



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ARAGUAÍNA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA**

ANDRIELMA COELHO MACEDO

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA CLIENTES
COMERCIAIS**

Araguaína, TO

2022

Andrielma Coelho Macedo

Avaliação do sistema solar fotovoltaico para clientes comerciais

Artigo apresentado à Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Universitário de Araguaína para obtenção do título de Tecnólogo em Logística.

Orientador: Prof. Dr. David Gabriel de Barros Franco

Araguaína, TO

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- M141a Macedo, Andrielma Coelho.
Avaliação do sistema solar fotovoltaico para clientes comerciais . /
Andrielma Coelho Macedo. – Araguaína, TO, 2022.
24 f.
- Artigo de Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus
Universitário de Araguaína - Curso de Logística, 2022.
Orientador: David Gabriel de Barros Franco
1. Energia Renovável. 2. Efeito Fotoelétrico. 3. Economia Energética.
4. Sustentabilidade. I. Título

CDD 658.5

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Andrielma Coelho Macedo

Avaliação do sistema solar fotovoltaico para clientes comerciais

Artigo apresentado à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Araguaína, Curso Superior de Tecnologia em Logística, foi avaliado para a obtenção do título de Tecnólogo em Logística e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 06 / 12 /2022

Banca Examinadora:

Prof. Dr. David Gabriel de Barros Franco, UFT (Orientador)

Prof. Ma. Clarete de Itoz, UFT (Examinadora)

Prof. Dr. José Francisco Mendanha, UFT (Examinador)

RESUMO

O sistema solar fotovoltaico é uma tecnologia promissora que vem crescendo constantemente em todo cenário nacional. É fonte de uma energia alternativa, renovável, limpa e sustentável, gerando energia elétrica pela conversão direta da radiação solar. Essa pesquisa teve como objetivo avaliar o dimensionamento do sistema solar fotovoltaico para clientes comerciais, e tendo como objetivos específicos descrever o que ocorre pela falta de conhecimento técnico (*know-how*) na implantação de sistemas fotovoltaicos para clientes comerciais, relatar as normas que regem os profissionais que trabalham nas instalações solares fotovoltaicas e identificar o dimensionamento adequado da potência estabelecida das placas solares fotovoltaicas para clientes comerciais. O método da pesquisa utilizado foi um estudo de caso em uma empresa na cidade de Araguaína, Tocantins. A abordagem da pesquisa é qualitativa, de natureza aplicada e, quanto aos objetivos, é do tipo exploratória. O estudo buscou analisar a melhor projeção para instalação dos sistemas solares fotovoltaicos, colocado em questão os principais fatores considerados no projeto, como irradiação solar, o ângulo do telhado, tipo do telhado, incidência de sombras, entre outros fatores. Também foi apresentado o que pode ocorrer quando o projeto não é elaborado seguindo as normas técnicas e as melhores práticas de engenharia. Os resultados do estudo evidenciam que a implantação de sistemas fotovoltaicos são uma ótima alternativa para os consumidores, desde que feito o dimensionamento adequado para o local escolhido.

Palavras-chaves: Energia Renovável. Efeito Fotoelétrico. Economia Energética. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The photovoltaic solar system is a promising technology that has been constantly growing throughout the national scenario. It is a source of alternative, renewable, clean, and sustainable energy, generating electricity by direct conversion of solar radiation. This research aimed to evaluate the dimensioning of photovoltaic solar system for commercial customers and having as specific objectives to describe what happens due to the lack of technical knowledge (know-how) in the implantation of photovoltaic systems for commercial customers, to report the norms that govern the professionals who work in photovoltaic solar installations and identify the appropriate sizing of the established power of photovoltaic solar panels for commercial customers. The research method used was a case study in a company in the city of Araguaína, Tocantins. The research approach is qualitative, of applied nature and, in terms of objectives, it is exploratory. The study sought to analyze the best projection for the installation of photovoltaic solar systems, calling into question the main factors considered in the project, such as solar radiation, roof angle, roof type, incidence of shadows, among other factors. It was also presented what can happen when the project is not elaborated following the technical norms and the best engineering practices. The results of the study show that the implementation of photovoltaic systems is a great alternative for consumers if the appropriate sizing is done for the chosen location.

Keywords: Renewable energy. Photoelectric effect. Energy Economy. Sustainability.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1	Energia solar fotovoltaica: histórico e conceitos	9
2.2	Células fotovoltaicas	10
2.2.1	Silício monocristalino e policristalino	10
2.3	Módulos fotovoltaicos	11
2.4	O mercado de energia solar fotovoltaica	11
2.5	Tipos de sistemas solares fotovoltaicos	13
3	METODOLOGIA	14
4	RESULTADOS	15
4.1	Estudo de caso	15
4.2	Projeto do sistema solar fotovoltaico	18
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
	REFERÊNCIAS	22
	APÊNDICE A	24

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), com dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o Brasil foi o país que mais ampliou o sistema fotovoltaica em 2021 no mundo, ficando na 4^o posição com 5,7 GW. No caso brasileiro, o uso da energia solar fotovoltaica vem crescendo em todo o cenário nacional ao longo dos últimos anos (ABSOLAR, 2022).

Sendo uma fonte de energia alternativa, limpa, quando comparado aos combustíveis fósseis, renovável e sustentável, o sistema fotovoltaico pressupõe uma tecnologia que produz melhores resultados nas prospecções comerciais, o que gera bastante atenção dos consumidores. Ademais, quanto maior a radiação solar incidente nas placas solares instaladas, maior será a potência de geração de energia elétrica. De acordo com dados da ABSOLAR, o Brasil tem como investimento mais de 78,5 bilhões acumulados desde 2012 com mais de 450 mil empregos. Como resultado, deixou-se de emitir na atmosfera mais de 20,8 milhões de toneladas de CO₂ na geração de eletricidade (ABSOLAR, 2022).

Para que a energia solar gerada pelos sistemas fotovoltaicos seja dimensionada nos comércios é preciso ser feita alterações da corrente elétrica contínua (CC) para corrente alternada (CA) por meio do inversor solar, estabelecendo então uma corrente de baixa tenção. Assim, quando os fótons interagem com os átomos do painel solar, os elétrons movimentam-se e geram a corrente elétrica (NGUIMDO e KUM, 2020).

Os geradores fotovoltaicos proporcionam a máxima eficiência quando ligados à rede pública de distribuição, não necessitando, assim, de sistemas de baterias para armazenamento (são os chamados sistemas *off-grid*). Desse modo, a avaliação do sistema solar fotovoltaico para clientes comerciais é de suma importância para evitar os riscos durante e após a instalação. Dessa forma, o monitoramento do dimensionamento contribui para saber a potência de cada inversor e os equipamentos de regulação e interface, otimizando as condições de geração e dando soluções impostas pela rede (CARNEIRO, 2009). A partir desse contexto, surgiu a questão problema dessa pesquisa: o que acontece com os clientes comerciais se as placas solares do sistema fotovoltaico forem projetadas sem acompanhamento técnico?

Nesse cenário, o objetivo desse artigo é avaliar o dimensionamento do sistema solar fotovoltaico para clientes comerciais. Tendo como objetivos específicos: I) descrever o que ocorre por falta de conhecimento técnico (*know-how*) na implantação de sistemas solares fotovoltaicos para clientes comerciais; II) relatar as normas que regem os profissionais que

trabalham nas instalações solares fotovoltaicas; III) identificar o dimensionamento adequado da potência estabelecida das placas solares fotovoltaicas para clientes comerciais.

Quanto à abordagem, esta pesquisa é do tipo qualitativa; quanto à natureza, é do tipo básica; e quanto aos objetivos, é do tipo exploratória. O procedimento adotado para sua realização foi o estudo de caso de uma empresa na cidade de Araguaína, Tocantins.

O trabalho está organizado da seguinte maneira. Na primeira seção foi apresentada a introdução, com a contextualização do tema e os objetivos da pesquisa. Na segunda seção será apresentada a fundamentação teórica, sendo abordados assuntos relevantes sobre o sistema solar fotovoltaico. Na terceira seção serão apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para a construção da pesquisa. A quarta seção apresenta os resultados obtidos pelo estudo. Por fim, a quinta seção apresenta as considerações finais sobre o trabalho, com dificuldades, limitações e recomendações para a realização de futuras pesquisas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Energia fotovoltaica: histórico e conceitos

O efeito fotovoltaico vem sendo observado desde os primórdios do século XIX, quando o francês Alexandre Edmond Becquerel observou a transformação da luz solar em energia elétrica. Assim, a primeira célula solar surgiu em 1883, produzida com silício e tendo uma eficiência de aproximadamente 1% (FADIGAS, 2012).

Molina (2015) salienta que a transformação da luz solar em eletricidade é decorrente de dispositivos compostos de material semicondutor, como o silício, onde são adicionadas substâncias dopantes a fim de possibilitar a movimentação de elétrons a partir da incidência de radiação luminosa, proporcionando uma corrente elétrica contínua.

Esse sistema foi utilizado inicialmente nos programas espaciais, devidos os altos custos na sua aplicação. Com os avanços tecnológicos, os valores diminuíram e possibilitaram a implantação de projetos residenciais e comerciais. Em abril de 2012 foi publicado a Resolução Normativa 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), estabelecendo normas para uma compensação de energia intitulado mundialmente como *net metering*, ou seja, permitindo que mini e microgeradores de energia solar possam injetar o excedente energético na rede da concessionária, obtendo créditos para contas futuras em um período de até 36 meses, minimizando o custo da energia elétrica.

A energia solar é uma fonte de energia inesgotável, gerada pelo sol, tanto pelo seu calor quanto pela sua luminosidade, tornando-se uma opção energética favorável para o desenvolvimento humano. Pinho e Galdino (2014) citam que a energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade por meio do efeito fotoelétrico, sendo a célula fotovoltaica a unidade fundamental desse processo de conversão.

2.2 Células fotovoltaicas

O efeito fotoelétrico foi descoberto por Becquerel em 1839, ao observar que ao iluminar uma solução ácida surgiam potenciais diferentes entre os eletrodos imersos nessa solução. Foi a partir disso e dos avanços tecnológicos na área de dispositivos semicondutores que surgiram as células fotovoltaicas, compostas de lâminas de silício cristalino. Nos últimos 60 anos várias células solares foram desenvolvidas, mas as fabricadas por lâmina de silício (monocristalino ou policristalino) são as que se sobressaíram no mercado mundial (FADIGAS, 2012; PINHO E GALDINO, 2014).

Gasparin (2009) ressalta que a designação da energia solar fotovoltaica é através da substituição direta da energia de radiação solar em eletricidade mediante o efeito fotovoltaico. Assim, o material semicondutor libera a corrente elétrica e tem como característica ter preenchido por elétron uma banda de valência e a outra parte vazia, chamada de banda da condução. Nessa lógica, as células fotovoltaicas atuam no princípio que os fótons incidentes, chocando com os átomos dos materiais semicondutores, fazem com que os elétrons sejam movidos. Com isso, esses elétrons podem ser capturados e aproveitados como corrente elétrica (PINHO E GALDINO, 2014).

Desse modo, para os consumidores comerciais utilizarem a energia elétrica produzida pela radiação solar tem que passar por alguns procedimentos, tal qual a incidência solar nas placas fotovoltaicas gerar a potência elétrica, ou seja, quanto maior radiação solar os módulos receberem maior será a potência de eletricidade gerada para os comerciantes.

2.2.1 Silício monocristalino e policristalino

As células produzidas com silício monocristalino (m-Si) são as mais utilizadas como conversor direto da energia solar em eletricidade. Assim, essas células são formadas por um único cristal, que por ser um cristal de grande porte possibilita ter maior qualidade,

confiabilidade e alta eficiência na taxa de conversão. Já as células policristalinas são produzidas por um bloco formando vários pequenos cristais, entretanto o material da célula é o mesmo da produção do silício monocristalino. Devido as interfaces estipuladas pela quantidade de cristais, a eficiência destas células é reduzida. Por fim, é importante relatar a espessura das lâminas de silício, sendo 0,2 mm o tamanho padrão (FADIGAS, 2012; PINHO E GALDINO, 2014).

Com isso, as placas criadas com células de silício monocristalino tem maior eficiência em relação às células policristalinas, uma vez que são mais propícias para a convecção da radiação solar para energia elétrica, em função de terem uma maior área de interação com a quantidade de cristais.

2.3 Módulos fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos, conhecidos também por painel solar ou placa solar, são responsáveis pela captação da luz do sol e conversão dessa luz solar em energia elétrica de CC. Pelo uso dos inversores essa eletricidade passa a ser CA, possibilitando a chegada de energia no estabelecimento comercial. Os módulos fotovoltaicos são elaborados com silício, compostos de 36 a 72 células.

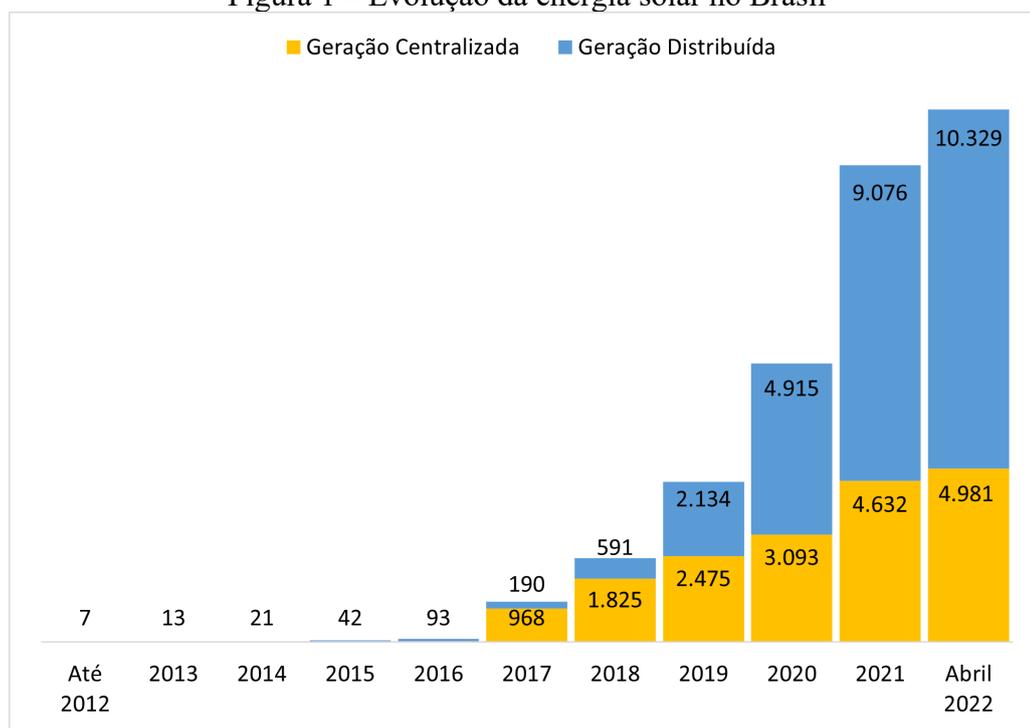
Um módulo fotovoltaico é composto por células fotovoltaicas conectadas em arranjos para produzir tensão e corrente suficientes para a utilização prática da energia, ao mesmo tempo em que promove a proteção das células, ou seja, o painel fotovoltaico foi criado com uma estrutura própria para receber uma potência de carga de energia (PINHO e GALDINO, 2012; MARTINS *et al.*, 2018). Assim, o módulo fotovoltaico tem a função de receber a radiação solar e converter em energia elétrica, desse jeito é possível estabelecer nos comércios através dos inversores solares.

2.4 O mercado de energia solar fotovoltaica

Com a resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, da ANEEL, o cenário Brasileiro começou a apresentar mudanças. Vivenciando um crescimento exponencial da tecnologia solar fotovoltaica, com a potência instalada de fonte limpa, renovável e acessível praticamente dobrando, ano após ano no país. Impulsionada por investimentos dos consumidores em geração própria nos telhados, fachadas e pequenos terrenos, bem como por uma participação cada vez maior das grandes usinas solares na matriz energética nacional, a

energia solar tem se consolidado como uma solução importante para a redução de custos, para a melhoria da segurança de suprimento elétrico e para o aumento da sustentabilidade no território brasileiro (ABSOLAR, 2022). A Figura 1 apresenta a evolução do uso da energia solar no Brasil.

Figura 1 – Evolução da energia solar no Brasil



Fonte: Absolar (2022).

De acordo com Tiepolo e Canciglieri Jr. (2014), foi nesse período que surgiu a micro e minigeração distribuída no Brasil, que possibilitou aos consumidores de gerar parte ou toda a potência elétrica demandada, utilizando geradores fotovoltaicos que trabalhem junto à rede de distribuição, em regime de troca e compensação de energia. Por meio dessa regulamentação foram designados o tipo e a potência máxima dos geradores e a sua categoria de geração.

Assim, em 2015 foi publicada a resolução normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015, da ANEEL, tendo como principal mudança a Geração Distribuída (GD), impactando um novo grupo de consumidores, trazendo a possibilidade de geração remota, que é a permissão de outras unidades, em diferentes locais, pertencentes ao mesmo titular, empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras, que trata de diferentes consumidores conectados em uma mesma geração distribuída de energia local, como por exemplo, os prédios residenciais ou comerciais e geração compartilhada, caracterizada por consumidores conectados, em diferentes locais, que compensam o excedente de energia

gerada em uma única unidade. Ademais, amplia os segmentos de geração por micro e minigeradores distribuídos, definidos com potência máxima de microgeração de até 75 kW e potência máxima de minigeração de até 25 kW (ANEEL, 2015).

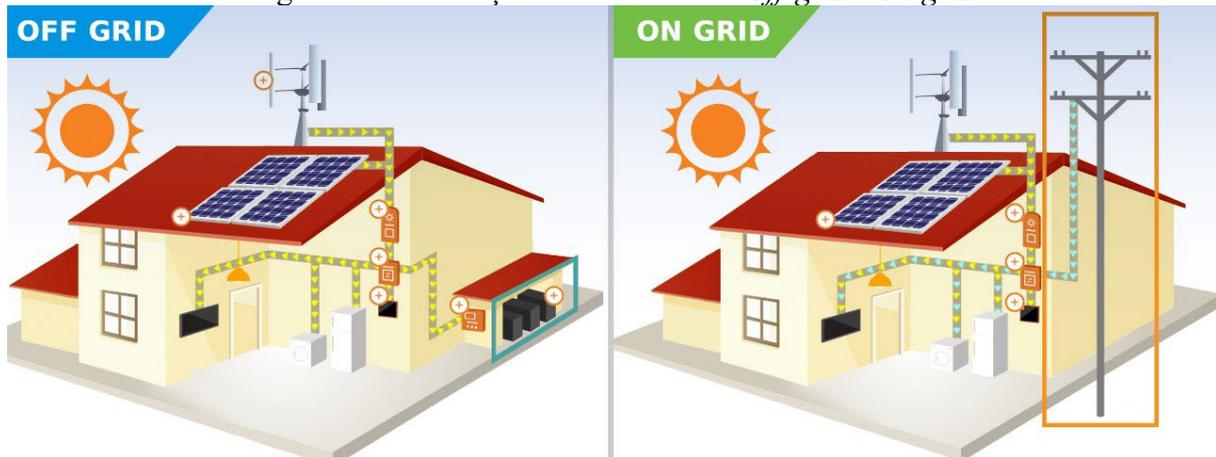
Cerca de 75% dos clientes se caracterizam pela geração local, sendo instalados em uma única residência, condomínio, comércio ou indústria. Os 25% restantes se referem à geração remota, caracterizado por duas ou mais unidades em locais distintos, pertencentes a um mesmo titular, geralmente grandes consumidores que buscam redução de suas despesas (ANEEL, 2015).

A empresa fornecedora de sistemas fotovoltaicos é responsável não apenas pela instalação do sistema, mas por todo o processo de aquisição da tecnologia. Após a assinatura do contrato é realizado a visita técnica do local, avaliando o imóvel e o espaço destinado para à instalação do sistema solar fotovoltaico e, a partir disso, os engenheiros desenvolvem o projeto ideal considerando todas as variáveis, como sombras, níveis de radiação solar, chuvas, entre outras. Esses fatores podem afetar o desempenho do sistema instalado, por isso devem ser considerados cuidadosamente no cálculo do projeto. Por fim, o envio dos equipamentos e a instalação ao consumidor final é feito pela empresa, logo após a homologação do projeto junto à distribuidora de energia da região.

2.5 Tipos de sistemas solares fotovoltaicos

Pinho e Galdino (2014), classificam os sistemas solares fotovoltaicos em dois tipos principais, os sistemas isolados (chamados *off-grid*) e aqueles conectados à rede (chamados *on-grid*). Também existem os sistemas acionados em conjunto com outras fontes de energia, e que são chamados de híbridos, tendo, como exemplo, a utilização de um sistema diesel-fotovoltaico. Os sistemas *off-grid* precisam de baterias para o armazenamento de energia, o que possibilita a utilização nos horários sem a geração fotovoltaica.

Segundo Alves (2019), os sistemas *on-grid*, também conhecidos como sistemas conectados à rede elétrica, são fonte que complementa os sistemas elétricos, os quais são empregados em localidades já atendidas pela rede da distribuidora. Desse modo, o sistema solar fotovoltaico utiliza a luminosidade do sol para gerar a energia elétrica e a rede da concessionária funciona como uma bateria que recebe todo o excedente de energia gerado pelo sistema, gerando economia para o consumidor, que não precisa arcar com o custo de um sistema de armazenamento energético. A Figura 1 apresenta a diferença entre os sistemas *off-grid* e *on-grid*.

Figura 2 – Diferença entre os sistemas *off-grid* e *on-grid*

Fonte: Revista Potência (2022).

Os sistemas *on-grid* diferem dos sistemas *off-grid* pelo fato de não precisarem de armazenamento através de baterias, uma vez que a energia gerada é injetada na rede, o que possibilita a funcionalidade de aparelhos elétricos e iluminação em qualquer horário do dia. Para a ligação da geração fotovoltaica ao sistema da concessionária é necessário que o sistema fotovoltaico possua segurança e qualidade, garantindo o correto funcionamento da rede elétrica à qual está conectada. Dessa maneira, mediante a resolução 482/2012, a ANEEL regulamentou o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica (ANEEL, 2012; ANEEL, 2015).

Os sistemas *off-grid*, por sua vez, são sistemas isolados da rede elétrica convencional e trabalham de forma autônoma, podendo ser utilizados em regiões remotas, carentes de rede de distribuição elétrica ou que possuam um abastecimento precário. Esses sistemas atendem principalmente a um propósito específico e local (ALVES, 2019). Sistemas *off-grid* não precisa da rede pública da distribuidora para sua funcionalidade, podendo gerar energia solar fotovoltaica através da radiação solar incidente nas placas solares e armazenando nas baterias.

3 METODOLOGIA

Para a pesquisa foi utilizada a abordagem qualitativa. A abordagem qualitativa relaciona o mundo real e o subjetivo, uma vez que tem um vínculo indissociável do mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzida em números. Em vista disso, os fenômenos e atribuições de significados são básicos no processo de pesquisa qualitativa, não necessitando de métodos e técnicas estatísticas (PRODANOV e FREITAS, 2013).

Este estudo classifica-se como sendo de natureza aplicada, visto que o objetivo da pesquisa é resolver necessidades concretas e imediatas para a obtenção de conhecimentos, concebidas as soluções dos problemas específicos da pesquisa, onde contribuem aos interesses locais, territoriais e regionais. Assim, a pesquisa tem a intenção de desenvolver e criar novas tecnologias palpáveis pela sociedade. (APPOLINÁRIO, 2011).

Quanto ao objetivo, é uma pesquisa do tipo exploratória. A pesquisa exploratória tem como objetivo principal proporcionar uma familiaridade com o problema, podendo torná-lo mais explícito ou criar hipóteses a seu respeito. Esse tipo de pesquisa envolve o levantamento bibliográfico, entrevistas com as pessoas que tiveram experiências com o problema pesquisado e a análise de exemplos que estimulem a compreensão do problema (GIL, 2007).

Quanto aos procedimentos, esse artigo se baseia em um estudo de caso de uma empresa fornecedora de sistemas solares fotovoltaicos para clientes comerciais na cidade de Araguaína, Tocantins. O estudo de caso é uma análise empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real. Assim, baseia-se nas experiências a ser investigado, estipulando o conhecimento que se pretende alcançar no estudo (GIL, 2007).

Além disso, a pesquisa também recorreu a materiais bibliográficos já publicados, com o objetivo de fornecer mais clareza e entendimento sobre o tema abordado. Para Cervo e Bervian (2002), todas as pesquisas são para solucionar algum problema, a qual auxilia o autor a tomar certas decisões após a conclusão da mesma, sobre o resultado encontrado.

Para elaboração da pesquisa foi confeccionado um questionário com 10 questões objetivas e subjetivas, relacionadas ao dimensionamento do sistema solar fotovoltaico para clientes comerciais e os riscos que podem ocorrer com a falta de conhecimento técnico nas especificações do projeto. Assim, um dos representantes da empresa respondeu todas as questões, por meio de uma entrevista semiestruturada, sendo aplicado apenas um questionário para a empresa. O questionário pode ser visto no Apêndice A.

4 RESULTADOS

4.1 Estudo de caso

O estudo de caso ocorreu em uma empresa que vende sistema solar fotovoltaico na cidade de Araguaína, Tocantins. Essa empresa pertence a uma rede de franquias de Uberlândia, Minas Gerais, especializada em soluções energéticas com foco em fontes renováveis. Atua tanto na geração distribuída como no mercado livre, oferecendo soluções de

eficiência energética para seus clientes. A empresa chegou em Araguaína em 2022, atuando nos setores comercial, industrial, rural e residencial. Para sua equipe cumprir seus trabalhos regularizados em qualquer localidade do estado, a empresa tem autorização no Conselho Regional de Técnicos Industriais (CRT), com certificação de responsabilidade técnica, assim como no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA).

A empresa conta com uma equipe qualificada, que recebe treinamento presencial com a franqueadora, além da disponibilidade de suporte online (tanto a equipe de vendas quanto o pessoal de instalação, que tem treinamentos mais rigorosos pelo grau de responsabilidade do trabalho). Além dos profissionais serem treinados, são também equipados com equipamentos de proteção individual (EPI) e com treinamentos nas normas regulamentadoras NR 10 (BRASIL, 1978) e NR 35 (BRASIL, 2012), apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Normas Regulamentadoras NR 10 e NR 35

Normas Regulamentadora	Descrição
NR 10 - Segurança em instalações e serviços em eletricidade	Essa Norma Regulamentadora, estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade. Essa NR se aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades, observando-se as normas técnicas oficiais estabelecidas pelos órgãos competentes e, na ausência ou omissão destas, as normas internacionais cabíveis.
NR 35 – Trabalho em alturas	Essa Norma estabelece os requisitos mínimos e as medidas de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente com esta atividade. Considera-se trabalho em altura toda atividade executada acima de 2,00 m (dois metros) do nível inferior, onde haja risco de queda.

Fonte: Brasil (1978; 2012).

Essas normas são fundamentais para a segurança e proteção dos profissionais que trabalham com eletricidade e nas alturas, como ocorre no processo de instalação dos painéis.

Além das vendas do sistema solar fotovoltaico, a empresa fornece a garantia do sistema. Os módulos têm 25 anos de garantia, com eficiência de geração de até 80% de potência nesse período; a estrutura e fixação dos módulos tem garantia de 12 anos; os

módulos e os inversores possuem 10 anos de garantia contra defeitos de fabricação; o sistema ainda possui 1 ano de garantia contra roubos, incêndios e fenômenos da natureza, entre outros. Por fim, ainda existe a garantia da instalação e de manutenção. A Tabela 1 apresenta a garantia da instalação e manutenção em função da potência instalada.

Tabela 1 – Garantia da instalação e manutenção

Potência instalada	Garantia
Até 1.000 kWh	1 ano
De 1.001 a 2.000 kWh	2 anos
Acima de 2.001 kWh	3 anos

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Até 1.000 quilowatts-hora (kWh) a empresa disponibiliza 1 ano de garantia da manutenção e da instalação para o cliente. A partir de 1.001 a 2.000 kWh a garantia é de 2 anos. Acima de 2.001 kWh, o cliente receber 3 anos de garantia da manutenção e da instalação. Além disso, na manutenção está incluso o monitoramento on-line, visitas técnicas programadas, inspeção da estrutura de fixação dos módulos, comissionamento e termográfica, além da limpeza dos módulos fotovoltaicos.

De acordo com os dados coletados na pesquisa, para projeção do sistema solar fotovoltaico deve-se verificar a quantidade de eletricidade consumida pelo cliente em um determinado período. A partir disso, pode ser calculado a capacidade do sistema fotovoltaico. Assim, a empresa utiliza a plataforma *SolarMarket*, criada para elaborar o dimensionamento dos projetos do sistema solar fotovoltaico. Ademais, para avaliação das condições físicas do local é necessária uma visita, para que seja observado o tipo do telhado, sua estrutura, orientação geográfica, inclinação, incidência de sombras, entre outros fatores que podem impactar na eficiência do sistema. Com essas informações, o projetista especifica o kit mais adequado para o cliente. A Tabela 2 apresenta um exemplo de kit solar fotovoltaico.

Tabela 2 – Kit solar fotovoltaico

Componente	Quantidade
JINKO JKM550M-72HL4-V	96
GROWATT MAC 50KTL3-X LV	1
Cabo solar fotovoltaico flexível 6MM 1,8KV CC RL100 preto	300
Cabo solar fotovoltaico flexível 6MM 1,8KV CC RL100 vermelho	300
Estrutura solar ROMAGNOLE 412135 RS-327 2 pares perfil de alumínio 2,40 M 4 painéis PRATIC LITE	24
Estrutura solar ROMAGNOLE 412210 RS-223 kit fixação 4 painéis telha fibrocimento parafuso madeira	24
STAUBLI CONECTOR MC4 32.0016+17P0002 – 02 pares de conectores MC4	15

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A Tabela 2 apresenta o modelo e quantidade de módulos fotovoltaicos, sendo que os 96 módulos de 550 W fazem a captação da luz do sol e convertem a luz solar em energia elétrica de corrente contínua (CC), que por meio do inversor 50K essa eletricidade passa a ser corrente alternada (CA). Após a convenção a energia é disponibilizada ao estabelecimento comercial. O entrevistado ainda menciona que o sistema apresentado na Tabela 2 é base de um dos projetos de maior potência já feitos pela empresa, com uma área de 297 m² para a montagem dos painéis solares do sistema.

O consumo considerado do cliente foi de 6.000 kWh, mas com a potência de 52,80 quilowatts-pico (kWp) do sistema projetado, a geração média será de até 6.048 kWh (considerando que após a instalação da energia solar fotovoltaica o cliente tende a aumentar o consumo de energia, o projetista coloca um percentual a mais de kW para suprir toda a necessidade do cliente). É possível perceber que após o 1º ano de homologação do projeto do cliente, haverá uma economia de até 97,15% na conta de energia. Desse modo, a conta de energia elétrica atual, no valor de R\$5.760,00, pode chegar ao valor de R\$164,24 após a homologação.

A empresa utiliza o sistema fotovoltaico conectado direto à rede elétrica de distribuição (sistema *on-grid*). Ou seja, a potência produzida pelo gerador fotovoltaico é entregue diretamente à rede elétrica da concessionária. Visto isso, é indispensável a utilização de um inversor que satisfaça às exigências de qualidade e segurança, para não comprometer a qualidade do sistema elétrico ao qual se interliga o gerador fotovoltaico.

4.2 Projeto do sistema solar fotovoltaico

O representante da empresa salienta que o projeto do sistema solar fotovoltaico passa por uma série de etapas, a começar pelo contato com o cliente e entendimento das suas necessidades, realizado pela equipe de vendas. Em seguida, uma equipe de instalação, treinada e qualificada para executar o trabalho, composta por um eletrotécnico, um eletricitista e um técnico em instalações solar fotovoltaicas, realiza a vistoria do imóvel para assegurar que a estrutura necessária para a instalação do sistema está disponível e, na sequência, elaboram o projeto completo. A partir daí, o processo de instalação do sistema pode levar até 30 dias para aprovação pela distribuidora de energia. O Quadro 2 apresenta as etapas que compõem o processo de projeto de um sistema solar fotovoltaico, desde o contato com o cliente até a realização da vistoria final, realizada pela equipe técnica da concessionária distribuidora de eletricidade.

Quadro 2 – Etapas do projeto de um sistema solar fotovoltaico

Fases	Descrição
Contato com o cliente	A abordagem ao cliente é elaborada pela equipe de vendas, onde receberam treinamentos para atuarem no mercado e argumentar sobre o assunto. Desse modo, estão preparados para sanar as necessidades do cliente. Assim, a equipe de vendas é responsável para contatar o cliente e pegar os seus dados pessoais e também o comprovante de residência para captar o consumo do cliente em kWh para elaboração da proposta.
Vistoria do imóvel	Ocorre por uma visita técnica dos profissionais em eletrotécnica no local que será a instalação do sistema solar fotovoltaico. Fazendo um levantamento do local e vendo as possibilidades oferecidas. Colocando em questão alguns pontos importantes, como: a posição geográfica do imóvel, o local onde pode ser instalado os painéis solares, se tem sombreamento e dentre os demais processos para instalação. Após, a vistoria do imóvel e estando com os dados é possível fazer uma proposta completa.
Elaboração do projeto	O projeto comercial é elaborado para identificar o dimensionamento adequado, composta pelo kit solar. Considerado também as variáveis que existem para o desenvolvimento do projeto, como irradiação solar do local, onde será instalado o sistema, o ângulo do telhado, tipo do telhado, incidência de sombras, entre outros fatores. Nessa etapa são produzidos os documentos necessários para fazer a solicitação de acesso junto à distribuidora de energia.
Emissão do parecer de acesso	Ocorre a análise dos documentos de solicitação de acesso, visando avaliar se o sistema está de acordo com os padrões exigidos pelas normas setoriais. Essa análise é feita pela distribuidora de energia.
Instalação do sistema	Instalação do sistema solar fotovoltaico, desde os módulos, estruturas de fixação e demais componentes.
Realização de vistoria	A vistoria é realizada pela equipe técnica da distribuidora, que avaliará se o sistema está nos padrões do parecer de acesso aprovado. A partir disso, a distribuidora envia um relatório de aprovação do sistema.

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Nesse cenário, a empresa programa as visitas técnicas periodicamente por profissionais qualificados para detectar e corrigir possíveis problemas no sistema instalado, o que é fundamental para a vida útil dos equipamentos instalados. Nas visitas de manutenção da empresa, os técnicos geram relatórios contendo informações relevantes sobre o comissionamento e a termográfica dos equipamentos. O comissionamento tem o papel de acompanhar a eficiência da geração solar, enquanto a termográfica tem a função de revelar possíveis pontos de baixa geração de energia que a olho nu não podem ser vistos.

De acordo com o representante entrevistado, um sistema solar fotovoltaico sem o dimensionamento adequado e sem o projeto por uma equipe técnica qualificada pode gerar riscos e perdas aos proprietários comerciais. Por exemplo, sem o correto projeto e verificação

da estrutura de instalação, pode acontecer de a estrutura para a montagem do sistema não suportar os equipamentos e desabar.

É necessário mencionar, baseado nos dados da pesquisa, que a estrutura do local não deve ser avaliada apenas para o momento da instalação, mas para todo o período de vida útil dos módulos fotovoltaicos (cerca de 25 anos, em média). Deve ser considerado que nesse período podem ocorrer avarias no sistema fotovoltaico, como módulos que não geram a potência projetado ou parafusos com folgas devido ventos constantes, entre outras variáveis. Assim, é de suma importância a correta manutenção com uma equipe técnica qualificada e regulamentada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho teve como objetivo de avaliar o dimensionamento de sistemas solares fotovoltaicos para clientes comerciais atendidos por uma empresa de Araguaína, Tocantins. Pelos resultados da pesquisa, é perceptível que o sistema solar fotovoltaico proporciona uma tecnologia promissora de energia alternativa, limpa, quando comparado aos combustíveis fósseis, renovável e sustentável, através da produção de energia elétrica por conversão da radiação solar. Em consequência desse fenômeno, o presente trabalho buscou mostrar a importância de avaliar o dimensionamento do sistema solar fotovoltaico para clientes comerciais. Descrevendo o que ocorre por falta de conhecimento técnico (*know-how*) na implantação de sistemas solares fotovoltaicos, relatando as normas que regem os profissionais que trabalham nas instalações solares fotovoltaicas e identificando o dimensionamento adequado da potência estabelecida das placas solares fotovoltaicas para clientes comerciais.

De acordo com os resultados, é de relevância ter conhecimento técnico sobre o sistema solar fotovoltaico, tanto para a administração empresarial quanto para o projeto e instalação do sistema. Para o dimensionamento do projeto é preciso passar por etapas específicas, onde é estipulado a potência dos módulos fotovoltaicos de acordo com o consumo do cliente e a análise das condições da infraestrutura no local da instalação, o que necessita de uma equipe preparada e qualificada. Com isso, é possível evitar riscos que podem ocasionar falhas ou acidentes no sistema solar fotovoltaico durante e após a instalação. A empresa estudada conta com uma equipe treinada e qualificada para atuar nesse segmento de mercado, tendo também conhecimento das NR 10, que abrange a segurança em instalações e serviços em eletricidade, e NR 35, que normatiza os trabalhos em altura.

As gerações solares fotovoltaicas apresentam benefícios para a liberdade de escolha dos consumidores, que podem gerar e controlar os próprios gastos com energia elétrica, contribuindo para a geração de empregos locais e de qualidade, redução do impacto ambiental e os objetivos do desenvolvimento sustentável. Porém, ao aumentar a demanda por sistemas solares fotovoltaicos, deve-se desenvolver sistemas ou produtos que fazem o correto manejo dos recursos naturais, principalmente no que diz respeito ao descarte de embalagens e à reciclagem de componentes inoperantes, para que os materiais nocivos não sejam liberados no meio ambiente.

Como fator limitador da pesquisa, tem-se o fato de a entrevista ter sido realizada apenas com um dos representantes da empresa, não sendo possível ouvir as versões dos demais sócios, além de a empresa possuir poucos anos de atuação no mercado. Para futuros estudos sugere-se que a pesquisa seja feita com mais de uma empresa, para que haja comparações de como é abordado o dimensionamento dos projetos e quais são as políticas adotadas por cada empresa.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **2022: O Melhor Ano da Energia Solar no Brasil**. São Paulo, 15/03/22. Disponível em: <https://bit.ly/3F8rrCZ>. Acesso em: 11 out. 2022.

ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Energia solar fotovoltaica: Brasil é o 4º País que mais cresceu em 2021**. São Paulo, 20/04/22. Disponível em: <https://bit.ly/3N1ZZca>. Acesso em: 1º ago. 2022.

ALVES, Marliana de Oliveira Lage. **Energia solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos *on-grid* e *off-grid***. Universidade Federal de Ouro Preto, 2019. Disponível em: https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/2019/6/MONOGRAFIA_EnergiaSolarEstudo.pdf. Acesso em: 22 nov. 2022.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2002. 153p.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 687**, de 24 de novembro de 2015. Disponível em: <https://bit.ly/3f1ixg4>. Acesso em: 10 out. 2022.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 482**, de 17 de abril de 2012. Disponível em: <https://bit.ly/3eV3ODo>. Acessado em: 20 set. 2022.

APPOLINÁRIO, Fabio. **Dicionário de Metodologia Científica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011. 295p.

BRASIL. Norma Regulamentadora nº 10, de 8 de junho de 1978. Segurança em instalações e serviços em eletricidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 6 jul. 1978. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-10-nr-10>. Acesso em: 20 nov. 2022.

BRASIL. Norma Regulamentadora nº 35, de 23 de março de 2012. Trabalho em altura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 27 mar. 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-35-nr-35>. Acesso em: 20 nov. 2022.

CARNEIRO, J. Projeto interdisciplinar II - **Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos**. Escola de Ciências, Departamento de Física, Campus de Azurém. 2009. Disponível em: <https://bit.ly/3N20nYa>. Acesso em: 1º ago. 2022.

CERVO, A.L; BERVIAN, P.A. Metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2002.

FADIGAS, E. A. F. A. **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e Viabilidade técnico-econômica**. GEPEA - Grupo de Energia Escola Politécnica, 2012.

PINHO, J. T. GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistema fotovoltaico**. Edição Revisada e Atualizada. CEPEL – CRESESB, Rio de Janeiro, 2014.

GASPARIN, F. P. **Desenvolvimento de um traçador de curvas características de módulos fotovoltaicos**. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, 2009.

Gil, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**, 5ª ed. São Paulo: Atlas. 2007.

MARTINS, A. C.; CHAPUIS, V.; MEILLAUD-SCULATI, F.; VIRTUANI, A.; BALLIF, C. **Light and durable: Composite structures for building-integrated photovoltaic modules**. *Progress in Photovoltaics: Research*, 2018.

NGUIMDO, L. e KUM, C. (2020). Otimização e dimensionamento de um sistema fotovoltaico autônomo e avaliação da flutuação de carga aleatória na fonte de alimentação. **Energia e Engenharia de Energia**, v. 12, pp. 28-43.

PORTAL SOLAR. **Empresas que instalam energia solar**: guia para compradores e empreendedores. Disponível em: <https://bit.ly/3eXz58x>. Acesso em: 1º out. 2022.

PORTAL SOLAR. **Energia fotovoltaica**. Disponível em: <https://bit.ly/2NK5914>. Acesso em: 1º ago. 2022.

REVISTA POTÊNCIA. **Energia solar**: sistemas *on-grid* e *off-grid*. 2022. Disponível em: <https://revistapotencia.com.br/eletricista-consciente/instalacao-fotovoltaica/energia-solar-sistemas-on-grid-e-off-grid/>. Acesso em: 20 nov. 2022.

RODRIGUES, Júlia Rélene De Freitas. **Energia Solar Fotovoltaica: Uma Análise Sistemática e Geoespacial**. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Mossoró/RN 2022. Disponível em: <https://bit.ly/3Tzn7kz>. Acesso em 1º out. 2022.

TIEPOLO, Gerson Máximo; CANGIOLIERI JR, Osiris. Tendências e Perspectivas para as fontes renováveis de energia no planejamento energético brasileiro. In: PEREIRA, Thulio Cícero Guimarães. **Energias renováveis**: políticas públicas e planejamento energético. Edição digital. Curitiba: Copel, 2014.369

APÊNDICE

APÊNDICE A – Questionário da entrevista

1. Qual o procedimento para montar um sistema solar fotovoltaico?
2. Qual o tipo de sistema solar fotovoltaica mais usado pela empresa?
 On-grid, sistema conectado direto à rede elétrica da distribuidora.
 Off-grid, sistema conectado a baterias para armazenar eletricidade.
3. Quais os profissionais para montagem dos sistemas solares fotovoltaicos?
4. O que é analisado na vistoria do local para instalação do sistema solar fotovoltaico?
5. A empresa possui registro nos Conselhos responsáveis por fiscalizar o perímetro empresarial e os projetos executados?
 Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA)
 Conselho Regional de Técnicos Industriais (CRT)
6. O que pode acontecer se possuir falha no planejamento do sistema solar fotovoltaico?
7. A empresa realiza treinamentos com frequência para sua equipe de trabalho?
8. Quais as garantias do sistema solar fotovoltaico e quantos anos elas têm?
9. Qual a maior potência feita para clientes comerciais de sistema solar fotovoltaico?
10. Na visita técnica após a instalação do sistema solar fotovoltaico o que é analisado?