



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ALISSON SILVA VIEIRA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA NA IMPLANTAÇÃO
DE USINA SOLAR EM RESIDÊNCIA: UM ESTUDO DE CASO NUMA
RESIDÊNCIA NA CIDADE DE UIRAÚNA-PB**

ANGICOS

2023

ALISSON SILVA VIEIRA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA NA IMPLANTAÇÃO
DE USINA SOLAR EM RESIDÊNCIA: UM ESTUDO DE CASO NUMA
RESIDÊNCIA NA CIDADE DE UIRAÚNA-PB**

Trabalho Final de Graduação apresentado
a Universidade Federal Rural do Semi-
Árido como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Luís Henrique
Goncalves Costa

ANGICOS

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

VA414 Vieira, Alisson Silva .
a ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA NA
IMPLANTAÇÃO DE USINA SOLAR EM RESIDÊNCIA: UM
ESTUDO DE CASO NUMA RESIDÊNCIA NA CIDADE DE
UIRAÚNA-PB / Alisson Silva Vieira. - 2023.
45 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Luis Henrique G. Costa.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2023.

1. energia fotovoltaica. 2. fontes renováveis de
energia. 3. energia solar. I. Costa, Prof. Dr. Luis
Henrique G. , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero
Maia DuarteCRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ALISSON SILVA VIEIRA

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA NA
IMPLANTAÇÃO DE USINA SOLAR EM RESIDÊNCIA: UM ESTUDO DE
CASO NUMA RESIDÊNCIA NA CIDADE DE UIRAÚNA-PB

Trabalho Final de Graduação
apresentado a Universidade Federal Rural
do Semi-Árido como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Defendida em: 10 / 10 / 2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 LUIS HENRIQUE GONCALVES COSTA
Data: 15/10/2023 10:52:50-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Luís Henrique Gonçalves Costa, Prof. Dr.
Presidente

Documento assinado digitalmente
 MARCILENE VIEIRA DA NOBREGA
Data: 15/10/2023 20:26:35-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Marcilene Vieira da Nobrega, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 ARTHUR GOMES DANTAS DE ARAUJO
Data: 15/10/2023 12:27:48-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Arthur Gomes Dantas de Araújo, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

*A Dona Maria, minha avó (In memoriam) que não
teve a oportunidade de ver seu neto formado . Para
que onde ela estiver, se sinta orgulhosa.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

“Aprendi que se depende sempre de tanta, muita diferente gente. Toda pessoa sempre é as marcas das lições diárias de tantas pessoas. É tão bonito quando a gente sente, que a gente é tanta gente onde quer que a gente vá. É tão bonito quando a gente sente que nunca está sozinho, por mais que pense estar”. (Luiz Gonzaga Junior – *Gonzaguinha*)

Entre tantos e tantas não poderia deixar de agradecer:

A Deus, princípio de todas as coisas e maior engenheiro que existe, prova disso é o mundo e suas maravilhas.

A minha mãe, Maria Valdenora e a meu pai, Gilberto, por nunca medirem esforços para me ajudar na árdua tarefa que morar fora de casa para alcançar o tão sonhado diploma. Sem eles, nada disso seria possível.

Minha gratidão a todos os bons amigos que encontrei nesse processo formativo que me serviram de força para seguir lutando e exemplo de como ser a cada dia melhor. Não mencionarei nomes para não correr o risco de esquecer nenhum. Se sinto agradecidos.

“A estrada para o sucesso está sempre em obras. Por isso me tornei engenheiro, para cuidar de cada detalhe dessa construção”

THIMOTEO CASTELLO

RESUMO

A sociedade está cada vez mais empenhada em encontrar alternativas para o consumo de energia elétrica que não dependam de fontes não renováveis. Nesse cenário, os sistemas fotovoltaicos surgem como uma opção viável para integrar a matriz energética do país, visto que representam uma solução promissora para a produção de eletricidade, utilizando uma fonte de energia limpa e sustentável. Além disso, o Brasil desfruta de um elevado nível de radiação solar ao longo do ano, o que torna ainda mais atrativo o aproveitamento desse recurso. Além dos benefícios ambientais, a economia também desperta o interesse na adoção desse sistema, uma vez que as empresas de distribuição de energia oferecem incentivos aos consumidores que adotam a energia fotovoltaica e a conectam à rede elétrica. O propósito deste estudo é avaliar a viabilidade financeira da utilização da energia fotovoltaica em uma residência unifamiliar, empregando técnicas como a Taxa Interna de Retorno, o Valor Presente Líquido e os períodos de Payback (Simples e Descontado). A pesquisa envolve a determinação das dimensões dos principais componentes de um sistema fotovoltaico conectado à rede, com base nos dados referentes ao consumo de energia elétrica da residência e na coleta de informações sobre o consumo médio de eletricidade antes da instalação do sistema. A análise de custos revelou que, apesar do investimento inicial relativamente elevado exigido para implantar um sistema de energia fotovoltaica no Brasil, essa escolha se mostra financeiramente vantajosa, com a recuperação do investimento ocorrendo antes do terceiro ano após a instalação.

Palavras-chave: energia fotovoltaica; fontes renováveis de energia; energia solar

ABSTRACT

Society is increasingly committed to finding alternatives for electrical energy consumption that do not depend on non-renewable sources. In this scenario, photovoltaic systems emerge as a viable option to integrate the country's energy matrix, as they represent a promising solution for the production of electricity, using a clean and sustainable energy source. Furthermore, Brazil enjoys a high level of solar radiation throughout the year, which makes taking advantage of this resource even more attractive. In addition to the environmental benefits, the economy also sparks interest in adopting this system, as energy distribution companies offer incentives to consumers who adopt photovoltaic energy and connect it to the electrical grid. The purpose of this study is to evaluate the financial viability of using photovoltaic energy in a single-family residence, using techniques such as Internal Rate of Return, Net Present Value and Payback periods (Simple and Discounted). The research involves determining the dimensions of the main components of a photovoltaic system connected to the grid, based on data relating to the household's electrical energy consumption and collecting information on average electricity consumption before installing the system. The cost analysis revealed that, despite the relatively high initial investment required to implement a photovoltaic energy system in Brazil, this choice proves to be financially advantageous, with investment recovery occurring before the third year after installation.

Keywords: photovoltaic energy; renewable energy sources; solar energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Visão aérea do local de estudo	22
Figura 2 – Fluxograma da pesquisa.....	24
Figura 3 - Custo mensal de energia consumida.....	25
Figura 4 - Inversor do modelo GROWATT ON GRID MIN8000TL-X	27
Figura 5 - Avaliação gráfica de retorno financeiro	30
Figura 6 - Comparativo: conta de luz antes e depois da instalação.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise de VPL	18
Tabela 2 - Consumo mensal de energia anterior a instalação do sistema	26
Tabela 3 - Equipamentos necessários para instalação do sistema.....	28
Tabela 4 - Valor total do investimento	29
Tabela 5 - Resultados dos cálculos do payback descontado	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 OBJETIVOS	9
2.1 OBJETIVO GERAL	9
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
3 REFERENCIAL TEÓRICO	10
3.1 ENERGIA SOLAR.....	10
3.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS	12
3.3 NOVA RESOLUÇÃO ANEEL	14
3.4 ANÁLISE DE INVESTIMENTO.....	15
3.5 FORMAS DE FINANCIAMENTO.....	19
4 METODOLOGIA.....	22
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	22
4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	23
4.3 METODO DE ANÁLISE.....	24
5 RESULTADOS	25
5.1 FASES PARA A ELABORAÇÃO DE UM SISTEMA SOLAR RESIDENCIAL..	25
5.2 ETAPA 2: ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA	27
5.3 ETAPA 3: ANÁLISE DE CUSTOS	28
5.2 ETAPA 4: AVALIAÇÃO DE RETORNO DO INVESTIMENTO.....	30
5.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS	33
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, há uma diversidade de métodos para produzir eletricidade, e um deles é a geração hidrelétrica, que se destaca como a fonte primária de energia, respondendo por aproximadamente 90% do consumo total de eletricidade no país. Além disso, existem usinas termoelétricas, que contribuem com cerca de 3% da produção energética, e outras fontes como gás natural, petróleo, carvão, biomassa e energia eólica, que desempenham um papel complementar na matriz energética, abastecendo uma parcela menor da demanda da população (CAFÉ; PINHEIRO, 2021).

A maior parte do território brasileiro está situada entre a linha do equador e o trópico de Capricórnio, o que resulta em uma abundante exposição à radiação solar durante todo o ano. Graças ao fenômeno físico conhecido como efeito fotovoltaico, é viável converter diretamente a energia contida na luz solar em eletricidade. Dessa forma, por meio da integração simples de painéis solares nas estruturas das construções, torna-se possível gerar eletricidade no próprio local de consumo, sem causar poluição sonora ou emitir gases ou resíduos prejudiciais ao meio ambiente (FERREIRA, 2021).

A promoção da utilização de sistemas fotovoltaicos para a produção de energia elétrica no Brasil teve um impulso significativo, sobretudo graças à Resolução Normativa nº 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em 2012. A REN 482/2012 estabeleceu as diretrizes gerais para permitir a conexão de sistemas de microgeração (com potência instalada de até 75 kW) e minigeração distribuída (com potência instalada acima de 75 kW) às redes de distribuição de energia elétrica (FERREIRA, 2021).

O Brasil demonstra uma considerável capacidade de geração de energia solar, e no primeiro trimestre de 2023, o setor alcançou seu melhor desempenho histórico. De acordo com informações fornecidas pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), durante os primeiros três meses deste ano, mais de 182 mil sistemas fotovoltaicos foram integrados à rede, superando o recorde anterior de 2022, que havia registrado 165 conexões no mesmo intervalo de tempo (SOLMAIS, 2023).

No âmbito residencial, dentre as energias renováveis, a energia solar vem se destacando cada vez mais, como uma alternativa eficiente e sustentável para suprir as necessidades de energia. Essa fonte de energia limpa tem se mostrado eficaz devido os benefícios que o consumidor obtém, desde uma ajuda no custo energético devido sua fonte de energia ser natural e inesgotável.

A energia solar é uma fonte de energia renovável utilizadas em residências. Ela envolve a instalação de painéis solares nos telhados ou em áreas abertas para converter a luz solar em eletricidade.

Além disso, a instalação de sistemas de energia renovável em residências pode resultar em economia a longo prazo. No contexto mundial, as energias renováveis, como a energia solar e eólica, estão se tornando cada vez mais acessíveis e vantajosas.

A adoção dessas fontes limpas de energia não apenas reduz o impacto ambiental, mas também oferece benefícios econômicos aos proprietários de residências. À medida que mais pessoas entendem o valor da sustentabilidade, é provável que mais casas usem energias renováveis, como a energia solar. Isso ajudará na mudança para um futuro com energia mais limpa. Também é importante avaliar se a nova resolução da ANEEL torna viável a instalação de painéis solares em casas.

A Geração Compartilhada é uma das modalidades da Geração Distribuída, criada pela ANEEL na Resolução Normativa 687/2015 e responsável por possibilitar o compartilhamento de energia de micro ou minigeração entre um grupo de pessoas (CPF ou CNPJ) que estejam na mesma área de concessão ou permissão (SOLAVISTA, 2023).

Dessa forma, a Geração Compartilhada tornou-se um marco para milhares de consumidores interessados na autoprodução de energia elétrica por meio de fontes de energias alternativas, garantindo economia e sustentabilidade para pessoas físicas e jurídicas.

De modo a avaliar economicamente a viabilidade da utilização do sistema de energia solar em residências, podemos utilizar o tempo necessário para recuperar o investimento inicial em um projeto, considerando os fluxos de caixa futuros, conhecido como *Payback*, que pode ser avaliado de forma simples, sem considerar a taxa de juros durante o período, e de forma descontada, essa considerando a taxa de juros durante o período de recuperação do investimento.

Outro método é através da análise do Valor Presente Líquido (VPL), também conhecido como valor atual líquido (VAL) ou método do valor atual, que é a fórmula econômico-financeira que ajuda a encontrar o valor presente de pagamentos futuros a serem ajustados por uma taxa de juros apropriada. Isso é feito subtraindo o custo do investimento inicial (DA MOTTA; CALÔBA, 2002).

Essa técnica é considerada avançada para avaliar decisões de investimento, justamente por levar em conta a importância do dinheiro no decorrer do tempo. Uma avançada técnica de análise de orçamento de capital, diretamente por considerar o valor do dinheiro no tempo. Utilizando-se a técnica, de tal maneira as entradas como as saídas de caixa são traduzidas para

valores monetários atuais. Dessa forma, podem ser associadas ao investimento inicial, que está espontaneamente expresso em termos monetários atuais (MARTINS, 2023).

E, para comparar a taxa de retorno do negócio, calcula-se a Taxa Interna de Retorno (TIR), caso a taxa seja maior do que o custo de capital (investimento no mercado financeiro), o projeto é considerado viável; caso contrário, o projeto pode ser descartado. Esse critério garante que a empresa esteja pelo menos atingindo a taxa de retorno requerida Martins (2023).

Ante o exposto, considerando a nova resolução da ANEEL quanto a geração de energia solar, qual impacto na viabilidade econômica para implantação em residências?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma análise de viabilidade técnica-econômica para implantação de usina solar numa residência unifamiliar.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar os custos de implantação, operação e manutenção de uma usina solar com capacidade de atender;
- Verificar os modelos disponíveis para implantação dos painéis solares (inversor, microinversor);
- Verificar o consumo antes e depois da implantação;
- Avaliar os custos de implantação e tempo de retorno do investimento; e
- Avaliar opções de financiamento para implantação, ou investimento com capital próprio.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

No capítulo referente ao embasamento teórico, serão abordados temas fundamentais relacionados à energia solar. Inicialmente, será discutida a geração de energia solar, explorando os aspectos técnicos envolvidos, como o funcionamento de inversores e microinversores. Além disso, serão apresentadas as vantagens e desvantagens dessa fonte de energia, bem como detalhes sobre sua instalação e manutenção, incluindo informações cruciais sobre o tempo de vida útil dos sistemas fotovoltaicos.

Em seguida, a análise de investimentos será explorada em profundidade, com foco em métricas como Payback simples, Payback descontado, Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Por fim, será apresentada e discutida a Nova Resolução relacionada à energia solar, contextualizando seu impacto e suas implicações no cenário atual. Este capítulo servirá como uma base sólida para a compreensão abrangente das questões relevantes no contexto da energia solar e dos investimentos relacionados.

3.1 ENERGIA SOLAR

De acordo com Hinrichs e Kleinbach (2003, p. 1), “a energia é um dos principais constituintes da energia moderna. Ela é necessária para criar bens a partir dos recursos naturais e para fornecer vários outros serviços dos quais a humanidade tem se beneficiado”.

A energia solar é uma forma sustentável de geração de energia que aproveita a luz solar para produzir eletricidade. Por meio de painéis solares compostos por células fotovoltaicas, a luz solar é gerada diretamente em corrente elétrica. Esse processo não emite poluentes, tornando-a uma alternativa ecologicamente satisfatória em comparação com fontes tradicionais de energia (SOUSA, 2023).

A energia solar tem se tornado cada vez mais acessível e eficiente, garantida para a redução da dependência de combustíveis fósseis e para a transição global para uma matriz energética mais limpa. Também conhecida como geração distribuída, a energia solar traz vantagens econômicas para os consumidores e benefícios ambientais para o país e o mundo, evitando a emissão de gases de efeito estufa (SOLAR, 2023).

Além do mais, como já explicado, não se limitam exclusivamente às placas solares na formação do conjunto de aparelhos do sistema, mas também englobam os conversores e demais dispositivos que garantem a segurança e eficácia na produção de energia elétrica. Todos os

dispositivos que compõem o arranjo fotovoltaico, juntamente com cabos e estruturas, formam o conjunto que pode ser denominado como um conjunto destinado à instalação de energia solar em residências, ou de forma mais simplificada, kit solar. Solar (2023).

Entre esses componentes estão: Módulo Solar Fotovoltaico, Caixa de Junção / String box, Estruturas de suporte e ancoragem, Cabeamento e Inversor Fotovoltaico, interativo: desempenha o papel de “cérebro” do arranjo fotovoltaico e é considerado seu equipamento principal, visto que transforma a energia gerada pelos painéis no tipo de energia que utilizamos em nossas tomadas (de corrente contínua para corrente alternada), adicionalmente encaminhando o excedente de energia para a rede da distribuidora (ENERGIA SOLAR, 2023).

A energia solar fotovoltaica utiliza um sistema composto por diversos dispositivos fundamentais que desempenham papéis cruciais na produção, conversão e controle da eletricidade. Para tornar esse conceito mais acessível, organizamos cada componente do sistema de energia solar fotovoltaica em categorias específicas. Estas categorias abrangem o gerador, o condicionamento de energia, o gerenciamento de potência e o procedimento de compensação.

Grupo gerador: Os painéis solares, que são responsáveis por coletar a luz solar e convertê-la em eletricidade, formam a base deste conjunto. A quantidade e o tamanho dos painéis necessários variam de acordo com o local e a quantidade de eletricidade usada. Além disso, para dar suporte e manter os painéis fotovoltaicos no local certo para captar a maior quantidade de luz solar, existe uma estrutura de suporte, que leva em consideração fatores como o local de instalação, o material das placas e a proteção ideal. Por fim, para permitir o fluxo da eletricidade, os cabos conectam todos os componentes do sistema (SOLUÇÕES, 2018).

Grupo de condicionamento e potência: Essa parte do sistema solar atua como o cérebro e é formada por investidores. Os inversores têm a função de regular a tensão da corrente elétrica de acordo com os critérios.

Grupo de compensação: O último conjunto de componentes tem uma função importante de garantir o fornecimento de energia contínua, mesmo em dias com pouca exposição solar, por meio de um processo chamado de compensação energética. Nesse sistema de energia solar, a conexão foi estabelecida com uma rede elétrica tradicional. O dispositivo conhecido como inversor, mencionado anteriormente, está posicionado entre o gerador fotovoltaico e o ponto de conexão à rede. A energia solar gerada é usada para alimentar todas as necessidades locais. Quando a geração de energia solar supera a demanda do local, o excedente é devolvido com segurança à rede elétrica. Em contrapartida, quando a geração fica aquém da demanda, a rede elétrica da entrega supre a diferença (SOLUÇÕES, 2018).

Na geração de energia fotovoltaica, o inversor desempenha o papel de transformar a energia produzida pelos painéis solares, que é em corrente contínua (CC), em corrente alternada (CA). Muitos dos dispositivos comuns que usamos, como eletrodomésticos, motores e iluminação, funcionam com corrente alternada (FERREIRA, 2021).

No mercado, encontramos uma variedade de tipos e marcas de inversores voltados para uso residencial, incluindo o inversor solar grid-tie (conhecido como inversor solar on-grid), o inversor solar string (ou string inverter), o inversor solar off-grid, o inversor solar híbrido, o microinversor solar e o inversor solar central (SOLAR, 2023).

No momento, o tipo de inversor mais utilizado e conhecido em sistemas de energia solar para residências é o inversor solar grid-tie. O modelo On Grid, em particular, é amplamente preferido em escala global. Este equipamento desempenha a importante função de conectar um sistema de painéis fotovoltaicos à rede elétrica da distribuidora. Além disso, sua concepção inclui a capacidade de desconectar o sistema prontamente da rede em situações de falta de energia (SOLAR, 2023).

Por outro lado, os inversores off grid realçam a conversão da corrente contínua (CC) de 12, 24 ou 48 Volts para a forma de corrente alternada (CA). No contexto brasileiro, é necessário que esses inversores possuam uma capacidade de 110/220 V e uma frequência de 60 Hz para viabilizar o fornecimento de energia a dispositivos eletrônicos e eletrodomésticos tradicionais (SOLAR, 2023).

3.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS

A implantação de uma usina solar em residências oferece várias vantagens e desvantagens. Aqui estão algumas delas (SOLAR, 2023).

Vantagens da Energia solar:

- A energia solar não polui, é renovável, limpa e sustentável;
- A energia solar é silenciosa;
- É uma fonte de energia gratuita;
- Vida útil de mais de 25 anos, pagando-se em até 7 anos;
- Economia de até 95% da conta de luz;
- Ocupa pouco espaço e valoriza o imóvel;
- Placas solares são resistentes às intempéries;
- Pode ser usada em áreas isoladas da rede elétrica.

Uma vantagem notável dos geradores fotovoltaicos é a sua baixa necessidade de manutenção, o que os torna particularmente adequados em regiões onde a independência de operação é essencial (TOLMASQUIM, 2023).

Desvantagens da Energia solar:

- Alto custo de aquisição;
- Não gera energia à noite;
- Falta de Incentivos no Brasil.

Um sistema de energia solar fotovoltaica possui uma durabilidade notável, com painéis que têm uma vida útil de 25 anos, sendo capazes de resistir a chuvas de granizo e suportar o peso de uma pessoa com 100 kg sobre eles. Do ponto de vista econômico, a energia solar é altamente vantajosa, uma vez que o retorno financeiro proveniente da implantação de um sistema ocorre de forma rápida e eficaz (CAFÉ; PINHEIRO, 2021).

De maneira geral, um sistema residencial de energia solar, quando implantado, recupera seu investimento em aproximadamente 6 anos. A partir desse ponto, todos os ganhos financeiros subsequentes se transformarão em lucro, durante os próximos 19 a 20 anos, ou possivelmente até mais, visto que mesmo após esse intervalo, os painéis ainda manterão uma eficácia próxima a 80% (ENERGIA SOLAR, 2023).

Para poder fazer esse tipo de instalação, a empresa já tem definida a equipe de instalação e quantos dias serão necessários para o serviço, sendo assim, que em uma instalação residencial esse prazo costuma ser entre três e quatro dias, com uma equipe de 3 profissionais (ENERGIA SOLAR, 2023).

O fornecimento de cargas de corrente contínua utilizando módulos fotovoltaicos pode ser efetivado por meio de uma conexão imediata ou por meio de aparelhos de interconexão, trazendo melhorias nas circunstâncias nas quais a operação ocorre (TOLMASQUIM, 2003).

Igualmente ressaltado pelo autor, nos arranjos habitacionais, um agrupamento de residências produz uma fração de suas exigências energéticas por meio de módulos fotovoltaicos e recorre à rede elétrica para suplementar essas demandas, tendo a devolução do excedente de energia gerada em determinados pontos. Normalmente, são acordos de aquisição e cedência de energia entre os detentores do sistema e a concessão de eletricidade.

A face frontal dos painéis é composta por vidro temperado com espessura entre 3 e 3,5 mm, conferindo-lhes uma notável resistência. De acordo com o mesmo autor, a conservação dos módulos implica apenas na verificação da inexistência de sombras projetadas por objetos próximos aos módulos, e na garantia de que as conexões elétricas estejam devidamente ajustadas, sem qualquer vestígio de corrosão.

Nos dispositivos conhecidos como painéis solares fotovoltaicos têm a finalidade de transformar a energia proveniente da luz solar em energia elétrica. Esses painéis são compostos por células solares, assim indicados devido à sua capacidade de capturar a luz solar. Essas células são identificadas como células fotovoltaicas, o que significa que geram uma discrepância de potencial elétrico quando expostas à luz. As células solares empregam o princípio do efeito fotovoltaico para absorver a energia solar e induzir o fluxo de corrente elétrica entre duas camadas do dispositivo que possuem cargas opostas (BLUESOL, 2023).

Segundo Bluesol (2023), a instalação dos sistemas fotovoltaicos costuma ser a parte mais rápida de todo o processo da compra de energia solar, o qual envolve oito passos:

1. Orçamento e negociação
2. Fechamento
3. Visita Técnica
4. Projeto Executivo
5. Processo Logístico
6. Planejamento da Instalação
7. Instalação
8. Comissionamento e Conexão na rede

A instalação do sistema acontece após todo o projeto já ter sido desenvolvido e aprovado, com todos os equipamentos já entregues no local e com a data da obra já estabelecida entre você (cliente) e a empresa.

3.3 NOVA RESOLUÇÃO ANEEL

A energia solar representa uma fonte ecologicamente correta de fornecimento de energia elétrica. Em uma nação ensolarada como o Brasil, é compreensível que um número crescente de indivíduos opte por implantar painéis solares em suas casas e, até mesmo, em empreendimentos comerciais. Isso ocorre não apenas com a intenção de reduzir as despesas com eletricidade, mas também como uma maneira altamente conveniente de colaborar com a conservação do ambiente natural.

No entanto, apesar do aumento no uso dessa forma de abastecimento, não havia uma legislação que garantisse a segurança dos consumidores, dos profissionais e de todas as partes envolvidas na indústria. Nesse cenário, o Marco Legal previsto pela Lei nº 14.300/2022 foi criado com o propósito de orientar e regularizar essas operações (SOLAR, 2023).

Aprovada em janeiro de 2022, a Lei nº 14.300 distribuída o referencial legal para a micro e minigeração distribuída. Essa dinâmica normatiza um sistema progressivo de tributação sobre os créditos produzidos pelos sistemas fotovoltaicos de micro e minigeração (incluindo instalações residenciais, comerciais e pequenas usinas). A partir de janeiro de 2023, todos os sistemas dessa porta estarão sujeitos a uma taxa inicial de 15%, que será aumentada gradualmente até 2028, quando a alíquota atingirá 90% (ENETEC, 2023).

A regulamentação que trata do assunto energia solar no Brasil é a Lei nº 14.300/2022. Esta legislação é bastante recente e estabelece o Marco Regulatório da Geração de Energia em Pequena Escala, o Sistema de Equilíbrio de Energia Elétrica (SEEE) e o Programa para a Promoção de Energia Limpa e Renovável (PPLER). Além disso, ela promove alterações nas Leis nº 10.848/2004 e nº 9.427/1996.

A energia solar constitui hoje a segunda maior fonte de abastecimento da matriz energética nacional, de acordo com informações fornecidas pela Absolar (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica), com base em dados da Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica) (SOLAR, 2023).

Uma tarifa mínima é aplicada a cada categoria de consumidor, mesmo que eles gerem toda a energia necessária em suas residências ou estabelecimentos comerciais. Isso é uma exigência das normas da geração distribuída da ANEEL. Essa obrigatoriedade existe porque, mesmo quando a autogeração atende plenamente às necessidades de energia, a rede elétrica da distribuidora ainda é utilizada. Portanto, o cliente deve arcar com as despesas de manutenção e reparo das linhas elétricas (SOLAR, 2023).

A nova legislação define tarifas para o "fio B," que transfere energia solar para a rede elétrica, e estabelece duas fases de transição: uma para aqueles que adotam sistemas de energia solar residencial entre 7 de janeiro de 2023 e 7 de julho de 2023, e outra para adesões após essa data. A taxação começa em 15% e aumenta progressivamente para 30% em 2024, 45% em 2025, 60% em 2026, 75% em 2027 e 90% em 2028. Em 2029, a ANEEL definirá novas diretrizes tarifárias (ORIGO, 2023).

3.4 ANÁLISE DE INVESTIMENTO

Uma análise de investimento envolve examinar as escolhas de alocação de recursos em empreendimentos nos quais os lucros serão gerados ao longo de múltiplos intervalos sequenciais.

De acordo com Santos (2001), a avaliação das escolhas de investimento é vista como uma atividade vital no cenário corporativo. Essas decisões tendem a ter consequências de longo prazo e frequentemente abarcam montantes substanciais, como os destinados à implementação. Portanto, uma análise minuciosa desse contexto se justifica.

Para executar essa análise de maneira eficaz e garantir que os resultados sejam verdadeiramente benéficos, são aplicados diversos métodos analíticos, incluindo: Payback simples e Payback descontado, Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

O Payback Simples e o Payback Descontado são duas maneiras comuns de avaliar investimentos. Eles ajudam a descobrir quanto tempo buscar para recuperar o dinheiro que foi investido em um projeto desde o começo. Eles são úteis para analisar se um empreendimento é financeiramente viável (CONTAAZUL, 2023).

O Payback Simples é uma métrica financeira que fornece informações sobre o período exigido para reaver o desembolso de um investimento. Em outras palavras, corresponde ao lapso de tempo necessário para o investimento ser recuperado, ou seja, o período que leva para que o investimento se “autofinancie”, como comumente expresso.

Segundo Gitman (2010), o Payback Simples é um método frequente para avaliar investimentos em projetos. Ele determina o tempo necessário para a empresa recuperar seu investimento inicial. Se esse período for menor que o desejado pela empresa, o projeto é considerado viável. O autor observa que muitos pequenos empresários preferem esse método, pois é fácil de calcular e não considera o valor do dinheiro ao longo do tempo.

Payback simples é calculado dividindo o Investimento Inicial pelo Saldo Médio do Fluxo de Caixa em um período determinado. Por exemplo, uma empresa investe R\$ 48 mil em uma máquina que gera R\$4 mil de receita mensal, após custos de manutenção e depreciação. Usando a fórmula, o Payback simples é 12 meses, ou seja, a empresa recupera o investimento em um ano. No entanto, esse cálculo não considera variações nos ganhos nem a desvalorização do dinheiro ao longo do tempo. Para abordar esses fatores, o Payback descontado é uma opção (RDSTATION, 2023).

Conforme mencionado por Rasoto et al., (2012), o Payback Descontado indica o período requerido para que os ganhos provenientes do empreendimento recuperem o montante inicialmente aportado. Em termos alternativos, ele representa o intervalo de tempo essencial para que os fluxos de caixa recebidos alcancem o valor inicial do investimento, podendo ser interpretado como um indicador de incerteza associada ao projeto.

Outra abordagem de análise, é o Valor Presente Líquido (VPL), que corresponde à discrepância entre o fluxo de caixa descontado até a data de início do investimento e o valor inicial do investimento em um dado projeto (MEGLIORINI; VALLIM, 2009). Projetos nos quais o VPL é igual ou superior a zero são considerados viáveis, uma vez que obtenham um retorno igual ou superior ao custo do capital. Em contrapartida, projetos com VPL inferior a zero indicam que o retorno é menor do que o custo do capital, tornando-os menos atrativos.

O Valor Presente Líquido (VPL), que também é reconhecido como Valor Atual Líquido (VAL), é o parâmetro mais indicado por especialistas em finanças para orientar decisões de investimento.

A avaliação de uma empresa é baseada na sua riqueza econômica, representada no presente através dos ganhos futuros esperados em dinheiro, os quais são ajustados pela aplicação de uma taxa de atratividade que reflete o custo de oportunidade apresentada pelos diferentes financiadores de capital. (ASSAF NETO 2003, p.586).

Conforme apontado por Brealey Myers (1992, apud LIMA, 2012), existem quatro etapas fundamentais que um gerente deve seguir ao tomar decisões sobre um investimento específico:

Prever os fluxos de caixa futuros;

- Identificar o custo de oportunidade do capital investido que deve refletir o valor do dinheiro no tempo e o risco envolvido no projeto, que corresponde a TMA, ou seja, a taxa mínima de atratividade;
- Utilizar este custo para atualizar os fluxos futuros e somá-los (identificação do valor presente);
- Calcular o valor presente líquido – VPL – subtraindo-se do valor presente o investimento inicial necessário.

Seguindo as observações de Padoveze (2005), o Valor Presente Líquido é um modelo elementar utilizado para tomar decisões de investimento, englobando os seguintes elementos: montante do investimento, contribuição dos benefícios futuros específicos, período de tempo.

Também é importante considerar o ponto de equilíbrio, que ocorre quando o Valor Presente Líquido atinge zero. Isso indica que o investimento está em equilíbrio, uma vez que os valores presentes dos fluxos de entrada de caixa são iguais aos valores presentes dos fluxos de saída de caixa, conforme mencionado por Santos (2001).

O Valor Presente Líquido (VPL) é a diferença entre os fluxos de caixa futuros trazidos ao valor presente, considerando o custo de oportunidade do capital, e o montante inicial do investimento. Geralmente, a liberdade do projeto é recomendada quando o VPL é positivo.

Lapponi (1996, p. 36) enfatiza que um VPL positivo implica que o capital investido será recuperado e remunerado à taxa de juros que representa o custo de capital do projeto (denominado k). Além disso, na data inicial (0), haverá um ganho adicional igual ao valor do próprio VPL.

Considerando uma taxa de desconto (o custo de oportunidade do projeto, também conhecido como k) de 10% ao ano, é possível estimar que o VPL seja de \$385. Portanto, a recomendação é que o projeto seja aceito, conforme apresentado na Tabela 1 (BRUNI; FAMÁ; SIQUEIRA, 1998).

Tabela 1 - Análise de fluxo de caixa

Ano	Fluxo de Caixa Anual	Valor Presente
0	(1000)	(1000)
1	350	318
2	500	413
3	250	188
4	300	205
5	420	261
VPL (para $k=10\%$aa, em \$)		385

Fonte: Bruni, (2021).

Outro ponto a ser avaliado é a Taxa Interna de Retorno (TIR), que retrata os ganhos efetivos resultantes de um investimento ao longo do tempo. Sua utilidade é adicional, funcionando como uma espécie de contraparte da VPL. Isso porque a comparação entre ambos é considerada a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), elemento presente no cálculo do Valor Presente Líquido (TECNOBLOG, 2023).

Na análise de projetos de investimento, Assaf Neto (2003) emprega o cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR). Esse método requer a compreensão dos montantes investidos e dos fluxos líquidos da caixa gerados pela decisão. No entanto, é possível afirmar que o TIR leva em consideração o valor do dinheiro a longo prazo e encapsula a rentabilidade do projeto em termos de uma taxa de juros composta equivalente ao período considerado.

Ao realizar esse cálculo, o investidor obterá uma taxa percentual anual de retorno associada a um investimento específico. Desta forma, é possível determinar se o investimento é viável ou não.

Conforme explicado por Santos (2001) o caso em que a Taxa Interna de Retorno (TIR) supere a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), o projeto ou investimento se revelará benéfico. Quando a TIR e a TMA produzem resultados idênticos, o projeto de investimento é considerado neutro em termos de avaliação. Contudo, caso o TIR seja inferior ao TMA, o investimento não é recomendado, uma vez que o projeto cuidará da sustentabilidade econômica.

Conforme considerações de Santos (2001), entre diversas alternativas de investimento, a mais vantajosa será aquela que apresentar uma Taxa Interna de Retorno (TIR) mais elevada.

Para explicar o apoio financeiro em um projeto, é essencial que ele garanta um retorno condizente ao investidor e tenha a capacidade de superar suas expectativas em relação aos rendimentos obtidos. Nesse contexto, ao avaliar as orientações de um projeto, recorre-se à Taxa Mínima de Atratividade. (FRANCISCO, 1991, p. 198).

Assim, ao estabelecer uma taxa de atratividade, o investidor estará em posição de determinar o rendimento médio proveniente do investimento de seu capital. E à medida que o nível de risco aumenta, a oportunidade de ganhos e o potencial de crescimento do capital também aumentam, como observado por Santos (2001).

Segundo Bernardi (2007), o prêmio de risco do investidor é um ajuste realizado na taxa de atratividade com o propósito de recompensar o investidor por sua disposição em encarar os riscos associados ao empreendimento, além de um retorno que compensa esses riscos.

E, de acordo com Santos (2001), essa taxa varia de uma empresa para outra. Para países mais desenvolvidos, as taxas são derivadas do custo de capital das empresas, enquanto no Brasil as empresas estabelecem por meio de decisões administrativas.

Para Francisco (1991), se essa taxa de retorno for inferior ao desempenho de várias outras opções de investimento disponíveis no mercado, então esse investimento não será atraente para o investidor.

3.5 FORMAS DE FINANCIAMENTO

Existem diversas possibilidades de financiamento disponíveis para a instalação de sistemas de energia solar, além da opção de investir com recursos próprios. Abaixo, apresentamos algumas alternativas que merecem consideração. O processo de solicitação de financiamento para energia solar não difere muito daquele aplicado a outros tipos de empréstimos.

Para começar, é necessário criar um orçamento para o seu projeto. A maioria das instituições financeiras requer que esse orçamento seja fornecido por uma empresa devidamente

credenciada e certificada na área de energia solar. Em seguida, segue-se uma análise de crédito, procedimento padrão em operações de crédito em geral. Se aprovada, a quantia financeira é então disponibilizada para o proponente (NAC, 2023).

Conforme mencionado anteriormente, diversas instituições financeiras oferecem oportunidades de financiamento para projetos de energia solar. Cada uma delas possui suas próprias políticas e, portanto, dependendo de seus objetivos, uma opção pode ser mais vantajosa que outra. A seguir, vamos explorar as principais alternativas disponíveis para você solicitar.

É importante ressaltar que os sistemas de painéis solares têm uma expectativa de vida útil considerável, geralmente em torno de 25 anos. Portanto, mesmo que o período de financiamento seja estendido, você poderá desfrutar da economia a longo prazo em sua conta de energia elétrica.

As principais instituições financeiras públicas no Brasil disponibilizam alternativas de financiamento para projetos de energia solar. Por exemplo, a Caixa Econômica Federal oferece crédito que pode cobrir a totalidade dos custos de um projeto fotovoltaico em um prazo de até cinco anos, equivalente a 60 meses. Além disso, o Banco do Brasil também é uma instituição pública a ser considerada, apresentando diversas opções, incluindo o Consórcio Placas Fotovoltaicas e o Convênio BB Crédito Energia Renovável, que permitem financiar até 90% do valor do sistema com um período de pagamento de até 60 meses, ou seja, cinco anos NAC (2023).

Outra opção é FNE Sol, que representa um programa de financiamento direcionado à energia solar, sendo oferecido pelo Banco do Nordeste. Este programa não se limita a empresas, pois a solicitação está aberta tanto para produtores rurais quanto para pessoas físicas interessadas. O apoio financeiro engloba não apenas sistemas de energia solar, mas também abrange projetos relacionados a energias renováveis de forma mais ampla, incluindo, por exemplo, projetos eólicos e de biomassa. O financiamento pode alcançar até 100% do custo total do projeto, e o período de parcelamento é flexível, variando de oito a 24 anos conforme a escolha do requerente (BN, 2023).

Além das instituições financeiras públicas, também é possível recorrer aos bancos privados para obter financiamento destinado à instalação de seu sistema de energia solar. Por exemplo, o Bradesco oferece um período de pagamento de até 60 meses e uma carência de 90 dias, com a possibilidade de cobrir a totalidade do custo do sistema. Por outro lado, o Santander apresenta condições de prazo mais vantajosas, com um período de pagamento de até 96 meses, equivalente a oito anos, e uma carência de 120 dias (NAC, 2023).

E, uma alternativa passa pela aquisição do sistema de energia solar com recursos próprios. Embora isso demande um desembolso inicial considerável, você adquire a propriedade do sistema e pode desfrutar de todos os benefícios financeiros a longo prazo, como notáveis economias em sua conta de energia e a potencial obtenção de incentivos fiscais.

A escolha ideal de financiamento para a implementação de sistemas de energia solar será determinada pelas suas circunstâncias financeiras, preferências de pagamento e disponibilidade de recursos. A seleção da melhor opção dependerá da sua capacidade de pagamento, metas financeiras e escolhas pessoais. É fundamental avaliar minuciosamente os prazos, as taxas de juros e o impacto financeiro de cada alternativa. Além disso, leve em consideração os benefícios de longo prazo, como a redução nas despesas com energia, ao tomar sua decisão. É altamente recomendável consultar um especialista em energia solar ou um consultor financeiro para uma análise personalizada, uma vez que a escolha pode variar significativamente de acordo com a situação individual de cada pessoa.

Ao se consultar um especialista em energia solar, é possível que o mesmo conduza a uma análise econômica abrangente, calculando métricas-chave como o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Payback (simples e descontado) com base em uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Isso permite avaliar os possíveis retornos sobre o investimento total e determinar a viabilidade financeira do projeto de energia solar.

Dessa forma é possível adotar uma abordagem estruturada e abrangente para avaliar a viabilidade econômica e técnica da implementação de um sistema de energia solar.

4 METODOLOGIA

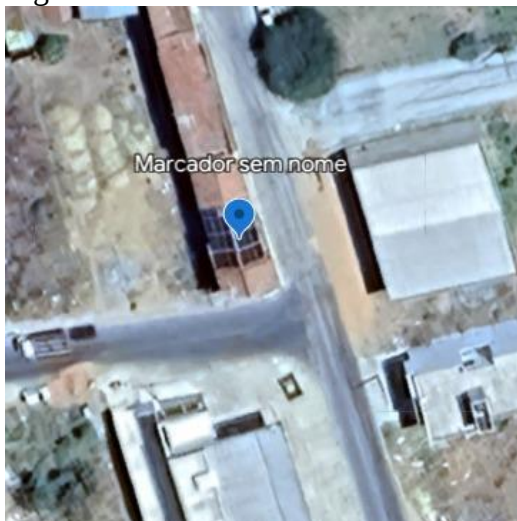
Esse trabalho foi desenvolvido por meio de uma combinação de estudo de caso e pesquisa bibliográfica. Para coletar informações relevantes, foram empregados métodos que incluíram a análise de artigos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, consulta a páginas da internet e aquisição de dados fornecidos pela proprietária da residência. A pesquisa visou a avaliação do consumo médio mensal de uma residência unifamiliar convencional e analisar se esse empreendimento é viável.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Para a realização deste trabalho, foi realizado um estudo de caso em uma residência unifamiliar no município de Uiraúna, localizado na microrregião do alto sertão da Paraíba, mais precisamente nas regiões geográficas aproximadas de $-6,5193053^\circ$ de latitude sul e $-38,405745^\circ$ de longitude oeste. Este município está inserido na Região Geográfica Imediata de Sousa. Uiraúna está situada a uma distância de aproximadamente 476 quilômetros a oeste de João Pessoa, capital do estado da Paraíba. A cidade possui uma área territorial de cerca de 293,182 km² e uma população total de 14.930 habitantes, conforme dados do último censo de 2022 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023).

A escolha dessa residência se deu mediante ao fato de a implantação dos painéis fotovoltaicos terem sido recém-instalados, evento este que corrobora com essa pesquisa, que visa analisar a viabilidade técnica e econômica na implantação de usina solar em residência.

Figura 1- Visão aérea do local de estudo



Fonte: Google Earth (2023).

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia empregada nesta pesquisa envolveu uma combinação de pesquisa bibliográfica e um estudo de caso, dividido em quatro etapas distintas.

▪ **Primeira Etapa: Revisão Bibliográfica e Coleta de Dados Iniciais**

Na primeira etapa, realizamos uma revisão bibliográfica abrangente sobre a energia fotovoltaica. Exploramos o fenômeno do efeito fotovoltaico e coletamos dados iniciais, incluindo a demanda de energia, o histórico de consumo de energia e a análise detalhada do consumo de kWh ao longo de 12 meses. Esses dados são essenciais para compreender o padrão de consumo de energia da residência.

▪ **Segunda Etapa: Análise de Viabilidade Técnica**

Na segunda etapa, procuramos compreender como era feita uma análise de viabilidade técnica, sua avaliação quanto a capacidade do telhado para acomodar os painéis solares e a melhor orientação e inclinação para otimizar a captação de luz solar. O cálculo do número de placas necessárias para esse empreendimento foi disponibilizado pela empresa A, o tamanho da área a ser utilizada e selecionamos o tipo adequado de inversor ou microinversor com base no histórico de consumo de energia da residência. Isso nos permitiu dimensionar o sistema solar de acordo com as necessidades.

▪ **Terceira Etapa: Cálculo dos Custos de Instalação e Operacionais**

Na terceira etapa, realizamos cálculos detalhados dos custos de instalação, incluindo mão de obra e materiais. Consideramos todos os equipamentos necessários para a implantação do sistema fotovoltaico, determinamos a quantidade necessária e estimamos os custos operacionais, levando em conta a manutenção e limpeza periódica necessária para o sistema.

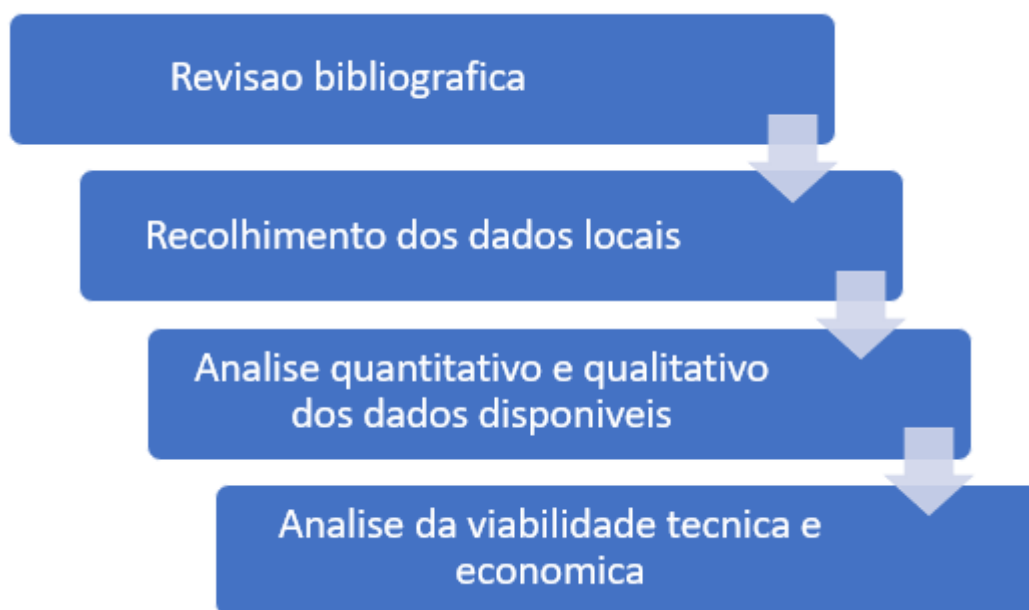
▪ **Quarta Etapa: Avaliação de Retorno do Investimento**

Na quarta etapa, focamos na Avaliação de Retorno do Investimento. Calculamos o período necessário para recuperar o investimento com base nas economias geradas pela geração de energia solar. Utilizamos uma porcentagem fornecida pela empresa responsável pela instalação, considerando o reajuste anual da tarifa de energia. Comparamos os custos de eletricidade antes e depois da implantação do sistema solar para estimar a economia anual.

4.3 METODO DE ANÁLISE

A metodologia utilizada nesse trabalho pode ser observada no fluxograma da figura 2 abaixo.

Figura 2 – Fluxograma da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2023).

Após a análise da literatura, os dados referentes ao local de pesquisa são encontrados: uma habitação situada na cidade de Uiraúna, na Paraíba, que contém a instalação de 20 painéis solares fotovoltaicos.

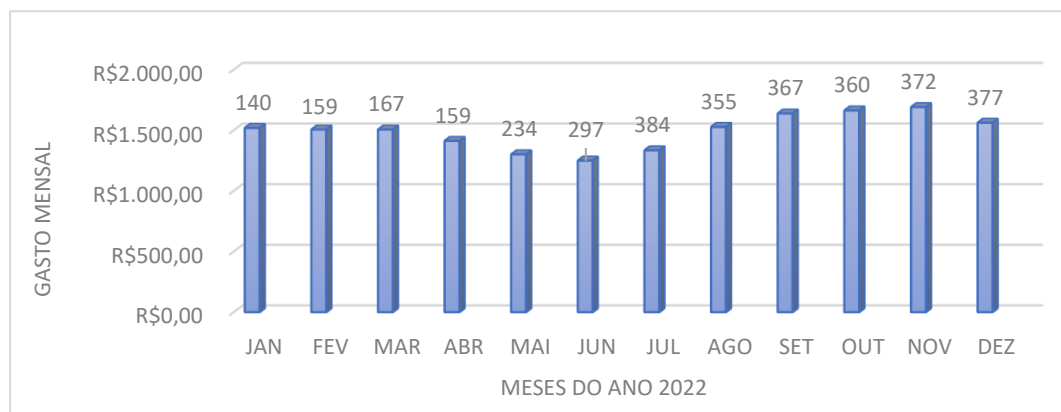
Com as informações em posse, serão elaboradas tabelas comparativas para resumir as informações disponíveis e, por fim, será realizada a avaliação da previsão econômica do projeto.

5 RESULTADOS

5.1 FASES PARA A ELABORAÇÃO DE UM SISTEMA SOLAR RESIDENCIAL

A primeira fase para a instalação do sistema residencial passou pela coleta de dados iniciais e pela avaliação da demanda de energia. Na Figura 3, apresentada a seguir, é possível visualizar o valor mensal que o proprietário precisou desembolsar para cobrir os custos de eletricidade ao longo do ano de 2022. Esta análise inicial foi fundamental para entender o consumo de energia da residência e estabelecer as bases para a implementação eficiente do sistema.

Figura 3 - Custo mensal de energia consumida



Fonte: Empresa A (2023)

Com base nesses gráficos, torna-se visível as flutuações no consumo de energia ao longo dos meses, abrangendo o período de janeiro a dezembro de 2022. Essa análise revela que a implementação de um sistema de energia fotovoltaica começa com a avaliação das demandas individuais de consumo de energia de cada residência.

Com base no histórico de consumo de eletricidade, obtido da conta da Companhia de Energia Elétrica da Paraíba (EPB), foi elaborado a Tabela 2. Essa tabela descreve o consumo mensal da residência nos doze meses anteriores à instalação do sistema fotovoltaico, fornecida também a média mensal e diária de consumo. Esse levantamento detalhado do consumo anterior é fundamental para a análise e planejamento da implantação do sistema fotovoltaico, melhorando uma gestão mais eficiente da energia na residência.

Tabela 2 - Consumo mensal de energia anterior a instalação do sistema

MÊS/ANO	CONSUMO kWh	MÉDIA kWh/DIA	DIAS
Jul/23	433	15,46	28
Jun/23	318	11,35	28
Mai/23	451	13,66	33
Abri/23	334	10,12	33
Mar/23	420	15	28
Fev/23	404	13,03	31
Jan/23	453	14,15	32
Dez/22	342	11,03	31
Nov/22	261	8,15	32
Out/22	136	4,85	28
Set/22	137	4,41	31
Agos/22	204	6,37	32
Jul/22	129	4,16	31
TOTAL	4.022	131,74	398

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

1º Passo: Para calcular a média de consumo de uma residência, o total de kWh consumidos em cada mês ao longo de um ano e dividir o resultado por doze ($4.022 / 12 = 335\text{kWh/mês}$). Veja um exemplo de consumo confiável respeitando o ciclo sazonal (período quente e período frio), conforme apresentado na tabela 2.

2º Passo: Subtraia a média de consumo do custo de disponibilidade, o que fornecerá a média real de cálculo.

$$335 \text{ kWh/mês} - 100 \text{ kWh/mês} = 235 \text{ kWh/mês}$$

3º Passo: A média é então dividida pelo período de 30 dias, e o resultado dessa divisão indicará a quantidade de quilowatts que o sistema deve gerar diariamente para atender às necessidades da casa, permitindo que o cliente pague apenas a tarifa mínima (custo de disponibilidade). $235\text{kWh} / 30 \text{ dias} = 7,83 \text{ kWh/dia}$.

5.2 ETAPA 2: ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA

Nessa etapa de análise, tornou-se crucial uma minuciosa inspeção do telhado da residência em questão, com o objetivo de determinar sua demanda para a instalação do sistema desejado. Vários fatores entram em contato, tais como a integridade da estrutura do telhado, sua orientação em relação ao sol e sua condição geral.

A residência em questão recebera a usina solar numa área de 116m² de cobertura, aproximadamente. Sendo está dívida em duas quedas de água, uma apontada para o norte e a outra para o sul. A área escolhida para a implantação da usina será a área (queda de água) que está direcionada para norte, pois está possui espaço suficiente para comportar o sistema escolhido, com 47m², contendo 20 placas 550 Wp – Já Solar, além de apresentar condições ambientes – falta de sombreamento ou empecilhos que venham a acometer a geração - favoráveis para a geração.

Com base na característica do local, após análise feita pela empresa A, foi selecionado o tipo de inversor a ser usado, na figura 4 apresentada mostra o modelo que foi utilizado na residência.

Figura 4 - Inversor do modelo
GROWATT ON GRID MIN8000TL-
X



Fonte: Google imagens (2023).

O dimensionamento de um sistema solar pode ser definido como o estudo e a análise das especificidades do local em que o sistema fotovoltaico será implementado, bem como a identificação e a escolha de quais equipamentos deverão ser utilizados na produção de energia. Ou seja, consiste no planejamento da instalação.

A empresa que fez a instalação desse sistema usou 1 Inversor de 8 KW – do modelo GROWATT ON GRID MIN8000TL-X, para uma geração estima de 1.500 kwh/mês.

5.3 ETAPA 3: ANÁLISE DE CUSTOS

Para calcular os custos de instalação, abrangendo tanto mão de obra quanto materiais, foi essencial desenvolver duas tabelas. Estas tabelas contêm informações detalhadas sobre todos os equipamentos necessários para a instalação do sistema, incluindo quantidades, descrições, valores e detalhes específicos de cada item.

A Tabela 4 fornece uma visão simples dos equipamentos que se mostraram imprescindíveis para a instalação do sistema residencial. Isso permitiu uma avaliação precisa dos custos envolvidos no processo de implementação, garantindo um planejamento eficiente e transparente.

Tabela 3 - Equipamentos necessários para instalação do sistema

Quant.	Descrição	Potência
20	Módulos fotovoltaicos	550Wp
1	Inversor de frequência	10KW
1	String Box	8KWp

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Mostra a quantidade de equipamentos necessários para a instalação do sistema fotovoltaico, dentro do projeto que foi produzido para residência em questão, quantidade esta capaz de produzir 1.500 kWh/mês, atendendo a necessidade da residência.

Na Tabela 5, apresentada a seguir, estão listados os equipamentos necessários para a instalação bem-sucedida do sistema na residência. Além disso, os detalhes sobre as características técnicas de cada equipamento, os fornecedores, os custos associados e os prazos de entrega foram mínimos

Tabela 4 - Valor total do investimento

Descrição do item	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Total do item
Painel half-cell monocristalino 450W - CS3W450W	Unidade	20	R\$1.105,07	R\$ 22.101,4
String Box	Unidade	1	R\$ 1.567,00	R\$ 1.567,00
Inversor Min10000tlx 10kw monofásico 220v	Unidade	1	R\$ 9.850,00	R\$ 9.850,00
Kits de material de instalação (cabos, disjuntores, quadros, parafusos e afins)	Conjunto	1	R\$ 1.667,00	R\$ 1.667,00
Instalação	Verba	1	R\$ 300,00	R\$ 300,00
Eletroduto 3/4"	Unidade	3m	R\$10,88	R\$ 10,88
Eletroduto 1/2"	Unidade	9m	R\$ 39,90	R\$ 39,90
Disjuntor monofásico 32A			R\$ 45,00	R\$ 45,00
DPS-CA Clamper VCL Slim - 45KA - 275V	Unidade	1	R\$ 42,90	42,90
Caixa de passagem	Unidade	1	R\$ 25,00	R\$ 25,00
Eletricista (Diária)	-	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Ajudante (Diária)	-	3	R\$ 300,00	R\$ 300,00
TOTAL				R\$ 36.100,00

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

No que diz respeito aos custos operacionais e de manutenção, incluindo atividades como limpeza e possíveis reparos na residência do proprietário, ela explicou: "Os custos de limpeza, manutenção e quaisquer reparos adicionais já estão abrangidos pelo valor do projeto até o termo da garantia, e a duração dessa garantia varia dependendo da natureza do problema.

Por exemplo, para problemas relacionados aos equipamentos, a garantia cobre até 2 anos, enquanto para defeitos de fabricação em painéis solares, a garantia se estende até 10 anos, e para garantir o desempenho por até 25 anos."

Com base nas informações fornecidas pela proprietária P1, é evidente que todos os custos relacionados à manutenção, limpeza e reparos eventualmente estão incluídos no escopo do projeto até o final da garantia, com os reparos sendo realizados conforme necessário para abordar problemas específicos.

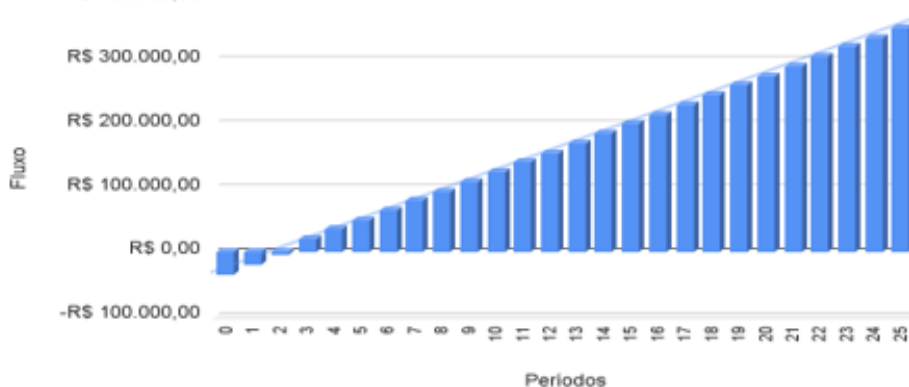
5.2 ETAPA 4: AVALIAÇÃO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

A avaliação do período necessário para recuperar o investimento, considerando as economias geradas pela geração de energia solar, revelou-se uma etapa de extrema importância em nosso projeto.

Sob a responsabilidade da empresa A, cobrada da instalação do sistema, e tomando como base o reajuste anual da tarifa de energia, estimada em uma média histórica de 7,0% ao ano, conduzimos uma minuciosa Avaliação de Retorno Financeiro. Os resultados dessa avaliação estão documentados na Figura 4, que apresenta um gráfico detalhado que ilustra a análise do retorno financeiro.

Esses resultados oferecem uma visão clara do período de tempo necessário para que o investimento inicial seja ressarcido por meio das economias geradas pela geração de energia solar, fornecendo informações valiosas para a tomada de decisões e o planejamento financeiro.

Figura 5 - Avaliação gráfica de retorno financeiro

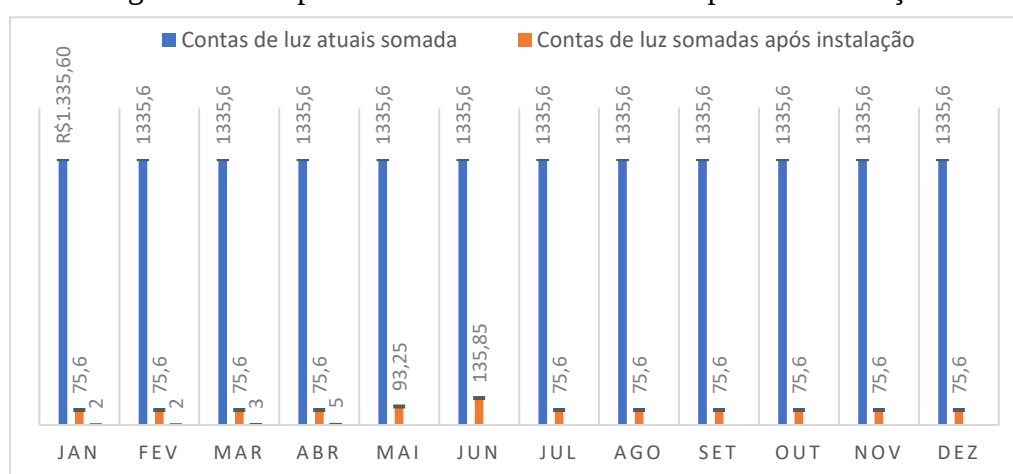


Fonte: Empresa A (2023).

Para essa fase de retorno financeiro, se fez necessário um cálculo utilizando a ferramenta de Excel, onde a partir desses cálculos utilizando os valores de taxa de VPL de 0,1315, TMA, chegou a um resultado encontrando o payback descontado no valor de 2,3989... que de uma forma mais precisa corresponder a um período de início do retorno de investimento aproximadamente de 2 anos, 4 meses e 23 dias.

Com base em um comparativo estimado pela própria empresa A, mostrado na figura 5, levando em consideração que a residência mencionada anteriormente não teve um retorno ainda após a instalação do sistema fotovoltaico, foi obtido esse comparativo com 12 meses.

Figura 6 - Comparativo: conta de luz antes e depois da instalação



Fonte: Empresa A (2023).

5.4 RECOMENDAÇÕES E RELATÓRIO

Elaborar um relatório que inclua uma recomendação sobre a viabilidade do projeto, informações sobre os custos, o tempo de retorno do investimento, e opções de financiamento. Apresentar também um plano de ação detalhado para a implantação do sistema solar, incluindo prazos e responsabilidades.

O Análise Econômica para saber os possíveis retornos sobre o investimento total, foram calculados a partir de uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Payback (simples e descontado). Onde se fez possível através desses métodos se obter um resultado mais preciso para o resultado do retorno financeiro.

No que diz respeito ao método de payback simples, nota-se que ele não é essencial, uma vez que pesquisas indicam que sua utilidade se destaca principalmente na avaliação de projetos de curto prazo, levando em consideração que esse empreendimento se faz de médio

prazo. Esse método não considera a desvalorização do dinheiro ao longo do tempo, o que o torna mais eficaz em cenários de curto prazo. Quanto mais breve for o horizonte temporal do projeto, menos significativo será o impacto da perda de poder de compra.

Para fase inicial da avaliação da viabilidade financeira do projeto envolve a condução de um levantamento abrangente dos custos necessários para implementar o sistema de energia solar na casa. Conforme indicado na Tabela 5, o custo inicial para a instalação totalizou R\$ 36.100,00.

Uma análise de previsão será realizada ao longo de um período de 25 anos, que corresponde à vida útil estimada dos painéis solares de acordo com o fabricante. O fabricante estipula uma manipulação anual no desempenho dos painéis, que é de 2,5% no primeiro ano e 0,7% nos anos subsequentes. Isso significa que o retorno financeiro gerado pelo sistema diminuirá ao longo do tempo devido à redução na produção de energia. Essa redução foi levada em consideração ao calcular o valor presente do líquido do investimento e a taxa interna de retorno.

Dado que a expectativa de vida do inversor de corrente é de 10 anos, também foi incluída a consideração de substituir esse dispositivo após completar uma década de funcionamento.

Segundo informações da Empresa de Pesquisa Energética (2012), os custos de operação e manutenção de um sistema fotovoltaico não ultrapassam 1% do investimento inicial anual. Para calcular o valor da manutenção, aplicamos 1% do custo total do sistema, com um aumento anual de 10%. Isso abrange os custos de substituição do investimento ao longo de 25 anos.

A revisão foi avaliada com descontos anuais de 10% nos custos de iluminação pública e um consumo de 50 kWh por mês devido à instalação bifásica.

Utilizamos uma taxa de desconto de 10% ao ano, baseada no investimento no Tesouro Direto relacionado à SELIC, rendendo 100% da taxa CDI, que em 2017 estava em 9,93% de acordo com dados do Banco Central do Brasil em 2020.

Os resultados previstos mostrado na tabela 6, o Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Interna de Retorno (TIR) foram específicos usando funções do Microsoft Excel, especificamente o TIR e o VPL.

Tabela 5 - Resultados dos cálculos do payback descontado

ANOS	VPL	TIR
2	-R\$ 11.047,27	-11%
5	R\$ 16.634,16	31%
10	R\$ 45.066,93	40%
15	R\$ 60.397,09	41%
20	R\$ 68.662,67	42%
25	R\$ 73.119,24	42%

Fonte: Autoria própria (2023).

Para esse cálculo mostrado na tabela acima, foi levado em consideração uma análise do segundo ano ao vigésimo quinto ano de instalação. Nos dois primeiros anos, pode-se observar que o VPL ainda se mantém de forma negativa, onde isso identifica que o retorno do investimento ainda não se faz possível, payback descontado, ou seja, o momento em que o fluxo de caixa descontado se torna positivo, é de 2 anos, 4 meses e 23 dias. Onde a partir de 2,39 anos já se faz possível iniciar o retorno do investimento inicial, podendo chegar a um valor superior dos 70.000,00 reais até 25 anos que é o tempo de vida útil dos painéis solares caso não tenha nem um contratempo.

5.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com base no correto dimensionamento do sistema e nos cálculos apresentados na Tabela 6, pode-se constatar que o Valor Presente Líquido (VPL) resultante ao final do fluxo de caixa descontado é superior a zero. Isso significa que o proprietário do sistema obtém uma economia de R\$ 73.119,24 em relação ao investimento ao longo dos 25 anos.

Levando em consideração a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 10% utilizada neste estudo e a Taxa Interna de Retorno (TIR) de 42% ao final de 25 anos, podemos concluir que o retorno financeiro do investimento no sistema fotovoltaico analisado supera o retorno de um investimento em renda fixa no Tesouro Direto Nacional.

O período de retorno do investimento, calculado pelo método do Payback Descontado, indica que o investimento inicial de R\$36.100,00 é recuperado a médio prazo, em um período de 2,39 anos, equivalente a cerca de 2 anos, 4 meses e 23 dias.

É importante notar que tanto o VPL quanto a TIR do sistema permanecem negativos apenas nos primeiros 2,39 anos de operação. Após esse período, as economias nas contas de energia elétrica, somadas ao aumento nas tarifas de eletricidade, rapidamente tornam o VPL positivo e a TIR do sistema ultrapassa a TMA. Portanto, é seguro concluir que o sistema de microgeração fotovoltaica instalado é economicamente viável.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo avaliou a instalação de energia solar em uma casa e concluiu que é um investimento economicamente viável. O retorno financeiro supera o custo inicial, com um período de recuperação de cerca de 2 anos e 4 meses, mais curto do que o esperado. Embora o custo inicial seja alto, as opções de financiamento estão disponíveis. O projeto escolheu painéis solares de alta qualidade e um inversor apropriado.

Em ambos os cenários, o investimento é considerado vantajoso, com um período de payback ótimo em termos de retorno a médio prazo. Além disso, considerando os benefícios para o meio ambiente e a segurança dos equipamentos devido às garantias de longo prazo, o investimento se destaca positivamente.

Em resumo, os objetivos do estudo foram plenamente alcançados, demonstrando a viabilidade econômica do investimento e estabelecendo-o como uma oportunidade muito favorável.

REFERÊNCIAS

ASSAF NETO, A. **Finanças Corporativas e Valor**. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

BERNARDI, L. A. **Manual de Plano de Negócios**: Fundamentos, processos e estruturação. São Paulo: Atlas, p. 195, 2007.

BLUESOL. **Energia Solar Residencial**. 2023. Disponível em: <<https://bluesol.com.br/energia-solar-residencial/>>. Acesso em: 27 ago. 2023.

BN, Banco do Nordeste. **Programa de Financiamento à Micro e Minigeração Distribuída de Energia Elétrica e Sistemas Off-grid**. Fortaleza, 2021. Disponível em: <<https://www.bnb.gov.br/fne-sol>>. Acesso em: 27 set. 2023.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R.; SIQUEIRA, J. O. **Análise do risco na avaliação de projetos de investimento**: uma aplicação do método de Monte Carlo. Caderno de pesquisas em Administração, v. 1, n. 6, p. 62-75, 1998.

CAFÉ, L. S.; PINHEIRO, J. G. L. Estudo da Implementação de um Sistema de Energia Solar Fotovoltaico em uma Residência Unifamiliar. **Episteme Transversalis**, v. 11, n. 3, 2021.

CONTA AZUL. Payback: como calcular o prazo de retorno de investimento. 2023. Disponível em: <<https://blog.contaazul.com/indicador-payback/>>. Acesso em: 02 out. 2023.

DA MOTTA, R. R.; CALÔBA, G. M. **Análise de investimentos**: tomada de decisão em projetos industriais. Atlas, 2002.

Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>>. Acesso em: 20 set. 2023.

ENERGIA SOLAR, B. **Entendendo as Vantagens e Desvantagens da Energia Solar**: o Guia Definitivo para Seu Investimento. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/>>. Acesso em: 22 ago. 2023.

ENERGIA SOLAR, B. **Instalação de Energia Solar**: Quanto Custa + 7 Outras Informações Imprescindíveis. 2021. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/instalacao-de-energia-solar/>>. Acesso em: 03 out. 2023.

ENETEC, Consultoria Junior. **Energia Solar**: entenda o cenário a partir de 2023! 2023. Disponível em: <https://enetec.unb.br/blog/futuro-da-energia-solar/?gclid=CjwKCAjw3oqoBhAjEiwA_UaLtoSNU6y3J79zdUIj7u6XurnTkL5EDQHLEx2of9sPxc8_aDCKBoPzBoCyv8QAvD_BwE>. Acesso em: 14 set. 2023.

FERREIRA, J. T. **Viabilidade econômica do uso da energia fotovoltaica**: estudo de caso em edificação residencial unifamiliar. Monografia (Curso de Especialização: Produção e Gestão do Ambiente Construído) - Universidade Federal De Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

FRANCISCO, W. **Matemática financeira**. 7.ed. São Paulo: Atlas, p. 319, 1991.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. 7. ed. São Paulo: Harbra, 2010.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M. **Energia e meio ambiente**. Cengage Learning Editores, 2003.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. 2023. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/uirauna.html>>. Acesso em: 05 out. 2023.

LAPPONI, J. C. **Avaliação de Projetos de Investimento: Modelos em Excel**. São Paulo: Lapponi. 1996.

LIMA, L. C. **Avaliação dos investimentos em empresa avícola**. 2012.

MARTINS, C. **Plano de Negócios**. 2023. Disponível em: <https://www.carlosmartins.com.br/_bizplan/bizplan24.htm>. Acesso em: 09 ago. 2023.

MEGLIORINI, E.; VALLIM, M. A. **Administração financeira: uma abordagem brasileira**. Pearson Prentice Hall, 2009.

NAC, Núcleo de acesso ao crédito. **4 opções para quem busca financiamento para energia solar**. 2023. Disponível em: <<https://nac.cni.com.br/blog/financiamento-para-energia-solar/>>. Acesso em: 27 set. 2023.

ORIGO, Energia. **Taxa de energia solar: entenda como funciona**. 2023. Disponível em: <<https://origoenergia.com.br/blog/economia/taxa-de-energia-solar/>>. Acesso em: 02 out. 2023.

PADOVEZE, C. L. **Introdução à administração financeira: texto e exercícios**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 299, 2005.

RASOTO, A. et al. **Gestão Financeira: enfoque em inovação**. 1. ed. Curitiba: Aymará, v. 6, p. 140 p., 2012.

RDSTATION. **Como calcular o payback?** Saiba quando seus investimentos trarão retorno. Resultados Digitais. Disponível em: <<https://resultadosdigitais.com.br/vendas/payback/>>. Acesso em: 02 set. 2023.

SANTOS, E. O. **Administração financeira da pequena e média empresa**. São Paulo: Atlas, 2001.

SOLAR, E. H. **Marco legal da lei 14.300: saiba o que é e como funciona**. Disponível em: <<https://hccenergiasolar.com.br/marco-legal-da-lei-14-300-saiba-o-que-e-e-como-funciona/>>. Acesso em: 14 set. 2023.

SOLAR, N. **Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica e seus componentes**. São Paulo, 2023.

SOLAR, P. **Geração Compartilhada – Conheça as regras da ANEEL**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/geracao-compartilhada>>. Acesso em: 09 ago. 2023.

SOLAR, P. **Inversor solar: como é, como funciona e como escolher**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/inversor-solar-o-que-e>>. Acesso em: 22 ago. 2023.

SOLAVISTA. Energia (ed.). **O papel social da energia solar fotovoltaica**. Paulista - PE, 2023. Disponível em: <<https://www.solavistaenergy.com.br/o-papel-social-da-energia-solar-fotovoltaica>>. Acesso em: 21 set. 2023.

SOLMAIS, B. **Energia solar no Brasil: cenário, desafios e futuro!** 2023. Disponível em: <https://solmais.com.br/blog/energia-solar-no-brasil/?gclid=Cj0KCQjw1OmoBhDXARIsAAAYGSEgvHUn96x4F4s7DOPqqqv0gL7kyfMsGjaByUmCIO2Q7OMBdEoRVwaAspMEALw_wcB>. Acesso em: 02 out. 2023.

SOLUÇÕES, Engie. **Como é composto o sistema de energia solar fotovoltaica?** 2018. Disponível em: <https://blog-solucoes.engie.com.br/energia-solar/como-e-composto-o-sistema-de-energia-solar/?gclid=CjwKCAjw3oqoBhAjEiwA_UaLtvwe0X7kKffUysg7z6wMPX6uEygrX2ESNjrT_eFd-yZHR_eI23xRDBoCfDIQAvD_BwE>. Acesso em: 14 set. 2023.

SOUSA, R. **Energia Solar**. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/energia-solar.htm>>. Acesso em: 31 ago. 2023.

TECNOBLOG. **O que é TIR?** [Taxa Interna de Retorno]. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-tir-taxa-interna-de-retorno/>>. Acesso em: 30 ago. 2023.

TOLMASQUIM, M. T. **Fontes renováveis de energia no Brasil**. Cenergia, Coppe-Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação em Engenharia, UFRJ-Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.