



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO DE UM
SISTEMA FOTOVOLTÁICO RESIDENCIAL CONSIDERANDO AS
DISPOSIÇÕES DA LEI Nº 14.300/2022**

IGOR QUEIROGA SOARES DA SILVA

POMBAL – PB

2023

IGOR QUEIROGA SOARES DA SILVA

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO DE UM
SISTEMA FOTOVOLTÁICO RESIDENCIAL CONSIDERANDO AS
DISPOSIÇÕES DA LEI Nº 14.300/2022

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Unidade Acadêmica de
Ciências e Tecnologia Ambiental da
Universidade Federal de Campina
Grande, como parte dos requisitos
necessários para obtenção do título de
Engenheiro Civil.

Orientador(a): Prof. Dr. Raphael Borges
da Nóbrega

POMBAL – PB

2023

S586a Silva, Igor Queiroga Soares da.

Análise da viabilidade econômica do projeto de um sistema fotovoltaico residencial considerando as disposições da lei N° 14.300/2022 / Igor Queiroga Soares da Silva. – Pombal, 2023.
56 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Prof. Dr. Raphael Borges da Nóbrega.”

Referências.

1. Energia solar. 2. Microgeração. 3. Lei 14.300/22. I. Nóbrega, Raphael Borges da. II. Título.

CDU 620.92 (043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.

IGOR QUEIROGA SOARES DA SILVA

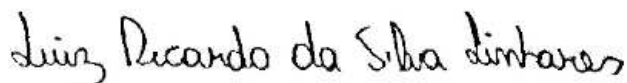
ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO DE UM SISTEMA FOTOVOLTÁICO RESIDENCIAL CONSIDERANDO AS DISPOSIÇÕES DA LEI Nº 14.300/2022.

Trabalho de Conclusão de Curso do discente (_IGOR QUEIROGA SOARES DA SILVA_) **APROVADO** em 14 de julho de 2023 pela comissão examinadora composta pelos membros abaixo relacionados como requisito para obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL pela Universidade Federal de Campina Grande.

Registre-se e publique-se.


Orientador

Coorientador



Examinador Interno


Examinador Externo

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos aos meus familiares e amigos pelo apoio incansável ao longo da minha jornada acadêmica. Em especial, aos meus pais, Francisco Giese Mikoyan Soares da Silva e Simone de Cassia Queiroga da Silva, cujo amor, apoio e encorajamento foram fundamentais para meu crescimento pessoal e para alcançar meus objetivos.

Expresso aqui também minha imensa gratidão ao professor Dr. Raphael Borges da Nóbrega por ter aceitado me orientar neste trabalho. Sua experiência, conhecimento e orientação foram essenciais para o desenvolvimento deste projeto.

Além disso, gostaria de estender meus agradecimentos a todos os professores do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), que desempenharam um papel fundamental na minha formação acadêmica e profissional.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar o impacto da Lei 14.300/22, sobre o retorno financeiro da utilização de energia solar em uma residência unifamiliar na Paraíba. Para isso, foi empregado o método de *payback* para comparar o período de retorno do investimento antes e depois da implementação da Lei. A metodologia envolveu a análise do sistema de microgeração solar fotovoltaica de uma residência e o cálculo do *payback* considerando os custos de instalação, manutenção e tarifa de energia. Os resultados deste estudo demonstram que o investimento em projetos de microgeração distribuída permanece economicamente viável com a implementação da Lei 14.300/22.

Palavras-chave: Energia solar, Microgeração, Lei 14.300/22.

ABSTRACT

This study aims to analyze the impact of Law 14.300/22 on the financial return of solar energy utilization in a single-family residence in Paraíba, Brazil. The payback method was employed to compare the investment payback period before and after the implementation of the Law. The methodology involved the analysis of a solar photovoltaic microgeneration system in a residential setting and the calculation of the payback considering installation costs, maintenance expenses, and energy tariffs. The results of this study demonstrate that investments in distributed microgeneration projects remain economically viable with the implementation of Law 14.300/22.

Keywords: Solar energy, Microgeneration, Law 14.300/22.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema fotovoltaico residencial On Grid.	18
Figura 2 - Sistema fotovoltaico residencial Off Grid.	20
Figura 3 - Curva de geração e consumo.	22
Figura 4 - Matriz elétrica brasileira 2022.	23
Figura 5 - Potência instalada da energia solar fotovoltaica no Brasil.	24
Figura 6 - Evolução de GD de 2012 a 2022.	25
Figura 7 - Cobrança do fio B até 2029.	26
Figura 8 - Componentes na tarifa de eletricidade.....	30
Figura 9 - Previsão da produção anual fotovoltaica.	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais alterações 482/2012 x Lei N° 14.300/2022.....	28
Tabela 2 - Consumo médio mensal.....	33
Tabela 3 - Ficha técnica do sistema gerador.....	34
Tabela 4 - Composição de preços do sistema fotovoltaico.	35
Tabela 5 - Tarifa TUSD + TE.....	35
Tabela 6 - Tarifa TUSD Fio B.....	36
Tabela 7 - Cobrança do Fio B.	36
Tabela 8 - Consumo e geração média mensal do sistema.	40
Tabela 9 - Custo de energia sem GD.....	42
Tabela 10 - Custo de energia e saldo ao ano.....	44
Tabela 11 - Fluxo de caixa e valor presente.....	45
Tabela 12 - VPL, TIR e Payback.....	46
Tabela 13 - Custo de energia e saldo com Fio B.	47
Tabela 14 - Fluxo de caixa e VPL.	48
Tabela 15 - VPL, TIR e Payback.....	49
Tabela 16 - Comparativo dos resultados finais.	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Consumo e geração média mensal ao longo da vida útil do sistema.	41
Gráfico 2 - Custo anual de energia.....	50

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Siglas

- ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica;
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica;
- CA – Corrente Alternada;
- CC – Corrente Contínua;
- COFINS - Contribuição para o Financiamento de Seguridade Social;
- EMUC - Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras;
- FC – Fluxo de Caixa;
- GD – Geração Distribuída;
- GW – Gigawatts
- ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços;
- kW – Quilowatt;
- kWh – Quilowatt-hora;
- MW – Megawatt;
- ONS – Operador Nacional do Sistema;
- PB – Paraíba;
- PIS - Programa de Integração Social;
- REN – Resolução Normativa;
- TE – Tarifa de Energia;
- TIR – Taxa Interna de Retorno
- TUSD – Tarifa do Uso de Rede de Distribuição;
- V – Volt;
- VF – Valor Futuro [R\$];
- VPL – Valor Presente Líquido;
- W – Watt;
- Wh/m² - Watt por hora por metro quadrado.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. JUSTIFICATIVA	14
1.2. OBJETIVOS	15
1.2.1. Objetivo Geral	15
1.2.2. Objetivos Específicos	15
1.3. ESCOPO DO TRABALHO	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1. PRINCÍPIO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO	17
2.2. TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	17
2.3. CONSUMO E GERAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO	20
2.4. ENERGIA SOLAR NO BRASIL	22
2.6. TAXAÇÃO DO FIO B.....	29
2.7. ANÁLISE DE RETORNO FINANCEIRO - MÉTODO DE <i>PAYBACK</i> SIMPLES	30
2.8. VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)	31
2.9. TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)	32
3. METODOLOGIA	33
3.1. MATERIAL.....	33
3.1.1. Consumo médio mensal	33
3.1.2. Sistema de Geração de Energia Solar Fotovoltaica	34
3.1.3. Tarifa de energia	35
3.1.4. Encargo TUSD fio B.....	36
3.1.5. Dados para as projeções	37
3.2. MÉTODOS	37
3.2.1. <i>Payback</i> Simples	38
3.2.2. Valor Presente Líquido (VPL)	38
3.2.3. TIR.....	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1. CONSUMO DA RESIDÊNCIA E GERAÇÃO DO SISTEMA	40
4.2. <i>PAYBACK</i> DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO NORMATIVA 482/2012.....	43
4.3. <i>PAYBACK</i> DE ACORDO COM A LEI 14300.....	46
4.4. COMPARATIVO	49
5. CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

1. INTRODUÇÃO

A energia solar tem ganhado cada vez mais destaque como uma fonte limpa, renovável e sustentável de energia. No contexto brasileiro, a utilização da energia solar tem apresentado um crescimento significativo nos últimos anos, impulsionado por avanços tecnológicos, políticas públicas e incentivos governamentais.

Como a energia solar aproveita a radiação solar para a geração de eletricidade, ela possui inúmeras vantagens em relação às fontes convencionais de energia como hidrelétrica e combustíveis fósseis. Além de ser uma fonte inesgotável, a energia solar não emite gases de efeito estufa, contribuindo para a redução das emissões e mitigação dos impactos das mudanças climáticas. Além disso, a instalação de sistemas fotovoltaicos em residências e empresas permite a geração distribuída, promovendo a descentralização da produção de energia.

A energia solar utiliza o efeito fotovoltaico, que consiste na conversão direta da luz solar em corrente elétrica a partir da incidência sobre uma célula composta de materiais semicondutores. Um conjunto de células conectado em série e paralelo forma um módulo fotovoltaico. A corrente produzida é coletada e processada por dispositivos controladores e conversores, podendo ser utilizada imediatamente para alimentar uma carga, armazenada em baterias ou injetada na rede elétrica. (VILLALVA, 2015).

O Brasil possui um imenso potencial de geração solar, sendo um dos países com as maiores médias anuais de irradiação solar do mundo. A incidência solar diária varia de 4.500 a 6.300 Wh/m² (PEREIRA et al., 2017).

O crescimento da microgeração e minigeração distribuída tem sido impulsionado pelas ações regulatórias, como a possibilidade da compensação de energia excedente produzida pelos sistemas. Além da redução da necessidade de novos investimentos em transmissão, redução das perdas de energia, redução do impacto ambiental e diversificação da matriz energética (CAVALCANTI, 2019).

Nos últimos anos, os avanços tecnológicos e a difusão da geração solar têm contribuído para a redução dos custos dos equipamentos solares. Os painéis solares estão se tornando mais eficientes e a produção em escala maior e mais eficiente tem levado a preços mais baixos. Além disso, políticas governamentais favoráveis, como incentivos fiscais e tarifas atrativas, têm estimulado o investimento em energia solar.

Neste sentido, o país tem buscado aprimorar suas políticas de incentivo e regulamentação para impulsionar o setor. Dessa forma, a Lei 14.300/2022 surge como um marco importante para o desenvolvimento da energia solar no país.

A Lei 14.300/2022, promulgada em 2022, estabelece diretrizes para a promoção da microgeração e minigeração de energia, incluindo a energia solar. A Lei simplifica o processo de conexão dos sistemas de geração distribuída à rede elétrica e estabelece regras para a compensação da energia excedente gerada. Essa nova legislação, busca facilitar e atualizar a forma de taxação para a realidade mais recente da geração distribuída no Brasil dado a crescente demanda nos últimos anos pela energia fotovoltaica.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os impactos que a Lei 14.300 pode ocasionar sobre novos ingressantes no mercado de microgeração fotovoltaica. Para tanto, pretende-se comparar o período de retorno do investimento ao instalar um sistema de geração fotovoltaica em uma residência, antes e depois da implementação da Lei.

1.1. Justificativa

A energia solar tem despertado grande interesse de consumidores residenciais e pequenos comerciantes, se estabelecendo como uma alternativa viável e sustentável para suprir as necessidades energéticas da sociedade. No Brasil, o potencial para a geração de energia solar é enorme devido, dentre outros fatores, a sua vasta extensão territorial e ao alto índice de radiação solar. Além disso, a crescente preocupação com a redução das emissões de gases de efeito estufa e a busca por fontes renováveis impulsionam ainda mais o desenvolvimento desse setor.

Nesse contexto, a Resolução Normativa nº 482/2012 foi criada pela ANEEL para estabelecer as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica. Contudo, em 07 de janeiro de 2022 foi publicada a Lei 14.300, que alterou a maneira como o mercado era regulamentado pela REN 482/2012.

A Lei 14.300 institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída e provocou mudanças na regulamentação da energia solar no Brasil. No entanto,

alguns pontos críticos têm gerado incertezas e desafios para microgeradores residenciais que desejam ingressar nesse mercado.

Um dos principais pontos de discussão é a introdução da cobrança pelo uso do sistema de distribuição. Anteriormente, os microgeradores residenciais não eram cobrados por esse uso, o que tornava o investimento em sistemas fotovoltaicos mais atrativo do ponto de vista financeiro. Com a nova legislação, essa cobrança passa a ser aplicada, o que tem gerado preocupações quanto à viabilidade econômica desses projetos. Os microgeradores residenciais agora precisam considerar esse custo adicional em suas análises de retorno financeiro, o que pode afetar a atratividade do investimento.

A Lei 14.300/22 têm gerado incertezas e a necessidade de maiores esclarecimentos por parte das autoridades reguladoras. Dessa forma, é necessário compreender os impactos da nova Lei e entender sua influência no retorno financeiro da utilização da energia solar.

Portanto, o presente trabalho busca contribuir para o conhecimento científico sobre a energia solar no Brasil, analisando os efeitos da Lei 14.300/22 no setor da microgeração distribuída e comparando o retorno financeiro antes e depois da implementação da legislação. A partir dessa análise, será possível fornecer subsídios para a tomada de decisão de consumidores interessados em investir em energia solar, assim como, embasar políticas públicas voltadas para a promoção dessa fonte de energia renovável.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Analisar os impactos da Lei 14.300/22 no retorno financeiro da utilização da energia solar em uma residência unifamiliar no estado da Paraíba.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Descrever as principais mudanças na taxação estabelecidas pela Lei 14.300/22 para a microgeração de energia solar;

- Realizar uma comparação do tempo de *payback* antes e depois da implementação da Lei 14.300/22, para a instalação de energia solar em uma residência unifamiliar no estado da Paraíba.

1.3. Escopo do Trabalho

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo consistiu em uma introdução onde foi realizada uma contextualização do tema, enfatizando a importância, relevância e objetivos do estudo.

No segundo capítulo, denominado “Fundamentação Teórica”, será abordado os principais conceitos, teorias e estudos relacionados ao tema da energia solar e à Lei 14.300/22, fornecendo uma base teórica sólida para a análise.

No terceiro capítulo, denominado “Material e Métodos”, serão descritos os procedimentos e as técnicas utilizadas para a coleta e a análise dos dados.

No quarto capítulo, “Resultados e Discussões”, será realizada a análise de um estudo de caso do retorno financeiro de um sistema fotovoltaico, antes e depois da Lei 14300/22.

No quinto e último capítulo, “Conclusões”, serão evidenciadas as principais contribuições do estudo, com as conclusões a respeito dos impactos da lei 14300/22 sobre o retorno financeiro em sistemas de microgeração. Por fim serão apresentadas recomendações para futuras investigações.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Princípio do Sistema Fotovoltaico

A energia fotovoltaica é uma forma de energia renovável que utiliza a luz solar para gerar eletricidade. A conversão da luz solar em energia elétrica é realizada a partir das células fotovoltaicas, também conhecidas como células solares. O princípio da conversão baseia-se no efeito fotovoltaico.

O efeito fotovoltaico é um fenômeno físico que ocorre nos materiais semicondutores, especialmente nas células solares, sendo responsável pela conversão direta da luz solar em eletricidade. Esse efeito foi descoberto por Edmond Becquerel em 1839 e se baseia na capacidade dos materiais semicondutores, como o silício, de absorver a energia dos fótons (partículas de luz) e liberar elétrons, criando uma corrente elétrica. (LEOTE, 2009).

A eletricidade gerada pelo efeito fotovoltaico ocorre devido à estrutura especial dos materiais semicondutores, que possuem uma banda de energia proibida entre suas bandas de valência e de condução. Quando a luz solar incide sobre o material, os fótons com energia suficiente para superar a banda proibida são absorvidos pelos átomos do material, isso faz com que elétrons sejam liberados da banda de valência para a banda de condução. Esse movimento de elétrons cria uma corrente elétrica que pode ser coletada e usada como energia. (NUNES, 2010).

As células solares, que são compostas por camadas de materiais semicondutores como o silício, são projetadas para maximizar a eficiência do efeito fotovoltaico. Quando a luz solar incide sobre a célula solar, os elétrons são liberados, gerando assim eletricidade. As células solares podem ser agrupadas em painéis solares para gerar eletricidade em escala comercial ou residencial.

2.2. Tipos de sistemas fotovoltaicos

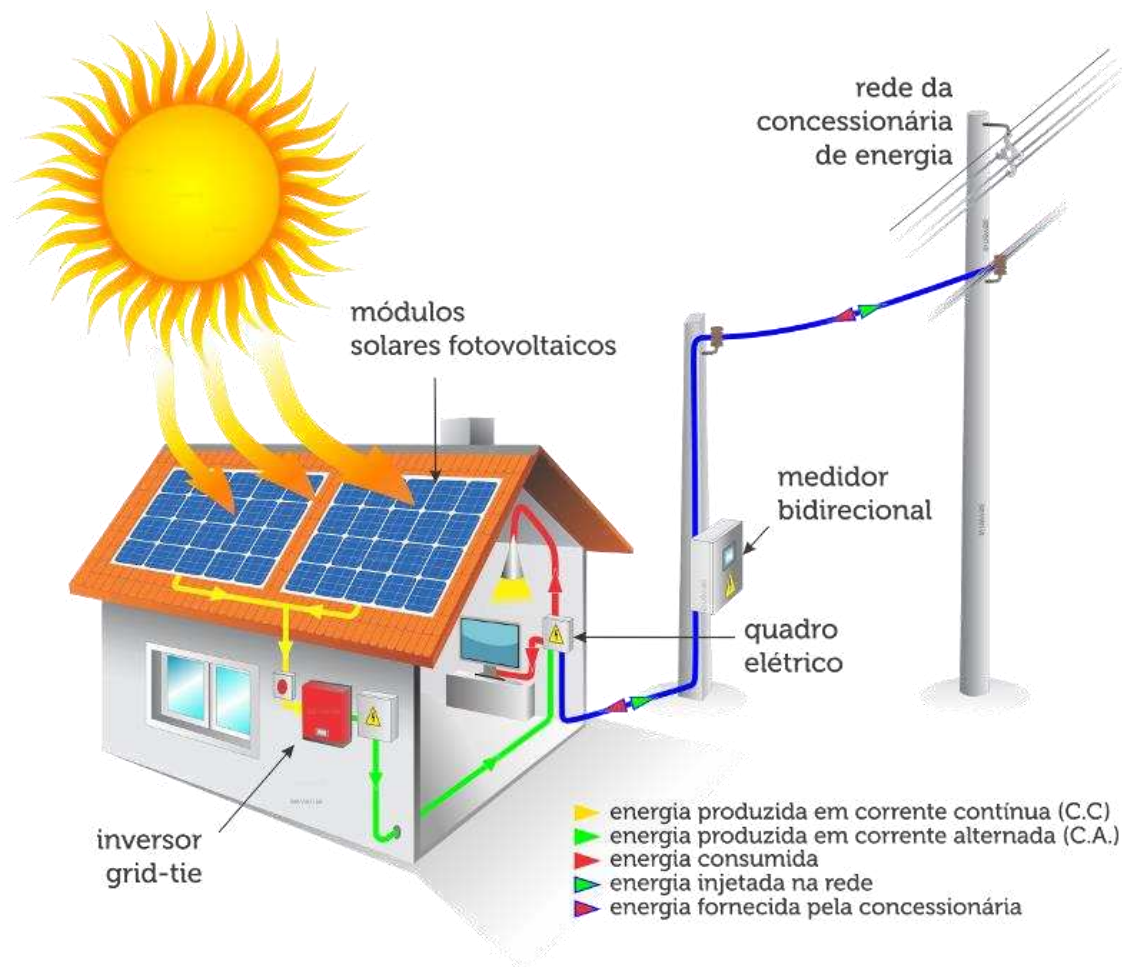
Basicamente, um sistema fotovoltaico pode ser classificado em dois tipos dependendo da forma de conexão à rede elétrica: *On-grid* (ligado à rede elétrica) e *Off-grid* (autônomo).

No sistema *On-grid* a energia excedente gerada pelos painéis solares é direcionada para a rede elétrica da concessionária. Nesse tipo de sistema, não há a necessidade de armazenar a energia gerada, pois ela é utilizada diretamente pelos dispositivos conectados à rede elétrica. (BOHN, 2019).

O sistema *on-grid* geralmente é acompanhado de um medidor bidirecional que registra tanto a energia consumida da rede elétrica quanto a energia injetada por meio da geração solar. O excedente de energia gerada pelo sistema e injetada na rede é registrado na forma de créditos que poderão ser compensados posteriormente na fatura em momentos de menor geração solar, como à noite.

A Figura 1 ilustra um exemplo de um sistema fotovoltaico residencial ligado à rede, mostrando os painéis solares instalados no telhado de uma casa, o inversor conectado ao sistema elétrico, o medidor bidirecional e a orientação dos percursos da energia gerada e consumida.

Figura 1 - Sistema fotovoltaico residencial *On Grid*.



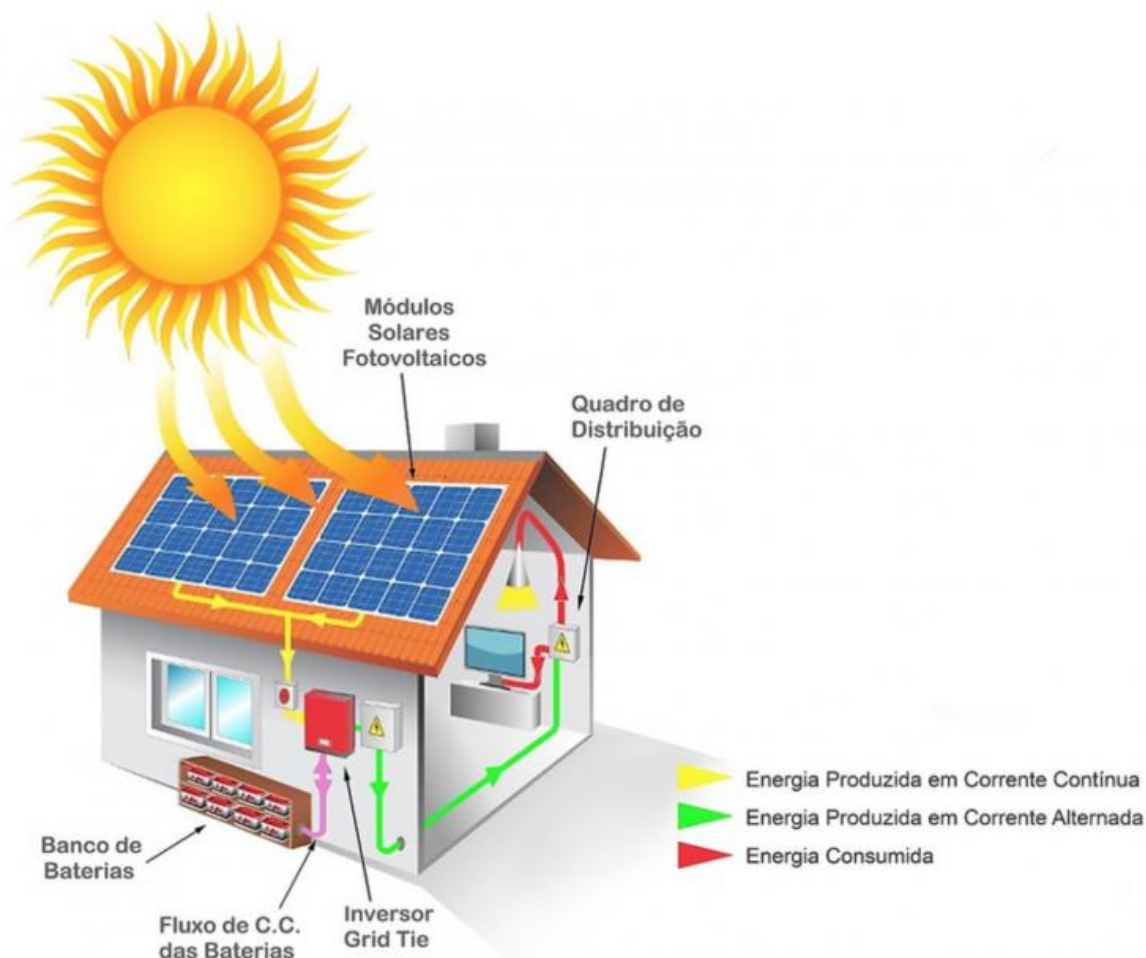
Fonte: Solis Smart, ENERGIA SOLAR, (2023).

Em síntese o sistema de geração fotovoltaica *on-grid* é composto por painéis solares fotovoltaicos, inversor, dispositivos de proteção (como disjuntores e fusíveis) e medidor bidirecional. Os painéis solares são instalados no telhado ou em uma área externa onde possam receber a máxima exposição solar.

Em um sistema fotovoltaico ligado à rede (*On Grid*), os painéis solares, também conhecidos como módulos fotovoltaicos, são responsáveis por captar a energia solar e convertê-la em energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico. Em seguida o inversor converte a corrente contínua gerada pelos painéis solares em corrente alternada, que é a forma de energia elétrica utilizada em nossas residências e empresas. O inversor realiza essa conversão para que a energia possa ser utilizada de forma compatível com os aparelhos e equipamentos elétricos convencionais. Após a conversão, a energia passa por quadros onde estão os dispositivos de proteção e é utilizada na residência, a parcela da energia que não é consumida imediatamente vai para a rede, passando pelo medidor bidirecional e sendo injetada no sistema de distribuição.

O sistema *off-grid*, ou sistema autônomo, é projetado para funcionar de forma independente da rede elétrica. Nesse tipo de sistema, a energia gerada pelo sistema fotovoltaico geralmente é armazenada em bancos de baterias para uso posterior. O sistema *off-grid* é comumente utilizado em locais remotos, onde não há acesso à rede elétrica convencional. Além disso, um sistema de geração fotovoltaico autônomo permite que os usuários tenham energia elétrica mesmo em áreas isoladas, sem depender da infraestrutura elétrica existente. (NASCIMENTO, 2019). No entanto, os sistemas *off-grid* geralmente requerem um dimensionamento cuidadoso, para garantir que a capacidade de armazenamento de energia seja adequada e para suprir as necessidades de consumo durante períodos de menor geração solar.

Para sistemas *off-grid*, os componentes básicos incluem painéis solares, inversores, controladores de carga, baterias, cabos elétricos e dispositivos de proteção, como disjuntores e fusíveis. Esses componentes trabalham em conjunto para captar a energia solar e convertê-la em energia elétrica utilizável, a energia que não é consumida instantaneamente é armazenada no banco de baterias. Na Figura 2 a seguir, podemos observar como funciona um sistema autônomo.

Figura 2 - Sistema fotovoltaico residencial *Off Grid*.

Fonte: Solis Smart, ENERGIA SOLAR, (2023).

Como demonstrado na Figura 2, durante o dia, os painéis solares captam a energia solar e a convertem em energia elétrica, que é utilizada para alimentar os dispositivos e aparelhos conectados ao sistema. O excesso de energia gerada pode ser armazenado em baterias, garantindo o fornecimento de eletricidade mesmo durante a noite ou em dias nublados. O sistema off-grid pode ser dimensionado de acordo com as necessidades de consumo e requer a instalação de componentes como inversores, controladores de carga, baterias e dispositivos de proteção para garantir o funcionamento adequado do sistema.

2.3. Consumo e geração de um sistema fotovoltaico

Em um sistema ligado a rede, muitas vezes os painéis solares geram mais energia do que a residência consome. Esse excedente gerado é enviado para a rede

elétrica através do medidor bidirecional. Esse medidor registra tanto a energia consumida da rede elétrica quanto a energia gerada e injetada na rede proveniente do sistema fotovoltaico.

Durante os períodos em que a produção de energia solar é insuficiente, como durante a noite ou em dias nublados, a residência pode obter energia da rede elétrica para suprir suas necessidades. O medidor bidirecional registra essa troca de energia entre a residência e a rede elétrica, permitindo que a concessionária de energia calcule o saldo líquido de energia consumida e gerada.

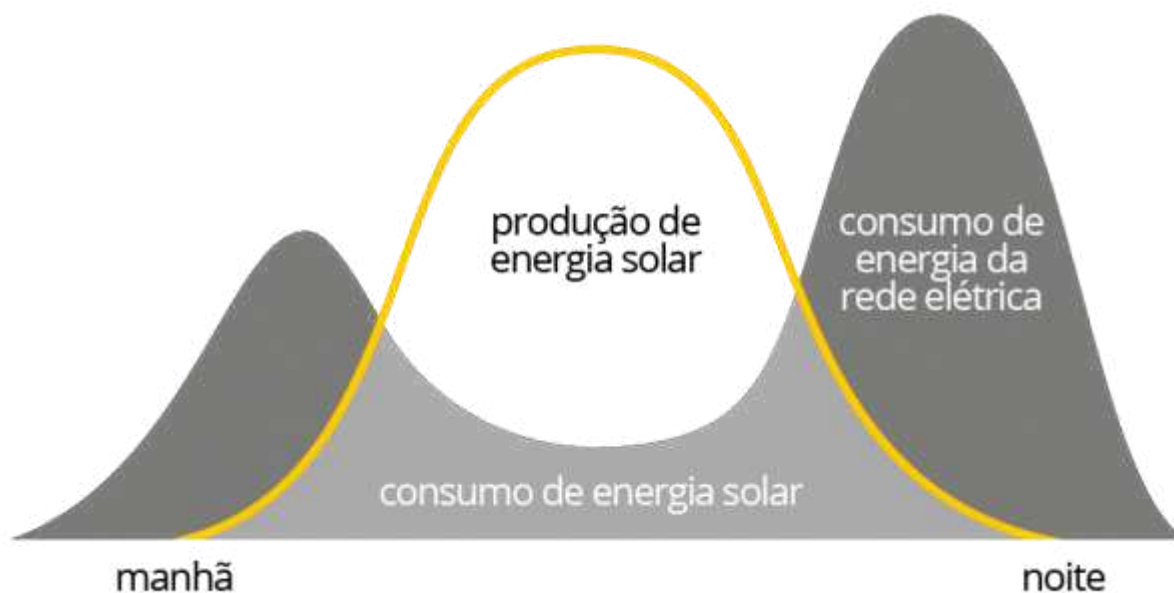
O consumo instantâneo de energia em residências e comércios pode variar significativamente, dependendo de vários fatores, como o tamanho do imóvel, o estilo de vida dos ocupantes e o tipo de atividades realizadas. Geralmente, o consumo instantâneo em residências é menor em comparação aos comércios, devido a diferenças nas necessidades de energia e nos padrões de uso.

Em residências, é comum que o consumo instantâneo fique em torno de 30% da carga máxima instalada. Isso ocorre devido a uma série de motivos, como a presença de moradores fora de casa durante o dia, seja por trabalho ou estudo, resultando em uma redução no consumo de energia durante esses períodos. Além disso, as atividades domésticas geralmente são mais concentradas nos horários da manhã e da noite, quando os moradores estão presentes, o que contribui para um consumo mais baixo durante o dia.

Por outro lado, comércios e estabelecimentos comerciais têm uma demanda energética mais elevada durante o dia, quando estão em pleno funcionamento. Isso se deve ao fato de que muitos comércios operam durante o horário comercial, com atividades que exigem maior consumo de energia, como iluminação, refrigeração, equipamentos de produção, entre outros. Estima-se que o consumo instantâneo em comércios possa chegar a cerca de 80% da carga máxima instalada, devido ao uso mais intenso de energia durante o horário de expediente.

Na Figura 3 a seguir, podemos observar um exemplo de curva de geração e consumo comum a uma residência com energia solar.

Figura 3 - Curva de geração e consumo.



Fonte: dstsolar, SISTEMA FOTOVOLTAICO, (2023).

O sistema on-grid é vantajoso porque permite que a residência reduza sua dependência da rede elétrica convencional, aproveitando a energia solar para reduzir os custos de eletricidade. Além disso, quando o sistema gera mais energia do que a residência consome, é possível obter créditos de energia que podem ser usados para compensar o consumo futuro.

2.4. Energia Solar no Brasil

O Brasil dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, correspondente a aproximadamente 80% da potência instalada. Na Figura 4 é ilustrada a contribuição das fontes de geração na matriz elétrica brasileira.

Figura 4 - Matriz elétrica brasileira 2022.



Fonte: ANEEL, 2023. Adaptado pela ABSOLAR.

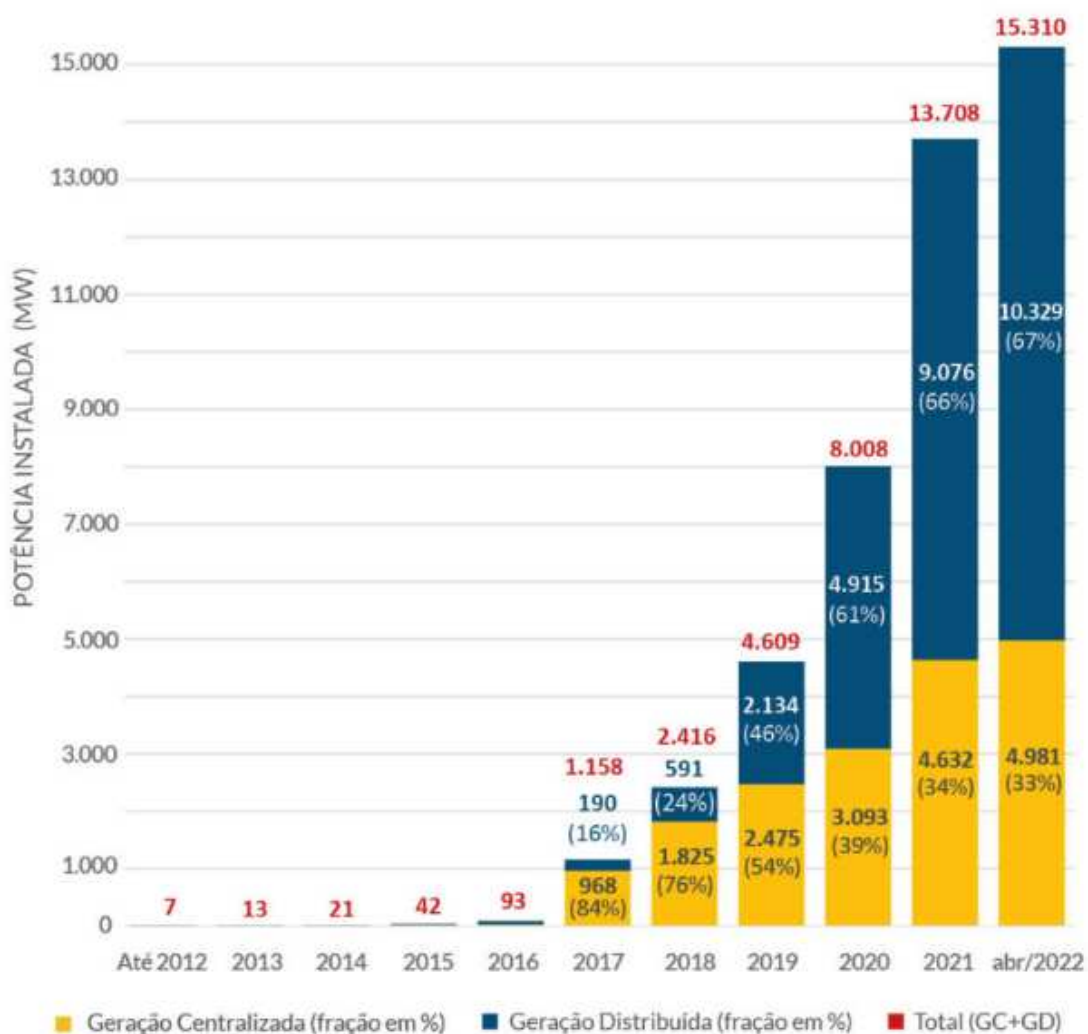
De acordo com a Figura 4, a maior parte da energia gerada vem de usinas hidrelétricas, com 51,3%. Pode-se notar que a contribuição da energia solar na matriz brasileira é significativa, sendo a segunda maior com 11,2% do total.

A energia solar é uma fonte de energia renovável que utiliza a radiação solar para a geração de eletricidade. O Brasil, com seu extenso território e alta incidência solar, possui um potencial significativo para o desenvolvimento dessa fonte energética limpa e sustentável (SOUZA et al., 2020). Aproveitar esse potencial é essencial para diversificar a matriz energética, reduzir as emissões de gases de efeito estufa e promover o desenvolvimento sustentável (SANTOS et al., 2019).

De acordo com dados do Atlas Brasileiro de Energia Solar (ANEEL, 2020), o país possui uma irradiação solar média de aproximadamente 1.800 kWh/m²/ano, o que torna a energia solar uma alternativa atrativa para suprir as demandas energéticas. Além disso, a energia solar apresenta benefícios socioeconômicos, como a geração de empregos locais, a redução da dependência de combustíveis fósseis e a promoção da segurança energética (SILVA et al., 2020).

Em setembro de 2021, a potência instalada da energia solar fotovoltaica no Brasil atingiu um marco significativo. Segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), o país ultrapassou a marca de 10 gigawatts (GW) de capacidade instalada, como demonstrado na Figura 5.

Figura 5 - Potência instalada da energia solar fotovoltaica no Brasil.



Fonte: ABSOLAR (2023).

O crescimento expressivo da energia solar fotovoltaica é resultado do aumento do interesse e investimento em energia solar no país, sendo impulsionado por fatores como a redução dos custos da tecnologia fotovoltaica, incentivos governamentais e maior conscientização sobre os benefícios ambientais e econômicos da energia solar.

Nos últimos anos, o Brasil tem sido um dos líderes globais na expansão da energia solar fotovoltaica. A capacidade instalada tem aumentado ano após ano, com a instalação de usinas solares em larga escala, bem como a adoção cada vez maior de sistemas de geração distribuída, principalmente em residências, comércios e indústrias. Na Figura 6 é possível visualizar a evolução da GD no período de 2012 a 2022.

Figura 6 - Evolução de GD de 2012 a 2022.



Fonte ANEEL (2023).

Na Figura 6, é possível constatar que, no ano de 2022 houve um aumento significativo na quantidade de micro e minigeradores, assim como, na potência instalada, ambos com um aumento de quase o dobro da quantidade registrada no ano de 2021, com o mesmo acontecendo de 2020 para 2021, o que demonstra uma forte alta nos últimos anos na demanda por unidades de geração distribuída.

Desde a publicação da Lei 14.300, em 7 de janeiro de 2022, já foram efetivadas pelas distribuidoras de todo o Brasil mais de 780 mil conexões de microgeração e minigeração distribuída, totalizando mais de 7,6 GW de potência instalada. Esses números representam um aumento de 60% em relação ao número de conexões e 54% da potência instalada em relação ao verificado nos 13 meses anteriores à publicação da Lei. Cerca de 47% do total de conexões e de 44% da potência instalada de todo o histórico registrado desde 2009 ocorreu após a publicação da Lei. (ANEEL, 2022).

A Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, que regulamentava a micro e minigeração distribuída, mostrou-se insuficiente diante do rápido crescimento desse mercado. Diante dessa necessidade, foi promulgada a Lei nº 14.300/2022, com o objetivo de instituir o marco legal da microgeração e minigeração distribuída e visando proporcionar mais segurança jurídica, facilitar o acesso dos consumidores à geração de energia renovável e atualizar as regras de taxação.

2.5. Lei Nº 14.300/2022

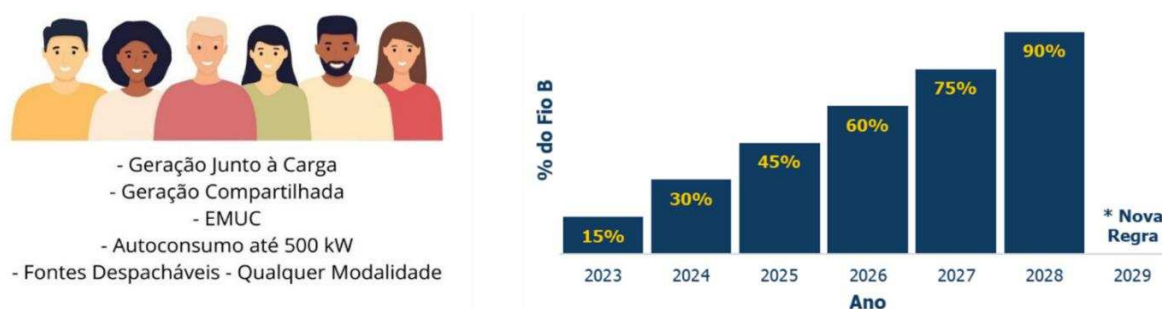
Em janeiro de 2022, a Lei 14.300/22, conhecida como marco legal da microgeração e minigeração distribuída, foi promulgada, com o objetivo de fomentar a utilização de fontes renováveis de energia. Como a energia solar em residências, comércios, indústrias e demais estabelecimentos (BRASIL, 2022).

A sanção do Marco Legal da microgeração e minigeração distribuída, como foi intitulada a Lei 14.300, garantiu para todas as unidades já existentes, ou que protocolarem acesso até 12 meses após publicação da mesma, a manutenção dos benefícios já obtidos até 2045. Além disso, definiu as regras que serão aplicadas durante e após a transição regulatória (SENADO, 2022).

Após os 12 meses da publicação da Lei, para os consumidores que não tiverem direito adquirido, o faturamento decorrerá da seguinte forma:

a) geração junto à carga, geração compartilhada, EMUC (empreendimento com múltiplas unidades consumidoras) ou autoconsumo menor que 500 kW, o faturamento terá cobrança gradual da TUSD fio B conforme demonstrado na figura 7. (BRASIL, 2022).

Figura 7 - Cobrança do fio B até 2029.



Fonte: Aldo Solar (2023).

b) autoconsumo remoto acima de 500 kW ou Geração compartilhada em que um dos consumidores detenha 25% ou mais de participação dos créditos de energia, haverá cobrança da TUSD Fio B, 40% da TUSD fio A, TFSEE e P&D. (BRASIL, 2022).

A partir de 2029, haverá cobrança de todas as componentes tarifárias não associadas ao custo da energia, e abatidos os benefícios da GD à rede. A Aneel deverá valorar esses benefícios segundo as diretrizes do Conselho Nacional de Política Energética (BRASIL, 2022).

A lei também introduz o conceito de autoconsumo local, em que a geração está junto a carga e o excedente de energia gerado é compensado na própria unidade consumidora (BRASIL, 2022).

Na REN 482/2012 a cobrança do custo de disponibilidade refere-se a uma taxa fixa mensal que os consumidores com sistema de geração distribuída pagam para manter o acesso à rede elétrica convencional, mesmo que não utilizem a energia fornecida pela concessionária. Essa taxa de disponibilidade é estabelecida com base no tipo de fornecimento, sendo 30 (kWh) se monofásico, 50 (kWh) se bifásico e 100 (kWh) se trifásico. O custo de disponibilidade tem o objetivo de cobrir os custos de manutenção da infraestrutura de distribuição. No entanto, com a promulgação da Lei 14.300/2022, houveram mudanças nas regras e no custo de disponibilidade, em que:

- Para projetos com direito adquirido, a compensação de energia somente deverá ocorrer quando o valor do faturamento da UC for maior ou igual ao mínimo de referência. Nesse caso, sempre haverá uma cobrança do custo de disponibilidade na conta de energia do consumidor (GREENER, 2022);
- Para projetos na regra de transição, o consumidor somente irá pagar o custo de disponibilidade se o consumo medido for menor que o valor de referência (GREENER, 2022).

Na Tabela 1 é possível visualizar as principais comparações entre a antiga Resolução Normativa 482/2012 e a Lei 14.300/2022.

Tabela 1 - Principais alterações 482/2012 x Lei N° 14.300/2022.

Tema	Como era a REN 482/2012	Lei 14.300/2022
Direito adquirido	Não existia garantia – competência da ANEEL para alterar a Resolução 482/12.	Para projetos protocolados até 12 meses após a publicação da Lei fica mantido o regime atual até 31/12/2045.
Valoração dos créditos	Compensação de 100% das componentes tarifárias.	Algumas componentes deixarão de ser compensadas de forma gradual e escalonada de acordo com a regra de transição prevista (6 anos – utilização da CDE). A partir de 2029 nova entrada com “regra nova”.
Compensação das componentes tarifárias	A REN 482 poderia ser alterada a qualquer momento pela ANEEL – cenário “alternativa 5” (compensação apenas TE – Energia).	Encontro de “contas” a ser feito em até 18 meses da publicação da Lei, a partir de diretrizes do CNPE (6 meses). A ANEEL será obrigada a considerar o cálculo do SCEE de todos os benefícios ao sistema da GD.
Demanda das usinas	TUSD C	TUSD G (até 70% menor que a TUSD C)
Custo de disponibilidade	Cobrado em duplicidade na prática.	Deixará de ser cobrado em duplicidade.
Geração compartilhada	Via consórcio (PJ) ou Cooperativa (PF)	Flexibilização. Via Consórcio, Cooperativa, Associação e Condomínio civil (voluntário ou edilício).
Potência máxima	Em regra até 5 MW para todas as fontes de energia	Até 3 MW para solar (não despacháveis) e até 5 MW para as demais fontes (despacháveis).
Titularidade	Unificar titularidade era uma prática de mercado sem respaldo legal/regulatório	Previsão legal expressa para unificação (pode ser solução para ICMS na geração compartilhada).
Distribuição de créditos	Prazo de 60 dias para análise da distribuidora.	Prazo caiu para 30 dias.
Troca de titularidade	A qualquer momento, a partir da assinatura CUSD e do CCER	(i) a transferência de titularidade dos projetos já conectados não implicará na perda dos benefícios já obtidos anteriormente; (ii) será permitida a transferência de titularidade ou transferência de controle, até a solicitação de vistoria do ponto de conexão para a distribuidora.
Garantia de fiel cumprimento (caução)	Não há necessidade.	2,5% do investimento potência entre 500 kW e 1000 kW e 5% para sistemas maiores que 1000 kW. Projetos superiores a 500 kW devem apresentar garantia em até 90 dias da publicação da lei. Não se aplica à geração compartilhada. EMUC e para os casos em que o CUSD seja firmado em 90 dias da lei.
B (optante)	Entendimento atual é de que o consumidor não poderia ser B optante com usina minigeração.	Permitido B optante com usina junto à carga até 112,5 kW
Prazo para cadastro/porcentagem	60 dias a partir do envio dos dados	30 dias a partir do envio dos dados.
Programa para GD em baixa renda	Não existia vedação, mas a ANEEL não recomendava a prática.	Fica vedada expressamente comercialização de pareceres de acesso.
Comercialização em baixa renda	Vedado	Possibilidade de comercialização dos excedentes com as distribuidoras por meio de chamada pública a ser regulamentada pela ANEEL.
Atributos ambientais	Atualmente não são valorados	Serão valorados e remunerados a partir de março de 2022
Prazo para cumprimento das disposições	Sem previsão	Distribuidoras deverão se adequar e operacionalizar as alterações em até 180 (cento e oitenta) dias da data de publicação desta Lei.

Fonte: Canal Solar (2023).

As informações da Tabela 1 destacam as principais diferenças entre as duas regulamentações e demonstra como a Lei 14.300/2022 traz mudanças significativas para o setor de geração distribuída.

Um dos maiores destaques das mudanças ocorridas, é que para o microgerador residencial, uma vantagem da LEI 14.300 é a eliminação da cobrança em duplicidade do custo de disponibilidade. No entanto, os créditos não possuirão uma compensação de 100% em virtude da cobrança da TUSD Fio B.

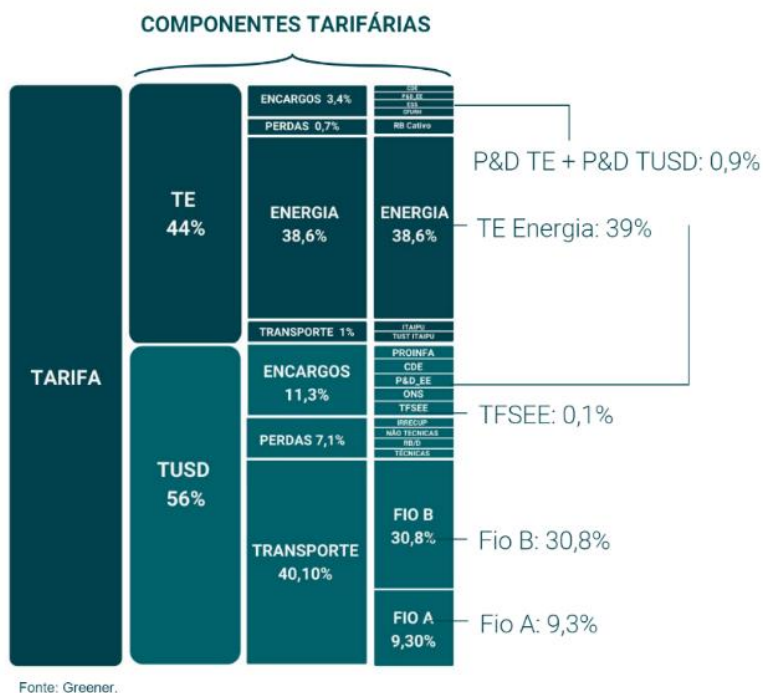
2.6. Taxação do fio B

A energia excedente gerada na residência é injetada na rede elétrica e convertida em crédito. Esses créditos são utilizados para abater (na fatura) o consumo de energia da residência nos momentos em que a geração solar é insuficiente, como à noite ou em períodos de baixa radiação solar.

A taxa do fio B é efetuada sobre a energia que é injetada na rede e convertida em créditos. Dessa forma, ela não incide sobre a energia consumida simultaneamente, que não passa pelo medidor.

A taxa referente ao Fio B faz parte da composição tarifária de energia que a concessionária cobra ao consumidor final. O custo unitário de 1 kWh é composto pelo TE (tarifa de energia) e pelo TUSD (tarifa de uso do sistema de distribuição). O fio B está contido na TUSD e representa cerca de 30% do valor da tarifa incidente na cobrança da energia elétrica. Na Figura 8 a seguir, podemos observar os principais componentes da tarifa de energia.

Figura 8 - Componentes na tarifa de eletricidade.



- Os percentuais apresentados na figura representam a média do peso dessas componentes na tarifa total, considerando as 58 distribuidoras mais relevantes no país e suas respectivas tarifas Grupo B – Convencional.

Fonte: Greener (2023).

Dessa forma, o Fio B é um custo que compõe a TUSD, sendo o TUSD os custos do uso de infraestrutura da rede de distribuição da concessionária local até chegar às residências, comércios, e propriedades rurais.

A cobrança do Fio B, referente à energia injetada na rede, está em vigor desde o dia 7 de janeiro de 2023 para todas as usinas homologadas a partir dessa data. O valor do Fio B varia de acordo com a concessionária e estado, e pode ser encontrado no site da ANEEL.

2.7. Análise de Retorno Financeiro - Método de *Payback* simples

O Método do *Payback* simples é uma métrica financeira amplamente utilizada na análise de viabilidade econômica de projetos de investimento, incluindo a implementação de sistemas fotovoltaicos residenciais. Com o Método do *Payback* é possível calcular o tempo necessário para recuperar o investimento inicial por meio dos fluxos de caixa gerados pelo projeto.

No contexto da análise de viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico residencial, o Método do *Payback* desempenha um papel importante na avaliação do

período de retorno do investimento. Pois permite determinar em quantos anos o fluxo de caixa acumulado se torna igual ou superior ao investimento inicial.

O cálculo do *payback* consiste em determinar o período de tempo necessário para que a soma dos fluxos de caixa gerados pelo projeto iguale o investimento inicial. Em outras palavras, é o tempo que leva para recuperar o dinheiro investido. O resultado é expresso em anos ou meses, dependendo da precisão desejada.

2.8. Valor Presente Líquido (VPL)

O valor presente líquido (VPL) é uma técnica avançada de análise de investimentos que leva em consideração o valor do dinheiro ao longo do tempo. Por meio do VPL, os fluxos de caixa futuros de uma empresa são descontados a uma taxa específica, também conhecida como taxa de desconto, custo de oportunidade ou custo de capital. (GITMAN, 2002). Dessa forma é possível determinar se um fluxo de caixa futuro, descontado a uma taxa apropriada, resultará em um retorno positivo ou negativo.

No contexto do estudo de viabilidade econômica do projeto de um sistema fotovoltaico residencial, o VPL é utilizado para calcular o retorno financeiro esperado em relação aos custos iniciais do sistema. Os fluxos de caixa futuros serão estimados e descontados de acordo com a taxa de desconto determinada, permitindo assim avaliar a viabilidade econômica do projeto.

Ao calcular o VPL para um projeto de sistema fotovoltaico residencial, é importante considerar todos os fluxos de caixa relevantes ao longo do tempo. Isso inclui os custos iniciais de instalação do sistema, como aquisição de equipamentos e mão de obra, bem como os fluxos de caixa futuros, como a economia de energia gerada.

A fórmula básica do VPL consiste em somar todos os fluxos de caixa futuros descontados a uma taxa de desconto apropriada. Quanto maior a taxa de desconto, menor será o valor atribuído aos fluxos de caixa futuros.

Uma vez calculado o VPL, a interpretação do resultado é bastante direta. Um VPL positivo indica que o projeto de sistema fotovoltaico residencial é economicamente viável, pois o retorno financeiro esperado é superior ao investimento inicial. Por outro lado, um VPL negativo sugere que o projeto pode não

ser vantajoso economicamente, indicando que o investimento provavelmente não será recuperado.

Ao utilizar o VPL na análise de viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico residencial, é essencial considerar também outras métricas financeiras, como a taxa interna de retorno (TIR), para obter uma visão completa e robusta da viabilidade do projeto.

2.9. Taxa Interna de Retorno (TIR)

A taxa interna de retorno (TIR) é utilizada para determinar a taxa de remuneração que um projeto oferece. Quanto maior a TIR, mais atrativo é o investimento. O cálculo da TIR é geralmente realizado por meio de um processo de tentativa e erro, no qual diferentes taxas são testadas até encontrar aquela que iguala o valor presente líquido (VPL) dos fluxos de caixa a zero. (MONTEVECHI; PAMPLONA, 2006).

A interpretação do resultado da TIR é direta. Se a TIR for maior que a taxa mínima de atratividade ou o custo de capital da empresa, o investimento é considerado viável, uma vez que a taxa de retorno esperada é maior do que o exigido pelos investidores. Por outro lado, se a TIR for menor que a taxa mínima de atratividade ou o custo de capital, o investimento pode não ser atrativo financeiramente.

No contexto da análise de viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico residencial, a TIR desempenha um papel importante na avaliação do projeto. Ela fornece uma medida da rentabilidade do investimento, indicando a taxa de retorno esperada ao longo do tempo.

Para calcular a TIR, são utilizados os fluxos de caixa futuros esperados do projeto, incluindo os custos iniciais de instalação do sistema e os fluxos de caixa gerados pela economia de energia, receitas provenientes de programas de compensação energética ou venda de energia excedente, bem como quaisquer outros benefícios financeiros relevantes.

Neste capítulo foi apresentada uma fundamentação teórica contendo informações que serão utilizadas como auxílio para a compreensão e a análise dos resultados. No próximo capítulo será descrita a metodologia empregada para a realização do estudo proposto neste trabalho.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho, com a descrição do material utilizado e os procedimentos adotados para a análise.

3.1. Material

3.1.1. Consumo médio mensal

Para a realização do estudo foram coletados os dados relacionados ao consumo mensal de energia elétrica de uma residência localizada no município de Pombal no estado da Paraíba. Na Tabela 2 é possível visualizar o consumo médio mensal da residência no período de dezembro de 2021 até dezembro de 2022 obtidos a partir das faturas de energia elétrica.

Tabela 2 - Consumo médio mensal

ANO	MÊS	KWh
2020	dez	545
2021	jan	487
2021	fev	502
2021	mar	469
2021	abr	456
2021	mai	410
2021	jun	394
2021	jul	380
2021	ago	412
2021	set	512
2021	out	498
2021	nov	509
2021	dez	530
Média		509

Fonte: Autor, (2023).

Para efeito de cálculo, o consumo médio mensal adotado da unidade foi de 500 kWh.

3.1.2. Sistema de Geração de Energia Solar Fotovoltaica

Para a viabilização do estudo proposto neste trabalho, as informações e dados referentes ao sistema de geração de energia solar fotovoltaica serão baseados em um sistema existente, já dimensionado e instalado na residência objeto da investigação.

A residência analisada possui fornecimento de energia monofásico e um sistema de geração de energia solar fotovoltaica composto por 12 painéis solares de 440 W e um inversor com potência 5 KW. O sistema possui uma capacidade de geração média mensal de 700 kWh e foi instalado em 2021. Para fins de análise, será considerado um fator de simultaneidade de 30%.

O sistema possui uma capacidade total instalada de 5,28 kWp. como pode ser observado na Tabela 3, de ficha técnica do sistema.

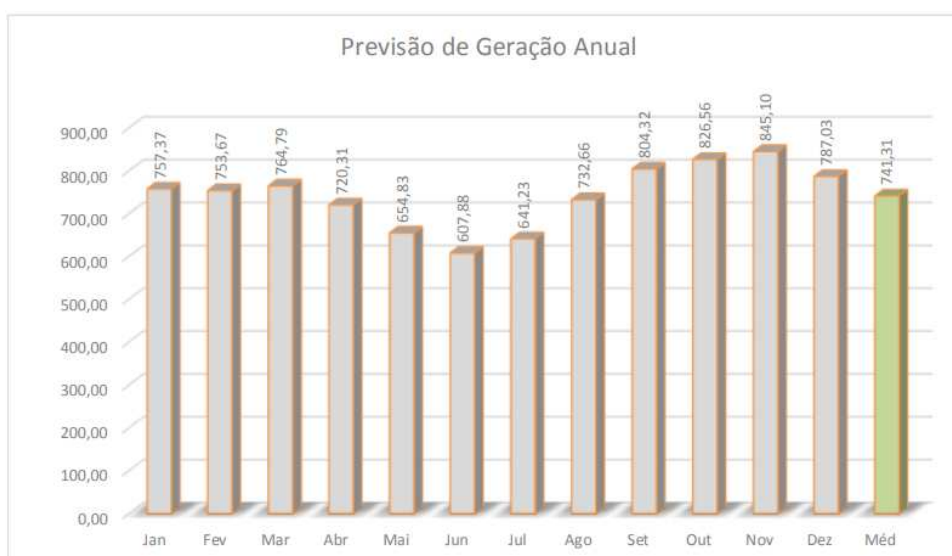
Tabela 3 - Ficha técnica do sistema gerador.

Potência Total (kWp)	Painéis LONGI Solar	Produção Anual Estimada (kWh)	Área Estimada de Ocupação (m ²)	Inversor
5,28	12 x 440Wp	8.400	36	SOLIS de 5,0 kW

Fonte: Proposta técnica e comercial, (2023).

O sistema apresenta uma média mensal de geração de 700 kWh, como ilustrado na figura 9, que representa uma estimativa da produção ao longo do ano.

Figura 9 - Previsão da produção anual fotovoltaica.



Fonte: Proposta técnica e comercial, (2022).

O investimento inicial para a instalação do sistema fotovoltaico totalizou R\$ 22.000,00. Esse valor foi distribuído entre os principais elementos do sistema, conforme apresentado na Tabela 4, a seguir.

Tabela 4 - Composição de preços do sistema fotovoltaico.

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor (R\$)
Inversor mono SOLIS 5 KW	Peça	1	R\$ 4.200,00	R\$ 4.200,00
Módulo LONGI MONOCRISTALINO HALF CELL 440 W	Peça	12	R\$ 770,51	R\$ 9.246,12
Kit de estrutura de fixação e miscelâneas (aterramento, cabos, conectores, proteção cc/ca/stringbox)	Kit	1	R\$ 1.053,88	R\$ 1.053,88
Execução do projeto	Unidade	1	R\$ 7.500,00	R\$ 7.500,00
VALOR TOTAL				R\$ 22.000,00

Fonte: Proposta técnica e comercial, (2023).

3.1.3. Tarifa de energia

Como apresentado na tabela 5, a tarifa para o grupo B1 no estado da Paraíba é de R\$ 0,3566, sem levar em consideração os impostos, valores das bandeiras tarifárias e da taxa de iluminação pública.

Tabela 5 - Tarifa TUSD + TE.

MODALIDADE TARIFÁRIA CONVENCIONAL - BAIXA TENSÃO		TUSD + TE
TARIFA	CLASSES	CONSUMO (R\$/KWH)
B1	RESIDENCIAL SEM BENEFÍCIO	0,3566

Fonte: Energisa, (2023).

Para efeito de cálculo, não foram consideradas a taxa de iluminação pública e as bandeiras tarifárias. Os valores dos impostos PIS/COFINS utilizados foram

referentes à tarifa de energia vigente em 2023. A alíquota do PIS é de 1,08%, a alíquota do COFINS é de 5% e a alíquota do ICMS é de 18%. A tarifa de energia utilizada para os cálculos é de R\$ 0,5991, conforme a conta de energia da distribuidora, ENERGISA Paraíba, 2023.

3.1.4. Encargo TUSD fio B

Para a análise dos encargos referente a TUSD fio B foi utilizado o valor obtido no site da Aneel para a concessionária Energia Paraíba, que corresponde ao valor de R\$ 0,2272, conforme apresentado na tabela 6. A taxa de fio B utilizada refere-se a uma residência do Subgrupo B1, Modalidade Convencional, da classe e subclasse Residencial.

Tabela 6 - Tarifa TUSD Fio B.

Unidade	Componente Tarifária	Valor
MWh	TUSD Fio B	227,246
KWh	TUSD Fio B	0,2272

Fonte: ANEEL, (2023).

A cobrança do Fio B é realizada de forma progressiva até o ano de 2029, atingindo 100% de sua cobrança total. Os valores exatos correspondentes a cada ano estão apresentados na tabela 7 a seguir.

Tabela 7 - Cobrança do Fio B.

Ano	Cobrança (%)	Fio B (cobrado)
2023	15%	0,0341
2024	30%	0,0682
2025	45%	0,1023
2026	60%	0,1363
2027	75%	0,1704
2028	90%	0,2045
2029	100%	0,2272

Fonte: Autor, (2023).

3.1.5. Dados para as projeções

O sistema fotovoltaico analisado tem uma expectativa de vida útil de 25 anos, e requer um investimento inicial de R\$ 22.000,00. Estima-se que a geração média mensal de energia elétrica seja de 700 kWh, e o consumo médio de 500 kWh. Com um fator de simultaneidade de 30%. Para o cálculo da energia produzida anualmente, considerou-se um decaimento da potência de saída máxima da placa de aproximadamente 0,7% ao ano. O que resulta em cerca de 80% da capacidade máxima ao final do período de 25 anos.

No cálculo do investimento, foi levada em consideração uma taxa de inflação de 8% ao ano. Na publicação "Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos" de 2014 a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), prevê um aumento anual médio de 4% no consumo de energia elétrica até o ano de 2023. (EPE, 2014). Portanto projetou-se um aumento anual do consumo de energia de 4% ao ano. Com base nessas informações, foram realizadas projeções da energia gerada e consumida ao longo dos 25 anos de vida útil do sistema fotovoltaico.

Para os cálculos financeiros, foi considerado o valor da tarifa com os tributos cobrados pela concessionária Energisa PB, que é de R\$ 0,5991 por kWh. Por ser uma ligação monofásica, o consumidor está sujeito a pagar no mínimo 30 kWh por mês à distribuidora de energia, mesmo que sua demanda real seja menor.

Os créditos gerados não foram considerados e compensados na análise de retorno financeiro das situações.

3.2. Métodos

A partir dos dados coletados de consumo da residência e informações do sistema de geração, foi realizada a análise de viabilidade econômica do projeto. Para determinar a atratividade financeira e retorno do investimento do sistema fotovoltaico, foram aplicados os métodos de análise de investimento: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *Payback* simples. As análises foram realizadas considerando as regras antes e após a vigência da Lei 14.300.

3.2.1. *Payback* Simples

Para investigar o retorno do investimento foi empregado o *payback* simples. O procedimento consiste em:

1. Identificar o investimento inicial: É preciso determinar o valor total investido no projeto, incluindo custos de equipamentos, instalação, manutenção e quaisquer outros custos relacionados.

2. Estimar os fluxos de caixa: Os fluxos de caixa são as receitas ou economias geradas pelo projeto ao longo do tempo. No caso da energia solar, pode-se considerar as economias com a conta de energia elétrica, a venda do excedente de energia para a rede elétrica, incentivos fiscais, entre outros. É importante considerar também os custos operacionais, como manutenção e reposição de equipamentos.

3. Calcular: O *payback* é determinado somando-se os fluxos de caixa ao longo do tempo até que o valor acumulado se iguale ou supere o investimento inicial. O período de tempo correspondente é o *payback*.

No caso da implantação de um sistema fotovoltaico, o fluxo de caixa do investimento se dá pelo saldo da conta de energia. Quando comparada a conta de energia com e sem a energia solar.

3.2.2. Valor Presente Líquido (VPL)

O VPL foi determinado conforme a Equação 1:

$$VPL = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{FC \cdot t}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Em que:

VPL = Valor Presente Líquido;

FC = fluxo de caixa;

t = momento em que o fluxo de caixa ocorreu;

i = taxa de desconto (ou taxa mínima de atratividade);

n = período de tempo.

Para a realização da análise, foi considerado que o fluxo de caixa corresponde ao custo do sistema de geração informado na seção 3.1. Além disso, a taxa de desconto empregada foi de 8% e o tempo total analisado foi de 25 anos.

3.2.3. TIR

O cálculo da taxa interna de retorno (TIR) pode ser realizado utilizando a equação 2:

$$0 = -FC_0 + \frac{FC_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{FC_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1 + TIR)^n} \quad (2)$$

Em que:

FC = Fluxo de Caixa;

TIR = Taxa Interna de Retorno;

n = período de tempo.

No próximo capítulo serão apresentados os resultados da análise de viabilidade financeira da implantação de sistemas de geração de energia solar fotovoltaica. Estudos comparativos entre sistemas considerando as regras antes e após a Lei 14.300 também serão apresentados e discutidos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são expostos os resultados obtidos durante o estudo e desenvolvimento do trabalho. Estudos comparativos de viabilidade financeira entre sistemas adotando as medidas antes e após a Lei 14.300 também serão apresentados e discutidos.

4.1. Consumo Da Residência e Geração do Sistema

Na Tabela 8 é possível visualizar o consumo médio anual da residência e a quantidade de energia gerada e consumida pelo sistema fotovoltaico. Os valores foram determinados a partir dos parâmetros informados na Seção 3.1.

Tabela 8 - Consumo e geração média mensal do sistema.

Ano	Geração média mensal (kWh)	Consumo médio mensal (kWh)	Energia média mensal injetada (kWh)	Consumo médio mensal simultâneo (kWh)	Energia média mensal consumida da rede (kWh)	Energia resultante após a compensação (kWh)
	[A]	[B]	[C]	[D]=[A-C]	[E]=[B-D]	[F]=[E-C]
1	700	500	490	210	290	0
2	695	520	487	209	311	0
3	690	541	483	207	334	0
4	685	562	480	206	357	0
5	681	585	476	204	381	0
6	676	608	473	203	406	0
7	671	633	470	201	431	0
8	666	658	466	200	458	0
9	662	684	463	199	486	23
10	657	712	460	197	515	55
11	653	740	457	196	544	88
12	648	770	454	194	575	122
13	643	801	450	193	607	157
14	639	833	447	192	641	194
15	634	866	444	190	676	231
16	630	900	441	189	711	270
17	626	936	438	188	749	311
18	621	974	435	186	788	353
19	617	1013	432	185	828	396
20	613	1053	429	184	870	441
21	608	1096	426	182	913	487
22	604	1139	423	181	958	535
23	600	1185	420	180	1005	585
24	596	1232	417	179	1054	637
25	591	1282	414	177	1104	690

Fonte: Autor, (2023).

Na primeira coluna [A] estão as projeções de geração do sistema fotovoltaico iniciando com a geração média mensal no primeiro ano. Para os anos seguintes verifica-se o decaimento da potência, sendo o adotado de 0,7% ao ano.

Na coluna [B] estão dispostos os valores de consumo médio mensal da rede de distribuição considerando um aumento de 4% ao ano.

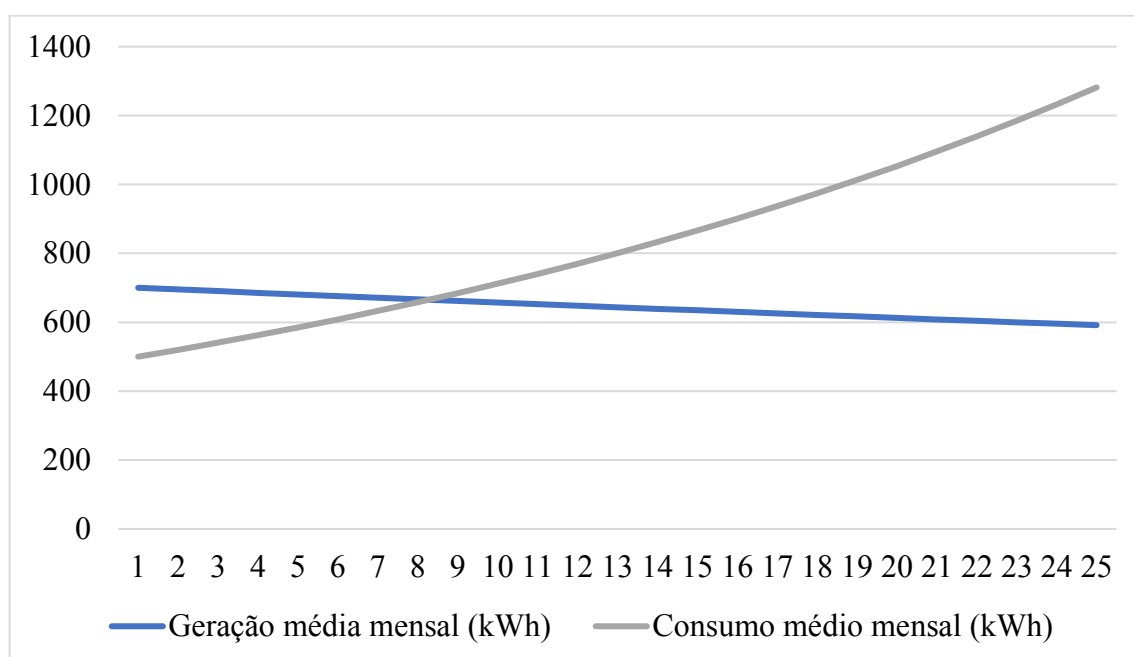
Na coluna [C] são indicadas as quantidades médias mensais de energia gerada pelo sistema fotovoltaico que foram injetadas na rede da concessionária considerando um fator de simultaneidade de 30%. Já na coluna [D] são mostrados os valores de consumo simultâneo do sistema, isto é, a energia que foi consumida e gerada ao mesmo tempo.

A coluna [E] consiste na energia média mensal consumida da rede da distribuidora ao ano, ou seja, a energia que não foi consumida simultaneamente, e é obtida pela diferença entre o consumo médio mensal com o consumo simultâneo.

Na última coluna [F], estão os valores da energia comprada ao mês. As casas com zero expressam os meses em que houve um saldo de energia gerada. Os créditos gerados não foram considerados na análise de retorno financeiro das situações.

O Gráfico 1 a seguir ilustra a diferença nas projeções de geração e consumo para os 25 anos de vida útil do sistema.

Gráfico 1 - Consumo e geração média mensal ao longo da vida útil do sistema.



Fonte: Autor, (2023).

A Tabela 9 demonstra os gastos com energia para a situação da residência sem o sistema de energia fotovoltaica. Essa projeção é importante para o cálculo do *payback*, pois a partir dela pode-se analisar a diferença dos custos com e sem a utilização da energia solar.

Tabela 9 - Custo de energia sem GD.

Ano	Consumo (kWh)	Custo de energia ao mês sem GD (R\$)	Custo de energia ao ano sem GD (R\$)
	[A]	[B] = [A] x Tarifa Grupo B	[C] = [B] x 12 meses
1	500	R\$ 299,54	R\$ 3.594,48
2	520	R\$ 311,52	R\$ 3.738,26
3	541	R\$ 323,98	R\$ 3.887,79
4	562	R\$ 336,94	R\$ 4.043,30
5	585	R\$ 350,42	R\$ 4.205,03
6	608	R\$ 364,44	R\$ 4.373,23
7	633	R\$ 379,01	R\$ 4.548,16
8	658	R\$ 394,17	R\$ 4.730,09
9	684	R\$ 409,94	R\$ 4.919,29
10	712	R\$ 426,34	R\$ 5.116,07
11	740	R\$ 443,39	R\$ 5.320,71
12	770	R\$ 461,13	R\$ 5.533,54
13	801	R\$ 479,57	R\$ 5.754,88
14	833	R\$ 498,76	R\$ 5.985,07
15	866	R\$ 518,71	R\$ 6.224,48
16	900	R\$ 539,45	R\$ 6.473,46
17	936	R\$ 561,03	R\$ 6.732,39
18	974	R\$ 583,47	R\$ 7.001,69
19	1013	R\$ 606,81	R\$ 7.281,76
20	1053	R\$ 631,09	R\$ 7.573,03
21	1096	R\$ 656,33	R\$ 7.875,95
22	1139	R\$ 682,58	R\$ 8.190,99
23	1185	R\$ 709,89	R\$ 8.518,63
24	1232	R\$ 738,28	R\$ 8.859,37
25	1282	R\$ 767,81	R\$ 9.213,75

Fonte: Autor, (2023).

Na coluna [A] estão dispostos os valores de consumo médio mensal da rede de distribuição já previamente calculados e informados em tabela anterior (Tabela 8). Na coluna [B] estão os custos mensais referentes ao consumo de energia considerando a tarifa indicada na Seção 3.1. Já na coluna [C] estão os custos de energia por cada ano da projeção.

4.2. *PAYBACK* de acordo com a resolução normativa 482/2012

A análise retorno financeiro da primeira situação, envolve a modalidade de taxaço que vigorava antes da Lei 14300 e que ainda   válida para quem possui o direito adquirido. Na tabela 10   possível visualizar os c culos de consumo com a taxaço, custo de energia e saldo, ao longo dos 25 anos de vida útil do sistema.

Tabela 10 - Custo de energia e saldo ao ano.

Ano	Geração total anual (kWh)	Consumo total anual (kWh)	Injetado (kWh)	Consumo simultâneo (kWh)	Energia consumida da rede (kWh)	Energia resultante após a compensação (kWh)	Consumo com taxaço (R\$)	Custo de energia ao ano (R\$)	Saldo (R\$)
	[A]	[B]	[C]	[D]=[A-C]	[E] = [B-D]	[F] = [E-C]	[G] = [F X Tarifa grupo B]	[H] = [G e custo de disponibilidade]	[I]
1	8400	6000	5880	2520	3480	0	0,00	215,67	3378,81
2	8341	6240	5839	2502	3738	0	0,00	215,67	3522,59
3	8283	6490	5798	2485	4005	0	0,00	215,67	3672,12
4	8225	6749	5757	2467	4282	0	0,00	215,67	3827,63
5	8167	7019	5717	2450	4569	0	0,00	215,67	3989,36
6	8110	7300	5677	2433	4867	0	0,00	215,67	4157,57
7	8053	7592	5637	2416	5176	0	0,00	215,67	4332,50
8	7997	7896	5598	2399	5497	0	0,00	215,67	4514,42
9	7941	8211	5559	2382	5829	270	162,02	215,67	4703,63
10	7885	8540	5520	2366	6174	654	392,09	392,09	4723,97
11	7830	8881	5481	2349	6532	1051	629,80	629,80	4690,90
12	7775	9237	5443	2333	6904	1461	875,47	875,47	4658,07
13	7721	9606	5405	2316	7290	1885	1129,42	1129,42	4625,46
14	7667	9990	5367	2300	7690	2324	1391,99	1391,99	4593,08
15	7613	10390	5329	2284	8106	2777	1663,54	1663,54	4560,93
16	7560	10806	5292	2268	8538	3246	1944,45	1944,45	4529,01
17	7507	11238	5255	2252	8986	3731	2235,09	2235,09	4497,30
18	7454	11687	5218	2236	9451	4233	2535,87	2535,87	4465,82
19	7402	12155	5182	2221	9934	4753	2847,20	2847,20	4434,56
20	7350	12641	5145	2205	10436	5291	3169,51	3169,51	4403,52
21	7299	13147	5109	2190	10957	5848	3503,25	3503,25	4372,69
22	7248	13673	5074	2174	11498	6425	3848,90	3848,90	4342,09
23	7197	14220	5038	2159	12060	7022	4206,94	4206,94	4311,69
24	7147	14788	5003	2144	12644	7641	4577,86	4577,86	4281,51
25	7097	15380	4968	2129	13251	8283	4962,21	4962,21	4251,54

Fonte: Autor, (2023).

As colunas [A], [B], [C], [D], [E] e [F] foram retiradas da tabela 8. Na coluna [G], estão os custos de energia por ano, calculados de acordo com a tarifa do grupo B, sem considerar o custo de disponibilidade. Na coluna [H], estão os custos de energia por ano, sendo considerado também o custo de disponibilidade mínimo de 30 kWh durante os 12 meses, multiplicado à tarifa de energia.

Por fim, a última coluna [I] dispõe o saldo gerado pela utilização do sistema fotovoltaico. Onde é calculada a diferença dos preços de energia sem a energia solar (Tabela 9) e com (coluna H), fornecendo o saldo anual para o cálculo do *payback*.

A partir dos dados de saldo do custo de energia da tabela 10 anterior, obtém-se o fluxo de caixa para o cálculo do *payback*, representado na tabela 11, a seguir.

Tabela 11 - Fluxo de caixa e valor presente.

ANO	FLUXO DE CAIXA (R\$)	VALOR PRESENTE (R\$)	VP ACUMULADO (R\$)
0	-22000,00	-R\$ 22.000,00	-R\$ 22.000,00
1	3378,81	R\$ 3.128,53	-R\$ 18.871,47
2	3522,59	R\$ 3.020,05	-R\$ 15.851,42
3	3672,12	R\$ 2.915,05	-R\$ 12.936,37
4	3827,63	R\$ 2.813,42	-R\$ 10.122,95
5	3989,36	R\$ 2.715,09	-R\$ 7.407,85
6	4157,56	R\$ 2.619,97	-R\$ 4.787,88
7	4332,49	R\$ 2.527,97	-R\$ 2.259,91
8	4514,42	R\$ 2.439,00	R\$ 179,09
9	4757,27	R\$ 2.379,82	R\$ 2.558,91
10	4723,97	R\$ 2.188,11	R\$ 4.747,03
11	4690,90	R\$ 2.011,85	R\$ 6.758,87
12	4658,06	R\$ 1.849,78	R\$ 8.608,66
13	4625,46	R\$ 1.700,77	R\$ 10.309,43
14	4593,08	R\$ 1.563,77	R\$ 11.873,20
15	4560,93	R\$ 1.437,80	R\$ 13.310,99
16	4529,00	R\$ 1.321,97	R\$ 14.632,96
17	4497,30	R\$ 1.215,48	R\$ 15.848,45
18	4465,82	R\$ 1.117,57	R\$ 16.966,01
19	4434,56	R\$ 1.027,54	R\$ 17.993,55
20	4403,51	R\$ 944,77	R\$ 18.938,32
21	4372,69	R\$ 868,66	R\$ 19.806,98
22	4342,08	R\$ 798,69	R\$ 20.605,67
23	4311,69	R\$ 734,35	R\$ 21.340,01
24	4281,50	R\$ 675,19	R\$ 22.015,21
25	4251,53	R\$ 620,80	R\$ 22.636,01

Fonte: Autor, (2023).

Obtido o fluxo de caixa, o valor presente, e o valor presente acumulado. É possível encontrar a TIR, a taxa de lucratividade e o tempo de *payback*. Como exposto na tabela 11.

Tabela 12 - VPL, TIR e *Payback*.

SOMA VPS (ANO 1 A 25)	R\$ 44.609,17
VPL	R\$ 22.609,17
TIR	18%
TAXA DE LUCRATIVIDADE	2,028
TEMPO DE PAYBACK	7,9265

Fonte: Autor, (2023).

O projeto demonstrou viabilidade econômica, considerando que o Valor Presente Líquido (VPL) é positivo. Com base nas projeções, estima-se que o projeto se pagará em aproximadamente 8 anos e apresentará um lucro líquido de R\$ 22.609,17 ao longo da sua vida útil. Essa taxa de lucratividade representa um retorno de R\$ 2,028 para cada unidade monetária investida no projeto.

4.3. **PAYBACK** de acordo com a Lei 14300

Para esta situação, foi considerada a taxação de acordo com a Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD), estabelecida pela Lei nº 14.300/2022. Conforme essa regulamentação, o consumidor será cobrado pela energia injetada na rede. Levando em consideração um fator de simultaneidade de 30%. Isso significa que apenas 70% da energia gerada pelo sistema fotovoltaico é injetada na rede e será contabilizada para efeitos de cobrança.

Para os cálculos realizados, foram considerados o valor da tarifa com os tributos cobrados pela concessionária Energisa PB, de R\$ 0,599080 por kWh. E o Fio B, equivalente a R\$ 0,22725, e cobrado de forma progressiva como demonstrado na tabela 6. Na tabela 12 a seguir, estão dispostos o consumo com a tarifação, o consumo com o Fio B, o custo de energia e o saldo a cada ano. Ao longo dos 25 anos de vida útil do sistema.

Tabela 13 - Custo de energia e saldo com Fio B.

Ano	Geração total anual (kWh)	Consumo total anual (kWh)	Injetado (kWh)	Consumo simultâneo (kWh)	Energia compensada Fio B (kWh)	Energia consumida da rede (kWh)	Energia resultante após a compensação (kWh)	Consumo com taxaço (R\$)	Consumo com custo de disponibilidade (R\$)	Consumo com Fio B (R\$)	Custo de energia ao ano (R\$)	Saldo (R\$)
	[A]	[B]	[C]	[D] = [A-C]	[E]	[F] = [B-D]	[G] = [F-C]	[H] = [G X Tarifa]	[I] = [H e custo de disponibilidade]	[J] = [E X Fio B]	[K] = [I+J]	[L]
1	8400	6000	5880	2520	3480	3480	0	0,00	215,67	118,62	334,29	3260,19
2	8341	6240	5839	2502	3738	3738	0	0,00	215,67	254,81	470,48	3267,78
3	8283	6490	5798	2485	4005	4005	0	0,00	215,67	409,53	625,20	3262,59
4	8225	6749	5757	2467	4282	4282	0	0,00	215,67	583,80	799,47	3243,83
5	8167	7019	5717	2450	4569	4569	0	0,00	215,67	778,71	994,38	3210,65
6	8110	7300	5677	2433	4867	4867	0	0,00	215,67	995,38	1211,05	3162,18
7	8053	7592	5637	2416	5176	5176	0	0,00	215,67	1176,21	1391,87	3156,29
8	7997	7896	5598	2399	5497	5497	0	0,00	215,67	1249,06	1464,73	3265,36
9	7941	8211	5559	2382	5559	5829	270	162,02	215,67	1263,19	1478,85	3440,44
10	7885	8540	5520	2366	5520	6174	654	392,09	392,09	1254,34	1646,44	3469,63
11	7830	8881	5481	2349	5481	6532	1051	629,80	629,80	1245,56	1875,37	3445,34
12	7775	9237	5443	2333	5443	6904	1461	875,47	875,47	1236,84	2112,31	3421,22
13	7721	9606	5405	2316	5405	7290	1885	1129,42	1129,42	1228,19	2357,60	3397,28
14	7667	9990	5367	2300	5367	7690	2324	1391,99	1391,99	1219,59	2611,58	3373,49
15	7613	10390	5329	2284	5329	8106	2777	1663,54	1663,54	1211,05	2874,60	3349,88
16	7560	10806	5292	2268	5292	8538	3246	1944,45	1944,45	1202,57	3147,02	3326,43
17	7507	11238	5255	2252	5255	8986	3731	2235,09	2235,09	1194,16	3429,25	3303,15
18	7454	11687	5218	2236	5218	9451	4233	2535,87	2535,87	1185,80	3721,67	3280,02
19	7402	12155	5182	2221	5182	9934	4753	2847,20	2847,20	1177,50	4024,69	3257,06
20	7350	12641	5145	2205	5145	10436	5291	3169,51	3169,51	1169,25	4338,76	3234,26
21	7299	13147	5109	2190	5109	10957	5848	3503,25	3503,25	1161,07	4664,32	3211,62
22	7248	13673	5074	2174	5074	11498	6425	3848,90	3848,90	1152,94	5001,84	3189,14
23	7197	14220	5038	2159	5038	12060	7022	4206,94	4206,94	1144,87	5351,81	3166,82
24	7147	14788	5003	2144	5003	12644	7641	4577,86	4577,86	1136,86	5714,72	3144,65
25	7097	15380	4968	2129	4968	13251	8283	4962,21	4962,21	1128,90	6091,11	3122,64

Fonte: Autor, (2023).

Na coluna E estão os valores anuais de energia compensada que serão taxados na cobrança do Fio B, que são os valores da energia consumida [F] até o ano 8 onde o sistema injeta na rede mais do que consome, e valores injetados a partir do ano 9 onde o sistema está injetando menos do que consumindo da rede.

Na coluna [I], estão os custos de energia por ano, sendo considerado também o custo de disponibilidade mínimo de 30 kWh durante os 12 meses, multiplicado à tarifa de energia. Na coluna [J] estão os valores da cobrança do Fio B. Enquanto na coluna [K], estão os custos totais de energia a cada ano. Sendo a soma da energia comprada e a cobrança do Fio B.

Por fim, a última coluna [L] dispõe o saldo gerado pela utilização do sistema fotovoltaico. Onde é calculada a diferença dos preços de energia sem a energia solar (Tabela 9), e com (coluna K), fornecendo o saldo anual para o cálculo do *payback*. Com base nos dados de saldo do custo de energia apresentados na tabela 13 anterior, obtém-se o fluxo de caixa para o cálculo do *payback*. Como demonstrado na tabela 14 a seguir.

Tabela 14 - Fluxo de caixa e VPL.

ANO	FLUXO DE CAIXA	VALOR PRESENTE	VP ACUMULADO
0	-22000,00	-R\$ 22.000,00	-R\$ 22.000,00
1	3260,19	R\$ 3.018,69	-R\$ 18.981,31
2	3267,78	R\$ 2.801,60	-R\$ 16.179,71
3	3262,59	R\$ 2.589,95	-R\$ 13.589,76
4	3243,83	R\$ 2.384,31	-R\$ 11.205,45
5	3210,65	R\$ 2.185,12	-R\$ 9.020,33
6	3162,18	R\$ 1.992,71	-R\$ 7.027,62
7	3156,29	R\$ 1.841,66	-R\$ 5.185,96
8	3265,36	R\$ 1.764,17	-R\$ 3.421,78
9	3440,44	R\$ 1.721,08	-R\$ 1.700,70
10	3469,63	R\$ 1.607,11	-R\$ 93,59
11	3445,34	R\$ 1.477,65	R\$ 1.384,05
12	3421,22	R\$ 1.358,62	R\$ 2.742,67
13	3397,28	R\$ 1.249,17	R\$ 3.991,84
14	3373,49	R\$ 1.148,54	R\$ 5.140,38
15	3349,88	R\$ 1.056,02	R\$ 6.196,41
16	3326,43	R\$ 970,95	R\$ 7.167,36
17	3303,15	R\$ 892,74	R\$ 8.060,10
18	3280,02	R\$ 820,82	R\$ 8.880,92
19	3257,06	R\$ 754,70	R\$ 9.635,62
20	3234,26	R\$ 693,91	R\$ 10.329,53
21	3211,62	R\$ 638,01	R\$ 10.967,53
22	3189,14	R\$ 586,61	R\$ 11.554,15
23	3166,82	R\$ 539,36	R\$ 12.093,50
24	3144,65	R\$ 495,91	R\$ 12.589,41
25	3122,64	R\$ 455,96	R\$ 13.045,38

Fonte: Autor, (2023).

Após a obtenção do fluxo de caixa, é possível calcular o valor presente, taxa interna de retorno (TIR), e o tempo de payback. Essas informações estão resumidas na tabela 15 a seguir.

Tabela 15 - VPL, TIR e Payback.

SOMA VPS (ANO 1 A 25)	R\$ 35.045,38
VPL	R\$ 13.045,38
TIR	14%
TAXA DE LUCRATIVIDADE	1,593
TEMPO DE PAYBACK	10,0633

Fonte: Autor, (2023).

O projeto apresenta viabilidade econômica, uma vez que o Valor Presente Líquido (VPL) é positivo. O projeto se pagará em aproximadamente 10 anos e gerará um lucro líquido de R\$ 13.045,38 ao longo de sua vida útil. Essa taxa de lucratividade indica um retorno de R\$ 1,593 para cada unidade monetária investida.

4.4. Comparativo

Na análise comparativa entre as duas situações, temos os seguintes resultados, demonstrados na tabela 16, a seguir.

Tabela 16 - Comparativo dos resultados finais.

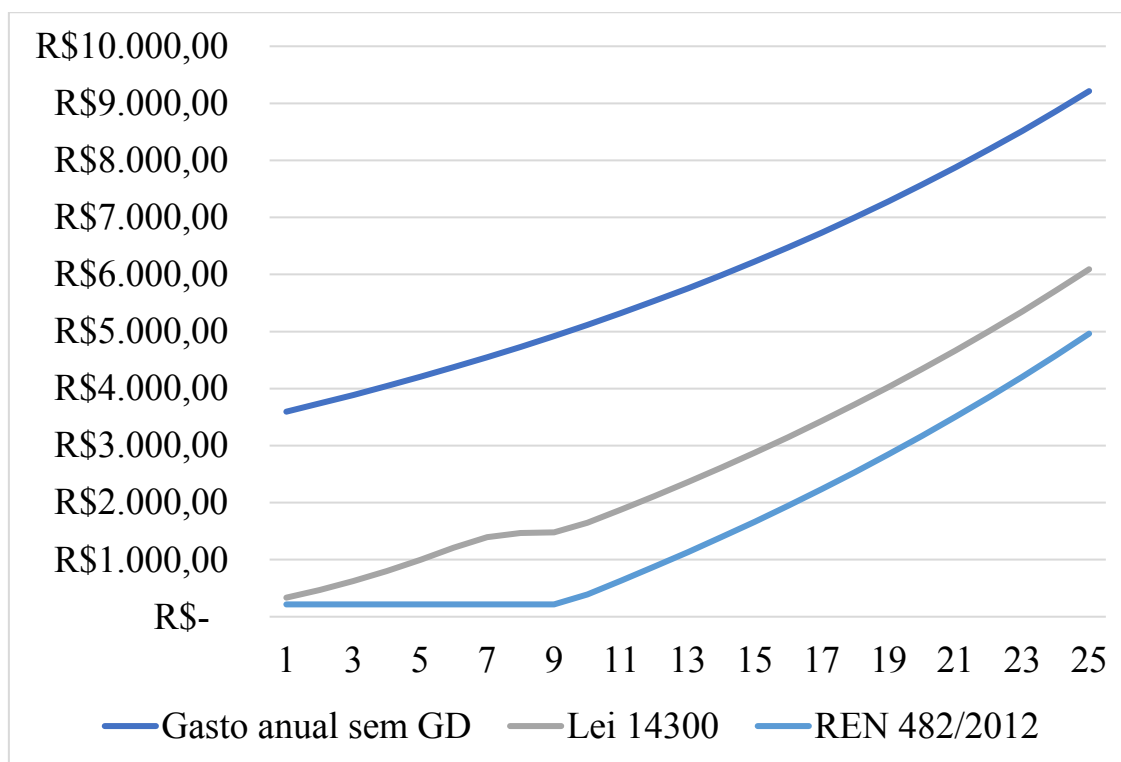
	REN 482/2012	Lei 14300
SOMA VPS (ANO 1 A 25)	R\$ 44.609,17	R\$ 35.045,38
VPL	R\$ 22.609,17	R\$ 13.045,38
TIR	18%	14%
TAXA DE LUCRATIVIDADE	2,028	1,593
TEMPO DE PAYBACK	7,92 Anos	10,06 Anos

Fonte: Autor, (2023).

No cenário regulado pela Resolução Normativa 482/2012, o projeto apresentou um Valor Presente Líquido (VPL) de R\$ 22.609,17, uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 18%, uma Taxa de Lucratividade de 2,028 e um Tempo de Payback de 7,92 anos. Esses resultados indicam que, sob essa regulamentação, o investimento no sistema fotovoltaico residencial é atrativo do ponto de vista financeiro, mesmo não havendo a consideração da compensação de créditos na análise.

Por outro lado, no cenário regulado pela Lei nº 14.300/2022, o projeto apresentou um VPL de R\$ 13.045,38, uma TIR de 14%, uma Taxa de Lucratividade de 1,593 e um Tempo de Payback de 10,06 Anos. Assim como na primeira análise não houve a compensação de créditos. Embora os indicadores financeiros sejam bem inferiores em relação ao cenário anterior, o sistema fotovoltaico residencial ainda se mostrou uma opção viável e lucrativa. Porém bem menos vantajosa com relação ao cenário regulado pela REN 482/2012, como podemos observar no gráfico 2 a seguir, que demonstra a diferença do custo anual de energia nas diferentes situações.

Gráfico 2 - Custo anual de energia



Fonte: Autor, (2023).

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho, foi analisada a energia solar e sua atuação no cenário atual de geração elétrica no Brasil. Assim como a legislação da geração distribuída, recentemente alterada e vastamente discutida no mercado. Foram exploradas as principais disposições da Lei 14.300/22, e as mudanças com relação a antiga legislação.

No estudo de caso, foi realizada uma análise comparativa entre dois cenários de taxaço no projeto de um sistema fotovoltaico residencial. Um baseado na Resolução Normativa 482/2012 e outro com base na Lei nº 14.300/2022. O objetivo foi avaliar o impacto dessas regulamentações no custo da energia solar e verificar a viabilidade econômica do investimento.

Os resultados obtidos revelaram que o sistema fotovoltaico residencial é uma opção economicamente viável em ambos os cenários analisados. No entanto, foram identificadas diferenças significativas nos indicadores financeiros entre as duas situações. O que indica que a legislação teve um impacto relevante no custo da energia solar para residências no estado da Paraíba.

Ao comparar as duas situações, nota-se que ambas apresentam viabilidade econômica. Uma vez que o Valor Presente Líquido (VPL) é positivo em ambas as análises. No entanto, a situação 1 com a taxaço sendo efetuada de acordo com a taxa de disponibilidade, Resolução Normativa 482/2012. demonstrou um VPL maior, indicando uma maior lucratividade ao longo da vida útil do projeto. Além disso, também apresentou uma Taxa Interna de Retorno (TIR) e uma taxa de lucratividade superiores à situação com a taxaço TUSD do Fio B.

Dessa forma o tempo de *payback* com a taxaço sendo efetuada de acordo com a Lei nº 14.300/2022, é maior, sendo de aproximadamente dez anos, enquanto que para a situação com o direito adquirido é de menos de oito anos.

Portanto, é possível concluir que a implementação da Lei nº 14.300/2022 teve um impacto negativo no custo da energia solar para os consumidores residenciais no estado da Paraíba. Essa legislação trouxe mudanças na forma

de taxaço, introduzindo a TUSD Fio B. O que resultou em um acréscimo na conta de energia ao longo da vida útil do sistema.

No entanto, apesar desse impacto, o sistema fotovoltaico residencial ainda apresenta retornos financeiros interessantes. E um tempo de *payback* razoável, demonstrando sua viabilidade econômica.

  importante ressaltar que as conclusões obtidas neste estudo estão sujeitas a algumas limita es. Os resultados foram baseados em proje es e estimativas, considerando determinados parâmetros e condi es específicas. Além disso, o estudo não levou em conta fatores externos, que podem afetar a rentabilidade do investimento, como altera es nas tarifas de energia ou bandeiras tarifárias, além de não levar em considera o a compensa o dos créditos acumulados.

Para futuras investiga es a respeito dos impactos da Lei 14.300/2022, seria valioso realizar estudos comparativos entre diferentes estados e regiões do país. Levando em considera o suas particularidades e características regulatórias, a fim de obter uma visão mais ampla dos impactos da legisla o.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Atlas Brasileiro de Energia Solar. Brasília, DF: ANEEL, 2020.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Resolução Normativa nº 482/2012. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/legislacao/arquivos/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20n%C2%BA%20482.pdf>.

BOHN, Carlos Adriano et al. Influências na geração de energia elétrica em módulos fotovoltaicos revestidos por policarbonato alveolar e compacto. 2019.

Brasil. Lei nº 14.300, de 2 de dezembro de 2022. Institui o marco legal da micro e minigeração de energia. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 dez. 2022.

BRASIL. Assembleia Legislativa. Constituição (2022). Lei nº 14.300, de 07 de janeiro de 2022. Lei 14.300. Distrito Federal, Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821>. Acesso em: 12 de maio 2023.

Canal Solar - Marco Legal da GD. Disponível em: < <https://canalsolar.com.br/lei-14-300-principais-mudancas-do-marco-legal-da-gd/#:~:text=De%20acordo%20com%20Dante%2C%20a,Ag%C3%Aancia%20Nacional%20de%20Energia%20El%C3%A9trica> >. Acessado em: 19 de maio de 2023.

CAVALCANTI DE JESUS, Marcus Vinicius. Análise do Impacto da Micro e Mini Geração Distribuída nas Tarifas das Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica. Rio de Janeiro: UFRJ, 2019.

Dá Para Armazenar Energia e Ser Off Grid?, solissmart.com. Disponível em: < <http://solissmart.com.br/blog/da-para-ser-off-grid/> >. Acesso em: 22 de março de 2023.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Matriz Energética e Elétrica. 2022. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 15 de maio de 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2014-2023). Rio de Janeiro: EPE, 2014.

GITMAN, L. J. Princípios de administração financeira. Tradução de Jean Jacques Salim. 7º ed. São Paulo: Harbra, 2002.

GREENER. Análise do Marco Legal da Geração Distribuída Sancionado o PL 5.829/2019 que institui o Marco Legal da MMDG. 2022. Disponível em: <https://www.greener.com.br/estudo/analise-do-marco-legal-da-geracao-distribuida-lei-14-300-2022/>. Acesso em: 15 de maio de 2023.

LEOTE, Ricardo J. Dias. Electrificação de serviços primários em povoados remotos africanos recorrendo a sistemas solares fotovoltaicos (PV). 2009. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Departamento de Engenharia Electrotécnica, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2009. Disponível em: <https://run.unl.pt/bitstream/10362/2228/1/Leote_2009.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2023.

MIRANDA, Joseane Borges de. Engenharia Econômica: Livro didático. Palhoça: Unisul Virtual, 2011. 149 p.

NASCIMENTO, Mario Elias Carvalho do et al. Avaliação econômica de sistemas fotovoltaicos conectados à rede para empreendimentos do agronegócio. 2019.

NERIS, Alessandra. 10 alterações do Marco Legal da geração distribuída. aldo.blog

Publicado em 10 de out. de 2022. Disponível em: <<https://www.aldo.com.br/blog/10-alteracoes-do-marco-legal/>>. Acesso em: 10 de maio de 2023.

NUNES, M. Obtenção de ZnO nanoestruturado e caracterização de propriedades e atividade fotocatalítica. 2010. 71 (Mestrado). Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, RS.

PAMPLONA, E.O.; MONTEVECHI, J.A.B. Engenharia Econômica I. São Paulo, 2006.

PEREIRA, Enio Bueno et al. Atlas Brasileiro de Energia Solar. 2017. 2ª Edição. Disponível em: https://cenariossolar.editorabrasilenergia.com.br/wpcontent/uploads/sites/8/2020/11/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao_compressed.pdf.

PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica. Porto: Publindústria, 2011.

PINHO, J.; GALDINO, M. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: Cepel-Cresesb, 2014.

SANTOS, A. C. et al. Análise do potencial de geração de energia solar no Brasil. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 8, n. 2, p. 107-122, 2019.

SENADO, Agência. Lei institui marco legal da micro e minigeração de eletricidade. 2022. Disponível em: <

SILVA, J. R. et al. Impactos socioeconômicos da energia solar fotovoltaica no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 4., 2020, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: CBENS, 2020.

SILVEIRA, Camila et al. Avaliação do Desempenho e Estudo da Viabilidade financeira da Geração Distribuída por Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, p. 1184-1192, 2018.

SOUZA, M. D. et al. Potencial de geração de energia solar fotovoltaica e suas perspectivas para o desenvolvimento sustentável. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 10, n. 1, p. 89-104, 2020.

VILLALVA, Marcelo Gradella. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. 2. ed . São Paulo: Érica, 2015.