimentar.

4.5.2 Inspeções e visitas técnicas dos autores deste trabalho

Nas imagens 2 e 3 vemos a vistoria e inspeção que ocorreram no dia 19 de junho 2021, que foi feita pelos autores do trabalho e responsáveis da empresa de execução “Brothers Energy”. A partir desse momento, a usina de geradora fotovoltaica começou o seu funcionamento.

Imagem 2 - Vistoria e inspeção do projeto



Fonte: os próprios autores

Imagem 3 - Vistoria e inspeção do projeto



Fonte: os próprios autores

Após cinquenta e oito dias de execução do projeto, a usina fotovoltaica entrou em funcionamento assistidos pelos responsáveis, que constaram o seu desempenho dentro do esperado, sem qualquer tipo de oscilação mais relevante.

4.5.3 Local instalados os inversores

Nas imagens 4, o painel elétrico e os inversores foram instalados no centro da usina, de maneira que houvesse maior centralização do cabeamento e evitasse grande locomoção dos cabos para não perder sua eficiência durante o seu funcionamento.

Imagem 4 - Local de instalação do painel elétrico e inversores



Fonte: os próprios autores

Foi feita a instalação do painel elétrico e dos inversores, de maneira que não houvesse a identificação dos cabos, para uma melhor futura manutenção. Também foi feita a identificação de segurança sobre o perigo de choque elétrico no painel central.

4.5.4 Instalação do painel elétrico

Na imagem 4, vemos o painel elétrico com os disjuntores, cada um responsável por determinado periférico da usina.

Imagem 4 - Local de instalação do painel elétrico e inversores



Fonte: os próprios autores

Foi feito a ligação do painel com os disjuntores e aterramentos, através da ligação de positivos e negativos e da distribuição das forças.

5 Conclusão

Apesar do investimento financeiro ser alto pelos padrões comerciais, há nele embutido o tempo de retorno, considerado de médio prazo, se levado em consideração que o proprietário do estabelecimento possa ousar nos seus ganhos mensais e pensando nas atualizações de maquinários do interior do seu restaurante, além do fato de não contribuir para o prejudicamento do meio ambiente. Tudo isso tem contribuído cada vez mais como atrativo desse negócio para o mercado.

Devido ao dimensionamento estar parelho com o consumo atual, o dono do restaurante nos próximos meses irá pagar somente a taxa mínima cobrada pela concessionária da região.

6 Referências

BLOG FAZCOMEX. BUENO, Sinara. Importação de Energia elétrica. 2021. Importação de Energia Elétrica. Disponível em: <https://www.fazcomex.com.br/blog/importacao-de-energia-eletrica/>. Acesso em: 14 jun. 2021.

MARQUES, Rubéria Caminha; KRAUTER, Stefan C. W.; LIMA, Lutero C. de. Energia solar fotovoltaica e perspectivas de autonomia energética para o nordeste brasileiro. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v.30, n.2, p. 153-162, dez. 2009. Disponível em: <https://periodicos.unifor.br/tec/article/viewFile/1049/4494>. Acesso em: 14 jun. 2021.

PINTO JR, Luiz Alerto Wagner. **Matriz energética Brasileira**: um breve panorama sobre as fontes de energia do país. HCC Energia Solar, 2019. Disponível em: <https://hccenergiasolar.com.br/posts/matriz-energetica-brasileira-um-breve-panorama-sobre-as-fontes-de-energia-do-pais/>. Acesso em: 14 jun. 2021.

EMBAIXADA E CONSULADOS EUA NO BRASIL. Fontes Renováveis: energia com que se pode contar. Intensificação das energias renováveis. 2013. Disponível em: <https://br.usembassy.gov/pt/fontes-renovaveis-energia-com-que-se-pode-contar/>. Acesso em: 14 jun. 2021.

ANNEEL. Agência nacional de energia elétrica. Resolução normativa nº 414, de 9 setembro de 2010. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2021.

XAVIER, Cristiellen Sousa Pilato. Análise de viabilidade econômica da instalação de um conjunto em geração fotovoltaica residencial. *MultidisciplinaryScientificJournal*, 2021. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/economica-da-instalacao>. Acesso em: 14 jun. 2021.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Plano Nacional de Eficiência Energética: Premissas e Diretrizes Básicas. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2011.

EPE. Empresa Brasileira de Energia. Balanço Energético Nacional 2016: ano base 2015. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2016.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa 482, de 17 de abril de 2012. Brasília: Diário Oficial da União, 2012.