

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS* BETIM
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Alice Nascimento Marques Dias

**VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO COM
COMPENSAÇÃO DE CRÉDITOS DE ENERGIA PARA MÚLTIPLAS UNIDADES
CONSUMIDORAS**
**Estudo de Caso em Microgeração Distribuída Residencial sob a Vigência da
Resolução Normativa Aneel 1000 de 2021 (REN 1000)**

Betim
2025

Alice Nascimento Marques Dias

**VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO COM
COMPENSAÇÃO DE CRÉDITOS DE ENERGIA PARA MÚLTIPLAS UNIDADES
CONSUMIDORAS**

**Estudo de Caso em Microgeração Distribuída Residencial sob a Vigência da
Resolução Normativa Aneel 1000 de 2021 (REN 1000)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora do curso de Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais *Campus* Betim, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Orientador: Profº Me Virgil Del Duca Almeida

Betim

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

D541v Dias, Alice Nascimento Marques

Viabilidade técnico-econômica de um sistema fotovoltaico com compensação de créditos de energia para múltiplas unidades consumidoras: estudo de Caso em microgeração distribuída residencial sob a vigência da Resolução Normativa ANEEL 1000 de 2021 (REN 1000) / Alice Nascimento Marques Dias. – 2025.

48 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Câmpus Betim, 2025.

Orientação: Prof. Me. Virgil Del Duca Almeida

1. Sistemas de energia fotovoltaica. 2. Microgeração distribuída. 3. Compensação de créditos. 4. Viabilidade econômica. 5. Engenharia de Controle e Automação. I. Dias, Alice Nascimento Marques. II. Título.

CDU: 621.31



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Betim
Diretoria de Ensino
Docentes Automação Industrial e Tecnologia da Informação
Rua Itamarati - CEP 32677-564 - Betim - MG
3135976360 - www.ifmg.edu.br

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 18 dias do mês de Agosto do ano de 2025, às dezenove horas e 40 minutos, nas dependências do IFMG – *Campus* Betim, reuniu-se a banca examinadora presidida por mim, Virgil Del Duca Almeida e demais membros, Daniel Almeida Godinho e Welinton La Fontaine Lopes. Nesta ocasião a discente **ALICE NASCIMENTO MARQUES DIAS** do curso de Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação, com registro acadêmico de número 0029509 do IFMG – *Campus* Betim, defendeu seu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO COM COMPENSAÇÃO DE CRÉDITOS DE ENERGIA PARA MÚLTIPLAS UNIDADES CONSUMIDORAS: Estudo de caso em micro geração distribuída residencial sob a vigência da resolução normativa ANEEL 482 de 2012” e foi **APROVADA**, com 85 (**Oitenta e cinco**) pontos.

Este resultado reflete o cumprimento parcial dos critérios de avaliação estabelecidos pelo curso e reconhece os esforços e a dedicação da discente e seu orientador no desenvolvimento do seu TCC. O lançamento da nota e o conseqüente encerramento do respectivo processo está condicionado ao cumprimento dos procedimentos pós-defesa conforme previstos nos regulamentos vigentes. Tais procedimentos pós-defesa devem ser finalizados dentro do prazo limite de 5 dias, a contar da data desta ata. O descumprimento destes procedimentos até a data estipulada implicará em atribuição de nota 0 (zero) e conseqüente reprovação.

A sessão foi encerrada às vinte e uma horas. Para constar, eu, Virgil Del Duca Almeida, redigi a presente ata, foi aprovada e assinada pelos membros da banca examinadora.

[Assinam: Membros da banca e discente]

Betim, 19 de agosto de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Virgil Del Duca Almeida, Professor**, em 19/08/2025, às 19:32, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Welinton La Fontaine Lopes, Professor**, em 19/08/2025, às 20:42, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Daniel Almeida Godinho, Professor Substituto**, em 20/08/2025, às 06:52, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2424081** e o código CRC **E256301E**.

23792.001301/2025-43

2424081v1

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus, que me deu o dom da vida e a oportunidade de realizar este sonho. Agradeço também aos meus pais, Darci e Luciane, pelo amor, apoio e incentivo que me deram ao longo de toda a minha trajetória acadêmica. À minha família, agradeço pelo carinho e compreensão. Aos meus amigos, agradeço pela amizade e companheirismo, por me ouvir por horas sem saber que rumo seguir. E, ao meu namorado, Aureliano, agradeço pelo amor, apoio e paciência.

Agradeço também ao meu orientador, Virgil, pela orientação e apoio ao longo deste projeto.

Muito obrigado a todos que contribuíram para a realização deste sonho!

RESUMO

Este trabalho analisa a viabilidade técnica e econômica da instalação de um sistema fotovoltaico residencial destinado à compensação de créditos de energia para múltiplas unidades consumidoras vinculadas ao mesmo titular (CPF/CNPJ). A metodologia combinou pesquisa bibliográfica, análise documental de faturas de energia e estudo de caso de um sistema em operação real. Foi desenvolvida uma planilha eletrônica personalizada, que automatiza o cálculo da geração, do consumo e da redistribuição dos créditos energéticos entre as unidades envolvidas. Os resultados indicaram que, mesmo com a incidência de encargos fixos como a tarifa mínima e a Contribuição de Iluminação Pública (CIP), o sistema fotovoltaico apresentou elevada eficiência, gerando excedentes mensais que permitiram o acúmulo progressivo de créditos e a redução do valor da conta. O tempo de retorno do investimento foi estimado entre 3,5 e 4 anos, mantendo a atratividade econômica do projeto. A análise demonstrou ainda a importância do correto dimensionamento do sistema, da utilização de medidores bidirecionais e da automatização dos cálculos como forma de otimizar o uso dos créditos. O trabalho conclui que a microgeração distribuída pode ser uma alternativa sustentável, financeiramente vantajosa e tecnicamente replicável em contextos residenciais.

Palavras-chave: Energia solar fotovoltaica; Microgeração distribuída; Compensação de créditos; Viabilidade econômica.

ABSTRACT

This work analyzes the technical and economic feasibility of installing a residential photovoltaic system aimed at credit compensation of energy for multiple consumer units linked to the same holder (CPF/CNPJ). The methodology combined bibliographic research, documentary analysis of energy bills, and a case study of a system in real operation. A customized spreadsheet was developed, which automates the calculation of generation, consumption, and redistribution of energy credits among the units involved. The results indicated that, even with the incidence of fixed charges such as the minimum tariff and the Public Lighting Contribution (CIP), the photovoltaic system showed high efficiency, generating monthly surpluses that allowed the progressive accumulation of credits and the reduction of the bill value. The payback period of the investment was estimated between 3.5 and 4 years, maintaining the economic attractiveness of the project. The analysis also demonstrated the importance of correct system sizing, the use of bidirectional meters, and the automation of calculations as a way to optimize the use of credits. The work concludes that distributed microgeneration can be a sustainable, financially advantageous, and technically replicable alternative in residential contexts.

Keywords: Photovoltaic solar energy; Distributed microgeneration; Credit compensation; Economic feasibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de conta descritiva de abastecimento fotovoltaico	23
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Geração fornecida ao longo dos meses	36
Gráfico 2 - Consumo ao longo dos meses	36
Gráfico 3 – Porcentagem de compensação da energia	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo Resolução 1000/2021, Lei 14300 e Resolução 1059/2023	18
Tabela 2 - Valores de Tarifas e Serviços	25
Tabela 3 – Retorno do investimento.....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Justificativa	13
1.2 Colocação do Problema	14
1.3 Objetivos	14
1.4 Organização do Trabalho	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 Como interpretar uma conta da CEMIG com geração distribuída	21
2.2 Como fica a conta de energia após a instalação do sistema fotovoltaico? ..	22
2.2.1 Classes e subclasses	24
2.3 Taxa mínima	24
2.3.1 Informações gerais	25
2.3.2 Energia injetada	26
2.4 Como é feito o cálculo da cobrança da fatura da conta de energia	27
2.5 Como funcionam os impostos na conta de energia depois de instalado o sistema fotovoltaico?	27
2.6 Como funcionam os créditos na nova conta de energia	29
2.7 Quem pode aderir aos créditos de energia?	29
2.8 Como os créditos são contabilizados?	30
3 METODOLOGIA	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	41
APÊNDICE A – DEMONSTRAÇÃO DA PLANILHA CONFECCIONADA	48

1 INTRODUÇÃO

O aumento do consumo de energia elétrica ao longo dos anos tem gerado uma dependência crescente da população em relação a essa forma de energia, essencial para as atividades cotidianas, tanto em residências quanto em ambientes de trabalho, indústrias e lazer. Esta crescente demanda tem levado muitas pessoas a buscarem alternativas para reduzir os gastos com a conta de energia, sendo a microgeração de energia através de painéis fotovoltaicos uma das soluções disponíveis no mercado. A energia fotovoltaica consiste na conversão da luz solar em eletricidade por meio de células fotovoltaicas. Esta energia, além de promover a economia na conta de luz, a energia fotovoltaica se destaca por ser uma fonte limpa e renovável, contribuindo para a preservação do meio ambiente.

Os sistemas de microgeração possuem diversas aplicações, abrangendo setores residencial, industrial, comercial, iluminação pública, áreas remotas, entre outros. Para a instalação de uma usina de microgeração, é imprescindível a elaboração de um projeto que dimensione e especifique as características do sistema a ser implementado.

1.1 Justificativa

Quando instalado um sistema fotovoltaico em uma residência, este pode atender à diversas unidades consumidoras, na forma de geração distribuída, desde que as instalações estejam cadastrados sob um mesmo CPF ou CNPJ.

Foi instalado um sistema em uma residência na cidade de Ibirité – Minas Gerais, onde se têm 3 unidades consumidoras no mesmo CPF, sendo elas Casa 1 (unidade geradora do sistema), Casa 2 e Rancho.

O sistema foi projetado de forma a gerar energia suficiente para atender mais de uma residência, gerando assim um crédito excedente que poderá ser distribuído entre as instalações. Para o envio desses créditos excedentes da unidade geradora, é necessário cadastrar no site da Cemig (Companhia Energética de Minas Gerais) a porcentagem da energia extra gerada que será enviado para cada uma das instalações disponíveis.

1.2 Colocação do Problema

Ao instalar o sistema fotovoltaico na Casa 1, foi necessário fazer a distribuição dos créditos no site da Cemig, assim surgiu a necessidade de saber qual seria a porcentagem ideal de distribuição de forma a otimizar e evitar perdas financeiras com acumulo e vencimento dos créditos.

1.3 Objetivos

Os objetivos deste TCC são:

- Projetar uma planilha para cálculo do rateio da energia gerada em uma unidade consumidora para outras unidades;
- Analisar os dados de um sistema fotovoltaico já existente;
- Analisar a fatura de energia para obtenção das informações necessárias;
- Calcular o prazo de retorno do investimento (R\$12.000,00) para instalação da usina.

1.4 Organização do Trabalho

O trabalho está estruturado em quatro partes: a primeira aborda a fundamentação teórica, com a busca por estudos e pesquisas que contribuam para a compreensão do sistema; a segunda apresenta o projeto desenvolvido para atender às demandas das residências; a terceira parte analisa os resultados alcançados com o sistema e o retorno do investimento; e, por fim, a quarta parte discute a necessidade de possíveis melhorias no sistema visando seu aperfeiçoamento.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Existem várias formas de economizar na fatura de energia utilizando tecnologias eficientes e fontes renováveis. A energia fotovoltaica é uma opção popular para gerar eletricidade a partir da luz solar, reduzindo a dependência da rede elétrica e diminuindo custos. O aquecimento de água com sistemas eficientes, como aquecedores solares, também ajuda a reduzir o consumo de energia elétrica. Além disso, práticas como o uso de lâmpadas LED, eletrodomésticos eficientes e controle do consumo podem contribuir significativamente para a economia de energia. Com essas soluções, é possível reduzir custos e também o impacto ambiental.

No Brasil, cerca de 85% da produção de energia elétrica vem de fontes renováveis. A maior parte é produzida em hidrelétricas, porém vem ocorrendo um aumento na produção de energia eólica e solar. Segundo o Ministério de Minas e Energia, em 2020 a capacidade de produção da energia solar cresceu 62% no Brasil, considerando o ano anterior. Muitas pessoas têm buscado essa alternativa para reduzir o valor da conta de energia (Rodrigues *et al.*, 2021).

De acordo com Santos (2023), os métodos e tecnologias para a geração de energia solar no Brasil incluem principalmente sistemas fotovoltaicos e concentradores solares. Os sistemas fotovoltaicos convertem diretamente a luz solar em eletricidade através do efeito fotoelétrico, enquanto os concentradores solares utilizam espelhos ou lentes para focar a luz solar em um ponto, gerando calor que pode ser convertido em eletricidade. A simplicidade e a modularidade dos sistemas fotovoltaicos, além da baixa necessidade de manutenção, tornam essa tecnologia uma opção atraente para residências e instituições (Rodrigues *et al.*, 2019).

A energia solar é considerada uma fonte limpa e sustentável, com um potencial significativo para atender à crescente demanda energética do Brasil (Cruz; Soltau, 2021). A eficiência energética é um aspecto crucial na implementação de tecnologias solares. O uso eficiente de energia renovável é frequentemente destacado como uma estratégia para garantir um desenvolvimento sustentável, minimizando impactos ambientais (Martins; Silva, 2022).

A adoção de sistemas fotovoltaicos em ambientes urbanos, como escolas e hospitais, tem demonstrado não apenas a viabilidade econômica, mas também a capacidade de reduzir custos com energia elétrica (Rodrigues *et al.*, 2019; Melo; Almeida, 2023). Além disso, a integração de tecnologias de automação e

monitoramento pode otimizar o desempenho dos sistemas solares, aumentando sua eficiência e confiabilidade (Silva *et al.*, 2022).

A modelagem e simulação de sistemas solares também são áreas em crescimento, permitindo a análise de desempenho e a otimização de projetos. Estudos como o de Imai *et al.*, (2020); Paixão *et al.*, (2021) têm utilizado simulações computacionais para prever a geração de energia em diferentes cenários climáticos e geográficos, o que é fundamental para a tomada de decisões informadas na implementação de projetos solares.

A combinação de tecnologias fotovoltaicas e de aquecimento solar pode maximizar a utilização da energia solar, atendendo a diferentes necessidades energéticas de forma eficiente (Santos *et al.*, 2020). A pesquisa e desenvolvimento em energias renováveis no Brasil têm se concentrado em inovações tecnológicas que aumentem a eficiência e a acessibilidade das fontes de energia solar (Lima *et al.*, 2022; Fernandes, 2024).

A análise da viabilidade econômica de projetos solares é essencial para a sua implementação. Estudos têm demonstrado que os sistemas fotovoltaicos podem resultar em economias substanciais a longo prazo (Rodrigues *et al.*, 2018; Maimoni; Cardoso, 2020). A interação entre a geração distribuída de energia solar e as redes de distribuição elétrica está se tornando cada vez mais relevante (Paixão *et al.*, 2021; Silva; Guerrieri, 2023).

Após a publicação da Resolução Normativa nº 482/2012, que estabeleceu as bases para a geração distribuída no Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) atualizou o marco regulatório com normas complementares, como a Resolução nº 687/2015, que detalhou procedimentos e condições para a conexão dos sistemas fotovoltaicos à rede, ampliando as possibilidades de participação dos consumidores. Mais recentemente, a Resolução nº 1000/2021 consolidou e modernizou diversas regras do setor elétrico, incluindo as relacionadas à micro e minigeração distribuída, buscando dar maior clareza e padronização aos processos. Em continuidade a esse avanço regulatório, a Lei nº 14.300/2022 instituiu o Marco Legal da Geração Distribuída, trazendo regras mais detalhadas sobre a compensação de créditos de energia, prazos de transição e direitos dos consumidores, o que fortaleceu ainda mais a segurança jurídica e impulsionou o crescimento da energia solar no país. Essas atualizações foram fundamentais para estruturar o setor e ampliar o acesso à geração fotovoltaica.

Nos últimos anos, o marco regulatório da geração distribuída fotovoltaica passou por atualizações significativas. A Resolução Normativa nº 1.000/2021 consolidou diversas normas anteriores, definindo procedimentos operacionais, padrões técnicos de conexão e regras de acesso à rede elétrica para micro e minigeração distribuída, garantindo maior clareza e padronização para consumidores e distribuidoras.

Complementando este avanço, a Lei nº 14.300/2022 instituiu o Marco Legal da Geração Distribuída, estabelecendo direitos dos consumidores, regras de compensação de créditos de energia e prazos de transição tarifária. Destaca-se a distinção entre GD I, que mantém a compensação integral até 2045, e GD II, que passa a pagar gradualmente a TUSD (Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição) Fio B, promovendo equilíbrio entre incentivo à geração distribuída e sustentabilidade econômica do sistema elétrico.

Mais recentemente, a Resolução Normativa nº 1.059/2023 detalhou a aplicação prática da Lei 14.300, regulamentando o cálculo da compensação de créditos, a valoração dos benefícios da geração distribuída e os critérios de faturamento das distribuidoras, sendo essencial para a operacionalização da transição tarifária.

Dentro desse contexto regulatório, é importante destacar as diferenças entre a Resolução Normativa nº 1.000/2021 da ANEEL, a Lei nº 14.300/2022 e a Resolução Normativa nº 1.059/2023, todas fundamentais para a consolidação da geração distribuída fotovoltaica no Brasil. Enquanto a Resolução 1.000 organiza os aspectos técnicos e operacionais do acesso e conexão à rede, a Lei 14.300 estabelece o Marco Legal da Geração Distribuída, definindo regras sobre compensação de créditos, transição tarifária e direitos dos consumidores. Já a Resolução 1.059 detalha a aplicação prática da lei, regulamentando a forma de cálculo da compensação, os percentuais da TUSD Fio B, a valoração dos benefícios da geração distribuída e os critérios de faturamento. A tabela 1 a seguir apresenta um comparativo entre esses três instrumentos, evidenciando seus pontos principais e impactos diretos sobre a geração fotovoltaica.

Tabela 1 – Comparativo Resolução 1000/2021, Lei 14300 e Resolução 1059/2023

Aspecto comparado	Resolução Normativa nº 1.000/2021 (ANEEL)	Lei nº 14.300/2022 (Marco Legal da GD)	Resolução Normativa nº 1.059/2023 (ANEEL)	Impactos na geração fotovoltaica
Escopo e finalidade	Consolida regras da prestação do serviço público de distribuição: acesso, conexão, segurança, medição e faturamento.	Cria o Marco Legal da Micro e Minigeração Distribuída (GD) e institui o SCEE.	Regulamenta a aplicação prática da Lei 14.300, detalhando compensação, faturamento, tarifas e percentuais de transição.	Garante a operacionalização legal e técnica dos sistemas FV na distribuidora.
Definição de micro e mini GD	Segue parâmetros regulatórios complementares.	Micro: até 75 kW; Mini: acima de 75 kW até 5 MW.	Mantém os limites da Lei, aplicando nas regras de faturamento e enquadramento.	Dá clareza para classificação de sistemas FV.
Modalidades de geração compartilhada	Reconhece e operacionaliza a (autoconsumo remoto, geração	Positivou as modalidades no SCEE.	Detalha como distribuidoras devem contabilizar e faturar	Mais segurança jurídica para cooperativas/consórcios FV.

	compartilhada, EMUC).		essas modalidades	
Regras de conexão e prazos	Define prazos técnicos, padrões de segurança e obrigações da distribuidora.	Estabelece princípios gerais, remete à ANEEL para os detalhes.	Consolida prazos e obrigações das distribuidoras, alinhados à transição da Lei.	Maior previsibilidade nos processos de acesso de usinas FV.
Regime de compensação de créditos	Define regras de faturamento e compensação via distribuidoras.	Estabelece regime de transição: GD I (até 7/1/23) mantém 100% até 2045; GD II (a partir de 8/1/23) paga progressivamente TUSD Fio B até 2029.	Detalha como calcular os percentuais da TUSD Fio B e como aplicar a valoração de benefícios da GD a partir de 2029.	Essencial para calcular retorno financeiro real de projetos FV.
Limites de potência e enquadramento	Aplica os limites definidos em lei.	Estabelece limite de 5 MW e data de corte (7/1/23) para transição.	Ratifica o limite e orienta distribuidoras quanto ao enquadramento de novas solicitações.	Define claramente a elegibilidade de sistemas FV.

Medição e faturamento	Detalha procedimentos técnicos de medição e emissão de fatura.	Define prazos e validade dos créditos no SCEE.	Define modelos de fatura, critérios de validade de créditos e regras para faturamento de excedentes.	Transparência para o consumidor FV sobre créditos e tarifas.
Penalidades e responsabilidades	Permite suspensão do fornecimento e ressarcimento em caso de descumprimento técnico.	Não define penalidades técnicas, remete à ANEEL.	Estabelece penalidades administrativas em casos de descumprimento de regras da compensação.	Consumidores e integradores FV precisam seguir fielmente regras da distribuidora.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A educação e a conscientização sobre as energias renováveis também desempenham um papel vital na transição para uma matriz energética mais sustentável. O Brasil está em uma trajetória de crescimento significativo na adoção de energia solar, impulsionada por inovações tecnológicas, políticas públicas favoráveis e uma crescente conscientização sobre a importância da sustentabilidade. O futuro da matriz energética brasileira parece promissor, com a energia solar desempenhando um papel central na busca por um sistema energético mais limpo e sustentável.

2.1 Como interpretar uma conta da CEMIG com geração distribuída

Instalado o sistema fotovoltaico, ele pode contribuir com a redução significativa do valor pago na conta de energia elétrica. Essa redução não será de 100%, pois existe um custo de disponibilidade da rede, cobrado pela CEMIG, e uma taxa de iluminação pública e que são obrigatórias e essas são cobradas na conta de energia¹.

Para entender como um sistema fotovoltaico pode efetivamente contribuir para a redução do valor pago na conta de energia elétrica, é fundamental realizar uma análise detalhada dos diversos componentes que aparecem na fatura de energia mensal. Essa compreensão é essencial para que se consiga maximizar os benefícios do uso da energia solar onde quer que seja.

Primeiramente, o consumo de energia é o valor que representa a quantidade de energia realmente utilizada durante o mês, e esse consumo é medido em quilowatts-hora (kWh) (Guerreiro; Pacca, 2023). Ao produzir a própria energia, é possível reduzir significativamente o valor total da conta de luz (Micheletti *et al.*, 2023).

Além do consumo de energia, é necessário mencionar o Custo de Disponibilidade, que também é chamado de tarifa fixa. Como esclarece Lopez *et al.*, (2022), este valor é um pagamento mínimo que geralmente é cobrado pela distribuidora de energia, assegurando assim o acesso à rede elétrica. Mesmo que se tenha um sistema fotovoltaico que consiga diminuir o consumo de energia, essa tarifa de disponibilidade pode continuar a ser cobrada mensalmente, pois ela refere-se à infraestrutura e à disponibilidade de eletricidade na região, independente da eficiência da geração solar (Tambo *et al.*, 2020).

Outro componente que merece destaque é a taxa de iluminação pública, que é uma cobrança adicional que costuma aparecer na conta de energia. Esta taxa é destinada à manutenção e operação da iluminação pública nas vias e áreas urbanas (Santos *et al.*, 2022). É importante ressaltar que essa taxa também não é afetada pelo sistema fotovoltaico instalado, pois não está relacionada ao consumo individual, mas sim à infraestrutura pública (Debastiani *et al.*, 2022).

Além disso, existem também os impostos que podem incidir sobre a conta de energia, como o ICMS e o PIS/COFINS. De acordo com Souza e Aristone (2018),

¹ <https://www.cemig.com.br/atendimento/valores-de-tarifas-e-servicos/>

essa parte da fatura geralmente não é eliminada ou reduzida com o uso de energia solar, o que significa que, mesmo com um sistema fotovoltaico, ainda será necessário considerar a existência desses encargos tributários nas contas mensais.

Em resumo, um sistema fotovoltaico pode gerar uma economia significativa na conta de luz ao promover a redução do consumo total, no entanto, é importante lembrar que a diminuição total do valor da fatura não será de 100% (Viana *et al.*, 2019). Essa variação reforça a necessidade de um planejamento adequado ao investir em um sistema de energia solar, pontua Esposito (2023).

2.2 Como fica a conta de energia após a instalação do sistema fotovoltaico?

Onde o sistema fotovoltaico é instalado se tem a compensação de créditos gerados na conta e ainda se têm a possibilidade de enviar os créditos excedentes para outras instalações. As instalações que receberão os créditos precisam estar cadastradas no mesmo CPF ou CNPJ da unidade geradora e deverá estar na mesma empresa de distribuição de energia.

Esse processo de cobrança dado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) na conta é “Sistema de compensação de energia elétrica”. O faturamento é regido pelo art. 7º da Resolução Normativa nº 1000:2021.

Na Figura 1 podemos ver um exemplo de layout de uma conta, semelhante a utilizada pelas concessionárias de energia:

Figura 1 - Exemplo de conta descritiva de abastecimento fotovoltaico

CLASSE Residencial Bifásico	1 SUBCLASSE Residencial Geração Distribuída	DATAS DE LEITURA Anterior Atual Próxima	DATAS DA NOTA FISCAL Emissão Apresentação	Nº DA NOTA FISCAL XXXXXXXXXXXXXXXXXX																	
3 Nº DA NOTA FISCAL																					
Tipo de medição	Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante de multiplicação	Consumo kWh																
Energia kWh	xxxxxxxxxx	x	239	1	239																
Energia Injetada	xxxxxxxxxx	x	528	1	528																
5 INFORMAÇÕES GERAIS			VALORES FATURADOS																		
Saldo atual geração distribuída 289 kWh			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descrição</th> <th>Quantidade</th> <th>Preço</th> <th>Valor(R\$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Energia Elétrica kWh</td> <td>239</td> <td>0,807</td> <td>192,85</td> </tr> <tr> <td>Dif. Custo Disponib. Res. 482 2</td> <td>50</td> <td></td> <td>40,32</td> </tr> <tr> <td>Energia Injetada kWh 4</td> <td>239</td> <td></td> <td>-192,85</td> </tr> </tbody> </table>			Descrição	Quantidade	Preço	Valor(R\$)	Energia Elétrica kWh	239	0,807	192,85	Dif. Custo Disponib. Res. 482 2	50		40,32	Energia Injetada kWh 4	239		-192,85
Descrição	Quantidade	Preço	Valor(R\$)																		
Energia Elétrica kWh	239	0,807	192,85																		
Dif. Custo Disponib. Res. 482 2	50		40,32																		
Energia Injetada kWh 4	239		-192,85																		
Bandeiras tarifárias Mês anterior - Mês atual			ENCARGOS / COBRANÇAS																		
			Contrib. Custeio Ilum. Pública 17,80																		
			TARIFAS APLICADAS (SEM IMPOSTOS)																		
			Energia Elétrica kWh 0,534																		
			Dif. Custo Disponib. Res. 482 0,534																		
			ADICIONAL BANDEIRAS																		
			Bandeira vermelha 1,59																		
INDICADORES DE QUALIDADE DE FORNECIMENTO			VENCIMENTO xx/xx/xxxx																		
INFORMAÇÕES DE FATURAMENTO			6 VALOR A PAGAR R\$ 58,12																		
HISTÓRICO DO CONSUMO																					
Mês/Ano	Consumo kWh	Média kWh/dia	Dias de Faturamento																		
			ICMS	PASEP	COFINS																

Fonte: Site Solarvolt Energia. Disponível em: <(https://solarvolt.com.br/como-interpretar-sua-conta-de-energia-apos-instalacao-do-sistema-fotovoltaico/)>. Acesso em: 24 ago. 2024.

No item 1, temos a subclasse. No exemplo essa subclasse é a “Residencial Geração Distribuída”. Assim sendo o cliente pode optar por seguir conectado à rede pública e é necessário pagar os encargos obrigatórios que é o somatório do custo de disponibilidade indicado no item 2 e a taxa de iluminação pública e pagar o consumo quando esse valor ultrapassar o saldo disponível. O valor varia de acordo com a quantidade de fases que o cliente está conectado, podendo ser monofásico, bifásico e trifásico segundo a Resolução Normativa nº 414:2010 (ANEEL, 2010)

No item 3 é possível obter detalhes do sistema fotovoltaico. Podemos observar que o consumo foi de 239 kWh, sendo descontado da energia injetada na rede que está indicada pelo item 4. O item 5 informará o saldo creditado acumulado

ao longo do período, neste exemplo o cliente pagou o valor da taxa mínima junto com a taxa de iluminação pública e recebeu um crédito.

A seguir tem-se as indicações de cada um dos elementos tratados.

2.2.1 Classes e subclasses

As classes podem ser:

- Residencial;
- Industrial;
- Comercial;
- Rural;
- Poder Público etc.

Já as subclasses são divisões das classes de consumo relativas a cada tipo de consumidor, conforme a RN 1000:2021.

2.3 Taxa mínima

Em uma unidade consumidora, mesmo sem consumo, se tem um valor de taxa mínima. Para os consumidores tipo B a tarifa é aplicada quando o consumo medido é menor do que aquele estipulado pela ANEEL na norma 414/2010. O consumo mínimo varia de acordo com a alimentação da unidade consumidora:

1. 30 kWh, se monofásico ou bifásico a 2 (dois) condutores;
2. 50 kWh, se bifásico a 3 (três) condutores;
3. 100 kWh, se for trifásico.

Quando o consumidor está enquadrado no tipo A e não opta pelo faturamento do tipo B, se o consumo for igual ou menor que a energia produzida pelo sistema, ele pagará a demanda contratada.

A taxa de iluminação pública é cobrada na fatura pela prefeitura do município onde está a instalação, recebendo a denominação de CIP (Contribuição de Iluminação Pública) ou Cosip (Custeio do Serviço de Iluminação Pública). De acordo com a Constituição Federal, no art. 149-A, essa tarifa é regulada por leis municipais (BRASIL, 1988).

2.3.1 Informações gerais

As informações gerais são onde constam os detalhes da bandeira tarifária vigente (verde, amarela, vermelha 1 e 2), que é o sistema criado pela ANEEL para sinalizar aos consumidores os custos variáveis da geração conforme Tabela 2 e o saldo de créditos de energia disponíveis na instalação.

Tabela 2 - Valores de Tarifas e Serviços

B1 - RESIDENCIAL NORMAL	BANDEIRA VERDE - CONSUMO R\$/kWh	BANDEIRA AMARELA - CONSUMO R\$/kWh	BANDEIRA VERMELHA 1 - CONSUMO R\$/kWh	BANDEIRA VERMELHA 2 - CONSUMO R\$/kWh
<i>Residencial Normal - Consumo R\$/kWh</i>	0,85858	0,8774300	0,9032100	0,9373500
B1 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA - RESIDENCIAL NORMAL (CONSUMO R\$/kWh)	BANDEIRA VERDE - CONSUMO R\$/kWh	BANDEIRA AMARELA - CONSUMO R\$/kWh	BANDEIRA VERMELHA 1 - CONSUMO R\$/kWh	BANDEIRA VERMELHA 2 - CONSUMO R\$/kWh
<i>Residencial Normal - Consumo R\$/kWh</i>	0,58357	0,6024200	0,6282000	0,6623400

Fonte: Site Cemig. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/atendimento/valores-de-tarifas-e-servicos/>>. Acesso em: 10 ago. 2025.

Em casos onde o crédito estiver sendo enviado em 100% para outras instalações, o saldo na instalação geradora ficará como zero ou com o mesmo valor anterior e o saldo será compensado nas outras instalações conforme distribuição cadastrada. A forma de consumir o saldo da unidade geradora é em caso de falha na geração ou desconexão da usina fotovoltaica.

A porcentagem da compensação entre as instalações poderá ser calculada utilizando a planilha construída na análise deste trabalho utilizando como base os dados de consumo das outras instalações que estão no mesmo CPF ou CNPJ da

unidade geradora. Esse cadastro é realizado junto a distribuidora, no caso da Cemig através da Agência virtual².

2.3.2 Energia injetada

A energia injetada é o quanto o sistema fotovoltaico gerou, é o valor a ser utilizado para descontar no consumo da instalação, de acordo com Bassotto *et al.*, (2022). Este conceito é fundamental para entender como a geração de energia solar pode impactar a economia de uma residência ou empresa, uma vez que a energia injetada na rede pode ser utilizada para compensar o consumo em períodos de baixa geração (Morais *et al.*, 2021).

A quantidade de energia injetada depende de diversos fatores, incluindo a eficiência do sistema fotovoltaico, a incidência de radiação solar e as condições climáticas locais, conforme destaca Guerreiro e Pacca (2023). Por exemplo, estudos mostram que a radiação solar é efetiva durante todo o ano, mas apresenta picos em horários específicos, como às 14h, quando a incidência pode atingir valores elevados (Alves *et al.*, 2021). Essa variabilidade na geração de energia solar é um aspecto crucial a ser considerado na análise da viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos (Brito, 2023).

Além disso, a energia injetada pode ser afetada por perdas na geração, que podem ocorrer devido a fatores como sujeira nos painéis e degradação dos módulos ao longo do tempo (Santos, 2020). Portanto, é essencial que os proprietários de sistemas fotovoltaicos realizem manutenções regulares e considerem a instalação de tecnologias que maximizem a eficiência da geração (Silva *et al.*, 2023). A gestão adequada da energia injetada não apenas contribui para a redução das contas de energia, mas também desempenha um papel importante na sustentabilidade e na redução das emissões de carbono (Brito, 2023).

² <https://www.atendimento.cemig.com.br/portal/services/compensation-gd>

2.4 Como é feito o cálculo da cobrança da fatura da conta de energia

Quando a instalação produz menos do que o consumido, é utilizado o crédito acumulado e quando este é suficiente e descontado o excedente deste valor, quando o crédito não é suficiente, será abatido o saldo existente e será cobrado o valor consumido a mais, junto com a taxa mínima e a taxa de iluminação pública.

No exemplo a seguir será apresentado um exemplo da cobrança: Em janeiro de 2023, foi instalado um sistema de geração de energia solar, que começou a produzir eletricidade a partir da luz do sol. Em janeiro do mesmo ano, foi colocado um medidor bidirecional, que mede tanto a energia que o consumidor utiliza da rede elétrica, quanto a energia que ele gera e envia para a rede. Durante um mês, a energia injetada foi de 320kWh, o consumo foi de 170kWh, considerando os 50kWh da taxa de disponibilidade, temos que a energia compensada foi de 120kWh e o saldo acumulado foi de 200kWh.

É comum encontrar exemplos reais, comprovando não só a viabilidade, como também a rentabilidade do investimento em energia solar fotovoltaica. Com o crescente aumento da tarifa de consumo da energia elétrica, alguns consumidores já tiveram o retorno do investimento realizado em menos de 3 anos.

2.5 Como funcionam os impostos na conta de energia depois de instalado o sistema fotovoltaico?

Após a instalação de um sistema fotovoltaico, a conta de energia elétrica do consumidor pode sofrer alterações, mas alguns custos, como os impostos, permanecem, como visto anteriormente. A legislação pertinente, especificamente a Resolução Normativa nº 1000:2021.

Os impostos na conta de energia elétrica são compostos principalmente pelo ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) e, em alguns casos, PIS/COFINS, que são taxas impostas pelo uso de energia (Lima *et al.*, 2021). É relevante destacar que o ICMS é calculado sobre a energia total consumida e não considera a energia gerada e injetada na rede elétrica pelo consumidor que possui microgeração ou minigeração (Brasil, 2023).

Ademais, a legislação estabelece que os créditos de energia elétrica acumulados pela energia excedente gerada pelo sistema solar podem ser utilizados para compensar o consumo futuro em ciclos de faturamento subsequentes (Luz, 2023). Contudo, essa compensação não extingue a obrigação tributária até que a energia seja efetivamente consumida (Lima *et al.*, 2021).

Assim, os consumidores que adotam sistemas fotovoltaicos devem estar cientes de que, embora haja uma redução nos valores da conta de energia devido à autogeração, os impostos e tarifas associados ao consumo elétrico vão permanecer, influenciando o valor final a ser pago na fatura (Lima *et al.*, 2021). Em suma, a instalação de sistemas de geração de energia fotovoltaica pode reduzir custos, mas não elimina totalmente as obrigações fiscais (Luz, 2023; Brasil, 2023).

Outro fator a ser observado é o desconto de impostos. Apenas os estados do Amazonas, Santa Catarina e Paraná ainda não oferecem isenção de ICMS para quem detém um sistema de Geração Distribuída.

O imposto incide sobre a quantidade acumulada de créditos excedentes. Em um estado onde o ICMS é de 15%, a cada 1 kWh injetado por um sistema fotovoltaico, são gerados 0,85 kWh de créditos. No entanto, a Lei Federal nº 13.169 isentou o PIS e COFINS da energia solar excedente gerada por sistemas fotovoltaicos.

Conforme estabelecido pela Lei Federal nº 13.169, foi implementada uma isenção específica para os tributos PIS e COFINS que incidem sobre a energia solar excedente gerada por sistemas fotovoltaicos (Corval, 2024). Essa isenção é considerada um incentivo significativo para a adoção e a expansão da utilização da energia solar no Brasil (Correa; Cario, 2022; Bigas, 2024).

Ao eliminar a incidência desses impostos sobre a energia produzida em excesso, os consumidores podem usufruir dos benefícios da geração excedente sem enfrentar os encargos tributários habituais, tornando o sistema mais atrativo (Silva, 2023). Como resultado, isso não apenas amplia as possibilidades de economia financeira, mas também maximiza a eficiência e a viabilidade econômica dos sistemas de energia solar que os consumidores podem instalar (Cruz *et al.*, 2020; Freires *et al.*, 2021).

2.6 Como funcionam os créditos na nova conta de energia

Os créditos de energia são calculados com base na quantidade de energia gerada por sistemas fotovoltaicos e na energia consumida pelo cliente, levando em consideração fatores como a tarifa de energia e a legislação local (Camara *et al.*, 2023). Assim, conforme destaca Silva *et al.*, (2022), a eficiência do sistema de créditos pode variar de acordo com a localização geográfica e as condições climáticas, que influenciam a geração de energia solar.

Os créditos de energia têm um prazo de validade de cinco anos, o que oferece uma margem de segurança para os consumidores que enfrentam períodos de baixa geração, como durante o inverno ou em dias nublados (Rodrigues *et al.*, 2019). Essa característica é crucial para garantir que os investimentos em sistemas fotovoltaicos sejam viáveis a longo prazo, proporcionando um retorno financeiro consistente (Pinto *et al.*, 2021). Além disso, a regulamentação que permite a utilização desses créditos é um incentivo importante para a expansão da energia solar no Brasil, contribuindo para a diversificação da matriz energética e a redução das emissões de carbono (Brito, 2023).

Primeiro os créditos utilizados são aqueles gerados dentro do mês vigente e quando necessário utilizar o saldo acumulado anteriormente, ele começa a compensar do mais antigo para o mais recente afim de evitar perdas por vencimento.

2.7 Quem pode aderir aos créditos de energia?

No exemplo da fatura utilizada foi considerado um caso do grupo B (baixa tensão), todos os chamados “Consumidores cativos” para realizar os cálculos e os exemplos. O nome se refere aqueles usuários que consomem energia diretamente da distribuidora pública. As regras para essa concessão estão contidas na RN 414:2010 e os créditos gerados não podem ser vendidos (RN 1000:2021).

Os usuários de alta tensão, aqueles pertencentes ao grupo A que são grandes consumidores de energia, de outra forma, eles podem ter a fatura mensal de energia da concessionária zerada, uma vez que a energia injetada no mês seja igual ou maior que o consumo, então, é paga somente a taxa mínima, ou seja, a demanda que contratada pelo cliente.

2.8 Como os créditos são contabilizados?

A energia é contabilizada através de um medidor bidirecional, que é instalado pela concessionária quando se instala o sistema fotovoltaico e faz-se a solicitação, segundo Oliveira e Filho (2021). O equipamento é de responsabilidade da concessionária local, ou seja, sem custos de instalação e manutenções para os clientes em baixa tensão (Bassotto *et al.*, 2022). O medidor não mede a geração total da usina, pois parte da geração é consumida instantaneamente; assim, ele mede o excedente da geração (Santos, 2020). É possível transferir o crédito para locais cadastrados no mesmo CPF ou CNPJ, desde que estes estejam na mesma área coberta pela concessionária (Silva, 2022). É possível utilizar os créditos por até 5 anos, o que pode ser vantajoso em casos de falhas do sistema ou dificuldades climáticas que possam afetar a geração (Souza; Aristone, 2018).

A contabilização dos créditos de energia é uma prática que visa otimizar o uso da energia gerada por sistemas fotovoltaicos, permitindo que os consumidores aproveitem ao máximo a energia que produzem (Alves *et al.*, 2021). Quando o sistema fotovoltaico gera mais energia do que o consumo, o excedente é contabilizado como créditos, que podem ser utilizados em períodos de menor geração (Nascimento *et al.*, 2021). Como já sinalizado, essa flexibilidade é especialmente importante em regiões onde a variabilidade climática pode impactar a produção de energia solar (Passos, 2024).

Além disso, a possibilidade de transferir créditos entre diferentes unidades consumidoras cadastradas no mesmo CPF ou CNPJ é uma característica que amplia a acessibilidade e a eficiência do sistema, sinalizam Camioto e Gomes (2018). Isso permite que famílias ou empresas que não consigam utilizar todos os seus créditos possam compartilhar esses benefícios com outras unidades que estejam na mesma área de concessão (Lacerda, 2023). Essa prática não só maximiza a utilização da energia gerada, mas também promove uma maior integração entre os consumidores, incentivando a adoção de tecnologias de energia renovável (Martins; Silva, 2022).

3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho foi desenvolvida com o objetivo de avaliar a viabilidade técnica e econômica de um sistema fotovoltaico instalado em uma residência e conectado a outras duas unidades consumidoras sob o mesmo CPF ou CNPJ, considerando as regras de compensação de créditos de energia e os impactos da legislação vigente, em especial a Resolução Normativa 1000/2021. Para isso, adotou-se uma abordagem mista, combinando pesquisa bibliográfica, análise documental e estudo de caso, de modo a garantir uma análise abrangente e fundamentada.

A primeira etapa consistiu em uma revisão bibliográfica detalhada, na qual foram consultados artigos científicos, normas técnicas da ANEEL (como a Resolução Normativa nº 1000/2021), relatórios do Ministério de Minas e Energia, documentos da CEMIG e literatura especializada em eficiência energética e sistemas fotovoltaicos. Essa etapa permitiu embasar teoricamente o trabalho, fornecendo subsídios para entender o funcionamento da microgeração distribuída, as regras de tarifação e os aspectos legais envolvidos. Além disso, foram analisados estudos anteriores sobre viabilidade econômica de sistemas solares.

Em seguida, realizou-se uma análise documental focada nas faturas de energia elétrica da unidade geradora e das duas unidades consumidoras associadas. Foram coletados dados mensais de consumo, energia injetada na rede, créditos acumulados e valores pagos, incluindo taxas fixas como custo de disponibilidade, Contribuição de Iluminação Pública (CIP) e impostos. Essa análise permitiu compreender o comportamento do sistema fotovoltaico em operação real, além de identificar padrões de geração e consumo ao longo do tempo. A interpretação desses documentos foi essencial para validar as hipóteses do trabalho e ajustar os cálculos de compensação de créditos entre as unidades.

Para organizar e analisar os dados coletados, foi desenvolvida uma planilha eletrônica personalizada, que automatizou cálculos como a distribuição proporcional dos créditos entre as unidades, com base no consumo médio de cada uma. A planilha também foi utilizada para projetar o tempo de retorno do investimento (*payback*), considerando o custo inicial do sistema e a economia mensal gerada.

O dimensionamento do sistema fotovoltaico foi realizado com base no histórico de consumo das duas unidades iniciais, Casa 1 e Rancho e considerou uma margem para atender uma terceira instalação. Esse cálculo garantiu que o sistema fosse capaz de atender à demanda energética das unidades, mesmo com as variações sazonais. A análise econômica incluiu o cálculo da economia mensal, comparando o consumo total com a energia compensada pelos créditos, e a estimativa do *payback*, dividindo o investimento inicial pela economia anual.

Os procedimentos adotados foram justificados pela necessidade de precisão e replicabilidade. A planilha customizada permitiu adaptar os cálculos a diferentes perfis de consumo e tarifas, tornando a metodologia aplicável a outros casos similares.

Revisão Bibliográfica

Forneceu subsídio para o desenvolvimento do trabalho



Análise documental

Obtenção dos dados para a construção da planilha



Construção da planilha e organização das informações

Automatização dos cálculos



Dimensionamento

Retorno do investimento - Viabilidade

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A planilha confeccionada - Apêndice 1 - representa um conjunto de dados obtidos das residências que, quando analisados através dos fundamentos teóricos e da estrutura metodológica apresentados nesta pesquisa, contribuem para uma compreensão aprofundada sobre a dinâmica operacional, financeira e técnica dos sistemas fotovoltaicos sob o modelo de geração distribuída. Têm-se aqui, como proposta central, a análise da viabilidade de um sistema fotovoltaico instalado em uma residência com o objetivo de atender a três unidades consumidoras interligadas sob o mesmo CPF ou CNPJ e mesma distribuidora de energia, ainda firmados na legislação anterior a Lei N°14300, os limites tarifários, a compensação de créditos e a eficiência do sistema ao longo do tempo. A planilha, portanto, serve como instrumento essencial na materialização desses objetivos, traduzindo em dados concretos os conceitos teóricos trabalhados, além de ilustrar de maneira objetiva os resultados esperados e alcançados com a aplicação da tecnologia fotovoltaica no contexto brasileiro.

Foi considerado na planilha um sistema com 3 unidades consumidoras, sendo elas, Casa 1 (unidade geradora, localizada na cidade de Ibitaré-MG), Rancho (localizado na cidade de Felixlândia-MG) e Casa 2 (localizada também na cidade de Ibitaré-MG). O sistema foi instalado em janeiro de 2023, e a compensação iniciou neste mesmo mês para Casa 1 e para o Rancho, sendo a Casa 2 cadastrada para utilização dos créditos somente a partir de julho de 2024.

Ao alimentar a planilha com as informações obtidas nas faturas de energia das residências, foi possível utilizar esses dados para calcular a média do consumo de cada unidade e a média da geração. Dessa forma foi possível calcular uma porcentagem aproximada para uma distribuição de créditos afim de otimizar o sistema e também foi possível prever o saldo de cada unidade ao longo do tempo.

Para realizar o cálculo da porcentagem sugerida para distribuição da energia, é considerado pela planilha a média da geração de energia ao longo dos meses cadastrados, primeiro foi descontado o consumo da unidade geradora e considerado os valores de consumo correspondentes a taxa mínima de cada uma das unidades e então o saldo excedente da Casa 1 foi dividido proporcionalmente entre as demais unidades, levando em conta o consumo médio de cada uma.

Uma informação relevante extraída da planilha diz respeito à energia injetada mensalmente na rede pela Casa 1. Em janeiro de 2024, por exemplo, a Casa

1 injetou 482 kWh, sendo seu consumo no mesmo período de apenas 212 kWh. Esse dado reflete um excedente expressivo de 320 kWh (considerando que a taxa mínima da Casa 1 é de 50kWh) o saldo extra é posteriormente redistribuído para as demais unidades consumidoras. Este comportamento é recorrente ao longo dos meses. Em fevereiro, a Casa 1 injetou 415 kWh, consumindo apenas 171 kWh; em março, foram 423 kWh injetados com um consumo de 234 kWh, seguindo ao longo dos meses o mesmo padrão. Esses dados sustentam a afirmação apresentada na introdução e fundamentação teórica desta pesquisa, de que o sistema fotovoltaico foi projetado para abranger outras residências e tem capacidade não apenas de suprir o próprio consumo energético da unidade geradora, mas de gerar excedentes significativos que tornam viável sua aplicação no modelo de geração distribuída e contribuindo assim para reduzir o tempo de retorno do investimento. O sistema teve um bom dimensionamento para suprir as necessidades das duas instalações iniciais e cobrir parte do custo da terceira unidade intitulada Casa 2.

A diferença entre a geração e o consumo da Casa 1, permite a formação dos créditos de energia, que, como detalhado na Resolução Normativa n.º 1000/2021 da ANEEL, podem ser utilizados por outras unidades vinculadas. O processo de cálculo da porcentagem para distribuição foi automatizado por fórmulas internas da própria planilha.

Outro ponto importante da planilha é a automatização dos cálculos de compensação, em que, ao serem inseridos os valores do consumo e da geração mensal, as colunas subsequentes atualizam automaticamente os totais compensados, o saldo anterior, o saldo atual acumulado e a distribuição percentual entre as unidades. Esta funcionalidade reflete a proposta metodológica apresentada na pesquisa: permitir replicabilidade e aplicabilidade a outros contextos similares, inclusive comerciais ou rurais. Com isso, o modelo se adapta a variações de consumo, tornando-se uma ferramenta de planejamento energético eficaz e dinâmica.

No que diz respeito à sustentabilidade econômica do projeto, a planilha permite uma estimativa do tempo de retorno do investimento (*payback*). Podemos ver na Tabela 3, que considerando-se a economia obtida mensalmente (aproximadamente R\$ 276,00 economizados – considerando os R\$ 82,00 da Casa 1, R\$ 82,00 do Rancho e R\$ 40,00 da casa 2 (correspondentes a taxa mínima)), é possível projetar um retorno do capital investido em menos de quatro anos. A permanência dos créditos, a estabilidade da geração e a constância dos valores

economizados corroboram essa estimativa, tornando o sistema não apenas viável, mas vantajoso.

Tabela 3 – Retorno do investimento

Instalação	Média fatura mensal	Taxa mínima	Economia mensal
Casa 1	R\$ 210,00	R\$ 82,00	R\$ 128,00
Casa 2	R\$ 90,00	R\$ 40,00	R\$ 50,00
Rancho	R\$ 180,00	R\$ 82,00	R\$ 98,00
Total	R\$ 480,00	R\$ 204,00	R\$ 276,00

Investimento inicial	R\$ 12.000,00
Payback meses	43,5
Payback anos	3,62

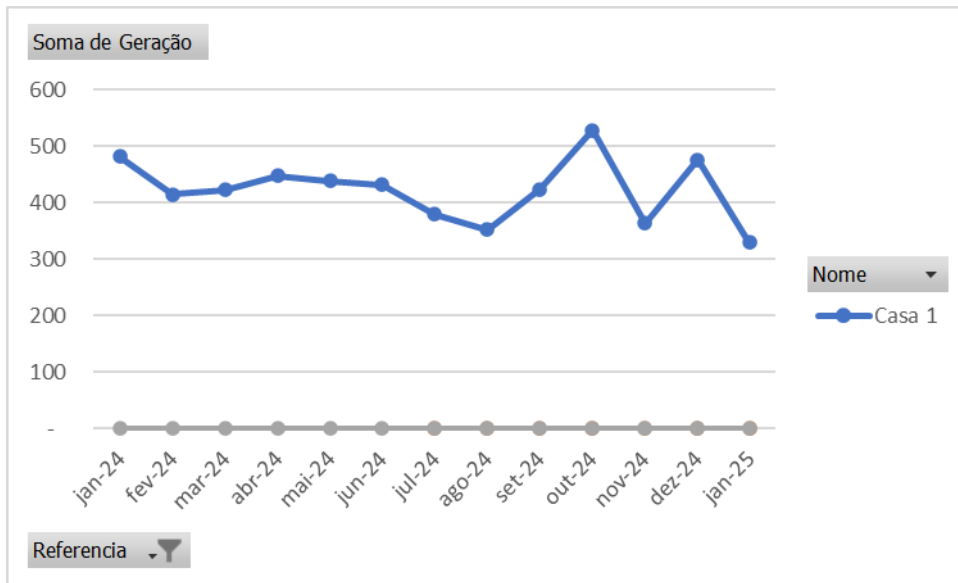
Fonte: Elaborado pelo autor.

Um cuidado necessário para um bom planejamento de distribuição dos créditos é considerar o vencimento dos créditos acumulados, a planilha contém uma coluna que calcula por quantos meses o saldo acumulado consegue manter o consumo da unidade. Alertando o consumidor caso esse prazo exceda 60 meses.

Outra possibilidade da planilha é conseguir prever o funcionamento do sistema ao longo dos meses seguintes. Ela é capaz de indicar mês a mês a previsão do saldo acumulado, auxiliando assim o usuário na tomada de decisão para alterar o cadastro das porcentagens na distribuição do saldo excedente.

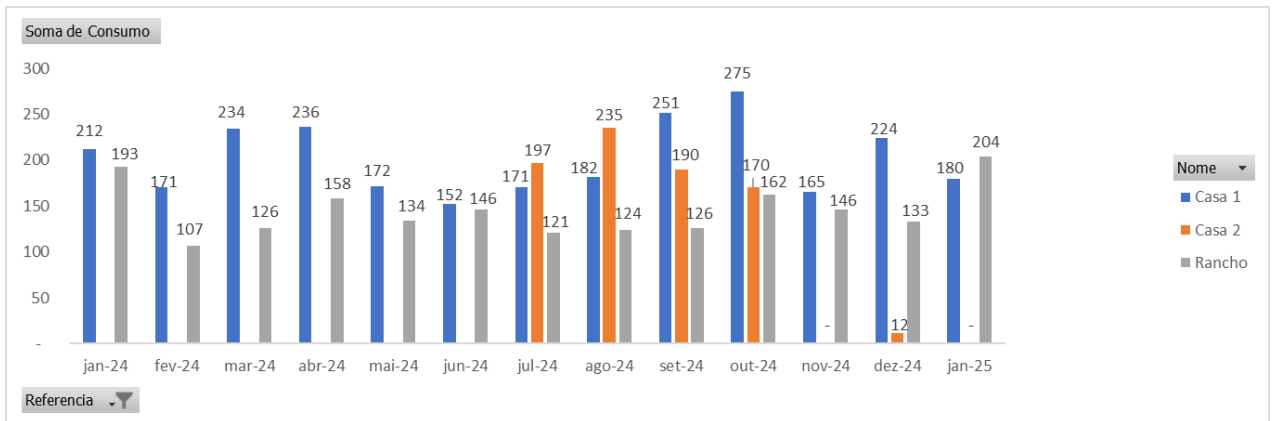
O gráfico 1 apresenta a geração da Casa 1 ao longo dos meses, de janeiro de 2024 a janeiro de 2025, e o Gráfico 2 apresenta o consumo de cada uma das unidades no mesmo período, sendo possível fazer uma comparação com as informações. É possível perceber que a geração da Casa 1 supera o seu consumo todos os meses apresentados. A visualização dessa diferença evidencia, de forma didática, que o sistema gerador foi propositalmente dimensionado para exceder sua própria necessidade energética e atuar como fonte de abastecimento secundária para outras duas residências diminuindo assim o tempo de retorno do investimento (Payback).

Gráfico 1 - Geração fornecida ao longo dos meses



Fonte: Elaborado pelo autor.

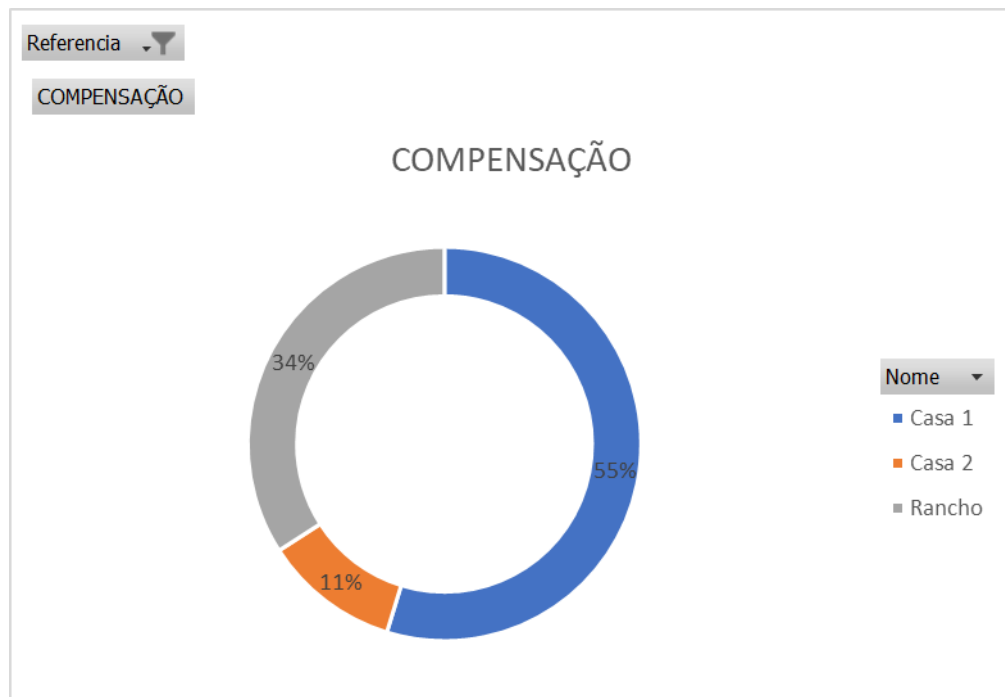
Gráfico 2 - Consumo ao longo dos meses



Fonte: Elaborado pelo autor.

O gráfico 3 compara a compensação proporcional de energia entre as unidades. Esse gráfico ilustra a média do percentual da energia que foi compensado para as unidades de janeiro de 2024 até fevereiro de 2025. A distribuição não é igualitária, sendo proporcional ao consumo de cada unidade. A visualização gráfica dessa divisão revela a inteligência do sistema: cada unidade recebe uma parcela da energia proporcional ao seu consumo, evitando tanto perdas quanto sobrecarga de créditos. Isso aumenta o aproveitamento da geração solar e permite que o gestor do sistema — que pode ser o próprio morador ou um profissional técnico — otimize sua aplicação em unidades com maior necessidade.

Gráfico 3 – Porcentagem de compensação da energia



Fonte: Elaborado pelo autor.

A metodologia empregada nesta pesquisa, que inclui a elaboração da planilha como ferramenta analítica, se revela acertada diante da clareza com que os dados foram organizados e a facilidade com que é possível interpretá-los. A planilha assume, assim, um papel de modelo replicável para outros projetos de microgeração distribuída, especialmente aqueles que envolvam múltiplas unidades consumidoras associadas. É necessário que o usuário preencha as informações para obter as porcentagens sugeridas para cadastro no site, incluindo os dados operacionais da geração e do consumo, permitindo, por meio de cálculos automatizados, a projeção de consumo, geração e economias futuras, o dimensionamento da geração necessária para compensar diferentes perfis de consumo e o ajuste fino das proporções de compensação. A inteligência por trás da planilha confirma os objetivos metodológicos traçados e contribui de maneira prática para a disseminação do conhecimento técnico sobre energia solar distribuída. Também é possível acompanhar o acúmulo de saldo e tempo de consumo dos créditos de forma a evitar o vencimento dos créditos acumulados que acontece em 5 anos.

Portanto, a análise criteriosa da planilha evidencia, com base em dados mensais detalhados e comparativos, a plena viabilidade técnica, econômica e legal do sistema fotovoltaico estudado. A planilha corrobora os principais argumentos do

trabalho, reforçando a tese de que, mesmo diante de restrições regulatórias e tarifárias, os sistemas de geração solar distribuída ainda se constituem como uma alternativa sustentável e vantajosa para consumidores residenciais que buscam reduzir seus custos com energia, contribuir para a preservação ambiental e alcançar maior independência energética. Em suma, a integração entre os dados da planilha e os fundamentos da presente pesquisa, não apenas fortalece as conclusões apresentadas, como também amplia as possibilidades de aplicação prática do estudo em projetos semelhantes, consolidando-se como uma contribuição valiosa para o campo da engenharia de controle e automação com foco em energia renovável.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade econômica da instalação de um sistema fotovoltaico residencial com compensação de créditos de energia para outras duas unidades consumidoras vinculadas ao mesmo titular. A metodologia adotada baseou-se na construção de uma planilha eletrônica personalizada, desenvolvida para simular o desempenho de geração, consumo e compensação.

Os resultados obtidos por meio da planilha demonstraram que a instalação do sistema fotovoltaico é tecnicamente eficiente e economicamente viável. Embora o consumidor ainda seja obrigado a arcar com encargos como o custo de disponibilidade e a contribuição para iluminação pública (CIP), os créditos de energia gerados são suficientes para compensar o consumo de duas unidades e gerar um desconto considerável na terceira unidade, garantindo uma significativa redução no valor total das faturas mensais.

A planilha simulou um cenário com excedentes recorrentes de energia injetada na rede nas duas unidades iniciais e na terceira posteriormente otimizando os gastos com as faturas de energia. O crescimento progressivo do crédito acumulado comprova o bom dimensionamento do sistema para duas unidades até inserir uma terceira, como defendido por Pinheiro *et al.*, (2017) e Mendonça e Bornia (2019), que destacam a importância de projetar sistemas com capacidade excedente para garantir flexibilidade e maximizar os benefícios econômicos.

Em relação ao retorno do investimento (*payback*), os dados indicam que o tempo necessário para recuperar o valor aplicado gira em torno de 3,5 a 4 anos, mesmo considerando a incidência da tarifação sobre a infraestrutura da rede. Após esse período, o sistema passa a gerar lucro mensal direto, consolidando-se como uma alternativa rentável e estratégica para consumidores residenciais.

Adicionalmente, a planilha de cálculo desenvolvida do sistema fotovoltaico está disponível online³ e se apresenta como uma ferramenta prática, replicável e acessível a consumidores, técnicos e consultores, permitindo adaptar os cálculos a diferentes realidades de consumo e geração. Sua aplicação pode se estender a

³ A planilha de cálculo pode ser acessada por meio do link: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1DVQkO6e05k_xsMSAWoslpcbe-Qy_jTup/edit?usp=drive_link&ouid=109214024460631723847&rtopf=true&sd=true>

projetos comerciais, industriais ou rurais, incentivando uma maior adesão à microgeração distribuída como estratégia de economia, sustentabilidade e autonomia energética.

Com a recente alteração na legislação de tarifação, que entrou em vigor em janeiro de 2023, denominada Marco Legal da Microgeração e Minigeração Distribuída ou Lei de Taxação do Sol, surgiram novas condições que influenciam o tempo de retorno do investimento em sistemas de geração solar conectados à rede. Esta legislação estabelece uma taxa sobre a energia elétrica produzida a partir de painéis solares, impactando diretamente os projetos de microgeração.

Este trabalho limitou-se à análise da usina de geração a partir do enquadramento na legislação anterior, uma vez que o sistema estudado foi instalado antes da vigência da Lei nº 14.300/2022. Dessa forma, manteve-se a aplicação das normas anteriores para preservar a realidade do projeto e sua validade técnica e econômica, pelos motivos já discutidos. Contudo, reconhece-se que, em futuros aprimoramentos deste estudo, é possível aplicar as atualizações trazidas pelo Marco Legal da Microgeração e Minigeração Distribuída, bem como as diretrizes da Resolução Normativa nº 1059/2023, permitindo comparações mais atuais e alinhadas ao novo cenário regulatório.

Como possibilidades de avanço para futuras pesquisas, recomenda-se integrar a planilha a sistemas de monitoramento em tempo real via Internet das Coisas (IoT), aplicar a Lei nº 14.300/2022 e a Resolução Normativa 1059/2023, avaliar o impacto da sazonalidade climática sobre a geração em diferentes regiões do país e expandir o modelo para simulações que envolvam diferentes concessionárias e perfis tarifários.

Em síntese, este trabalho evidencia que, mesmo com o alto investimento inicial a fotovoltaica é uma forma eficiente de economia, a instalação destes sistemas em modelo de geração distribuída continua sendo uma alternativa viável, sustentável e financeiramente vantajosa. A microgeração distribuída permanece como um caminho promissor para a transição energética no Brasil, contribuindo para a descentralização da produção de energia, redução de impactos ambientais e democratização do acesso às fontes renováveis.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015**. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 2 dez. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021**. Estabelece as regras de prestação do serviço público de distribuição de energia elétrica. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 20 dez. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 768, de 23 de maio de 2017**. Altera a Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, para aprimorar os critérios de classificação das unidades consumidoras e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. —, 23 mai. 2017.

ALTOÉ, L. et al. Proposição de critério de incentivo à energia renovável e eficiência energética para as leis de ICMS ecológico no Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 60, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5380/dma.v60i0.77324>.

ALVES, A. et al. A radiação solar é efetiva o ano inteiro para geração de energia solar fotovoltaica em Santarém-PA, Amazônia, Brasil? **Conjecturas**, v. 21, n. 5, p. 509-522, 2021. DOI: <https://doi.org/10.53660/conj-275-211>.

AMORIM, G. Concessão de crédito e receita financeira: uma ferramenta de análise econômico-gerencial. **Regepe Entrepreneurship and Small Business Journal**, v. 8, n. 2, p. 410-424, 2019. DOI: <https://doi.org/10.14211/regepe.v8i2.1339>.

BARCELLOS, C.; NASCIMENTO, R.; VIOTTO, R. Processo eleitoral em municípios cearenses e ocorrência de ciclos políticos orçamentários. **Contabilidade, Gestão e Governança**, v. 25, n. 3, p. 524-540, 2023. DOI: <https://doi.org/10.51341/cgg.v25i3.2934>.

BASSOTTO, L. et al. Energia fotovoltaica: análise de custos de produção em propriedade leiteira de Minas Gerais. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 4, p. 1-16, 2022. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2022v15n4e9619>.

BEGININI, S.; ORO, I. Cooperativas de crédito catarinenses: relação entre tamanho e eficiência financeira-operacional. **Revista de Gestão e Organizações Cooperativas**, v. 7, n. 14, p. 18-32, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5902/2359043240817>.

BIGAS, K. Como o direito pode garantir energia solar para todos os brasileiros. **RJDSJ**, v. 11, n. 17, p. 182-187, 2024. DOI: <https://doi.org/10.61389/rjdsj.v11i17.8427>.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 9 ago. 2025.

BRASIL. **Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022**. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 4, 7 jan. 2022.

BRASIL, F. Análise dos impactos financeiros de uma usina de geração de energia fotovoltaica junto à carga com aplicação da Lei 14.300. **Revista de Tecnologia Aplicada**, p. 86-99, 2023. DOI: <https://doi.org/10.48005/2237-3713rta2023v12n1p8699>.

BRITO, E. As potencialidades e os limites da energia solar fotovoltaica no Brasil. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 16, n. 9, p. 15663-15680, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55905/revconv.16n.9-113>.

BRITO, M. Empreendedorismo, inovação e sustentabilidade: proposta de uma plataforma de gestão para implantação de uma usina solar fotovoltaica. **Research Society and Development**, v. 12, n. 9, e13512943301, 2023. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i9.43301>.

CAMARA, M. et al. Análise da produção de madeira em área de concessão florestal na Amazônia Ocidental: um estudo de caso na Floresta Nacional do Jamari. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 16, n. 6, p. 3717-3732, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55905/revconv.16n.6-040>.

CAMIOTO, F.; GOMES, V. Análise de viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia fotovoltaico nas residências uberabenses. **Revista Produção Online**, v. 18, n. 4, p. 1159-1180, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v18i4.2649>.

CAMPOS, B. et al. Análise do processo de dessalinização solar com ênfase no método de umidificação e desumidificação. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 5, p. 861-873, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522019177407>.

CORREA, L.; CARIO, S. As políticas públicas em energia eólica e solar fotovoltaica no Brasil: uma análise baseada na teoria de políticas mission-oriented. **Desenvolvimento em Debate**, v. 10, n. 2, 2022. DOI: <https://doi.org/10.51861/ded.dmvdo.2.105>.

CORVAL, P. Tributação e benefícios fiscais decorrentes da geração distribuída de energia solar. **Revista do Direito Público**, v. 19, n. 3, p. 112-142, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5433/1980-511x.2024.v19.n3.47239>.

CRUZ, A.; SOLTAU, S. Produção e consumo de energia elétrica fotovoltaica: um aplicativo destinado ao ensino de física e ao debate sobre a matriz energética. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, e279101522946, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.22946>.

CRUZ, T. et al. Análise socioambiental e legislativa dos impactos da energia solar fotovoltaica no Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 63495-63511, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-689>.

DEBASTIANI, G. et al. Comparação do impacto da temperatura no desempenho de módulos fotovoltaicos estáticos e com sistemas de rastreamento solar (L-O, L-O + N-S). **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, e12311427220, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27220>.

ESPOSITO, M. A utilização de modelos 3D na análise de sombreamento de módulos fotovoltaicos no software PVSyst. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 14, n. 2, p. 130-140, 2023. DOI: <https://doi.org/10.59627/rbens.2023v14i2.411>.

FERNANDES, A. Tecnologias emergentes e sustentabilidade: tendências e perspectivas futuras. **Revista Políticas Públicas & Cidades**, v. 13, n. 1, e722, 2024. DOI: <https://doi.org/10.23900/2359-1552v13n1-8-2024>.

FERREIRA, C. Questão energética em Belo Horizonte para o desenvolvimento sustentável. **Estrabão**, v. 4, p. 75-91, 2023. DOI: <https://doi.org/10.53455/re.v4i.74>.

FREIRES, V.; ALMEIDA, E.; FREIRES, V. Análise de viabilidade econômica da implantação de um sistema fotovoltaico em uma microempresa no estado do Amazonas. **Exacta**, v. 19, n. 3, p. 693-705, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.15956>.

GODINHO, E. Z.; CANEPPELE, F. de L.; FRIGO, M. M.; SILVA, T. K. B. de. Benefícios da energia solar associados à emissão de dióxido de carbono na matriz elétrica brasileira. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 19, n. 58, p. 246, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3895/rts.v19n58.16496>.

GUERREIRO, L.; PACCA, S. Emissões do ciclo de vida de CO₂, emissões evitadas e tempo de recuperação de energia para sistemas fotovoltaicos no Brasil. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 6, p. 2834-2849, 2023. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v9i6.10456>.

GUILHERME, A. et al. Relação entre tipo de cobertura do solo e temperatura de superfície. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 539-550, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14393/sn-v32-2020-47462>.

IMAI, H. et al. Simulação computacional como ferramenta de otimização na geração de energia solar fotovoltaica. **Urbe: Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.012.e20190343>.

JÚLIO, É.; DIAS, S. Aplicações da energia solar em comunidades carentes e rurais no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 13, n. 2, p. 223-232, 2023. DOI: <https://doi.org/10.59627/rbens.2022v13i2.401>.

LACERDA, L. Produção energética por sistemas fotovoltaicos em reservatórios hidrelétricos. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 16, n. 2, p. 1-19, 2023. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2023v16n2e9824>.

LAGO, T. et al. Usina escola, formação de competências de tecnologias solares: um relato de experiência de um projeto de extensão de energia renovável em tempo de pandemia. **Revista Extensão & Sociedade**, v. 14, n. 2, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21680/2178-6054.2022v14n2id29105>.

LIMA, D.; MARTINS, J.; HERCULANI, R. Análise de tarifas e impostos na energia elétrica. **Revista Interface Tecnológica**, v. 18, n. 2, p. 796-807, 2021. DOI: <https://doi.org/10.31510/infa.v18i2.1325>.

LIMA, G.; SOUZA, V.; LOPES, R. Tecnologias emergentes para produção de células solares fotovoltaicas: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 17, e139111736068, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i17.36068>.

LOPEZ, M. et al. Rendimiento energético de un sistema fotovoltaico autónomo con seguidor solar bajo las condiciones climáticas de Chachapoyas. **Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable**, v. 6, n. 1, p. 83, 2022. DOI: <https://doi.org/10.25127/aps.20221.858>.

LUZ, G. O modelo regulatório do sistema de compensação de energia elétrica. **Revista do Direito Público**, v. 18, n. 3, p. 203-218, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5433/1980-511x.2023v18n3p203>.

MAIMONI, F.; CARDOSO, R. Análises de viabilidades econômicas para alternativas de utilização da energia solar em residência do estado de Minas Gerais, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, e853986221, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.6221>.

MARTINS, C.; SILVA, C. Estudo das oportunidades de melhorias para eficiência energética em uma empresa do setor calçadista. **Mix Sustentável**, v. 8, n. 3, p. 157-172, 2022. DOI: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.mix2022.v8.n3.157-172>.

MELO, D.; ALMEIDA, A. Simulação de um sistema solar combinado em um hospital localizado no semiárido do nordeste brasileiro. **Desafios: Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 1, n. 1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.20873/uftv1n123-13922>.

MENDONÇA, A.; BORNIA, A. Oportunidades para a difusão da energia eólica e solar em sistemas isolados no Brasil: barreiras e facilidades evidenciadas na literatura. **Mix Sustentável**, v. 5, n. 3, p. 81-92, 2019. DOI: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.mix2019.v5.n3.81-92>.

MICHELETTI, D.; CORRÊIA, A.; FEIDEN, A. Desafios do desenvolvimento rural sustentável em Iporã-PR: influências na implementação e produtividade dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 16, n. 1, p. 436-459, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55905/revconv.16n.1-029>.

MORAIS, F. et al. Influência da irradiação solar na análise de viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, n. 4, p. 723-734, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786360049>.

MOREIRA, H.; PINHEIRO, C.; SENA, E. Análise comparativa da viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos e eólicos para microgeração. **LEV**, v. 15, n. 40, p. 3713-3729, 2024. DOI: <https://doi.org/10.56238/levv15n40-034>.

NASCIMENTO, B. et al. Energia limpa: custo instalado e eficiência de operação de usina fotovoltaica de 1 MW. **Research Society and Development**, v. 11, n. 13, e92111334984, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.34984>.

NASCIMENTO, V.; TRINDADE, T.; CARVALHO, C. Análise dos parâmetros para geração de energia solar fotovoltaica no Acre, Brasil. **Interespaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 7, n. 20, e202129, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18764/2446-6549.e202129>.

OLIVEIRA, E.; FILHO, J. Perspectivas da geração e aplicação da energia solar fotovoltaica no Brasil: uma revisão da literatura (2015-2019). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 5, p. 435-450, 2021. DOI: <https://doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2021.005.0035>.

PAIXÃO, J.; ABAIDE, A.; SAUSEN, J. Análise do impacto da microgeração fotovoltaica na rede de distribuição de energia elétrica. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 2887-2911, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-197>.

PASSOS, C. Métodos de identificação de sombreamento parcial em painéis fotovoltaicos de geração distribuída: uma breve revisão na literatura. **Brazilian**

Journal of Production Engineering, v. 10, n. 1, p. 12-23, 2024. DOI: <https://doi.org/10.47456/bjpe.v10i1.42263>.

PINHEIRO, E.; LOVATO, A.; RÜTHER, R. Aplicabilidade de redes neurais artificiais para análise de geração de energia de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 6, n. 5, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5380/rber.v6i5.48431>.

PINHEIRO, E.; MÜLLER, F. Utilização de redes neurais artificiais para análise de sensibilidade na geração de energia solar fotovoltaica. **Revista Foco**, v. 16, n. 6, e2156, 2023. DOI: <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n6-030>.

PINTO, G. et al. Perfis de demanda, potência excedente injetada na rede elétrica e fator de potência de unidade consumidora com geração fotovoltaica e veículo elétrico. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 12, n. 1, p. 31-38, 2021. DOI: <https://doi.org/10.59627/rbens.2021v12i1.335>.

RECH, M. et al. A estratégia de captação de receitas bancárias: uma análise de três instituições financeiras brasileiras. **Mostra de Iniciação Científica**, v. 6, 2017, p. 1-16. DOI: <https://doi.org/10.18226/35353535.v6.2017.28>.

RODRIGUES, F. et al. Avaliação da viabilidade de investimento para instalação de um sistema fotovoltaico em residência unifamiliar na cidade de São Paulo - SP. **Journal of Urban Technology and Sustainability**, v. 1, n. 1, p. 28-38, 2018. DOI: <https://doi.org/10.47842/juts.v1i1.9>.

RODRIGUES, G. et al. Geração solar fotovoltaica como proposta para redução do custo da energia elétrica de uma instituição de ensino superior. **Revista Brasileira de Administração Científica**, v. 10, n. 2, p. 125-136, 2019. DOI: <https://doi.org/10.6008/cbpc2179-684x.2019.002.0009>.

RODRIGUES, A. C.; PORTO, J. G. R.; KREPKE, J. G.; SERRA, A. N. O crescimento da geração distribuída fotovoltaica no Brasil: uma revisão bibliográfica. **Revista Mythos**, v. 13, n. 1, p. 87-99, 2021. DOI: <https://doi.org/10.36674/mythos.v13i1.461>.

SANTOS, A.; SCARABELOT, L.; RAMPINELLI, G. Análise da complementaridade entre sistemas fotovoltaicos e de aquecimento solar de água em unidades prosumidoras do sul de Santa Catarina. **Revista Mundi: Engenharia, Tecnologia e Gestão**, v. 5, n. 8, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21575/25254782rmetg2020vol5n81361>.

SANTOS, E. Aspectos inerentes à energia fotovoltaica no Brasil na última década. **Revista Científica Semana Acadêmica**, v. 1, n. 201, 2020. DOI: <https://doi.org/10.35265/2236-6717-201-8988>.

SANTOS, M.; SANTOS, Í.; SALAMONI, I. O desempenho de protetores solares fotovoltaicos integrados a edifícios institucionais. **PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 13, e022019, 2022. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v13i00.8664618>.

SANTOS, P. Modelagem do tubo absorvedor de uma usina heliotérmica com geração direta de vapor. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 10, p. 14542-14561, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv21n10-007>.

SCHUNTZEMBERGER, A.; SAMPAIO, A. Determinantes do acesso ao crédito rural via cooperativas de crédito e bancos: uma análise do Censo Agropecuário 2006.

Revista de Economia e Agronegócio, v. 15, n. 1, 2017. DOI: <https://doi.org/10.25070/rea.v15i1.414>.

SILVA, A. A exclusão de encargos setoriais vinculados à distribuição de energia da base de cálculo de PIS e COFINS. **Revista Contemporânea**, v. 3, n. 11, p. 21062-21079, 2023. DOI: <https://doi.org/10.56083/rcv3n11-061>.

SILVA, A. et al. Políticas de inovação no cenário energético fotovoltaico mundial: análise dos modelos de sucesso. **Revista Mundi: Engenharia, Tecnologia e Gestão**, v. 2, n. 2, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21575/25254782rmetg2017vol2n2399>.

SILVA, A.; SILVA, A.; HÖFELMANN, D. Distribuição espacial dos equipamentos públicos para comercialização de frutas, legumes e verduras em Curitiba, Paraná, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 26, n. 8, p. 3111-3121, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232021268.04442020>.

SILVA, M.; LOUZADA, M.; LEVY, R. Disponibilidade domiciliar de alimentos regionais no Brasil. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 29, e022007, 2022. DOI: <https://doi.org/10.20396/san.v29i00.8668716>.

SILVA, N. et al. Simulação em tempo real de uma planta solar conectada à rede elétrica de distribuição utilizando o RTDS e dSpace. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 5, p. 17737-17748, 2023. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv9n5-216>.

SILVA, R.; MOREIRA, M.; FLORIAN, F. Adoção de um sistema de automação residencial aliado ao uso de energia renovável, com ênfase em Araraquara/SP. **Recima21: Revista Científica Multidisciplinar**, v. 3, n. 12, e3122497, 2022. DOI: <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i12.2497>.

SILVA, T.; GUERRIERI, D. Análise dos impactos da penetração da geração distribuída na rede de distribuição relacionados ao sistema de compensação brasileiro. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica**, p. 232-256, 2023. DOI: <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2023.16.1.82389>.

SOARES, C.; BEZERRA, M. Implementação da concessão florestal na Floresta Estadual do Paru e sua interface socioambiental. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 9, n. 23, p. 1327-1344, 2022. DOI: [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2022\)092313](https://doi.org/10.21438/rbgas(2022)092313).

SOARES, J.; CÂNDIDO, G. Indicadores de sustentabilidade energética: uma ferramenta de apoio à formulação de políticas energéticas mais sustentáveis. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 2, p. 284-303, 2019. DOI: <https://doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2019.002.0024>.

SOARES, M. Energia solar: benefícios fiscais como meio garantidor do desenvolvimento sustentável e direitos da personalidade. **Revista de Direito Brasileira**, v. 33, n. 12, p. 234-247, 2023. DOI: <https://doi.org/10.26668/indexlawjournals/2358-1352/2022.v33i12.8471>.

SOUZA, A.; ARISTONE, F. Um estudo da temperatura e da irradiação solar em células fotovoltaicas. **Tecno-Lógica**, v. 22, n. 2, p. 194, 2018. DOI: <https://doi.org/10.17058/tecnolog.v22i2.11378>.

TAMBO, F.; THEBALDI, M.; LIMA, L. Easydrip: dimensionamento de sistemas de irrigação por gotejamento energizada por sistemas fotovoltaicos em regiões moçambicanas / Easydrip: design of drip irrigation energized by photovoltaic systems

at Mozambican regions. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 69549-69567, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-413>.

VIANA, L. et al. Melhoria da qualidade de vida em regiões rurais sem acesso à energia elétrica por meio da geração solar fotovoltaica. **Revista Engenharia na Agricultura - REVENG**, v. 27, n. 3, p. 204-211, 2019. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v27i3.901>.

ZANDOMENEGO, R. Desenvolvimento de metodologia para estimativa da geração diária de energia elétrica de sistemas fotovoltaicos a partir de histórico de operação e redes meteorológicas. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 9, n. 6, p. 16265-01e, 2022. DOI: <https://doi.org/10.18540/jcecvl9iss6pp16265-01e>.

APÊNDICE A – DEMONSTRAÇÃO DA PLANILHA CONFECCIONADA

3				4.213	53	Total	369	477	257	4.213	4.411	198	Total	384	330	284	4.411	4.498	87
Instalação	Nome	Disp	Status	Saldo Atual	Acumulo de Saldo	Referencia	Consumo	Geração	Compensacao	Saldo Anterior	Saldo Atual	Acumulo de Saldo	Referencia	Consumo	Geração	Compensacao	Saldo Anterior	Saldo Atual	Acumulo de Saldo
3005435657	Casa 1	50	Geradora	1.840	25	dez-24	224	477	174	1.840	1.870	30	jan-25	180	330	130	1.870	1.890	20
3007377266	Rancho	50	Injetando	2.373	29	dez-24	133	0	83	2.373	2.441	69	jan-25	204	0	154	2.441	2.387	-54
3006814783	Casa 2	30	Injetando	0	0	dez-24	12	0	0	0	100	100	jan-25	0	0	0	100	221	121

3				89	506	180	430	0	100,000000%	100,000000%	100,000000%	60 meses para vencimento
Instalação	Nome	Disp	Status	Acumulo de Saldo	Media Consumo	Media Geração	Consumo Injetavel	Consumo Injetavel - Saldo	Percentual Rateio	Percentual Rateio SEM geradora	Percentual Rateio extra	Meses para consumir o saldo
3005435657	Casa 1	50	Geradora	30	200	423	0	0	39,614080%	0,000000%	5,000000%	12,7695962
3007377266	Rancho	50	Injetando	0	145	0	95	0	28,592970%	47,350390%	44,982871%	25,22845528
3006814783	Casa 2	30	Injetando	59	161	0	131	0	31,792950%	52,649610%	50,017130%	2,140672783