

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MARIA GABRIELLA BENEDET

**ENERGIA FOTOVOLTAICA: ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E
VIABILIDADE ECONÔMICA**

CAMPO MOURÃO

2022

MARIA GABRIELLA BENEDET

**ENERGIA FOTOVOLTAICA: ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E
VIABILIDADE ECONÔMICA**

**Photovoltaic energy: analysis of environmental sustainability and economic
feasibility**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Esp. Evandro Luis Volpato.

CAMPO MOURÃO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

MARIA GABRIELLA BENEDET

**ENERGIA FOTOVOLTAICA: ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E
VIABILIDADE ECONÔMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 08/junho/2022

Vera Lucia Barradas Moreira
Doutorado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão

Jorge Candido
Doutorado em Engenharia Elétrica
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão

Evandro Luis Volpato
Especialização Em Informática Aplicada a Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão

CAMPO MOURÃO

2022

AGRADECIMENTOS

Certamente o caminho até aqui não foi fácil e só foi possível pelas pessoas que pude conhecer e me auxiliaram nesta fase de minha vida, gostaria de agradecer a todos que de alguma forma me auxiliaram nesta caminhada deixando-a mais leve. Agradeço principalmente a Deus por me dar a oportunidade de ter vivido toda esta experiência, por todas as portas que me foram abertas e ensinamentos aprendidos.

Agradeço ao meu orientador Prof. Esp. Evandro Luís Volpato, por me auxiliar e me guiar nesta trajetória, abrindo meus horizontes a partir de sua vivência profissional. Também quero agradecer a universidade Tecnológica Federal do Paraná e a todo o corpo docente do curso de engenharia civil.

À minha família agradeço todo o incentivo e motivação nos momentos mais difíceis desta caminhada, por me apoiarem em meus sonhos e projetos. Por sempre acreditarem que seria capaz nos momentos que nem eu mesma acreditava mais, e hoje posso dizer convicta, que vencemos.

Aos proprietários das usinas solares por me permitirem utilizar os dados de suas unidades consumidoras, e pela prestatividade no fornecimento de suas informações.

Por fim, meu reconhecimento aos colaboradores da empresa COPEL, pelo empenho pela busca de dados que foram fundamentais para a realização desta pesquisa.

RESUMO

A energia fotovoltaica é uma fonte sustentável para a geração de energia limpa, sendo uma alternativa para minimizar a utilização de fontes não renováveis como as termoelétricas e a queima de combustíveis. Este trabalho visa analisar a viabilidade ambiental, e a viabilidade econômica desta fonte, por meio da análise de dados de duas residências com o sistema de geração fotovoltaica. A partir da análise de produção e utilização de energia de uma residência nas diferentes estações do ano é possível determinar a viabilidade ambiental desta modalidade de energia. A problemática deste meio de produção é que em períodos sem incidência solar, durante a noite ou em condições climáticas desfavoráveis, a produção pode ser nula, deixando as residências sem energia elétrica, havendo então a necessidade de um sistema de complementação de energia. O controle da compensação de energia atualmente é realizado pelo sistema *Net Metering*, analisando os números deste sistema é possível estimar se em determinado mês a energia fotovoltaica auxiliou na geração de energia, fornecendo energia a rede ou sobrecarregou o mesmo. Do ponto de vista econômico, a partir do cálculo dos indicadores padrões de investimentos a longo prazo, pode-se analisar a viabilidade do empreendimento, a partir do valor inicial do investimento, da média de economia e da vida útil dos componentes, foi possível determinar a viabilidade econômica deste sistema de geração.

Palavras-chave: energia fotovoltaica; fontes alternativas; eficiência energética; energia sustentável.

ABSTRACT

Photovoltaic energy is a sustainable source for the generation of clean energy, being an alternative to minimize the use of non-renewable sources such as thermoelectric plants and the burning of fuels. This work aims to analyze the environmental feasibility, and the economic feasibility of this source, through the analysis of data from two residences with the photovoltaic generation system. From the analysis of production and energy use of a residence in the different seasons of the year it is possible to determine the environmental viability of this type of energy. The problem with this means of production is that in periods without sunlight, at night or in unfavorable weather conditions, production can be null, leaving homes without electricity, thus requiring a supplementary energy system. The control of energy compensation is currently carried out by the Net Metering system, analyzing the numbers of this system it is possible to estimate whether in a given month the photovoltaic energy helped in the generation of energy, supplying energy to the grid or overloaded it. From the economic point of view, from the calculation of the standard indicators of long-term investments, the feasibility of the enterprise can be analyzed, from the initial value of the investment, the average savings and the useful life of the components, it was possible to determine the economic viability of this generation system.

Keywords: photovoltaics; alternative sources; energy efficiency; sustainable energy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Composição da tarifa de energia	22
Figura 2 - Componentes do sistema de geração distribuída	29
Figura 3 - Medidor bidirecional	32
Figura 4 - Geração de energia irregular	38
Figura 5 - Potências dos módulos em horários diferentes	39
Figura 6 - Geração de energia regular	39
Figura 7 - Geração com potência máxima contínua	40
Figura 8 - Geração em dias chuvosos.....	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Impactos ambientais de implantação das UHE e UTE.....	24
Quadro 2 - Impactos ambientais de operação das UHE e UTE	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Emissão de CO ₂ das fontes energéticas	28
Tabela 2 - Perfil de consumo da unidade rural em 2021	45
Tabela 3 - Perfil de consumo da unidade urbana em 2021	46
Tabela 4 - Estimativa de economia em 2021 - unidade rural	47
Tabela 5 - Estimativa de economia em 2021 - unidade urbana	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Produção fotovoltaica e consumos energéticos residenciais.....	33
Gráfico 2 – Quantidade de conexões de Geração Distribuída no município de Terra Boa - PR.....	37
Gráfico 3 - Geração mensal de energia – unidade rural.....	42
Gráfico 4 - Geração mensal de energia – unidade urbana.....	44

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1- Localização dos módulos fotovoltaicos – edificação rural.....	42
Fotografia 2- Localização dos módulos fotovoltaicos – edificação urbana.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua
CDE	Conta de Desenvolvimento Energético
CFURH	Compensação Financeira pela Utilização de Recursos Hídricos
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
COSIP	Contribuição para o custeio da iluminação pública
CVU	Custo Variável Unitário
EER	Energia de Reserva
EPE	Empresa de Pesquisa Elétrica
ESS	Encargos de Serviços do Sistema
GWh	Gigawatt-hora
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
kWh	Quilowatt-hora
MME	Ministério de Minas e Energia
MW	Megawatt
MWh	Megawatt-hora
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONS	Operador Nacional do Sistema
ONU	Organização das Nações Unidas
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PEE	Programa de Eficiência Energética
PIS/COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
ROI	Retorno sobre o investimento
SCEE	Sistema de Compensação de Energia Elétrica
SIMEPAR	Sistema de tecnologia e monitoramento ambiental do Paraná
SIN	Sistema Interligado Nacional
TFSEE	Taxa de Fiscalização dos Serviços de Energia Elétrica
UHE	Usinas Hidrelétricas
UTE	Usinas Termelétricas

LISTA DE SÍMBOLOS

CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Gás carbônico
NO _x	Óxidos de nitrogênio
SO ₂	Dióxido de enxofre
P	Pressão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo Geral	17
2.2	Objetivos Específicos	17
3	JUSTIFICATIVA	18
4	REFERENCIAL TEÓRICO	20
4.1	Usinas Hidrelétricas	20
4.1.1	Composição da fatura e da tarifa no Paraná - COPEL	20
4.2	Usinas Termoelétricas	23
4.2.1	Impacto ao meio ambiente	24
4.2.2	Impacto das termoelétricas nos preços das tarifas de energia.....	26
4.2.3	Fontes energéticas alternativas.....	27
4.3	Energia fotovoltaica	28
4.3.1	Vantagens e desvantagens deste sistema	30
4.3.1.1	<u>Principais pontos positivos</u>	<u>30</u>
4.3.1.2	<u>Principais pontos negativos</u>	<u>31</u>
4.3.2	Sistema de compensação por créditos, <i>Net Metering</i>	31
5	METODOLOGIA DE PESQUISA	35
5.1	Análise de adesão ao sistema fotovoltaico	35
5.2	Análise de produção e viabilidade ambiental	35
5.3	Análise de viabilidade econômica	36
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
6.1	Índice de adesão na cidade de Terra Boa	37
6.2	Análise de produção de sistemas fotovoltaicos	37
6.2.1	Edificação residencial rural.....	41
6.2.2	Edificação residencial urbana.....	43
6.3	Análise de viabilidade ambiental	44
6.3.1	Edificação residencial rural.....	44
6.3.2	Edificação residencial urbana.....	46
6.4	Análise da viabilidade econômica	47
6.4.1	Edificação residencial rural.....	47
6.4.2	Edificação residencial urbana.....	48
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	50

REFERÊNCIAS.....	52
-------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o consumo médio de energia diário no Brasil chega a 475.000 gigawatt-hora (GWh), o que representa uma pequena queda em relação aos anos anteriores devido a pandemia que obrigou as indústrias a diminuir ou pausar suas produções. Entretanto segundo o boletim mensal de energia do Ministério de Minas e Energia (MME, 2021) o consumo de energia elétrica cresceu 6,9% nos 5 primeiros meses de 2021 e este histórico se repete há muito tempo. Entre os anos de 1995 e 2011 o consumo de energia elétrica teve um crescimento acelerado, tendo um aumento de 78% segundo as projeções realizadas pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2009), o que mostra a crescente requisição por energia.

Em 2019, o consumo anual foi igual a 482.000 GWh, 1,6% maior que o ano de 2018, sendo que 63,5% foram produzidas pelas hidrelétricas, 21,6% pelas termoelétricas provenientes do gás natural, biomassa, carvão e derivados de petróleo e apenas 1,1% o que corresponde a 6.650 GWh foram produzidas pela energia solar. De acordo com o anuário estatístico de energia elétrica de 2020 (EPE, 2020), que tem como base o ano de 2019, a geração fotovoltaica teve um salto de 92,1%, e houve também redução de 23,8% no uso das termoelétricas por meio de derivados do petróleo, óleo diesel e óleo combustível de 2018 para 2019, evidenciando a crescente adesão dos usuários a estes meios de produção de energia mais sustentáveis, como a solar e a eólica, e a redução da utilização de energias de fontes não renováveis.

Segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2021) com a crise hídrica que o país enfrenta e os reajustes nas faturas de energia, por meio das bandeiras tarifárias, devido à necessidade utilizar meios mais caros de produção, como as termelétricas e entre outros, os consumidores buscaram alternativas para driblar os elevados custos, e muitos apostaram na energia solar, sendo que no primeiro semestre de 2021 houve 142.199 novas adesões a esta modalidade, o que representa um crescimento de 44,3% em relação a 2020, a nível nacional. Para o mesmo período o crescimento no Paraná foi de 5.144 novas adesões

Com as constantes estiagens, a produção das hidrelétricas diminui sendo preciso então suprir a energia que antes eram geradas por esta fonte. Nesse contexto, faz-se necessário o acionamento de sistemas emergenciais de produção de energia como termoelétricas principalmente, levando a aplicação das bandeiras tarifárias as

contas de energia, gerando um custo mais elevado, e aumento da emissão de poluentes na atmosfera pelos meios de produção não sustentáveis.

Este trabalho analisará como a energia fotovoltaica pode representar uma alternativa para esta problemática, por meio da análise bibliográfica do sistema convencional de geração, as hidrelétricas e a composição da fatura de energia, utilização das termoelétricas como fontes emergenciais, quais as nocividades ao meio ambiente pela sua utilização, como essas alternativas emergenciais afetam o valor das tarifas de energia, analisar como a energia fotovoltaica pode minimizar a utilização das termoelétricas, vantagens e desvantagens deste sistema, índices de adesão do sistema de produção distribuída de energia, bem como o estudo de caso de uma unidade com o sistema produção de energia solar.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a influência da energia fotovoltaica para uma solução energética ambientalmente sustentável e sua viabilidade econômica, por meio de análise comparativa de dados de unidades residenciais com sistema de geração fotovoltaica na cidade de Terra Boa - PR.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar a utilização das termoelétricas como meio alternativo em épocas de secas, seus impactos ao meio ambiente e opções de substituição deste sistema;
- Analisar o sistema de compensação por créditos, *Net Metering*;
- Analisar as principais vantagens e desvantagens da energia fotovoltaica;
- Analisar os impostos embutidos na fatura e os custos da energia elétrica convencional e com dos usuários geração de energia fotovoltaica;
- Analisar a viabilidade econômica do sistema fotovoltaico;

3 JUSTIFICATIVA

A energia fotovoltaica é uma fonte de energia limpa que não gera danos ao meio ambiente durante a geração de energia, porém durante a produção dos seus componentes apresenta impactos ambientais e traz consigo uma grande questão ambiental ainda sem solução, o descarte de seus componentes. Apesar disto, auxilia na redução da emissão CO₂ na atmosfera, pois para geração de energia elétrica a mesma não emite gases ao ambiente, e na redução dos gastos com tarifas e impostos da energia elétrica.

A energia solar pode desafogar a redução de produção que as hidrelétricas vêm sofrendo devido à diminuição na quantidade de chuva nos últimos anos, evitando assim que seja necessária a ativação de usinas termoelétricas, que segundo Mian e Mota (2015) são responsáveis pela emissão de 21,2 milhões de toneladas de CO₂ anualmente, gás responsável pelo efeito estufa. Elas são utilizadas de maneira emergencial para suprir a geração de energia, além de possuir um elevado grau de poluição, por ser uma energia não renovável que lança poluentes na atmosfera responsáveis pelo efeito estufa, possuem um elevado custo, que sempre chega ao consumidor final.

Segundo estudo realizado por Mian e Mota (2015), a troca do uso das termoelétricas emergenciais, que é a ativação emergencial para suprir a necessidade de geração energia quando a ocorre a diminuição da geração hidrelétrica, pela geração fotovoltaica, pode gerar uma economia de até 150 bilhões de reais a curto prazo, mesmo em condições onde a energia hidrelétrica fosse ideal, e os reservatórios conseguissem recuperar seus níveis de segurança e não houvesse crises hídricas por 20 anos seguidos, esta economia ainda seria significativa em apenas 5 anos, sendo um meio de geração de energia oito vezes mais barato que as termoelétricas.

Com a implantação dos sistemas fotovoltaicos pode-se reduzir a utilização das termoelétricas, pois em épocas de secas a capacidade de produção de eletricidade poderia ser suprida parcialmente pelas fotocélulas durante o dia. Nos períodos diurnos as fotocélulas contribuiriam com o abastecimento de eletricidade compondo um sistema complementar de abastecimento, em conjunto com as fontes: termoelétricas, eólicas, nucleares, biomassa e entre outros meios de produção, e as hidrelétricas contribuiriam em períodos noturnos, pois seu combustível, a água, foi poupado durante o dia.

Neste sistema o consumidor seria submetido a menores bandeiras tarifárias, que segundo a ANEEL, servem para sinalizar aos consumidores os custos em reais da energia de acordo com suas condições de geração, ou seja, a depender do meio de produção utilizada em um determinado período a bandeira pode mudar e seu custo será maior ou menor.

Além de benefícios ao consumidor a energia fotovoltaica é considerada uma energia sustentável, podendo assim auxiliar nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU – Organização das Nações Unidas, elaboradas em 2015, segundo a Embrapa (2021) as ODS são compostas por dezessete objetivos, que englobam 169 metas que visam a construção e implantação de políticas públicas para guiar a humanidade até o ano de 2030, elas abordam diversos temas que são fundamentais para o desenvolvimento humano, e a energia solar pode auxiliar em partes a cumprir alguns desses objetivos, como o objetivo 7 – Garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos.

Desta forma fica claro que se faz necessário cada vez mais pesquisas desta fonte de eletricidade. Este trabalho terá a finalidade de analisar como esse meio de produção pode ser uma alternativa de energia limpa.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Usinas Hidrelétricas

Segundo Caus (2014), a energia proveniente das hidrelétricas são a forma de geração mais antiga do mundo, a qual consiste em transformar energia hidráulica em energia mecânica, através da passagem da água armazenada em reservatórios pelas turbinas, formando um movimento circular e este movimento gera a energia mecânica que nos geradores se transforma em energia elétrica. “A produção de energia elétrica depende, principalmente, dos fatores altura de queda e vazão turbinada” (COLNAGO, 2011), por isto se faz necessários uma grande quantidade de água armazenada, em épocas de secas onde os níveis dos reservatórios são baixos é necessário o acionamento complementar de outras fontes de energia.

As usinas hidrelétricas possuem um alto custo de construção além de alguns danos a flora e fauna do local, porém é a energia que possui produção mais barata, por seu combustível ser a água, uma matéria prima natural e gratuita, além de ser uma energia considerada sustentável e renovável.

Segundo o infográfico com dados de energia de fonte hídrica no Brasil, Publicado em 22 de março de 2021 pela ANEEL, no Brasil, 67% da energia gerada no país vem das hidrelétricas, possuindo uma potência instalada igual a 109.311,0MW, porém, segundo informativos da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), apesar de tamanha magnitude, o fornecimento de energia no país ainda precisa ser complementada por outras fontes, como termoeletricas, eólicas, gás natural, nuclear, derivados de petróleo, solar e outras fontes de energia.

4.1.1 Composição da fatura e da tarifa no Paraná - COPEL

A fatura de energia que é cobrada mensalmente de seus consumidores é composta por quatro fatores principalmente, sendo eles: a tarifa, os impostos, encargos setoriais, o consumo e a COSIP, juntos formam a fatura que é repassada ao consumidor.

A tarifa, segundo a ANEEL (2017) é destinada aos prestadores de serviços, às concessionárias, serve para que elas consigam pagar os custos operacionais, trabalhar em melhorias e ampliação, a fim de garantir um atendimento de qualidade, a partir disto a ANEEL desenvolve metodologias de cálculo para os diferentes setores elétricos: geração, transmissão, distribuição e comercialização.

A tarifa é composta por três custos distintos que somados formam a tarifa, sendo eles a energia gerada, o transporte de energia até as unidades consumidoras, transmissão e distribuição.

Os encargos setoriais, que são os custos não gerenciáveis, que são arcados pelas concessionárias de energia, estes são instituídos por lei e são repassados aos consumidores para manter o equilíbrio econômico financeiro contratual, esta é uma variável diretamente ligada ao consumo, como pode ser visto na equação 1.

Os encargos setoriais nos processos tarifários segundo a ANEEL (2016), são:

- Conta de Desenvolvimento Energético – CDE;
- Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA;
- Compensação Financeira pela Utilização de Recursos Hídricos – CFURH;
- Encargos de Serviços do Sistema – ESS
- Energia de Reserva – EER;
- Taxa de Fiscalização dos Serviços de Energia Elétrica – TFSEE;
- Pesquisa e Desenvolvimento – P&D
- Programa de Eficiência Energética – PEE;
- Contribuição ao Operador Nacional do Sistema – ONS

Junto a esta tarifa, também instituído por lei, o governo federal, estadual e os municípios, cobram os impostos na fatura, sendo adicionados o PIS/COFINS e o ICMS. Também é adicionado uma taxa de contribuição para a iluminação pública, a COSIP, que após ser descontado o consumo de energia a concessionária de energia faz a devolutiva do dinheiro aos órgãos competentes que são responsáveis pela manutenção, ampliação e modernização das instalações de iluminação pública.

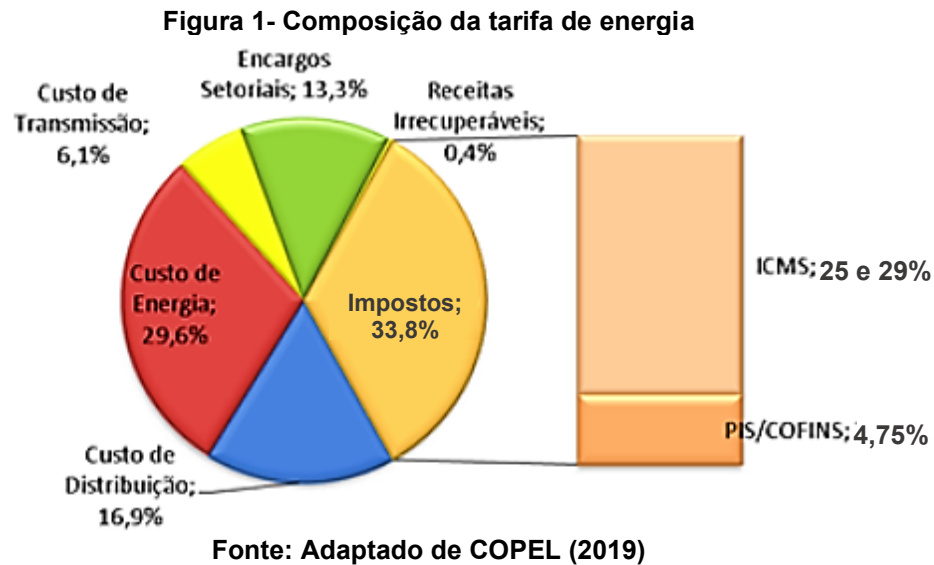
A fatura pode ser basicamente escrita da seguinte forma:

$$\text{Fatura} = (\text{tarifa} + \text{encargos setoriais} + \text{impostos}) \times \text{consumo} + \text{COSIP} \quad \text{eq. (1)}$$

Sendo está uma representação simplificada, cabendo ressaltar que para cada grupo de consumidor, grupo A: consumidores de alta e média tensão e grupo B:

consumidores de baixa tensão que são subdivididos em: B1- residencial; B2- rural; B3- comerciais e industriais de pequeno porte e B4- iluminação pública, este cálculo é realizado por metodologias diferentes determinadas pela ANEEL.

A COPEL durante a 151ª Reunião Ordinária do Conselho de Consumidores da Copel Distribuição S.A. realizada em maio de 2019, demonstra a composição da tarifa no seu estado de atuação, o Paraná, conforme figura 1.



É possível analisar na figura 1, que os tributos embutidos nas contas de luz representam porcentagem significativa. Segundo a Copel, as alíquotas de de ICMS são definidas por lei estadual, sendo aplicado 25% sobre a base de cálculo para unidade residenciais rurais e 29% para os demais clientes da companhia. A equação 2 demonstra a fórmula da base de cálculo do ICMS segundo a Copel.

$$\text{Base de Cálculo do ICMS} = A \times \text{Tarifa sem ICMS} \times (1 + (\text{Alíquota} \div (100 - \text{Alíquota}))) \quad \text{eq. (2)}$$

Onde:

A = Consumo, demanda, demanda da ultrapassagem, excedente reativo e encargo de capacidade emergencial;

Já os valores do PIS e COFINS segundo a Copel, os valores vigentes a partir de abril de 2022 são, 0,85% PIS e 3,90% COFIM, totalizando 4,75%.

Simulando o cálculo dos impostos, partindo de um valor de consumo e tarifa sem ICMS igual a 100,00 reais, em uma residência urbana, obtemos uma base de

cálculo do ICMS igual a 140,845 reais, ou seja, observa-se que os impostos apenas levando em consideração o ICMS totaliza 40,845% do valor da fatura, sendo que ainda são aplicados a este valor os outros componentes da tarifa, conforme figura 1, como o PIS, COFINS, encargos, iluminação pública e outros custos.

4.2 Usinas Termoelétricas

Segundo da Silva e Corrêa (2015), as usinas térmicas podem ser consideradas plantas químicas que geram energia por meio do calor da queima de combustíveis. A EPE traz que a energia pode ser promovida por diferentes combustíveis como o gás natural, a biomassa, o carvão mineral, nuclear, o óleo combustível dentro outras fontes de combustíveis. “A definição do combustível para geração, especialmente para usinas de grande porte, está relacionada ao atendimento de critérios técnicos, econômicos, logísticos, ambientais e, em alguns casos, de políticas energéticas” (Ministério de Minas e Energia/ Empresa de Pesquisa Energética). Segundo a EPE, a depender do tipo de combustível e tecnologias utilizadas, as usinas podem desempenhar funções diferentes, podendo trabalhar na geração contínua, geração complementar a outras fontes renováveis ou ainda atender às demandas de pontas.

A presença de usinas termelétricas no portfólio de geração do SIN é um fator estratégico para o setor elétrico brasileiro. Dada a relevância da participação de fontes hídricas na geração de energia elétrica no Brasil, as termelétricas têm atuado significativamente em períodos de escassez hidrológica. Além disso, com a penetração das fontes eólica e solar no sistema nacional, emerge a possibilidade de as termelétricas atuarem para estabilizar a variabilidade na geração de curto prazo dessas fontes. (MME/EPE).

Pode-se notar que as usinas térmicas são ótimas aliadas juntamente com as hidráulicas na produção de energia no Brasil, atuando principalmente em épocas de secas, e mesmo com as implantações dos sistemas de produção eólicas e solares, as térmicas são necessárias para a estabilização do sistema, sendo assim necessários estudos de interligação entre os meios de produção de energia, garantindo assim uma produção contínua durante todo o ano e uma tarifa mais estável para os consumidores.

4.2.1 Impacto ao meio ambiente

Todos os meios de produção de energia geram impactos ao meio ambiente seja ele na sua implantação ou na sua operação. Segundo o Paralelo entre os impactos das usinas hidrelétricas e termoeletricas elaborados por Guerra e Carvalho, (1995), publicado na revista de administração de empresas, as usinas termoeletricas (UTE) em sua implantação possuem efeitos neutros ou fracos, em relação à construção das usinas hidrelétricas (UHE), visto que elas apresentam efeitos maiores em relação à alteração do meio socioambiental da região de implantação. O quadro 1 mostra um comparativo dos impactos ambientais de implantação analisados no estudo.

Quadro 1 - Impactos ambientais de implantação das UHE e UTE

Tecnologia		Emissões e impactos	Efeitos ambientais										
UHE	UTE		Expressão	Patrimônio cultural	Organização espacial região	Infra-estrutura /regional	Atividades econômicas	Flora	Fauna	Clima	Solo	Água	Ar
■	□	Erosão / assoreamento	R	X	X	X	X	X	X		X	X	
■	□	Recursos minerais	R		X		X				X		
■	□	Alteração dos recursos hídricos	R			X	X	X	X			X	
■	□	Inundação	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
□	□	Emissão CO ₂	G										
■	□	Emissão CH ₄	G									X	X
□	□	Emissão de outros	G										
□	□	Materiais particulares	R					X	X				X
■	■	Ruídos	R						X				
■	■	Efeitos visuais	R	X	X		X						
■	□	Movimentos populacionais	R	X	X	X	X	X	X				

Nutro/Fraco
 Moderado
 Forte
 R: Regional
G: Global

Fonte: Adaptado de Guerra e Antomar (1995, p. 89)

Porém ao analisarmos o quadro 2 do mesmo estudo, que trata dos impactos ambientais de operação, as térmicas são as mais prejudiciais ao compararmos com as hidráulicas apresentando efeitos fortes ou moderados em quase todas as

categorias analisadas, já as hidráulicas apresentam efeitos fortes em aspectos relacionados as condições do solo, devido ao seu tipo de construção demandar muita mudança ambientais e físicas no local de implantação das usinas, quando observados as condições com relação emissão de gases e ruídos os efeitos são nulos, e por não existir comunidades circunvizinhas, devido a desapropriação inicial de locais para implantação dos reservatórios e barragem os efeitos com relação a poluição visual e movimentação populacional também são nulos durante a operação das usinas.

Quadro 2 - Impactos ambientais de operação das UHE e UTE

Tecnologia		Emissões e impactos	Efeitos ambientais										
UHE	UTE		Expressão	Patrimônio cultural	Organização espacial região	Infra-estrutura /regional	Atividades econômicas	Flora	Fauna	Clima	Solo	Água	Ar
		Erosão / assoreamento	R		X	X	X	X	X		X	X	
		Recursos minerais	R		X		X				X		
		Alterações nos recursos hídricos	R			X	X	X	X			X	
		Inundação	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Emissão CO ₂	G	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Emissão CH ₄	G					X	X	X		X	X
		Emissão de outros	G					X	X	X	X		X
		Materiais particulares	R	X				X	X	X	X		X
		Ruídos	R						X				
		Efeitos visuais	R	X	X	X	X						
		Movimentos populacionais	R		X	X	X						

Nutro/Fraco
 Moderado
 Forte
R: Regional
G: Global

Fonte: Adaptado de Guerra e Antomar (1995, p. 89)

Podemos notar que as térmicas podem ser boas fontes de energia complementar evitando-se o uso contínuo delas para redução dos impactos gerados, visto que seus impactos de operação são grandes proporções, por isto a grande necessidade de se estudar outras fontes de energia complementares para minimização da utilização deste meio para geração continua.

4.2.2 Impacto das termoeletricas nos preços das tarifas de energia

As termoeletricas possuem um preço de produção maior que outras fontes como as hidrelétricas, por exemplo, e com isso a tarifa dos consumidores também sobe, pois, segundo a Agência Brasil, são acionadas as bandeiras tarifárias com valores maiores para compensação dos custos de produção, elas são acionadas de acordo com o custo variável unitário (CVU).

As bandeiras tarifárias segundo a ANEEL servem para repassar aos consumidores os custos variáveis que surgem devido às condições de produção menos favoráveis, geralmente estas condições acontecem em épocas de longas estiagens, visto que o abastecimento pelas hidrelétricas são prejudicados pela diminuição dos níveis de água nos reservatórios, sendo então necessário acionar fontes de geração mais caras, por isto são repassados os custos ao cliente e para uma forma mais transparente estes custos são sinalizados com as bandeiras tarifárias, para alertar e conscientizar o consumidor. As bandeiras se dividem em quatro, sendo:

- Bandeira verde: são aplicadas em momentos favoráveis para a geração elétrica, não sendo acrescentadas cobranças adicionais.
- Bandeira amarela: utilizadas em condições menos favoráveis para a produção, é adicionada um valor extra de R\$ 1,874 a cada 100kWh consumidos.
- Bandeira vermelha patamar 1: são utilizadas em épocas com condições mais caras de geração, como em épocas de secas onde são necessários utilização de sistemas complementares de energia mais custosos, como as termoeletricas, sendo adicionado um R\$ 3,971 a cada 100kWh.
- Bandeira vermelha patamar 2: são utilizadas em épocas ainda mais desfavoráveis que o patamar 1, onde os custos de geração são ainda maiores, sendo adicionado R\$ 9,492 a cada 100kWh consumidos.
- Bandeira escassez hídrica: é utilizada em épocas em que existe a escassez de água nos reservatórios das usinas, elevando o custo de produção, sendo a energia mais cara, custando adicionalmente R\$ 14,20 a cada 100kWh consumidos.

Segundo a ANEEL, as bandeiras servem de alerta ao consumidor para conscientização da necessidade do uso mais consciente da energia, evitando desperdícios.

Um dos grandes problemas do sistema atual de compensação da energia solar excedente, *net metering*, é justamente que os provedores de energia fotovoltaica não pagam por esses reajustes dos custos variáveis, visto que possuem créditos armazenados e que podem ser utilizados em qualquer estação ou condição de energia pelo sistema interligado nacional, SIN, sem ser submetido a qualquer taxa extra como as bandeiras, pagando essa tarifa apenas nos kWh mínimos a serem pagos mensalmente as concessionárias de distribuição.

Esta situação gera um desequilíbrio, pois, como estes usuários também utilizam energia da concessionária em épocas de escassez hídrica, e não são submetidos as bandeiras tarifárias, não auxiliam a bancar esta energia mais cara para ser gerada, sendo esta paga pelos demais usuários, que não possuem geração fotovoltaica por meio das bandeiras tarifárias inclusas nas faturas de energia.

4.2.3 Fontes energéticas alternativas

A energia pode ser gerada a partir de fontes não renováveis, que são fontes esgotáveis de energia, onde a sua reposição natural é lenta podendo durar milhões de anos, e as principais fontes não renováveis são: petróleo, carvão mineral e o gás natural, que, a partir de sua combustão liberam no ambiente gases do efeito estufa. Por isto, se faz necessário a exploração de fontes renováveis, que são as fontes disponíveis no meio ambiente. A Empresa de Pesquisa Energética diz que para utilizarmos as fontes renováveis sem que elas se esgotem em pouco tempo é necessário: “Explorando racionalmente os recursos existentes; promovendo a eficiência no uso e investindo em ciência e tecnologia para o desenvolvimento de fontes renováveis (eólica, hidrelétrica, solar, entre outras) que possam substituir as não renováveis.” (EPE, 2021). Por isto vem sendo estudado as fontes renováveis de geração de energia a fim de minimizar o uso de combustíveis finitos, porém estas fontes possuem variação na geração de energia por diversos fatores, se tornando instável necessitando de um sistema complementar.

As principais fontes renováveis são: a fontes hídricas, que é largamente explorado no Brasil, porém com os históricos de secas que o país enfrenta vem sofrendo em períodos de longas estiagens; solar, que é uma boa opção para produção individual, porém pode atuar apenas como geração complementar, pois em períodos noturnos, chuvosos ou com pouca irradiação solar direta nas placas, não consegue gerar energia; eólica, que é produzida a partir do vento, também sofre por

instabilidades em períodos com pouco ou nenhuma presença de ventos; biomassa apresenta como dificuldade o armazenamento da biomassa sólida o que pode ocasionar formação de chuvas ácidas, gerando grandes impactos ambientais; geotérmica não necessita de uma grande região para sua instalação sendo uma fonte que possui menor emissão de gases poluentes, porém possui um alto custo, poucos locais de extração, pode gerar recalques no solo e aumento de temperatura no local, e a oceânica além de ser uma fonte de energia renovável e limpa e que gera poucos impactos ao meio ambiente, é uma fonte muito instável, pois depende de fatores climáticos, para gerar as condições ideais de mares e ventos.

4.3 Energia fotovoltaica

A energia fotovoltaica segundo a ANEEL é a energia obtida a partir do sol, pela conversão de diretamente da luz do sol em eletricidade pelo efeito fotovoltaico, é uma fonte versátil com grande flexibilidade de instalação podendo ser instaladas em diferentes superfícies, até mesmo em telhados pré-existentes, apenas sendo necessário levar em consideração as orientações de iluminação favoráveis. Ainda segundo a ANEEL, o principal benefício desta fonte de energia ocorre na conversão da eletricidade que não gera poluentes, como NO_x, SO₂, CO e gases do efeito estufa, fator extremamente importante ao meio ambiente, como podemos ver no comparativo da tabela 1.

Tabela 1 - Emissão de CO₂ das fontes energéticas

Tecnologias disponíveis em escala comercial	Emissões de CO ₂ durante o ciclo de vida (gCO ₂ /kWh)		
	Mínimo	Mediana	Máxima
Carvão	740	820	910
Gás	410	490	650
Biomassa (co-combustão)	620	740	890
Biomassa (exclusiva)	130	230	420
Geotérmica	6,0	38	79
Hidráulica	1,0	24	2200
Nuclear	3,7	12	110
Termosolar	8,8	27	63
Fotovoltaica (geração distribuída)	26	41	60
Fotovoltaica (usinas)	18	48	180
Vento <i>onshore</i>	7,0	11	56
Vento <i>offshore</i>	8,0	12	35

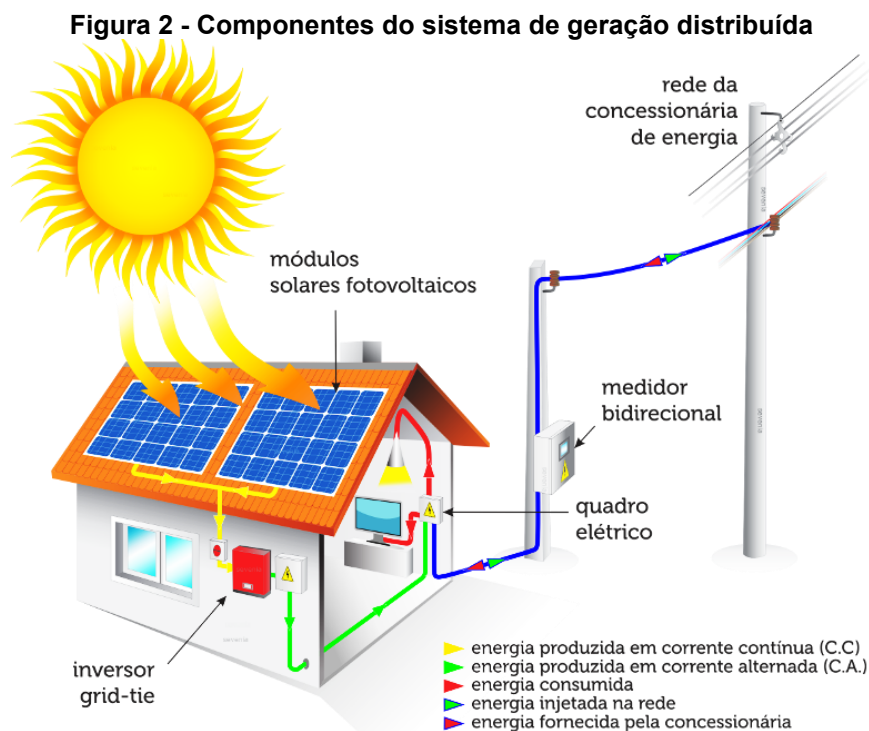
Fonte: Adaptado Coutinho (2019)

A energia fotovoltaica e as usinas termosolares, que são usinas de produção de energia solar aparecem com uma opção de fontes com pouca emissão de gases do efeito estufa, juntamente com as usinas eólicas, vento, usinas hidráulicas e geotérmicas.

O Brasil, por ser um país tropical e estar localizado próximo à linha do equador possui grande exposição a radiações solares, por isto o país possui um ótimo potencial de produção em grande escala. Principalmente no verão onde os dias são mais longos devido à exposição a altos níveis de irradiação, favorecendo a produção da energia fotovoltaica no país.

O sistema de energia fotovoltaico *on-grid*, sistema interligado com a rede elétrica, ou seja, quando existe a falta de energia solar, pela manutenção ou por se tratar de períodos sem incidência solar como períodos noturnos, dias chuvosos ou quando as placas estão cobertas por algum objeto ou fenômeno que bloqueie a luz solar, como nuvens ou sujeiras, a energia da residência passa a ser fornecida pela rede de abastecimento convencional de energia da região.

O sistema *on-grid* é composto por alguns componentes como podemos observar na figura 2.



Fonte: SEBRAE (2020)

- Módulos fotovoltaicos: geralmente são compostos por muitas células solares fabricadas em silício principalmente, um semicondutor, que são capazes de captar a luz do sol convertendo-as em energia fotovoltaica de corrente contínua que é enviada aos inversores ou micro inversores;
- Inversor ou micro inversor: tem por função converter a corrente contínua (CC) gerada pelos módulos ou placas fotovoltaicas em corrente alternada (CA) que pode ser utilizada na residência diretamente;
- Quadro de luz: o quadro de luz da residência é ligado diretamente ao inversor que envia a energia das placas a residência e é utilizada de maneira instantânea, durante o dia a energia gerada já é consumida pelos equipamentos da casa que estão ligados, a energia sobressalente vai para o relógio bidirecional e depois para a rede, em caso de geração insuficiente de energia a rede da concessionária entra e abastece o quadro de luz da residência;
- Medidor Bidirecional: é o relógio da residência onde pode ser feita a leitura de consumo de energia, nele é possível visualizar a quantidade de energia injetada na rede, geralmente energia sobressalente produzida durante o dia, que é convertida no Sistema de compensação por créditos, *Net Metering*, que será abordado no tópico 4.3.2, e a quantidade de energia consumida da rede da concessionária que é a energia utilizada em períodos sem a incidência de luz solar.

4.3.1 Vantagens e desvantagens deste sistema

Este sistema apresenta pontos positivos e negativos que devem ser levados em consideração pelos consumidores que desejam adotar este sistema de geração de energia, os principais pontos levantados pelos autores Naruto (2017) e Coutinho (2019), serão abordados nos tópicos a seguir.

4.3.1.1 Principais pontos positivos

- Redução na fatura mensal de energia, isso se deve ao fato do subsídio tarifário, sendo que neste sistema o produtor deixa de pagar os impostos embutidos nas faturas de luz e pelo sistema de compensação de energia;
- Fonte de energia renovável;
- Energia que não emite poluentes durante a sua produção, não contribuindo para o efeito estufa como outras fontes;

- Flexibilidade de locais para instalação das placas solares, sendo possível instalar no chão, telhados de diferentes materiais e superfícies diferentes;
- Em comunidades isoladas ou indígenas, pode-se minimizar o uso de fontes como o óleo diesel e querosene para geração de energia durante o dia;
- Regiões com maiores incidências solar no Brasil geralmente são menos desenvolvidas economicamente e com a instalação de placas fotovoltaicas ou usinas solares surgem novos empregos durante o período de instalação e manutenção dos sistemas.

4.3.1.2 Principais pontos negativos

- Elevado custo dos equipamentos, projetos e instalação do sistema de geração;
- Maioria das placas e outros equipamentos são importados o que prejudica a economia nacional;
- Longo prazo de recuperação do investimento inicial;
- Vida útil relativamente pequena em torno de 25 anos a 30 anos;
- Dificuldade de crédito para financiamentos de consumidores com menor poder aquisitivo;
- Variação da incidência do sol, instabilidade na produção em decorrência de nuvens, sujeira sobre as placas e chuvas, é considerada uma fonte intermitente;
- Mudança de perfil de consumo de alguns consumidores após a energia solar, com a diminuição do valor das contas de energia, conseqüentemente os consumidores passam a descuidar e utilizar mais energia, principalmente em período noturno, período em que os consumidores estão em suas residências, momento em que o sistema solar não está produzindo, utilizando-se dos créditos, causando um desequilíbrio no custo da geração de energia;
- O descarte de peças ainda incerto, sendo atualmente reciclado apenas o vidro e o alumínio das placas, necessidade de mais estudos nesta área para reaproveitamento dos componentes.

4.3.2 Sistema de compensação por créditos, *Net Metering*

O sistema de compensação de crédito é um incentivo do governo para a geração descentralizada, regulamentada principalmente pela Resolução Normativa

687/2015. Neste sistema os *prosumers*, que são os produtores de energia solar em suas unidades consumidoras, produzem a sua energia durante o dia e a energia não utilizada é injetada na rede da concessionária a qual destina essa energia a outras unidades, pois a energia deve ser consumida instantaneamente, pois a mesma não é armazenada, essa quantidade de kWh que é injetada na rede é revertida em créditos ao consumidor, ou seja, pode ser utilizada em períodos em que não há geração de energia fotovoltaica ou em períodos onde a energia demandada é maior que a produzida.

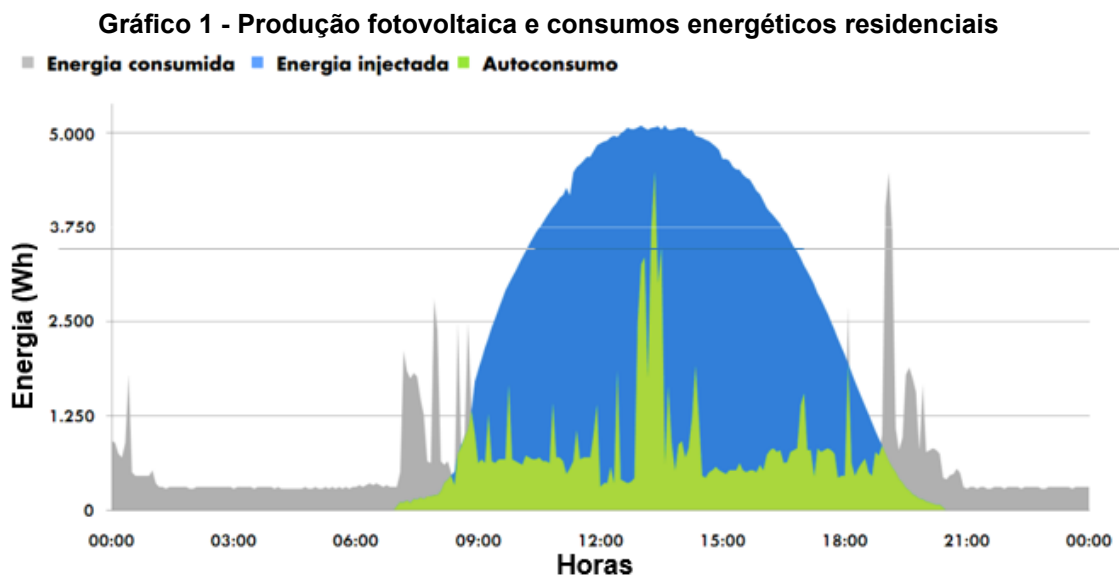
Segundo Alves (2014) esse sistema só é possível com a utilização do contador elétrico bidirecional, conforme podemos ver na figura 3, o qual é capaz de registrar o fluxo de energia em ambos os sentidos, a energia injetada na rede de transmissão e a utilizada da rede. Ao final do mês é realizado um balanço onde o consumidor paga apenas o consumo líquido, que é a diferença entre a energia injetada e a consumida. Caso seja utilizado mais que o produzido o consumidor paga apenas o valor excedente utilizado, de acordo com o valor do kWh da sua concessionária, caso seja injetado mais que o produzido o consumidor acumula créditos que podem ser utilizados durante um período de 5 anos, pode-se também selecionar uma outra unidade consumidora que receberá esses créditos e serão descontados de sua fatura o total de créditos enviados a esta outra unidade.

Figura 3 - Medidor bidirecional



Fonte: Autoria própria (2021)

A problemática deste sistema está nos horários de produção e pico de utilização, pois a energia é produzida em sua maioria no período de muita insolação e o perfil de consumo se dá principalmente nos primeiros horários da manhã, horário de almoço e após as dezoito horas, pois é o horário em que a população geralmente chega a suas residências e começa a anoitecer. Conforme pode ser analisado no gráfico 1.



Fonte: Alvez (2014)

Ao analisar o gráfico 1, fica evidente que a produção e o consumo de energia se dão em horários discrepantes e o grande problema deste sistema de compensação de crédito no Brasil se dá, pois, a energia consumida da rede de distribuição e compensada por créditos não possui os encargos e impostos conforme demonstrado na figura 1, ou uma taxa de conversão, por isto se dá os preços menores nas faturas de energia, que serão realizadas no estudo de caso a ser realizada.

A fim de corrigir este problema foi aprovada em janeiro de 2022 a LEI Nº 14.300 a qual institui o marco legal da micro geração e mini geração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE).

Do encargo setorial, Conta de Desenvolvimento Energético – CDE, é retirado os recursos para custear os subsídios de isenção de 25 anos aos consumidores que fizerem adesão a geração distribuída até 12 meses após a publicação da Lei Nº 14.300, ou seja, os demais consumidores que continuarão pagando o CDE que é embutido na fatura de luz, custearão este encargo para os adeptos a energia fotovoltaica até o fim de 2022.

Após esse período, os participantes do SCEE, passarão a pagar os custos de uso do SIN sobre toda a energia elétrica ativa utilizada, ou seja, da energia proveniente da rede, de maneira progressiva, conforme disposto no artigo 27 da lei Nº 14.300.

Art. 27. O faturamento de energia das unidades participantes do SCEE não abrangidas pelo art. 26 desta Lei deve considerar a incidência sobre toda a energia elétrica ativa compensada dos seguintes percentuais das componentes tarifárias relativas à remuneração dos ativos do serviço de distribuição, à quota de reintegração regulatória (depreciação) dos ativos de distribuição e ao custo de operação e manutenção do serviço de distribuição:

- I - 15% (quinze por cento) a partir de 2023;
- II - 30% (trinta por cento) a partir de 2024;
- III - 45% (quarenta e cinco por cento) a partir de 2025;
- IV - 60% (sessenta por cento) a partir de 2026;
- V - 75% (setenta e cinco por cento) a partir de 2027;
- VI - 90% (noventa por cento) a partir de 2028;
- VII - a regra disposta no art. 17 desta Lei a partir de 2029.

(Brasil, 2022).

Desta forma, de maneira progressiva, os consumidores começam a ficar em situação igualitária com relação ao pagamento de custos sobre a energia consumida das concessionárias de energia, não sobrecarregando apenas alguns consumidores e beneficiando outros.

5 METODOLOGIA DE PESQUISA

A pesquisa será realizada na cidade de Terra Boa, localizada no noroeste do Paraná, com aproximadamente 20 mil habitantes. A metodologia será dividida em três partes para facilitar o entendimento, sendo analisado o índice de adesão ao sistema de geração fotovoltaica no município, a análise da viabilidade ambiental e econômica em duas residências da cidade.

5.1 Análise de adesão ao sistema fotovoltaico

Ao iniciar a análise dos dados de adesão deste sistema foi possível observar que o site da ANEEL, o qual seria utilizado para coleta de dados, encontra-se desatualizado. Para conseguir dados mais verídicos foi contatada a Copel do município de Terra Boa, para solicitação de relatórios mais atuais, com isso foi possível estimar a quantidade de novas usinas de geração distribuída na cidade de Terra Boa, PR.

5.2 Análise de produção e viabilidade ambiental

Após contatar os proprietários de unidades consumidoras com geração de energia distribuída e solicitar acesso e utilização dos dados de produção, foram analisados os dados obtidos pelo aplicativo de celular que monitora a geração de energia, APsystems EMA App e Renovigi monitoramento a partir do login e senha do usuário. Afim entender melhor como o sistema se comporta em diferentes condições climáticas e nas diferentes estações do ano e as variáveis ligadas a este sistema.

A análise da viabilidade ambiental se deu a partir da observação do comportamento de geração deste sistema durante um ano, principalmente, em épocas com baixas precipitações, épocas que as hidrelétricas mais sofrem. Com o intuito de compreender se este meio alternativo de geração de energia auxilia ou não nesta época, injetando ou utilizando energia proveniente da concessionária.

Segundo SIMEPAR (2021) os meses com índices mais baixos de chuvas durante o ano de 2021 foram os meses que compreendem o outono e inverno, de abril a setembro. Os meses de abril, maio e junho apresentaram diminuição no volume de chuvas durante o outono, e durante o inverno, os meses de julho e agosto foram os mais secos do ano segundo o boletim climático.

5.3 Análise de viabilidade econômica

Com os dados de produção e valores do investimento inicial para instalação do sistema, fornecido pelo proprietário da unidade consumidora, foi possível analisar sua viabilidade econômica a partir do cálculo de dois indicadores padrão para investimentos de estudos a longos prazos, o ROI e o Payback.

O ROI é o retorno sobre determinado investimento, este parâmetro demonstra se um investimento é vantajoso ou não para a empresa. A partir do seu cálculo é possível definir se vale ou não investir em certo produto ou processo. Ao calcular o ROI obtêm-se uma porcentagem de retorno sobre o investimento, após o cálculo deste parâmetro foi possível determinar se a instalação de sistemas fotovoltaicos contribui ou não para diminuir os custos com energia elétrica das unidades consumidoras em análise. O retorno sobre o investimento pode ser estimado por meio da equação 3.

$$\text{ROI} = \frac{\text{média anual de economia}}{\text{valor total do investimento}} \times 100 \quad \text{eq. (3)}$$

O Payback representa o prazo para se obter retorno sobre o investimento, é o tempo que levou desde o investimento inicial até o momento em que o retorno, economia, no caso das usinas fotovoltaicas, é igual ao valor investido. Representa o ROI, porém em tempo cronológico e não mais em valor monetário. É obtido por meio da equação 4.

$$\text{Payback} = \frac{\text{valor total do investimento}}{\text{média anual de economia}} \quad \text{eq. (4)}$$

Para a estimativa da média anual de economia, foi analisada a quantidade de kWh consumidos mensalmente e o valor por kWh de cada mês das faturas de energia de cada unidade consumidora durante 12 meses, para se estimar se houve ou não retorno do investimento no ano de 2021.

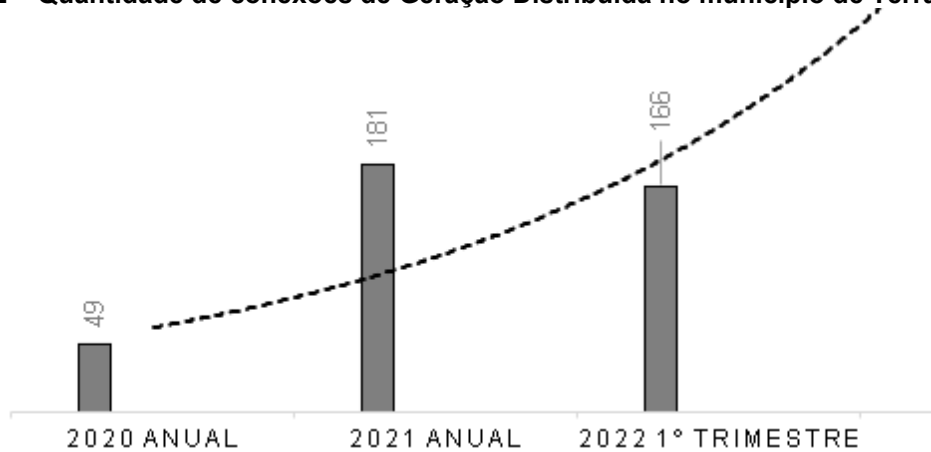
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Assim como na metodologia os resultados serão subdivididos em três tópicos para facilitar o entendimento e análise individual dos fatores.

6.1 Índice de adesão na cidade de Terra Boa

Ao analisarmos os números de instalações na cidade nos últimos anos podemos notar que os adeptos a esta nova modalidade vêm crescendo exponencialmente, conforme pode ser observado no gráfico 2 abaixo:

Gráfico 2 – Quantidade de conexões de Geração Distribuída no município de Terra Boa - PR



Fonte: Autoria própria adaptado de Copel (2022) (informação verbal)¹

Observa-se, pelo gráfico 2, que o número de instalações do primeiro trimestre do ano de 2022 já são aproximadamente 338% maiores que os números de instalações do ano todo de 2020 e está muito próximo de superar os números de 2021, 2022 já possui 91,7% nos três primeiros meses do total de conexões realizadas em durante todo o ano de 2021. Este crescimento de novas instalações em 2022, se deve a vigência da Lei N° 14.300, de 6 de janeiro de 2022, onde regulamenta que sejam adicionados encargos e impostos sobre a energia gerada nas unidades consumidoras.

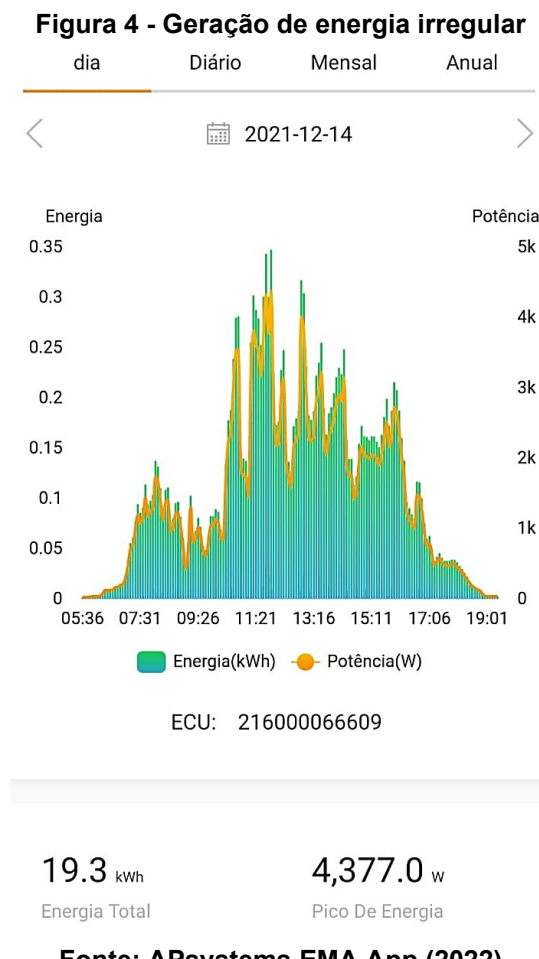
6.2 Análise de produção de sistemas fotovoltaicos.

A análise foi realizada em duas unidades residenciais, uma rural e uma urbana. Analisando a produção dos sistemas de geração nas diferentes estações do

¹ Dados fornecidos pelo supervisor do setor de engenharia da empresa COPEL - Companhia Paranaense de Energia, Antônio Valter de Andrade, em abril de 2022.

ano, e em dias com condições climáticas diferentes, afim de entender o como a produção de energia deste sistema se comporta e é afetada em condições diversas.

Ao analisar a produção de energia em dias diferentes ao decorrer do ano, em ambas as unidades, observou-se que a geração sofre oscilações, ou seja, com a variação da incidência da radiação solar sobre os módulos, a captação da energia varia bastante, conforme pode ser notado na figura 4 apresentada abaixo.

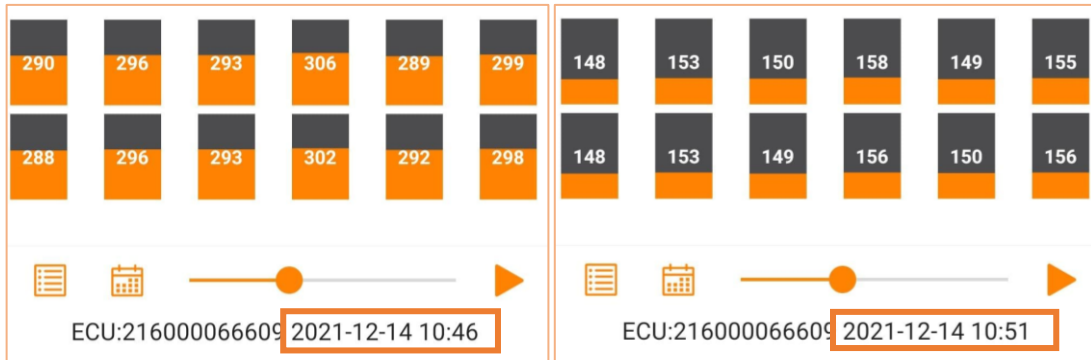


Fonte: APsystems EMA App (2022)

Os picos de geração ocorrem pela presença de obstáculos no caminho da radiação em direção às placas fotovoltaicas, na maioria das vezes nuvens ou sujeiras sobre as placas, gerando essa inconstância de produção.

Observa-se que a potência das placas altera consideravelmente, em um curto período, conforme mostra a figura 5, formando os picos de produção da figura 4.

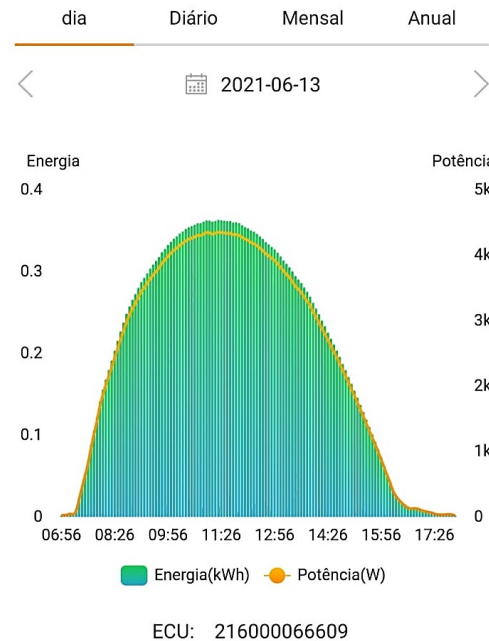
Figura 5 - Potências dos módulos em horários diferentes



Fonte: APsystems EMA App (2022)

Devido a variação de potência e produção das placas constantes, são necessários meio de complementação do fornecimento de energia, por ser um sistema incerto e que depende de fatores não controláveis, como as condições climáticas.

Figura 6 - Geração de energia regular



27.4 kWh

Energia Total

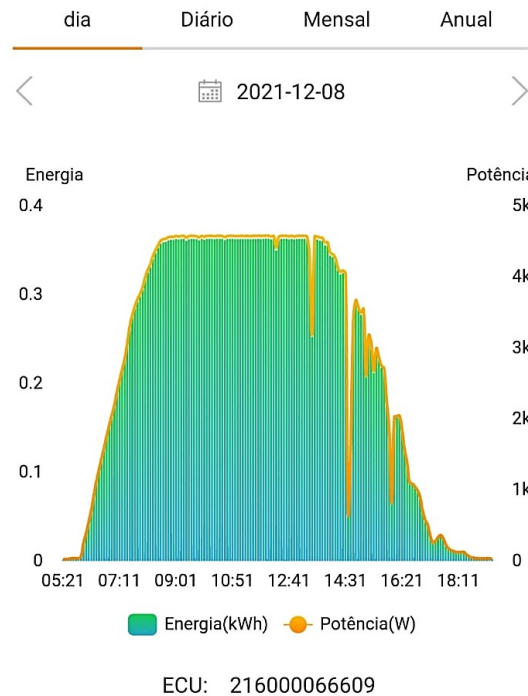
4,354.0 w

Pico De Energia

Fonte: APsystems EMA App (2022)

A figura 6, demosntar como a geração se mateve sem interferências durante o dia, isso se deve a condições climaticas favoráveis à geração de energia, possuindo uma produção homogênea, de acordo com a radiação do dia.

Figura 7 - Geração com potência máxima contínua



37.7 kWh

Energia Total

4,582.0 w

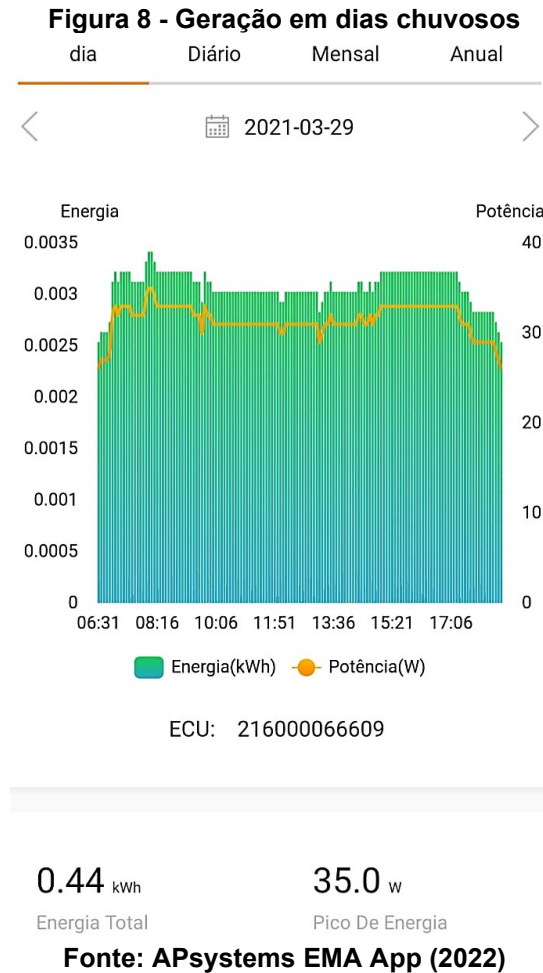
Pico De Energia

Fonte: APsystems EMA App (2022)

Na figura 7, observa-se um dia com geração de energia mais constante. Sendo que a produção se inicia com o nascer do sol e atinge seu pico de geração, determinado pela potência dos módulos, e se mantém constante formando uma reta no topo do gráfico por um longo período, ou seja, a radiação solar no dia foi forte e constante e sem interferências a ponto de atingir o limite máximo de conversão dos inversores.

Desta forma a energia gerada pelos módulos solares foi superior a capacidade dos inversores, sendo esta energia não aproveitada totalmente. Uma forma de resolver o problema seria utilizar inversores mais potentes.

Em dias chuvosos e nublados este sistema de fornecimento de energia é prejudicado, reforçando novamente a necessidade de um sistema de complementação de energia. Conforme observa-se na figura 8, nestes dias a geração de energia chega a ser praticamente nula.



Na data representado na figura 8, o sistema gerou apenas 0,44kWh, por isto, a energia fotovoltaica atua como uma opção de energia complementar, e não como fonte principal de fornecimento.

As particularidades dos dois sistemas analisados serão mostradas separadamente nos próximos subtópicos.

6.2.1 Edificação residencial rural

A unidade consumidora em análise possui um medidor trifásico, com um sistema de geração de energia composto por 3 micro inversores de 1500W e 12 módulos fotovoltaicas de 500W monocristalino, formando um sistema com potência de 6.0kW, o que em condições climáticas ideais gera uma média de aproximadamente de 750 kW/h por mês. A fotografia 1 mostra a localização da unidade consumidora e sua orientação em relação ao sol.

Fotografia 1- Localização dos módulos fotovoltaicos – edificação rural

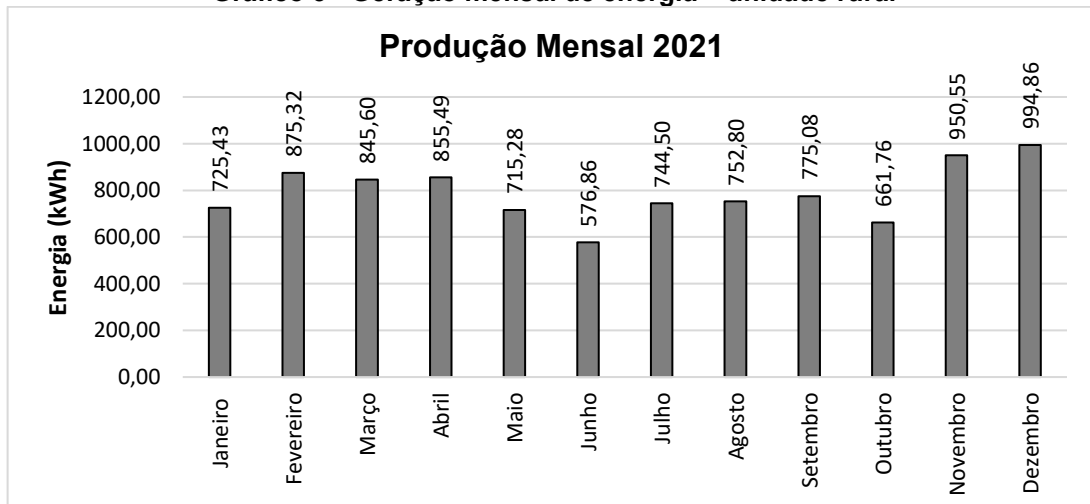


Fonte: Autoria própria (2022)

Pode se observar que as placas foram posicionadas sobre o teto na residência localizadas de forma a ficar exposta a maior parte do dia ao sol. As placas estão inclinadas levemente para o leste, estando no caminho do sol de leste a oeste, obtendo assim uma exposição maior aos raios solares durante todo o dia.

No gráfico 3 observa-se a energia gerada mensalmente durante um ano.

Gráfico 3 - Geração mensal de energia – unidade rural



Fonte: Adaptado de APsystems EMA App (2022)

Existe uma diferença de geração de energia ao decorrer dos meses e estações do ano, sendo que nos meses de verão são obtidos os maiores índices de produção superando a estimativa de produção do sistema, e nos meses de inverno

onde há menor incidência do sol e os dias são mais curtos, a produção chega a ser 42% menor que o mês com maiores resultados.

6.2.2 Edificação residencial urbana

A unidade consumidora em análise é equipada com um medidor bifásico. Possui um sistema de geração de energia composto por 1 inversor *string* e 18 módulos fotovoltaicos de 330W monocristalino, formando um sistema de 5.94kW de potência, o que em condições climáticas ideais gera uma média de aproximadamente de 743 kWh por mês. A fotografia 2 mostra a localização da unidade consumidora e sua orientação em relação ao sol.

Fotografia 2- Localização dos módulos fotovoltaicos – edificação urbana

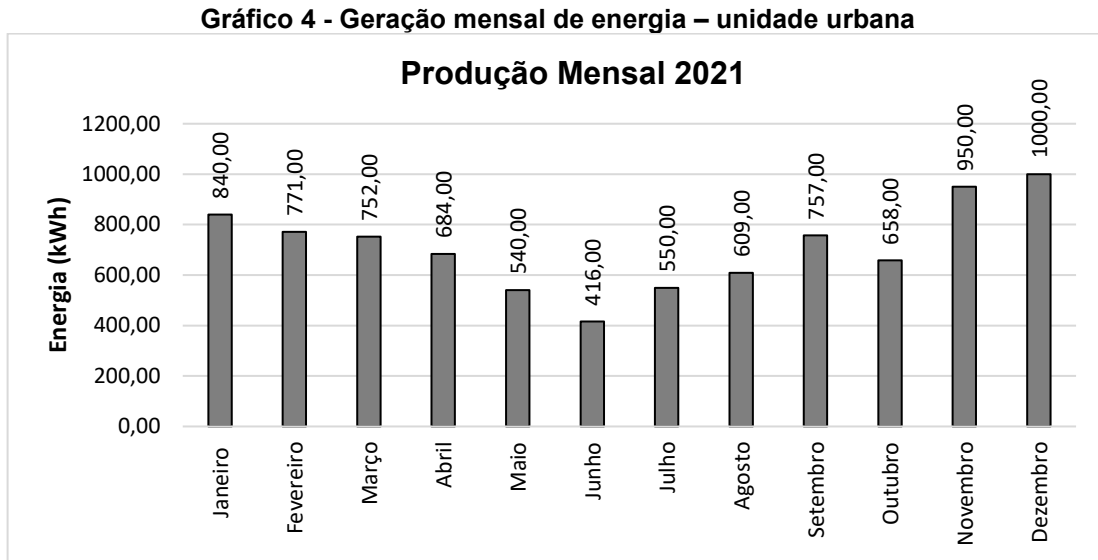


Fonte: Autoria própria (2022)

As placas foram instaladas sobre um suporte na cobertura da residência diminuindo a inclinação das placas buscando aproveitar melhor a radiação solar; voltadas para o norte, sendo exposta ao sol durante maior período do dia.

O gráfico 4, detalha a produção de energia produzida mensalmente durante o ano de 2021 na unidade urbana.

Assim como visto no gráfico 3, a geração de energia nesta outra unidade apresenta padrão semelhante, ou seja, geração de energia oscilante ao decorrer dos meses e estações do ano.



Fonte: Adaptado de Renovigi Monitoramento (2022)

No verão apresenta os maiores índices de produção superando a estimativa do sistema em todo o período desta estação; já durante o inverno, devido aos fatores climáticos da época, as produções são as menores de todo o ano, apresentando uma produção de até 41,6% menor que o mês com maior geração de energia.

6.3 Análise de viabilidade ambiental

Ao analisarmos os gráficos 3 e 4, os meses que compreendem as épocas menos chuvosas segundo o Boletim climático de 2021 fornecido pelo SIMEPAR, foram os meses de abril a agosto.

É evidente que estes meses correspondem a valores de produção médios de produção, a tabela 2 e 3 representa os dados do sistema de compensação por créditos, *Net Metering*, ou seja, quanto foi injetado ou utilizado dos créditos.

6.3.1 Edificação residencial rural

Ao analisarmos a tabela 2, observa-se que grande parte da energia gerada é consumida ainda simultaneamente, pois a quantidade injetada na rede é menor que a gerada.

A média anual é de que aproximadamente 43% da energia gerada é enviada a rede, ou seja, os outros 57% são gerados e utilizados no local. Deixando de ser necessário que a rede forneça esta energia, anualmente cerca de 4100kWh por ano.

Tabela 2 - Perfil de consumo da unidade rural em 2021

Mês	Energia gerada ¹	Consumo simultâneo ²	Energia		Consumo faturado ⁵	Net Metering ⁶
			injetada na rede ³	Consumo da rede ⁴		
(kWh)						
Janeiro	725,43	353,43	372	571	199	0
Fevereiro	875,32	358,32	517	564	100	53
Março	845,60	364,60	481	713	179	-53
Abril	855,49	429,49	426	568	142	0
Mai	715,28	299,28	416	563	147	0
Junho	576,86	218,86	358	461	103	0
Julho	744,50	273,50	471	417	100	154
Agosto	752,80	318,80	434	500	100	34
Setembro	775,08	418,08	357	639	100	-182
Outubro	661,76	178,76	483	465	100	118
Novembro	950,55	347,55	603	552	100	151
Dezembro	994,86	583,86	411	707	100	-196

¹ Energia gerada pelo sistema fotovoltaico, segundo o aplicativo APsystems Ema App, o qual faz os registros de produção;

² Consumo simultâneo a produção fotovoltaica, a energia que é produzida já é utilizada instantaneamente na residência por equipamentos ligados;

³ Energia gerada que não foi utilizada durante a geração e foi injetada na rede da concessionária e será utilizada como créditos para abatimento da energia utilizada da rede;

⁴ Consumo de energia proveniente da rede de distribuição da concessionária, seja em momentos de demanda de energia maior que a produção pelo sistema fotovoltaico, períodos de chuvas ou noturnos;

⁵ O consumo faturado é o total de kWh que o consumidor pagou em cada mês, esta unidade consumidora possui um medidor trifásico, ou seja, a taxa mínima a ser paga pelo consumidor corresponde a 100kWh por mês;

⁶ Sistema de compensação de créditos, números positivos representam a energia transformada em créditos para uso futuro e os números negativos, representa os valores que foram utilizados dos créditos anteriormente gerados.

Fonte: Adaptado de APsystems Ema App e Copel mobile (2022).

Nos meses com menores precipitações, o que conseqüentemente gera menores índices dos reservatórios, sendo necessário a utilização de sistemas complementares para o fornecimento de energia.

Nesta unidade nos meses de abril a junho cliente não utilizou créditos e também não injetou energia na rede extra para gerar créditos. Já nos meses de julho e agosto, a unidade gerou créditos, ou seja, gerou mais energia do que consumiu durante o mês e injetou a mesma na rede, a qual foi convertida em crédito para ser utilizada nos meses seguintes.

Durante o ano de 2021, o sistema gerou um total de 510 kWh que foram convertidos em créditos e pelo sistema de compensação utilizou 431kWh, o restante dos créditos ficam guardados e podem ser utilizados dentro de um período de 5 anos.

6.3.2 Edificação residencial urbana

Assim como na tabela 2, a tabela 3 demonstra que parte da energia produzida é consumida simultaneamente, porém em menor quantidade nesta unidade em relação à unidade rural.

Observa-se que a energia é consumida em sua maioria no período em que não há a geração de energia fotovoltaica, pois, a quantidade de energia utilizada da rede é alta. Em média apenas 120 kWh são consumidos simultaneamente em um mês. O que deixa de ser necessário que a concessionária de energia forneça cerca de 1440kWh por ano. Um número bem menor em relação a unidade consumidora rural, isso se deve ao estilo de vida diferentes.

Tabela 3 - Perfil de consumo da unidade urbana em 2021

Mês	Energia gerada ¹	Consumo simultâneo ²	Energia injetada na rede ³	Consumo da rede ⁴	Consumo faturado ⁵	Net Metering ⁶
Janeiro	840	248	592	642	50	0
Fevereiro	771	148	623	658	50	15
Março	752	67	685	629	50	106
Abril	684	100	584	555	50	79
Mai	540	55	485	507	50	28
Junho	416	92	324	449	50	-75
Julho	550	155	395	496	50	-51
Agosto	609	81	528	550	50	28
Setembro	757	83	674	635	50	89
Outubro	658	100	558	576	50	32
Novembro	950	136	814	949	50	-85
Dezembro	1000	158	842	836	50	56

¹ Energia gerada pelo sistema fotovoltaico, segundo o aplicativo Renovigi Monitoramento, o qual faz os registros de produção;

² Consumo simultâneo a produção fotovoltaica, a energia que é produzida já é utilizada instantaneamente na residência por equipamentos ligados;

³ Energia gerada que não foi utilizada durante a geração e foi injetada na rede da concessionária e será utilizada como créditos para abatimento da energia utilizada da rede;

⁴ Consumo de energia proveniente da rede de distribuição da concessionária, seja em momentos de demanda de energia maior que a produção pelo sistema fotovoltaico, períodos de chuvas ou noturnos;

⁵ O consumo faturado é o total de kWh que o consumidor pagou em cada mês, esta unidade consumidora possui um medidor bifásico, ou seja, a taxa mínima a ser paga pelo consumidor corresponde a 50kWh por mês;

⁶ Sistema de compensação de créditos, números positivos representam a energia transformada em créditos para uso futuro e os números negativos, representa os valores que foram utilizados dos créditos anteriormente gerados.

Fonte: Adaptado de Renovigi Monitoramento e Copel mobile (2022).

Nos meses de abril, maio e agosto o cliente injetou na rede 135kWh e em junho e julho utilizou de seus créditos 126kWh.

Durante o ano de 2021, gerou um total de 433 kWh que foram convertidos em créditos e pelo sistema de compensação utilizou 211kWh, pouco menos da metade.

As duas edificações apresentam padrões parecidos, injetando mais energia na rede do que compensa ao longo do ano. Analisando os meses de inverso observa-se que em ambas as unidades, o saldo de energia injetada e consumida da rede foi positivo, ou seja, as unidades forneceram mais energia na rede do que utilizaram durante o período de inverno, época onde são acionados os meios de produção complementar de energia.

Portanto as unidades auxiliaram a aliviar a sobrecarga de produção de energia diurna, deixando de ser necessário que a rede fornecesse esta energia.

6.4 Análise da viabilidade econômica

Para estimar o valor de economia durante 12 meses, utilizou-se os dados da fatura energia da unidade consumidora e elaborou-se a tabela 4. Com os valores de energia gerada e o valor do kWh em cada mês, foi possível estimar a média anual de economia em 2021.

6.4.1 Edificação residencial rural

Os dados para estimativa de economia da edificação residencial rural estão demonstrados na tabela 4:

Tabela 4 - Estimativa de economia em 2021 - unidade rural

Mês	Energia Gerada ¹ (kWh)	Valor do kWh (R\$/kWh)	Estimativa de economia (R\$)
Janeiro	725,43	0,594222	305,03
Fevereiro	875,32	0,59	368,05
Março	845,60	0,588242	355,56
Abril	855,49	0,582747	359,72
Maio	715,28	0,582585	300,76
Junho	576,86	0,626893	283,67
Julho	744,50	0,6839	366,11
Agosto	752,80	0,6961	370,19
Setembro	775,08	0,6989	381,15
Outubro	661,76	0,7115	325,42
Novembro	950,55	0,7174	467,43
Dezembro	994,86	0,7152	489,22
Média anual de economia			6.160,98

¹ Energia gerada pelo sistema fotovoltaico, segundo o aplicativo Ema App, o qual faz os registros de produção;

A média anual de economia com faturas de energia elétrica deste imóvel foi de aproximadamente R\$ 6.160,98 durante todo o ano de 2021.

O valor do investimento, ou seja, o valor para aquisição e instalação do sistema de geração distribuída, foi de R\$ 23.000,00, segundo o proprietário. Com estes valores definidos obtemos um ROI de 26,79% ao ano.

Para determinar o tempo de retorno do investimento, obtemos um Payback de aproximadamente 3,73 anos, ou seja, 3 anos 8 meses e 24 dias.

6.4.2 Edificação residencial urbana

Os dados da edificação residencial urbana serão demonstrados na tabela 5, abaixo:

Tabela 5 - Estimativa de economia em 2021 - unidade urbana

Mês	Energia Gerada¹ (kWh)	Valor do kWh (R\$/kWh)	Estimativa de economia (R\$)
Janeiro	840	0,7663	643,69
Fevereiro	771	0,7608	586,58
Março	752	0,7596	571,22
Abril	684	0,7508	513,55
Maio	540	0,7502	405,11
Junho	416	0,7608	316,49
Julho	550	0,8178	449,79
Agosto	609	0,8326	507,05
Setembro	757	0,8378	634,21
Outubro	658	0,8476	557,72
Novembro	950	0,8606	817,57
Dezembro	1000	0,8606	860,60
Média anual de economia			6.863,58

¹ Energia gerada pelo sistema fotovoltaico, segundo o aplicativo Renovigi Monitoramento, o qual faz os registros de produção;

Fonte: Aatoria própria (2022)

A média anual de economia com faturas de energia elétrica deste imóvel foi de aproximadamente R\$ 6.863,58 durante todo o ano de 2021.

O valor do investimento, ou seja, o valor para aquisição e instalação do sistema de geração distribuída, foi de R\$ 22.000,00, segundo o proprietário. Com estes valores definidos obtemos um ROI de 31,20% ao ano.

Para determinar o tempo de retorno do investimento, obtemos um Payback de aproximadamente 3,21 anos, ou seja, 3 anos 2 meses e 15 dias.

Ao analisarmos as duas edificações observa-se que o payback de ambas foi de aproximadamente 5 anos, como o tempo de vida útil e garantia do sistema é de 25

anos segundo o fabricante, desde que realizada as manutenções de maneira adequadas e periódicas a sua vida útil pode se prolongar e ultrapassar 40 anos. Portanto o investimento é viável economicamente para o proprietário.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o propósito de analisar a sustentabilidade ambiental e viabilidade econômica da geração de energia fotovoltaica - meio de produção que vem crescendo em larga escala nos últimos anos.

Consumidores que buscam custos menores em suas tarifas mensais de energia elétrica, propondo-se, assim, gerar sua própria energia de maneira menos agressiva ao meio ambiente. Este trabalho buscou analisar como este meio de geração de energia pode auxiliar a minimizar o uso de fontes não renováveis de energia, como as termoelétricas.

A utilização das fotovoltaicas possibilita diminuir a necessidade de utilização das usinas térmicas. Sendo utilizadas apenas em casos em que não seja possível utilizar a solar ou a hídrica, como por exemplo, em períodos noturnos onde não se tenha disponível uma quantidade de águas suficiente nos reservatórios para geração de energia.

Em épocas chuvosas as hidrelétricas suprem a geração de energia durante todo o dia, devido à sua grande capacidade de produção. Em épocas de secas e grande exposição ao sol a fotovoltaica abastece suas unidades consumidoras durante o dia e injeta na rede a produção excedente. Assim a fotovoltaica pode contribuir com o Sistema Interligado Nacional (SIN), onde um sistema auxilia o outro, minimizando os impactos ao meio ambiente, minimizando a emissão de CO₂ na atmosfera, e a energia seria suprida em todas as estações do ano.

Por meio da análise das unidades consumidoras percebeu-se que em épocas de maiores estiagens, ou seja, épocas onde as bandeiras tarifárias são adicionadas devido a necessidade de ativação de meio de produção alternativos para suprir a demanda de energia das concessionárias; as unidades consumidoras com geração distribuída analisadas no trabalho, não afetam na quantidade demandada de energia, ou seja, não utilizam seus créditos excedentes e em alguns meses acaba fornecendo créditos ao SIN, ou seja, auxiliando a aliviar a sobrecarga e ativação de meios alternativos de geração elétrica.

Com relação à viabilidade econômica, esta fonte energética apresenta algumas questões relacionados à igualdade tributária quando comparado com consumidores comuns, ou seja, que não possuem geração distribuída. A Lei Nº 14.300, aprovada em janeiro de 2022, vem para solucionar estas desigualdades.

m ambas as unidades consumidoras estudadas neste trabalho, o investimento se mostrou viável economicamente, fornecendo ao consumidor um retorno rápido do seu investimento e uma diminuição no valor das tarifas de energia. Portanto a energia fotovoltaica pode ser considerada uma energia viável do ponto de vista ambiental e econômico.

Para trabalhos futuros, sugere-se analisar o perfil de consumo antes e após a instalação de sistemas fotovoltaicos.

REFERÊNCIAS

ALVES, Cláudio Bruno Alexandre. **Net metering**: definição de metodologia e estudo de caso. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2014.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Bandeiras tarifárias**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>. Acesso em: 22 out. 2021.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, 2016. **Encargos setoriais**. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/metodologia-distribuicao/-/asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/encargos-setoriais/654800?inheritRedirect=false. Acesso em: 25 out. 2021.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, 2017. **Entendendo a tarifa**. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa/-/asset_publisher/uQ5pCGhnyj0y/content/composicao-da-tarifa/654800. Acesso em: 25 out. 2021.

ANEEL– Agência Nacional de Energia Elétrica. Caderno Temático ANEEL: Microgeração e Minigeração Distribuída. **Sistema de compensação de energia elétrica**. 2^a edição, 2016.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Geração Distribuída**. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZjM4NjM0OWYtN2lwZS00YjViLTlIMjltN2E5MzBkN2ZlMzVklwiidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>. Acesso em: 22 nov. 2021.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Preço médio da energia hidráulica e tarifa atualizada de referência são revisados**. Disponível em: bit.ly/38534DZ. Acesso em: 20 out. 2021.

APSYSTEMS. **APsystems Ema app**. Versão 8.0.11. 06 jan. 2016. Software.

BRASIL. Lei nº 14300, 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, ano 5, p. 4-6, 7 jan. 2022.

COLNAGO, Glauber Renato. **Contribuição para a otimização de turbinas em usinas hidrelétricas: especificação e operação**. 2011. 163f. Tese de Doutorado (Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

CASTRO, Rui M.G.. **Energias renováveis e produção descentralizada**: Introdução à Energia Fotovoltaica. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico. Lisboa, ed. 0, 2002.

CAUS, Tuane Regina; MICHELS, Ademar. **Energia hidrelétrica**: Eficiência na Geração. Camargo, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, 2014.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia – COPEL 2019. **151ª Reunião ordinária do conselho de consumidores da copel distribuição S.A.**. Disponível em: [https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/ata_151_ro_cc_03.05.2019/\\$FILE/Ata%20151%20RO%20CC%2003.05.pdf](https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/ata_151_ro_cc_03.05.2019/$FILE/Ata%20151%20RO%20CC%2003.05.pdf). Acesso em: 25 out. 2021.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. **COPEL Mobile**. Versão 4.4.4. 07 fev. 2012. Software.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. **Tributos**. Disponível em: <https://www.copel.com/site/copel-distribuicao/tributos/#>. Acesso em: 23 mai. 2022.

COUTINHO, Fernando Jubran. **Uso de energia fotovoltaica em edificação – Vantagens e desvantagens em relação a energia elétrica convencional**. Rio de Janeiro, UFRJ / Escola Politécnica, 2019.

DA SILVA, Maria Thereza Lopes Lima; CORRÊA, Marina de Souza. **Discorrendo sobre o uso das termelétricas no brasil**. Ciência e Natura, vol. 37, núm. 2, 2015, pp. 17-23 Universidade Federal de Santa Maria Santa Maria, Brasil.

Empresa de Pesquisa Energética – EPE 2021. **ABCD energia**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/ABCDenergia>. Acesso em: 22 out. 2021.

Empresa de Pesquisa Energética – EPE 2020. **Anuário estatístico de energia elétrica**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/ABCDenergia>. Acesso em: 15 out. 2021.

Empresa de Pesquisa Energética – EPE 2021. **Expansão de geração: Fontes**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/energia-eletrica/expansao-da-geracao/fontes>. Acesso em: 10 out. 2021.

Empresa De Pesquisa Energética – EPE 2009. **Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos**. Rio de Janeiro: EPE, 2009. (Série Estudos de Energia). (Nota Técnica).

FERNANDES, Caíque Gonçalves. **Estudo comparativo do uso de inversor string e microinversores na geração de energia elétrica em instalações fotovoltaicas**. 2020, 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.

GUERRA, Sinclair Mallet-Guy; ANOMAR Viegas de Carvalho. **Um paralelo entre os impactos das usinas hidrelétricas e termelétricas**. São Paulo, Revista de Administração de Empresas / EAESP/ FGV, v. 35, n. 4, 1995.

MIAN, Helena Magalhães; MOTA, Vítor Augusto de Souza. **Mecanismos de suporte para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira: modelos e sugestão para uma transição acelerada**. Brasília, Supernova Design, WWF-Brasil, 2015.

Ministério de Minas e Energia – MME. **Boletim mensal de energia - BME**. Maio de 2021. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético -Spe. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/boletins-mensais-de-energia>. Acesso em: 11 out. 2021.

NARUTO, Denise Tieko. **Vantagens e desvantagens da geração distribuída e estudo de caso de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétrica**. Rio de Janeiro, UFRJ/Escola Politécnica, 2017.

NIBBLE TECNOLOGIA LTDA. **Renovigi Monitoramento**. Versão 1.0.5.0. 10 mai. 2019. Software.

ONU - Organização das nações unidas. **Objetivo de desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/7>. Acesso em: 20 out. 2021.

PESQUISA E INOVAÇÃO AGROPECUÁRIA NA AGENDA 2030: contribuições da Embrapa e parceiros / Valéria Sucena Hammes ... [et al.], editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

Radar: **Tecnologia, produção e comércio exterior / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**. Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura. - n. 1 (abr. 2009), Brasília, Ipea, 2009.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE 2020. **Como funciona a energia solar**. Disponível em: <https://respostas.sebrae.com.br/como-funciona-a-energia-solar/>. Acesso em: 21 out. 2021.

Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná – SIMEPAR 2021. **Boletim climático de 2021**. Disponível em: http://www.simepar.br/prognosweb/simepar/timeline/boletim_climatologico#:~:text=Os%20meses%20de%20julho%20e,atmosfera%2C%20entre%20o%20Centro%2DOeste. Acesso em: 05 abr. 2022.

VERDÉLIO Andreia. **Termelétricas entram em operação com a chegada da seca**. Brasília, Agência Brasil, 2018.