

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

PETROS AUGUSTYNCZK SAMWAYS

**METODOLOGIA PARA ANÁLISE ECONÔMICA DE ALTERNATIVAS
ENERGÉTICAS: COMPARAÇÃO ENTRE O MERCADO LIVRE DE ENERGIA E
PAINÉIS SOLARES**

PONTA GROSSA

2025

PETROS AUGUSTYNCZK SAMWAYS

**METODOLOGIA PARA ANÁLISE ECONÔMICA DE ALTERNATIVAS
ENERGÉTICAS: COMPARAÇÃO ENTRE O MERCADO LIVRE DE ENERGIA E
PAINÉIS SOLARES**

*Methodology for Economic Analysis of Energy Alternatives: Comparison Between
The Free Energy Market and Solar Panels*

Trabalho de conclusão de curso apresentado como
requisito para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Murilo Oliveira Leme.

PONTA GROSSA

2025



[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.

PETROS AUGUSTYNCZK SAMWAYS

**METODOLOGIA PARA ANÁLISE ECONÔMICA DE ALTERNATIVAS
ENERGÉTICAS: COMPARAÇÃO ENTRE O MERCADO LIVRE DE ENERGIA E
PAINÉIS SOLARES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como
requisito para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná (UTFPR).

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 12 de fevereiro de 2025

Edison Luis Salgado Silva
Mestrado em Engenharia e Ciência de Materiais
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Percio Luiz Karam de Miranda
Mestrado em Engenharia Elétrica
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Murilo Oliveira Leme
Doutorado em Engenharia de Produção
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

PONTA GROSSA

2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar força, sabedoria e perseverança ao longo desta jornada. À minha família, pelo apoio incondicional, suporte e carinho. Aos professores, pela orientação, paciência e pelos conhecimentos compartilhados. Aos colegas de curso, pelas trocas de experiências e pelo apoio mútuo. À minha noiva, por seu amor, paciência e por acreditar em mim em todos os momentos. E a todos que, de alguma forma, colaboraram para a conclusão deste TCC. Muito obrigado.

RESUMO

Nos últimos anos, o aumento nos custos das tarifas de energia elétrica tem levado empresas a buscar alternativas para otimizar seus gastos operacionais e melhorar o planejamento financeiro. Diante desse cenário, duas soluções se destacam: a migração para o Mercado Livre de Energia (MLE) e o investimento em sistemas de energia solar fotovoltaica. O Mercado Livre de Energia oferece aos consumidores a possibilidade de negociar diretamente com fornecedores, personalizando contratos de energia de acordo com suas demandas específicas e, assim, reduzindo custos. Já os sistemas fotovoltaicos, ao converterem a luz solar em eletricidade, proporcionam uma alternativa sustentável e de longo prazo, permitindo que empresas gerem sua própria energia e reduzam a dependência das concessionárias. Este trabalho foca na análise de um estudo de caso para avaliar economicamente qual dessas alternativas apresenta maior viabilidade e retorno financeiro para uma empresa específica. A pesquisa utiliza ferramentas de análise como o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), além de considerar projeções tarifárias e cenários distintos de consumo, com o objetivo de oferecer uma base sólida para a tomada de decisão estratégica.

Palavras-chave: mercado livre de energia, painéis solares, análise financeira.

ABSTRACT

In recent years, the increase in electricity tariff costs has led companies to look for alternatives to optimize their operational expenses and improve financial planning. Given this scenario, two solutions stand out: migration to the Free Energy Market (MLE) and investment in photovoltaic solar energy systems. The Free Energy Market offers consumers the possibility of negotiating directly with suppliers, customizing energy contracts according to their specific demands and, thus, reducing costs. Photovoltaic systems, by converting sunlight into electricity, provide a sustainable and long-term alternative, allowing companies to generate their own energy and reduce dependence on utilities. This work focuses on the analysis of a case study to economically evaluate which of these alternatives presents greater viability and financial return for a specific company. The research uses analysis tools such as Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR), in addition to considering tariff projections and different consumption scenarios, with the aim of offering a solid basis for strategic decision-making.

Keywords: free energy market, solar panels, financial analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Intermediação da Comercializadora	30
Figura 2 - Variação do Preço do MWh no Mercado Livre de Energia	31
Figura 3 - Crescimento do MLE no Brasil	34
Figura 4 - Geração de Eletricidade no Brasil por Fonte.....	37
Figura 5 - Capacidade Instalada de Geração de Solar (GW) – Mundo	38
Figura 6 - Preço dos Painéis Fotovoltaicos	39
Figura 7 - Séria Histórica da Selic.....	43
Figura 8 - Visão Geral da Metodologia Proposta	47
Figura 9 - Exemplo de Fatura da COPEL.....	52
Figura 10 - Consumo de Energia da Empresa Analisada	54
Figura 11 - Demanda Contratada e Demanda Medida do Consumidor	55
Figura 12 - Consumo na Ponta e Fora de Ponta.....	57
Figura 13 - Comparação da Projeção MLE X Cativo	65
Figura 14 - Três Cenários de Investimento	66
Figura 15 - Comparação das Projeções Cativo x MLE x Cenário 1.....	73
Figura 16 - Comparação das Projeções Cativo X MLE X Cen. 1 X Cen 2	76
Figura 17 - Comparação de Todas Projeções.....	79
Figura 18 - Aplicação no Excel.....	82
Figura 19 - Aplicação da TIR no Excel.....	84
Figura 20 - Aplicação do ROI no Excel.....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Histórico de Reajustes das Tarifas de Energia Elétrica da COPEL...	23
Tabela 2 – Tabela Modelo para Projeção das Tarifas no Mercado Cativo.....	50
Tabela 3 - Tarifa Verde para Grupo A3a	53
Tabela 4 - Dados de Consumo de Energia da Empresa Analisada.....	54
Tabela 5 - Dados de Demanda Contratada e Demanda Medida	55
Tabela 6 - Dados de Consumo na Ponta e Fora de Ponta	57
Tabela 7 - Valores das Faturas nos últimos 12 meses.....	60
Tabela 8 - Projeção das Tarifas no Mercado Cativo.....	61
Tabela 9 - Projeção da Fatura em 10 anos no Mercado Cativo	61
Tabela 10 - Preço do MWh no Mercado Livre de Energia	64
Tabela 11 - Projeção da Fatura em 10 anos no MLE	64
Tabela 12 - Cenário 1 Abatendo Consumo.....	71
Tabela 13 - Projeção do Valor da Fatura no Cenário 1.....	73
Tabela 14 - Cenário 2 Abatendo Consumo.....	74
Tabela 15 - Projeção do Valor da Fatura no Cenário 2.....	76
Tabela 16 - Cenário 3 Abatendo Consumo.....	77
Tabela 17 - Projeção do Valor da Fatura no Cenário 3.....	79
Tabela 18 - Economias Geradas	80
Tabela 19 - Tabela de Fluxo de Caixa	81
Tabela 20 - Tabela com VPL	83
Tabela 21 - Tabela com TIR	84
Tabela 22 - Tabela com ROI.....	85
Tabela 23 - Tabela com Payback.....	86
Tabela 24 - Análise dos Resultados	87
Tabela 25 - Tabela Comparativa por Cores	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GW	Gigawatt
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
KV	Quilovolt
KWH	Quilowatt-hora
LCA	Letra de Crédito do Agronegócio
MLE	Mercado Livre de Energia
MWh	Megawatt-hora
NBR	Norma Brasileira
PIS	Programa de Integração Social
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
ROI	Retorno Sobre Investimento
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e Custódia
TE	Tarifa de Energia
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VPL	Valor Presente Líquido
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivo Geral	13
1.1.1	Objetivos Específicos	13
1.2	Justificativa	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	Mercado Cativo	15
2.1.1	Estrutura do Setor Elétrico Brasileiro	15
2.1.2	Distribuidoras de Energia	16
2.1.3	Regulamentação e Tarifação	17
<u>2.1.3.1</u>	<u>Grupo Tarifário</u>	<u>17</u>
<u>2.1.3.2</u>	<u>Consumo</u>	<u>18</u>
<u>2.1.3.3</u>	<u>Demanda Contratada</u>	<u>18</u>
<u>2.1.3.4</u>	<u>Demanda Medida</u>	<u>19</u>
<u>2.1.3.5</u>	<u>Horário de Ponta e Fora de Ponta</u>	<u>19</u>
<u>2.1.3.6</u>	<u>Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD)</u>	<u>20</u>
<u>2.1.3.7</u>	<u>Tarifa de Energia</u>	<u>20</u>
2.1.4	Cálculo da Fatura no Mercado Cativo	20
2.1.5	Projeções Tarifárias	22
2.2	Mercado Livre de Energia	23
2.2.1	Histórico e Evolução	24
2.2.2	Diferença do Mercado Cativo e Mercado Livre	25
2.2.3	Migração ao Mercado Livre de Energia	26
2.2.4	Comercializadora de Energia	28
<u>2.2.4.1</u>	<u>Diferença entre Comercializadora e Distribuidora</u>	<u>29</u>
<u>2.2.4.2</u>	<u>Energia Incentivada e Energia Convencional</u>	<u>30</u>
<u>2.2.4.3</u>	<u>Preço da Energia no Mercado Livre</u>	<u>31</u>
2.2.5	Cálculo da Fatura no Mercado Livre de Energia	32
2.2.6	Cenários Atuais do Mercado Livre de Energia no Brasil	34
2.2.7	Investimento Iniciais	35
2.3	Energia Fotovoltaica	36
2.3.1	Princípios de Funcionamento	36
2.3.2	Crescimento no Brasil	37
<u>2.3.2.1</u>	<u>Crescimento no Mundo</u>	<u>37</u>

2.3.3	Preço	38
<u>2.3.3.1</u>	<u>Equipamentos.....</u>	<u>39</u>
2.3.4	Valores de Investimento	41
2.4	Análise Financeira.....	41
2.4.1	Valor Presente Líquido	41
2.4.2	Taxa Mínima de Atratividade.....	42
2.4.3	Taxa Interna de Retorno.....	44
2.4.4	Retorno Sobre o Investimento	44
2.4.5	Payback.....	45
3	METODOLOGIA	45
3.1	Metodologia Proposta.....	45
3.1.1	Projeção das Tarifas de Energia	49
3.2	Análise com Dados Reais: Empresa Seleccionada para Estudo	50
3.3	Coleta de Dados	51
3.3.1	Grupo Tarifário	52
3.3.2	Consumo	53
3.3.3	Demanda Contratada e Medida.....	55
3.3.4	Horário de Ponta e Fora de Ponta.....	56
3.4	Cálculo da Fatura	58
3.4.1	Valor da Fatura.....	58
3.4.2	Projeção da Fatura em 10 Anos	61
3.5	Migração para o Mercado Livre.....	62
3.5.1	Cálculo da Fatura	62
3.5.2	Projeção da Fatura em 10 anos	63
3.5.3	Investimento Inicial	65
3.6	Investimento em Paineis Solares.....	66
3.6.1	Definição dos Três Cenários	66
3.6.2	Definição das Bases dos Orçamentos dos Cenários.....	67
3.6.3	Investimento Inicial dos Cenários	68
<u>3.6.3.1</u>	<u>Cenário 1.....</u>	<u>68</u>
<u>3.6.3.2</u>	<u>Cenário 2.....</u>	<u>69</u>
<u>3.6.3.3</u>	<u>Cenário 3.....</u>	<u>70</u>
3.6.4	Cálculo e Projeção da Fatura em 10 anos	70
<u>3.6.4.1</u>	<u>Cenário 1.....</u>	<u>70</u>
<u>3.6.4.2</u>	<u>Cenário 2.....</u>	<u>74</u>

<u>3.6.4.3</u>	<u>Cenário 3.....</u>	<u>77</u>
3.7	Economias Geradas	80
3.8	Análise Financeira.....	80
3.8.1	VPL.....	81
3.8.2	TIR.....	84
3.8.3	ROI.....	85
3.8.4	Payback.....	86
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	87
4.1	Análise Comparativa	89
5	CONCLUSÃO	91
	REFERÊNCIAS.....	94

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a necessidade de energia elétrica e os frequentes reajustes no preço das tarifas têm incentivado empresas a recorrer a alternativas para racionalizar seus custos de operação e expandir sua capacidade de planejamento orçamentário. O cenário do setor se torna cada vez mais desafiador, adquirindo novas regulamentações e um crescente uso emergencial de energias renováveis (MME, 2024). Os dois elementos que merecem mais atenção neste processo são, particularmente, a mudança para o Mercado Livre de Energia e a instalação de painéis solares fotovoltaicos.

O Mercado Livre de Energia é um modo de negociação destinado a consumidores com grande capacidade de consumo, assim poderão ser livres para selecionar o fornecedor da energia e fazer com que os preços de compra de energia e as condições de fornecimento sejam negociados (CCEE, 2024). Assim, existe a possibilidade de personalização dos contratos de energia, que pode ser ajustada de acordo com o consumo e demanda do cliente.

Por outro lado, o investimento em painéis solares fotovoltaicos representa uma alternativa sustentável e de longo prazo para a geração de energia. A tecnologia fotovoltaica converte a luz solar em eletricidade, permitindo que empresas gerem sua própria energia de forma independente das concessionárias tradicionais. Com a queda dos preços dos equipamentos e o aumento da eficiência dos sistemas solares, essa opção tem se tornado cada vez mais atraente (EXAME, 2024).

1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver uma metodologia para realizar uma análise comparativa entre a migração para o Mercado Livre de Energia e o investimento em sistemas de energia solar fotovoltaica, avaliando a viabilidade econômica de cada alternativa e identificando a opção mais vantajosa em termos de redução de custos e retorno financeiro para uma empresa específica.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Mapear os custos e requisitos técnicos associados à migração para o Mercado Livre de Energia, incluindo adequações necessárias, adesão à CCEE e despesas operacionais.

- Dimensionar o investimento inicial, a capacidade de geração e as economias proporcionadas por sistemas de energia solar fotovoltaica em diferentes cenários de consumo.
- Elaborar projeções tarifárias para o ambiente regulado e para o Mercado Livre de Energia, considerando o impacto das variações de preço ao longo do tempo.
- Aplicar ferramentas de análise econômica, como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Payback, para comparar os retornos financeiros das alternativas.
- Identificar o cenário mais vantajoso para a empresa analisada, considerando aspectos econômicos, técnicos e estratégicos.

1.2 Justificativa

A escolha entre migrar para o Mercado Livre de Energia ou investir em painéis solares é uma decisão estratégica que pode impactar significativamente a saúde financeira e a sustentabilidade de uma empresa. Em um cenário de alta competitividade, reduzir custos operacionais e adotar práticas sustentáveis são fatores críticos para o sucesso a longo prazo.

Além disso, políticas públicas e incentivos fiscais voltados para a promoção de energias renováveis têm se tornado cada vez mais comuns, como a Energia Incentivada, o que pode tornar o investimento em painéis solares ainda mais atrativo. Ao mesmo tempo, a volatilidade dos preços de energia no mercado regulado e as vantagens competitivas do Mercado Livre tornam essa alternativa igualmente relevante.

A medida que o estudo avança, ele buscará responder as diversas perguntas comuns enfrentadas não apenas pela empresa analisada, mas por muitas outras organizações: Quais são os custos iniciais para cada alternativa? Quanto pode ser economizado ao longo do tempo? Quais são os riscos de não conseguir ou não seguir com a opção escolhida? Quais os benefícios de cada escolha? Qual opção retorna o investimento mais rápido?

Este estudo é justificado pela necessidade de fornecer uma análise detalhada e comparativa que auxilie gestores e tomadores de decisão a escolherem a opção

mais adequada para suas necessidades e objetivos. A análise considerará não apenas os aspectos econômicos, mas também os impactos ambientais e sociais de cada alternativa, contribuindo para uma decisão mais holística e informada. As respostas a essas perguntas servirão como um norte para empresas que buscam estratégias eficazes e sustentáveis para seus investimentos energéticos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Mercado Cativo

O mercado cativo de energia elétrica no Brasil é caracterizado pela compra de energia diretamente das distribuidoras de energia elétrica, com tarifas reguladas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Os consumidores desse mercado não têm a liberdade de escolher seu fornecedor de energia e pagam tarifas definidas pelo órgão regulador (ESFERA ENERGIA, 2023).

2.1.1 Estrutura do Setor Elétrico Brasileiro

O setor elétrico brasileiro é complexo e estruturado de forma a garantir a geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica em todo o país. Ele é composto por diversos agentes, cada um desempenhando um papel crucial no fornecimento de energia elétrica.

A geração de energia no Brasil é caracterizada pela diversidade de fontes, incluindo hidrelétricas, termelétricas, usinas eólicas, solares e biomassa. As hidrelétricas são as principais responsáveis pela geração de energia, aproveitando o grande potencial hídrico do país. No entanto, nos últimos anos, houve um crescimento significativo na participação das fontes renováveis, como a energia solar e eólica, devido aos investimentos em tecnologia e à busca por sustentabilidade (CANAL ENERGIA, 2024).

A transmissão de energia elétrica é realizada por um sistema de alta tensão que transporta a energia gerada nas usinas até os centros consumidores. Esse sistema é composto por linhas de transmissão e subestações que operam em alta tensão para minimizar as perdas de energia durante o transporte. As linhas de transmissão são reguladas e fiscalizadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica

(ANEEL), que também é responsável pela concessão de novos projetos de transmissão (ANEEL, 2024).

A distribuição de energia elétrica é a etapa em que a energia é entregue aos consumidores finais, sejam eles residenciais, comerciais, industriais ou rurais. As distribuidoras de energia, empresas concessionárias que operam as redes de distribuição, são responsáveis por manter e operar a infraestrutura de distribuição de baixa e média tensão. Essas empresas garantem que a energia chegue de forma segura e eficiente às casas, indústrias e comércios em todo o país (ANEEL, 2024).

A comercialização de energia elétrica no Brasil ocorre de duas formas principais: no mercado cativo e no mercado livre. No mercado cativo, os consumidores compram energia diretamente das distribuidoras, com tarifas reguladas pela ANEEL. No mercado livre, os consumidores têm a liberdade de escolher seus fornecedores de energia e negociar diretamente os contratos de compra, permitindo maior flexibilidade e, muitas vezes, redução de custos (PORTAL SOLAR, 2024).

A ANEEL é o órgão regulador e fiscalizador do setor elétrico brasileiro. Ela é responsável por estabelecer as regras e regulamentações que governam a operação de todos os segmentos do setor, bem como por garantir que as tarifas sejam justas e que a qualidade do serviço seja mantida. A ANEEL também supervisiona o cumprimento dos contratos de concessão e a execução de projetos de expansão e manutenção da infraestrutura elétrica.

2.1.2 Distribuidoras de Energia

As distribuidoras de energia elétrica desempenham um papel essencial no setor elétrico brasileiro, sendo responsáveis por assegurar que a eletricidade gerada e transmitida chegue até os consumidores finais. Essas empresas concessionárias operam redes de distribuição de baixa e média tensão, abrangendo áreas urbanas e rurais, residências, comércios e indústrias.

A principal função das distribuidoras de energia é a entrega segura e confiável de energia elétrica aos consumidores. Elas garantem que a energia seja distribuída de forma eficiente, lidando com o planejamento, operação e manutenção das redes de distribuição. Esse processo envolve uma série de atividades, desde o atendimento ao consumidor até a gestão de interrupções e reparos na rede (ABRADEE, 2024).

As distribuidoras operam sob concessões concedidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que também regulamenta e fiscaliza suas atividades. A

ANEEL define as tarifas aplicadas aos consumidores cativos, garantindo que os preços sejam justos e que a qualidade do serviço seja mantida. As concessões geralmente têm prazos longos, e as distribuidoras precisam cumprir uma série de obrigações para assegurar a renovação de suas licenças (MEGAWHAT, 2024).

Elas enfrentam uma série de desafios, incluindo a necessidade de modernização das redes para lidar com a crescente demanda por energia e a integração de fontes renováveis. A adoção de tecnologias inteligentes, como medidores inteligentes e sistemas de gerenciamento de energia, tem sido uma prioridade para melhorar a eficiência e a confiabilidade do serviço.

2.1.3 Regulamentação e Tarifação

A regulamentação e tarifação no setor elétrico brasileiro são fundamentais para garantir que o fornecimento de energia seja feito de maneira justa e eficiente. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é a responsável por estabelecer as regras e definir as tarifas cobradas pelos serviços de distribuição de energia elétrica.

2.1.3.1 Grupo Tarifário

Os consumidores de energia elétrica são classificados em diferentes grupos tarifários, que variam de acordo com a tensão de fornecimento e o tipo de uso. Cada grupo tarifário possui uma estrutura de tarifas específica, que reflete os custos associados ao fornecimento de energia para aquele perfil de consumo. Sendo divididos em dois grupos (ANEEL, 2024):

- Grupo A: Unidades consumidoras da Alta Tensão, valores de tensão a partir de 69KV (Subgrupos A1, A2 e A3). Média Tensão, valores de tensão de 1KV a 69KV (Subgrupos A3a e A4), e de sistemas subterrâneos (Subgrupo AS).
- Horário Azul: tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia (postos tarifários). Disponibilizada para todos os subgrupos do grupo A; e
- Horário Verde: tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia (postos tarifários), e de uma única

tarifa de demanda de potência. Disponível para os subgrupos A3a, A4 e AS.

- Grupo B: Unidades consumidoras da Baixa Tensão, das Classes Residencial (Subgrupo B1), Rural (B2), Demais Classes (B3) e Iluminação Pública (B4).
- Convencional Monômnia: tarifa única de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia; e
- Horária Branca: tarifa diferenciada de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia (postos tarifários). Não está disponível para o subgrupo B4 e para a subclasse Baixa Renda do subgrupo B1.

2.1.3.2 Consumo

O consumo de energia elétrica refere-se à quantidade de energia utilizada por uma unidade consumidora ao longo de um determinado período. Esse valor é medido em quilowatt-hora (kWh) e é um dos principais fatores para o cálculo das faturas de energia elétrica. O consumo é registrado mensalmente pela distribuidora de energia e reflete a quantidade total de eletricidade consumida pelas atividades e equipamentos de uma empresa ou residência (CUBI ENERGIA, 2024).

2.1.3.3 Demanda Contratada

A demanda contratada é a quantidade máxima de energia elétrica que uma empresa ou unidade consumidora acorda previamente com a distribuidora de energia para ser disponibilizada em sua instalação. Esse valor é medido em quilowatts (kW) e representa a capacidade de atendimento de energia elétrica que a distribuidora deve garantir ao consumidor durante o período contratado. A demanda contratada é fundamental para o planejamento e a operação da rede elétrica, garantindo que a infraestrutura necessária esteja disponível para atender ao consumo máximo esperado (ENEL X BRASIL, 2024).

A demanda contratada é estipulada com base no perfil de consumo da unidade, considerando fatores como picos de utilização e a potência necessária para operar os equipamentos e processos da empresa. É importante que a demanda

contratada seja adequada às necessidades reais do consumidor, pois ultrapassar esse valor pode resultar em penalidades ou custos adicionais, enquanto uma demanda muito elevada pode levar ao pagamento por capacidade não utilizada.

É relevante destacar que a administração mantém uma rede elétrica dimensionada para atender à demanda contratada. Caso o consumidor utilize menos do que o previsto, a infraestrutura fica subutilizada, resultando em perda de eficiência e impacto financeiro para a operação.

2.1.3.4 Demanda Medida

A demanda medida é o valor de potência efetivamente registrado pela medição durante um período específico, geralmente mensal. Diferente da demanda contratada, que é a quantidade de potência que o cliente acordou com a distribuidora para estar disponível, a demanda medida reflete o consumo real e a necessidade de potência do cliente durante os períodos de uso intenso.

A demanda medida é fundamental para a análise dos padrões de consumo e para a gestão eficiente da energia. Se a demanda medida exceder a demanda contratada, o cliente pode enfrentar custos adicionais ou ter que ajustar seu contrato para atender às suas necessidades reais. Em contraste, uma demanda medida inferior à contratada pode indicar uma oportunidade para reduzir a demanda contratada e, conseqüentemente, os custos fixos associados (ESFERA ENERGIA, 2024).

2.1.3.5 Horário de Ponta e Fora de Ponta

No contexto da tarifa de energia elétrica, os conceitos de "horário de ponta" e "fora de ponta" referem-se aos períodos do dia em que a energia é tarifada de maneira diferente, refletindo o custo variável da geração e distribuição de energia em diferentes momentos (NOVA ENERGIA, 2024).

Horário de Ponta é o período do dia em que a demanda por energia é mais alta. Durante esse tempo, os custos de geração e distribuição de energia tendem a ser maiores devido à alta demanda. Na área de concessão da Copel Distribuição, o horário de ponta é definido como o intervalo entre 18h00 e 20h59. Durante esse período, os consumidores são cobrados a uma tarifa mais alta, conhecida como tarifa de ponta, que reflete o aumento dos custos de fornecimento de energia.

Horário Fora de Ponta refere-se aos períodos em que a demanda de energia é menor. Os custos de geração e distribuição são reduzidos, e, conseqüentemente, a tarifa para o consumidor também é menor. Fora do horário de ponta, a energia é tarifada a uma taxa mais baixa, conhecida como tarifa fora de ponta.

2.1.3.6 Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD)

A Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) é uma cobrança aplicada às faturas de consumidores para custear o uso da infraestrutura de distribuição de energia elétrica, garantindo a operação, manutenção e expansão da rede que leva a energia das subestações até as residências e empresas. Essa tarifa reflete os custos de operação da rede de distribuição, incluindo investimentos em melhorias e manutenções, além de assegurar a segurança do fornecimento (ANEEL, 2024).

A TUSD é cobrada separadamente da Tarifa de Energia (TE), que corresponde ao custo da energia consumida. Mesmo consumidores que geram sua própria energia, como aqueles com sistemas de energia solar, pagam a TUSD, pois ainda utilizam a rede para conexão e transporte de excedentes. A regulação dessa tarifa é feita pelas autoridades do setor elétrico para manter a eficiência e a sustentabilidade da rede de distribuição.

2.1.3.7 Tarifa de Energia

Tarifa de Energia (TE) é o valor cobrado aos consumidores pelo fornecimento da energia elétrica em si, refletindo os custos de geração da eletricidade e sua transmissão até os pontos de consumo. Essa tarifa inclui despesas relacionadas à produção da energia em usinas, seja de fontes renováveis ou não, e à transmissão pela rede de alta tensão até as subestações (ANEEL, 2024).

A TE é calculada com base em fatores como a variação do custo de geração, a disponibilidade de recursos energéticos e a regulação governamental. Ela é cobrada de forma separada da Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD), que abrange o custo do uso da rede de distribuição. O valor da TE pode ser impactado por ajustes tarifários e sazonalidades, como bandeiras tarifárias que refletem as condições de produção de energia, influenciando diretamente na fatura de energia dos consumidores.

2.1.4 Cálculo da Fatura no Mercado Cativo

O cálculo do valor da fatura de energia elétrica para consumidores do Grupo A é um processo que envolve diversas variáveis e mais etapas, do que para os consumidores do Grupo B. Como o foco deste trabalho estará concentrado em consumidores do Grupo A, será apresentado o método de cálculo da fatura de energia, abordando os principais componentes que influenciam o custo final. A análise inclui a consideração das tarifas aplicáveis, tanto para o período de ponta quanto fora de ponta, bem como os encargos de uso dos sistemas de distribuição (TUSD) e o custo da energia elétrica contratada.

Os valores dos tributos que compõem a fatura de energia elétrica incluem principalmente o ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços), cuja alíquota varia de acordo com o estado e pode representar uma parcela significativa da conta, geralmente entre 18% a 25% do valor total. Além disso, há o PIS/PASEP (Programa de Integração Social/Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público) e a COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social), que são contribuições federais aplicadas sobre a fatura, com alíquotas que, somadas, variam aproximadamente entre 1,65% e 9,25%. Esses tributos juntos podem representar uma parte considerável do valor final pago na fatura de energia elétrica.

Para realizar o cálculo total da fatura de energia elétrica, o processo é dividido em três partes principais: valor da demanda, valor da energia durante o horário de ponta e valor da energia fora do horário de ponta. Cada uma dessas partes é calculada com base nas tarifas e no consumo registrado, refletindo a estrutura tarifária aplicada ao cliente (UNIFESP, 2024).

1. Valor da Demanda

O valor da demanda é calculado multiplicando a demanda contratada pela tarifa de demanda TUSD. A fórmula para este cálculo é (UFPR, 2024):

$$\text{Valor da Demanda} = \text{Demanda Contratada} \times \text{Tarifa Demanda TUSD} \quad (1)$$

2. Valor da Energia na Ponta

O valor da energia consumida durante o horário de ponta é calculado somando o valor do consumo de energia ponta pela tarifa de energia (TE) e o valor da tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD) para o mesmo período (UFPR, 2024). A fórmula para este cálculo é:

$$\begin{aligned} \text{Valor da Energia Ponta} = & \hspace{15em} (2) \\ (\text{Consumo Ponta} \times \text{TE Ponta}) + & (\text{Consumo Ponta} \times \text{TUSD Ponta}) \end{aligned}$$

Onde TE Ponta é a tarifa de energia durante o horário de ponta e TUSD Ponta é a tarifa de uso do sistema de distribuição durante o horário de ponta.

3. Valor da Energia Fora de Ponta

O valor da energia consumida fora do horário de ponta é calculado multiplicando o consumo registrado fora do horário de ponta pela tarifa de energia e pela tarifa de uso do sistema de distribuição para esse período (UFPR, 2024). A fórmula para este cálculo é:

$$\begin{aligned} \text{Valor da Energia Fora de Ponta} = & \hspace{15em} (3) \\ (\text{Consumo Fora de Ponta} \times \text{TE Fora de Ponta}) + & \\ (\text{Consumo Fora de Ponta} \times \text{TUSD Fora de Ponta}) & \end{aligned}$$

4. Valor Total da Fatura

Para se obter o valor total real da fatura, basta somar o Valor da Demanda, Valor da Energia Ponta e Valor da Energia Fora de Ponta.

$$\begin{aligned} \text{Valor Fatura} = & \text{Valor da Demanda} + \text{Valor da Energia Ponta} & (4) \\ & + \text{Valor Energia Fora de Ponta} \end{aligned}$$

2.1.5 Projeções Tarifárias

As tarifas de energia elétrica têm sofrido aumentos significativos ao longo dos anos, impactando diretamente o orçamento de consumidores residenciais e comerciais. Esse crescimento é impulsionado por uma combinação de fatores, como a inflação, os custos crescentes de geração de energia, especialmente em períodos de escassez de recursos hídricos, e a necessidade de investimentos em infraestrutura para garantir a confiabilidade e a expansão da rede elétrica.

Para realizar projeções precisas dos reajustes tarifários no setor elétrico, é essencial analisar o histórico de tarifas. Essa análise retrospectiva permite identificar tendências e padrões ao longo do tempo, bem como compreender os fatores que influenciaram os aumentos tarifários anteriores. Com esses dados históricos, é possível fazer previsões mais fundamentadas sobre os reajustes futuros, considerando variações sazonais, políticas econômicas e mudanças regulatórias.

Acessando o site da COPEL, é possível consultar o histórico de reajustes das tarifas de energia elétrica (COPEL, 2024). Segue abaixo os reajustes aplicados ao longo dos anos:

Tabela 1 – Histórico de Reajustes das Tarifas de Energia Elétrica da COPEL

Ano	Reajuste
2023	10,50%
2022	4,90%
2021	9,89%
2020	0,41%
2019	3,41%
2018	15,99%
2017	5,85%
2017	-1,17%
2016	-12,87%
2015	15,32%
2015	36,79%
2014	24,86%

Fonte: COPEL (2024)

Com base nos dados de reajustes tarifários da COPEL dos últimos anos, é possível calcular que a média de reajuste anual é de aproximadamente 9,57%. Essa média reflete as variações nos custos da energia elétrica ao longo do tempo, englobando tanto aumentos significativos quanto reduções ocasionais. Analisar essa média é importante para entender as tendências tarifárias e projetar futuros reajustes, permitindo um planejamento mais preciso e informado do consumo de energia.

2.2 Mercado Livre de Energia

O Mercado Livre de Energia, também conhecido como Ambiente de Contratação Livre (ACL), é um ambiente onde consumidores de energia elétrica, comercializadores e geradores podem negociar livremente as condições de fornecimento, incluindo preço, quantidade e duração dos contratos. Diferente do mercado cativo, onde os consumidores são obrigados a comprar energia das concessionárias locais a tarifas reguladas pelo governo, o ACL permite que grandes consumidores escolham seus fornecedores de energia, possibilitando maior flexibilidade e potencial para redução de custos (MERCADO LIVRE DE ENERGIA ELÉTRICA, 2024).

A criação do Mercado Livre de Energia no Brasil foi um passo importante para a modernização do setor elétrico. Iniciado em 1995 o mercado evoluiu significativamente com a criação da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) em 2004. A CCEE é responsável por viabilizar as operações de compra e venda de energia entre os agentes do mercado, assegurando a transparência e a segurança das transações (CCEE, 2024).

No ACL, os consumidores podem negociar diretamente com geradores e comercializadores. Essa liberdade de escolha permite que as empresas adaptem seus contratos às suas necessidades específicas, promovendo uma gestão mais eficiente dos custos energéticos. Além disso, a contratação pode incluir energia de fontes renováveis, como eólica e solar, o que contribui para a diversificação do portfólio energético e para a sustentabilidade ambiental (PORTAL SOLAR, 2024).

A regulação do Mercado Livre de Energia é realizada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e pela CCEE. A ANEEL regulamenta e fiscaliza as

atividades do setor elétrico, enquanto a CCEE operacionaliza o mercado, registrando contratos e realizando a contabilização e liquidação das operações.

2.2.1 Histórico e Evolução

O Mercado Livre de Energia Elétrica no Brasil teve sua origem durante o governo de Fernando Henrique Cardoso com a promulgação da Lei nº 9.074/1995. Essa legislação foi crucial para a reestruturação do setor elétrico, permitindo a criação do consumidor livre e do produtor independente de energia, o que abriu as portas para a liberalização do mercado.

Inicialmente, apenas grandes consumidores com demanda mínima de 3 MW podiam participar, mas ao longo do tempo, as regras foram flexibilizadas, permitindo a entrada de consumidores com demandas menores, como aqueles com 500 kW, conforme as regulamentações mais recentes (LINGOPASS, 2024)

A criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em 1996 e a instituição do Mercado Atacadista de Energia (MAE) em 1999 foram passos importantes na regulamentação e supervisão do mercado. Apesar dos desafios iniciais, como o racionamento de energia em 2001, o mercado livre continuou a se expandir, e, com o Novo Modelo do Setor Elétrico em 2004, a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) substituiu o MAE, trazendo maior estabilidade ao setor. Nos últimos anos, o governo tem avançado em políticas para expandir o mercado, com a previsão de abertura total para consumidores de média tensão em 2024 e, futuramente, para consumidores residenciais (MERCADO LIVRE DE ENERGIA ELÉTRICA, 2024).

2.2.2 Diferença do Mercado Cativo e Mercado Livre

No Brasil, o setor elétrico é segmentado em dois principais ambientes de contratação: o mercado cativo e o mercado livre de energia. A distinção fundamental entre esses mercados reside na maneira como os consumidores adquirem a energia elétrica e na flexibilidade que possuem em relação aos contratos e preços.

No mercado cativo, os consumidores contratam o fornecimento de energia diretamente com a distribuidora local, sem intermediários. Isso significa que não há

possibilidade de escolha do fornecedor; a energia é adquirida exclusivamente da distribuidora que atende a região. As tarifas, taxas e bandeiras tarifárias são definidas e reguladas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e são cobradas diretamente na fatura mensal (CEMIG ENERGIA LIVRE, 2024).

O mercado cativo é conhecido pela estabilidade em termos de fornecedor, mas apresenta incertezas quanto ao custo, uma vez que as tarifas podem ser ajustadas anualmente conforme determinações da ANEEL, baseadas em fatores como investimentos da concessionária, despesas operacionais, manutenção, e até mesmo custos relacionados à compra de energia. Embora o reajuste tarifário ocorra uma vez por ano em uma data pré-definida, o consumidor ainda pode ser impactado por crises econômicas, mudanças climáticas, ou períodos de seca, que podem resultar na aplicação de bandeiras tarifárias adicionais, especialmente quando a geração termelétrica é acionada (EDP SOLUÇÕES, 2024).

O mercado livre de energia oferece uma abordagem mais flexível e estratégica para a aquisição de eletricidade. Neste ambiente, os consumidores têm a liberdade de negociar diretamente com geradores ou comercializadoras, permitindo-lhes escolher as condições contratuais que melhor atendam suas necessidades específicas, como preço, prazo e fonte de energia (incluindo opções renováveis) (ESFERA ENERGIA, 2024).

Devido à complexidade e à necessidade de ajustes específicos em cada contrato, muitas empresas optam por contratar consultorias especializadas para realizar análises de viabilidade, entender o perfil de consumo, determinar o volume de energia a ser contratado e ajustar a sazonalidade da demanda. No mercado livre, a consultoria especializada desempenha um papel crucial ao auxiliar na defesa dos interesses da empresa consumidora, assegurando que os contratos sejam firmados com as melhores condições comerciais e legais possíveis, e com o menor custo.

2.2.3 Migração ao Mercado Livre de Energia

A migração para o mercado livre de energia tem se tornado uma opção cada vez mais atraente para empresas e grandes consumidores de energia no Brasil, à medida que buscam maior controle sobre seus custos energéticos, flexibilidade, e opções de sustentabilidade. Este processo permite que os consumidores deixem o mercado cativo, onde estão sujeitos a tarifas reguladas e fornecimento de energia

exclusivamente por concessionárias locais, e passem a negociar diretamente com geradores e comercializadores no ambiente livre.

O processo de migração para o mercado livre de energia pode parecer complexo para muitas empresas, especialmente aquelas que estão acostumadas ao mercado cativo, onde o fornecimento e os custos de energia são determinados pela concessionária local. Nesse cenário, as comercializadoras de energia desempenham um papel crucial, auxiliando os consumidores em cada etapa da transição para o ambiente de contratação livre. Para auxiliar empresas e grandes consumidores de energia na transição para o mercado livre de energia, a CPFL Soluções disponibiliza um guia prático com sete passos essenciais (CPFL SOLUÇÕES, 2024). Sendo estes:

1. **Avaliar os Pré-requisitos:** Empresas que estejam conectadas em média e alta tensão, estão aptas a migrar.
2. **Estudar a Viabilidade Econômica:** Nesta etapa, é analisado o preço da energia no mercado livre, bem como o histórico de consumo e outras características das faturas, a fim de verificar a viabilidade econômica da migração para o mercado livre de energia. As próprias comercializadoras realizam esse estudo para seus clientes, levando em consideração fatores como a quantidade de energia necessária, os horários de maior consumo e as possíveis sazonalidades. Com base nessas informações, as comercializadoras orientam os consumidores sobre a viabilidade da migração, oferecendo uma análise detalhada que ajuda na tomada de decisão.
3. **Rescindir o Contrato com a Distribuidora:** Para migrar para o mercado livre de energia, é necessário rescindir o contrato de fornecimento com a distribuidora atual por meio de uma carta de denúncia. Este processo deve ser iniciado com pelo menos seis meses de antecedência da data desejada para a migração, podendo ser antecipado mediante pagamento de multa contratual.

4. **Comprar Energia:** A próxima etapa é a compra de energia no mercado livre, onde a empresa negociará condições contratuais, como prazo, preço e volume de energia com comercializadores ou geradores.
5. **Aderir à CCEE:** Após a definição do mês de migração, inicia-se o processo de adesão à Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Nessa etapa, são necessários os seguintes passos:

- Pagamento do emolumento à CCEE;
- Abertura de uma conta no Bradesco;
- Envio da documentação requerida;
- Cadastro da modelagem na CCEE.

É recomendável que a empresa conte com uma representação profissional para auxiliar nas questões burocráticas junto à CCEE, garantindo assim uma transição mais suave e eficiente.

6. **Adequação do sistema de medição:** Para realizar a migração para o mercado livre de energia, é necessário implementar adequações físicas no local de consumo para possibilitar o envio automático dos dados à Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Esta etapa inclui o desenvolvimento e a aprovação do projeto do sistema de medição, o faturamento, a montagem, o comissionamento e a conectividade do sistema.
7. **Aprovação e cadastro do ponto:** Nesta última etapa, a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) já reconhece o ponto de medição, indicando que a unidade está pronta para operar no mercado livre de energia.

Todo o processo de migração para o mercado livre de energia pode levar aproximadamente seis meses para ser concluído. Esse cronograma inclui tempo para planejamento, execução e possíveis ajustes, garantindo que a transição ocorra de

maneira eficiente e sem interrupções no fornecimento de energia (CPFL SOLUÇÕES, 2024).

2.2.4 Comercializadora de Energia

As comercializadoras de energia desempenham um papel fundamental no Mercado Livre de Energia, atuando como intermediárias entre os geradores de energia e os consumidores. Elas são responsáveis por negociar e fornecer contratos de compra de energia elétrica, ajustados às necessidades específicas de cada cliente, como volume, prazo, sazonalidade e preço (EDP SOLUÇÕES, 2024).

Essas empresas oferecem suporte especializado para auxiliar os consumidores em todo o processo de migração para o mercado livre, desde a análise de viabilidade econômica até a formalização dos contratos (CEMIG, 2024). Além disso, as comercializadoras acompanham o mercado de energia, oferecendo inteligência de mercado para ajudar os clientes a tomar decisões informadas sobre o momento ideal para a compra de energia e as melhores condições contratuais (SIMPLE ENERGY, 2024).

Outro aspecto importante das comercializadoras é o suporte na gestão de riscos e no cumprimento das obrigações regulatórias junto à Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Elas ajudam a assegurar que todas as etapas burocráticas sejam cumpridas corretamente, minimizando os riscos e garantindo que o processo de migração seja conduzido de forma eficiente e segura (CCEE, 2024).

Ao atuar em parceria com uma comercializadora, as empresas podem obter benefícios como redução de custos, maior previsibilidade orçamentária e flexibilidade na gestão do consumo de energia, otimizando suas operações no mercado livre.

2.2.4.1 Diferença entre Comercializadora e Distribuidora

No setor elétrico, as funções de comercializadora e distribuidora são distintas, desempenhando papéis complementares na cadeia de fornecimento de energia elétrica. A compreensão dessas diferenças é essencial para avaliar as operações e as escolhas estratégicas no mercado de energia.

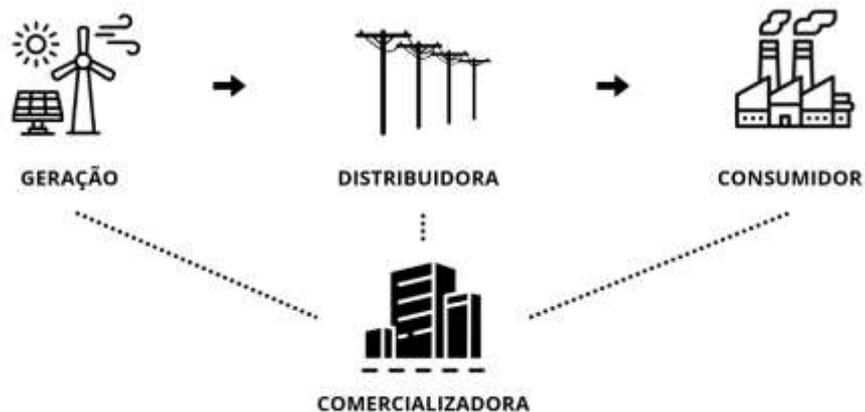
A comercializadora de energia atua como intermediária entre os geradores de energia e os consumidores finais no Mercado Livre de Energia. Sua principal função

é negociar e fornecer contratos de compra de energia elétrica, que são ajustados conforme as necessidades específicas dos clientes, incluindo volume, preço e prazo (GOLDENERGY, 2024).

A distribuidora de energia é responsável pela entrega da energia elétrica aos consumidores finais dentro de sua área de concessão. Ela opera e mantém a infraestrutura de distribuição, que inclui redes elétricas e subestações, para garantir que a energia chegue de maneira segura e confiável aos pontos de consumo. As distribuidoras atendem tanto os consumidores no Mercado Cativo quanto aqueles no Mercado Livre de Energia (SERENA, 2024).

Diferentemente das comercializadoras, que estão focadas na negociação e compra de energia, as distribuidoras lidam com a operação e manutenção das redes de distribuição, bem como com a cobrança das tarifas de uso da rede elétrica. As tarifas aplicadas incluem custos de operação e manutenção, e são regulamentadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (GOLDENERGY, 2024).

Figura 1 – Intermediação da Comercializadora



Fonte: Aatoria Própria (2024)

2.2.4.2 Energia Incentivada e Energia Convencional

No mercado livre de energia, os consumidores têm à disposição duas principais categorias de produtos energéticos: energia convencional e energia incentivada.

A energia incentivada é produzida a partir de fontes renováveis, como solar, eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCHs). Essas fontes renováveis recebem incentivos específicos, como descontos que variam de 50% a 100% na Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Distribuição (TUSD), conforme estabelecido pela legislação (ABRACEEL, 2023).

Em contraste, a energia convencional é gerada por usinas de maior porte, tanto renováveis quanto não renováveis. Ao contrário da energia incentivada, a energia convencional não oferece descontos na TUSD (MERCADO LIVRE DE ENERGIA, 2024).

A energia incentivada, além de ser sustentável e não contribuir para a emissão de gases de efeito estufa, também pode ter um custo inicial mais alto. No entanto, os descontos na TUSD podem resultar em um custo total competitivo, dependendo do perfil de consumo. Já a energia convencional, apesar de apresentar preços iniciais mais baixos, pode ter um impacto ambiental negativo e não oferece os mesmos incentivos financeiros (CCEE, 2024).

2.2.4.3 Preço da Energia no Mercado Livre

No Mercado Livre de Energia, a formação do preço da eletricidade difere significativamente das estruturas observadas no Mercado Cativo, refletindo uma estrutura mais dinâmica. Os consumidores têm a liberdade de negociar diretamente com os geradores e comercializadores de energia. Esse modelo permite que as empresas obtenham preços mais competitivos e adaptados às suas necessidades específicas.

O preço da energia no Mercado Livre é também influenciado pelo Preço de Liquidação das Diferenças (PLD), que é calculado pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). O PLD reflete o equilíbrio entre oferta e demanda de energia no Ambiente de Contratação Livre (ACL), podendo variar semanalmente, de

acordo com as condições do mercado. A volatilidade do PLD é um fator crucial, pois pode impactar diretamente os custos que as empresas terão com a energia (CCEE, 2024).

No presente trabalho, não será abordado o processo de cálculo do preço da energia comercializada no Mercado Livre de Energia (MLE), pois, ao se contatar as comercializadoras para realizar um estudo de viabilidade de migração, estas já fornecem os valores atualizados e pertinentes ao mercado atual. É importante destacar que, no site da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), há um painel de preços que exibe o valor e a média da energia comercializada no Ambiente de Contratação Livre (ACL). No entanto, esses valores não representam o preço exato que os consumidores irão pagar, mas uma estimativa aproximada, uma vez que cada contrato é individual e varia de acordo com a comercializadora e as condições negociadas (CCEE, 2024).

Figura 2 - Variação do Preço do MWh no Mercado Livre de Energia



Fonte: CCEE (2024)

A Figura 2 mostra que a média do preço da energia comercializada no Mercado Livre de Energia (MLE) nos últimos 10 anos na região Sul do Brasil foi de R\$ 195,03/MWh. Essa análise destaca a volatilidade dos preços ao longo desse período, com variações expressivas entre valores mínimos e máximos. Apesar disso, observa-se que nos últimos anos houve uma tendência de estabilização dos preços. No site da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), é possível acessar informações detalhadas, incluindo visões diárias, semanais e mensais, para monitorar o preço real da energia no mercado.

Mesmo com a volatilidade dos preços mostrada no gráfico, geralmente, após a migração para o Mercado Livre de Energia (MLE), as empresas conseguem uma redução média de 20% a 30% no valor de suas faturas. Essa economia ocorre devido

à flexibilidade na negociação de contratos, que permite obter preços mais competitivos em comparação ao mercado cativo (COMERC ENERGIA, 2024).

2.2.5 Cálculo da Fatura no Mercado Livre de Energia

Para calcular a fatura do Mercado Livre de Energia (MLE), o processo é semelhante ao cálculo da fatura no mercado cativo, porém com algumas diferenças importantes. O cálculo da fatura do MLE pode ser dividido em duas partes principais: Tarifa da Distribuidora e Tarifa do MLE (SRNA, 2024).

1. Tarifa da Distribuidora

Para calcular a tarifa da distribuidora, iremos considerar a energia incentivada 50%, que oferece um desconto de 50% na TUSD Demanda e também na TUSD Consumo na Ponta. Isso pode resultar em uma economia significativa na conta de energia, especialmente para consumidores que utilizam grande parte de sua energia durante os horários de ponta.

$$\begin{aligned}
 \text{Tarifa Distribuidora} & & (5) \\
 = & \frac{(\text{Demanda Contratada} \times \text{TUSD Demanda})}{2} \\
 + & (\text{Consumo Fora de Ponta} \times \text{TUSD Consumo Fora de Ponta}) \\
 + & \frac{(\text{Consumo Ponta} \times \text{TUSD Consumo Ponta})}{2}
 \end{aligned}$$

2. Tarifa do MLE

Para calcular a Tarifa do MLE (Mercado Livre de Energia), o processo é mais direto. Primeiramente, somamos todo o consumo mensal do cliente, tanto em períodos de ponta quanto fora de ponta. Esse valor total de consumo é então multiplicado pelo preço do MWh (megawatt-hora) estabelecido no contrato com a comercializadora no Mercado Livre de Energia (CCEE, 2022).

Depois de calcular o custo bruto da energia, aplicam-se os impostos pertinentes, que incluem o ICMS (18%) e o PIS-COFINS (5%). Essa abordagem

permite uma visão clara dos custos totais de energia no Mercado Livre, diferenciando-se pela simplicidade do cálculo em comparação com a tarifa cativa, que envolve múltiplas componentes e tarifas de distribuição.

$$\text{Tarifa MLE} = ((\text{Consumo Ponta} + \text{Consumo Fora Ponta}) \times \text{Preço MWh}) \times (1 + \text{ICMS} + \text{PIS e COFINS}) \quad (6)$$

3. Valor Total

Para obter o valor real da fatura do Mercado Livre de Energia, somamos as seguintes variáveis:

$$\text{Valor Total} = \text{Tarifa Distribuidora} + \text{Tarifa do MLE} + \text{Encargos e Taxas} \quad (7)$$

2.2.6 Cenários Atuais do Mercado Livre de Energia no Brasil

O mercado livre de energia atingiu, em 2023, um recorde anual de economia, alcançando R\$ 48 bilhões em redução nos custos com energia elétrica. Esse resultado foi impulsionado por um consumo médio de 26.270 MW médios, um volume anual inédito na demanda dos consumidores livres (ABRACEEL, 2024).

Com base nos valores economizados em 2023, o mercado livre de energia já gerou, em valores atualizados, ganhos acumulados superiores a R\$ 339 bilhões para os consumidores autorizados a participar desse ambiente competitivo de contratação. Esses valores foram compilados no “Economizômetro”, uma calculadora digital da Abraceel, que mensura e oferece transparência sobre a economia proporcionada pela concorrência e pela possibilidade de escolher o fornecedor de energia elétrica (ABRACEEL, 2024).

O crescimento do Mercado Livre de Energia (MLE) no Brasil tem sido expressivo em 2024. Em julho, o número de unidades consumidoras no ambiente de contratação livre chegou a 51.889, representando um aumento de 25% desde dezembro de 2023, quando o total era de 38.531 unidades. Em 2020, pelos dados da Abraceel (ABRACEEL, 2020), o número de consumidores era de 7.222. Isso representa um crescimento de 611% quando comparado com o ano de 2024.

Figura 3 – Crescimento do MLE no Brasil



Fonte: Autoria Própria (2024)

Nos últimos 12 meses, o MLE expandiu em 46%, com a adição de 16.417 novas unidades consumidoras. Estados como São Paulo, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Paraná se destacam por terem os maiores números de consumidores livres, com São Paulo liderando com 16.582 unidades. Esses dados, fornecidos pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), reforçam o crescente interesse das empresas pela liberdade de escolher fornecedores e características contratuais para reduzir custos e otimizar o consumo energético (ABRACEEL, 2024).

2.2.7 Investimentos Iniciais

Ao optar pela migração para o mercado livre de energia, o consumidor inicia um processo que envolve a distribuidora, a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), geradora de energia e a comercializadora. Esse processo requer alguns investimentos e custos que o cliente precisará arcar.

De acordo com as normas do PRODIST Módulo 5 (Procedimentos de Distribuição da ANEEL), as distribuidoras têm autonomia para definir os padrões de entrada de energia, o que pode exigir que os consumidores façam ajustes nas suas instalações (ANEEL, 2024).

O principal equipamento que normalmente precisa ser adaptado é o painel de medição, responsável por enviar leituras instantâneas do consumo de energia para a CCEE. Os custos dessas adequações podem variar bastante, dependendo das

especificidades da distribuidora e da unidade consumidora, com valores que podem ir de R\$ 2.000,00 até R\$ 30.000,00 (SION ENERGIA, 2021).

Entretanto, muitas comercializadoras de energia estão cientes do impacto desses custos iniciais e, para facilitar a migração, assumem grande parte dessas despesas. Elas oferecem a opção de parcelar esses valores em pequenas quantias, que são incluídas diretamente nas faturas mensais de energia. Dessa forma, o cliente não precisa desembolsar grandes quantias de imediato, tornando a transição para o mercado livre mais acessível e financeiramente viável.

A CCEE é a entidade que organiza e regulamenta o mercado livre de energia no Brasil. Para que uma empresa participe desse mercado, é obrigatório se associar à CCEE, o que inclui cumprir várias obrigações e arcar com determinados custos.

Um dos primeiros passos é pagar a taxa de adesão, atualmente fixada em R\$ 8.703,00 (CCEE, 2024). Esse valor é cobrado após a denúncia do Contrato de Energia Regulado junto à distribuidora e deve ser quitado em até 20 dias após a emissão do boleto. Além disso, para operar no mercado livre, é necessário abrir uma conta específica no banco oficial da CCEE, que é o Bradesco, com um custo estimado de R\$ 400,00 (CCEE, 2024).

Além dos investimentos iniciais para migrar ao mercado livre de energia, como a adequação técnica e a adesão à CCEE, os consumidores também devem considerar os custos mensais de gestão dos processos de energia, taxas e serviços oferecidos pela comercializadora. Esses custos não são pagos de forma antecipada, mas são diluídos nas faturas mensais de energia, permitindo que as empresas façam a transição para o mercado livre sem a necessidade de grandes desembolsos imediatos, garantindo ao mesmo tempo uma gestão eficiente e contínua do consumo energético.

2.3 Energia Fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica tem se destacado como uma alternativa sustentável e economicamente viável para empresas que buscam reduzir os custos com eletricidade e aumentar a autonomia energética. Este sistema converte a luz do sol em energia elétrica por meio de painéis solares, proporcionando não apenas economia, mas também contribuindo para a preservação ambiental e a redução da dependência de fontes de energia tradicionais (SEBRAE, 2022).

2.3.1 Princípios de Funcionamento

A energia solar fotovoltaica funciona com base na conversão direta da luz solar em eletricidade, um processo que ocorre nas células fotovoltaicas presentes nos painéis solares. Cada célula fotovoltaica é composta por materiais semicondutores, como o silício, que têm a capacidade de absorver a energia dos fótons da luz solar (PORTAL SOLAR, 2024).

Quando a luz solar atinge as células fotovoltaicas, os fótons interagem com os átomos do material semicondutor, liberando elétrons. Esse movimento de elétrons gera uma corrente elétrica contínua (DC) (IEA, 2023). Para que essa energia possa ser utilizada em sistemas elétricos convencionais, que operam com corrente alternada (AC), um inversor é utilizado para converter a corrente contínua gerada pelos painéis em corrente alternada (PORTAL SOLAR, 2024).

2.3.2 Crescimento no Brasil

O crescimento da energia solar fotovoltaica no Brasil tem sido impressionante nos últimos anos, impulsionado por fatores como a abundância de radiação solar, a queda nos custos dos equipamentos e o aumento da conscientização sobre a importância da sustentabilidade (EPE, 2023). Desde a regulamentação que permitiu a geração distribuída em 2012, o número de instalações fotovoltaicas cresceu exponencialmente, com milhares de residências, empresas e até grandes indústrias adotando essa tecnologia (ANEEL, 2023).

Figura 4 – Geração de Eletricidade no Brasil por Fonte

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Part. % (2022)
Total	570.835	590.542	581.486	578.898	587.962	601.396	626.324	621.219	656.109	677.173	100,0
Hidráulica (i)	390.992	373.439	359.743	380.911	370.906	388.971	397.877	396.381	362.818	427.114	63,1
Gás Natural	68.942	81.073	79.503	56.550	65.591	54.295	60.188	53.515	86.861	42.035	6,2
Derivados de Petróleo (ii)	22.223	31.529	25.708	12.207	12.911	10.293	7.846	8.556	18.244	7.816	1,2
Carvão	14.801	18.385	19.096	17.001	16.257	14.204	15.327	11.946	17.585	7.988	1,2
Nuclear	15.450	15.378	14.734	15.864	15.739	15.674	16.129	14.053	14.705	14.559	2,2
Biomassa (iii)	39.684	44.987	47.394	49.236	49.385	51.876	52.111	55.613	51.711	51.783	7,6
Eólica	6.578	12.210	21.626	33.489	42.373	48.475	55.986	57.051	72.286	81.632	12,1
Solar	5	16	59	85	831	3.461	6.651	10.717	16.752	30.126	4,4
Outras (iv)	12.160	13.524	13.623	13.554	13.968	14.147	14.210	13.387	15.147	14.121	2,1

Fonte: EPE (2024)

Nos últimos 10 anos, a energia solar registrou um impressionante crescimento com uma Taxa de Crescimento Anual Composta (CAGR) de 164%. Esse valor significa que, anualmente, a capacidade instalada de energia solar mais que dobrou,

refletindo a rápida adoção e expansão dessa fonte de energia renovável. Tal crescimento ressalta a importância e o potencial da energia solar no cenário global de geração de energia, destacando-se como uma solução cada vez mais viável e eficiente para a diversificação da matriz energética e a redução de emissões de carbono.

2.3.2.1 Crescimento no Mundo

O crescimento da energia solar fotovoltaica no mundo tem sido notável, transformando-se em uma das principais fontes de energia renovável globalmente (IRENA, 2022). Nos últimos anos, o setor fotovoltaico tem registrado uma expansão acelerada, impulsionada por inovações tecnológicas, reduções significativas nos custos de produção e instalação dos painéis solares, e por políticas governamentais que incentivam a adoção de energias limpas.

Figura 5 – Capacidade Instalada de Geração de Solar (GW) – Mundo

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Δ% (2021/2020)	Part. % (2021)
Mundo	99	134	180	228	300	395	488	591	717	853	19,1	100,0
China	7	18	28	44	78	131	175	205	254	307	20,9	36,0
Estados Unidos	3	7	18	23	35	43	51	61	76	94	24,3	11,0
Japão	7	14	23	34	42	50	56	63	70	74	6,4	8,7
Alemanha	34	37	38	39	41	42	45	49	54	59	9,3	6,9
Índia	1	2	4	6	10	18	27	35	39	50	26,1	5,8
Austrália	4	5	5	6	7	7	9	13	18	23	27,1	2,7
Itália	17	18	19	19	19	20	20	21	22	23	4,8	2,7
Coreia do Sul	1	2	2	4	5	6	8	12	15	18	24,6	2,1
Vietnã	0	0	0	0	0	0	0	5	17	17	0,0	2,0
Espanha	7	7	7	7	7	7	7	11	13	16	26,7	1,9
Brasil (14º)	0	0	0	0	0	1	2	4	8	13	69,2	1,6
Outros	19	27	35	46	57	71	89	116	141	174	23,1	20,3

Fonte: EPE (2024)

O crescimento da capacidade instalada de energia solar no mundo tem sido notável ao longo dos últimos anos. Quando analisamos os dados de 2012 a 2021, verificamos um crescimento significativo a uma Taxa de Crescimento Anual Composta (CAGR) de 27,1%. Esse aumento expressivo reflete a crescente adoção de tecnologias de energia solar, impulsionada por avanços tecnológicos, reduções nos custos de produção e instalação dos painéis solares, além de políticas governamentais favoráveis que incentivam a transição para fontes de energia

renovável. A expansão da energia solar destaca-se como uma das principais soluções para diversificar a matriz energética global e combater as mudanças climáticas (IRENA, 2022).

2.3.3 Preço

O preço de instalação de sistemas de energia solar fotovoltaica tem caído significativamente nos últimos anos, tornando essa tecnologia mais acessível para consumidores residenciais e comerciais. Com o aumento da demanda e a popularização dos painéis solares, o custo dos equipamentos caiu cerca de 40%, o que impulsionou ainda mais a adoção dessa solução energética (EXAME, 2024).

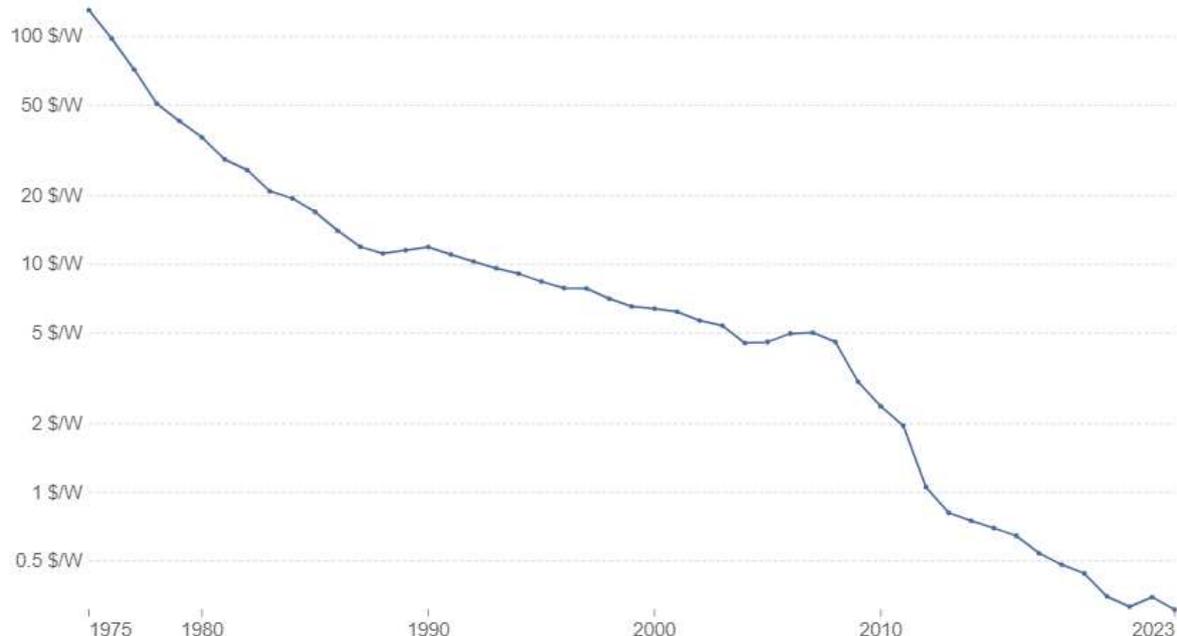
O custo médio de uma placa solar fotovoltaica no Brasil pode variar bastante, dependendo da potência, marca e eficiência do equipamento. Em 2023, o preço médio de uma placa solar com potência de 330 a 550 watts (W), que são as mais comuns para instalações residenciais, varia entre R\$ 500,00 e R\$ 1.000 por unidade (PORTAL SOLAR, 2024).

Figura 6 – Preço dos Painéis Fotovoltaicos

Solar (photovoltaic) panel prices

Our World
in Data

This data is expressed in US dollars per watt, adjusted for inflation.



Data source: IRENA (2024); Nemet (2009); Farmer and Lafond (2016)

Note: Data is expressed in constant 2023 US\$ per watt.

OurWorldinData.org/energy | CC BY

Fonte: Our Word in Data (2024)

Ao longo das últimas décadas, o custo das placas solares tem experimentado uma drástica redução, impulsionada pelo avanço tecnológico e pela produção em larga escala. Em 1975, o preço médio global de uma placa solar era de US\$ 115,28 por watt (W). No entanto, em 2023, esse custo caiu para apenas US\$ 0,12/W, representando uma diminuição impressionante de mais de 99% (OUR WORLD IN DATA, 2024).

2.3.3.1 Equipamentos

Para a implementação de um sistema de energia solar fotovoltaica são necessários diversos equipamentos, cada um desempenhando um papel crucial para o funcionamento eficiente e seguro do sistema. Esses equipamentos incluem (WEG SOLAR, 2024):

- **Painéis Fotovoltaicos:** Os painéis fotovoltaicos são os componentes principais do sistema. Eles convertem a luz solar em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico. A escolha dos painéis pode variar em função da eficiência, durabilidade e custo.
- **Inversores:** O inversor é responsável por converter a corrente contínua (CC) gerada pelos painéis solares em corrente alternada (CA), que é a forma de eletricidade utilizada pela maioria dos aparelhos elétricos e pela rede de distribuição.
- **Estruturas de Suporte:** As estruturas de suporte são utilizadas para fixar os painéis solares no telhado, solo ou outras superfícies. Elas devem ser robustas o suficiente para suportar os painéis sob diversas condições climáticas.
- **Cabos e Conectores:** Cabos e conectores são essenciais para a ligação elétrica entre os painéis solares, inversores e a rede elétrica. Devem ser de alta qualidade para garantir a segurança e a eficiência do sistema.
- **Disjuntores e Proteções:** Dispositivos de proteção como disjuntores são necessários para proteger o sistema contra sobrecargas e falhas elétricas, garantindo a segurança de todos os componentes e dos usuários.

- **Sistema de Monitoramento:** Um sistema de monitoramento pode ser instalado para acompanhar o desempenho do sistema fotovoltaico em tempo real, facilitando a detecção de problemas e a otimização da geração de energia.
- **Baterias:** As baterias são responsáveis por armazenar a energia captada pelo sistema que não foi utilizada. Elas garantem o fornecimento de energia durante a noite ou em dias nublados, quando a radiação solar é insuficiente. Sistemas que utilizam baterias normalmente são chamados de “off-grid”, porém sistemas de grande porte de geração de energia fotovoltaica não comportam o uso de baterias.

A aquisição e instalação desses equipamentos representam um investimento significativo. No entanto, o custo inicial é compensado pela economia na fatura de energia ao longo do tempo e pelos benefícios ambientais associados à utilização de uma fonte de energia limpa e renovável (WEG SOLAR, 2024).

2.3.4 Valores de Investimento

Os valores de investimento em um sistema de energia solar fotovoltaica podem variar significativamente, dependendo de vários fatores. Cada projeto é único e as necessidades específicas podem influenciar o custo final. Diferentes marcas e produtos no mercado possuem variáveis como eficiência, durabilidade e preço, que impactam diretamente no valor total do investimento.

Alguns projetos podem exigir uma maior quantidade de equipamentos, enquanto outros podem ser mais simples e demandar menos componentes. Além dos equipamentos essenciais, como painéis solares, inversores, estruturas de suporte, cabos e conectores, também é necessário considerar custos adicionais, como o de mão de obra para instalação.

Portanto, o mais recomendável é realizar cotações e orçamentos com diversas empresas especializadas na venda e instalação de sistemas fotovoltaicos. Isso não só proporciona uma visão mais clara dos custos envolvidos, mas também garante que você obtenha a melhor relação custo-benefício possível. Solicitar múltiplos orçamentos permite comparar preços, verificar a qualidade dos produtos oferecidos e avaliar o suporte pós-instalação, garantindo um investimento mais seguro e eficiente.

2.4 Análise Financeira

Para uma análise econômica eficaz, especialmente no contexto de investimentos em energia e eficiência, é crucial utilizar uma variedade de ferramentas e modelos. Esses instrumentos ajudam a avaliar a viabilidade e a rentabilidade dos projetos, fornecendo dados valiosos sobre o retorno esperado e o risco associado.

2.4.1 Valor Presente Líquido

O Valor Presente Líquido (VPL) é uma ferramenta essencial na análise de investimentos e projetos, utilizada para avaliar a viabilidade financeira de uma proposta. O VPL representa a diferença entre o valor presente dos fluxos de caixa futuros esperados de um projeto e o custo inicial do investimento. A fórmula do VPL desconta todos os fluxos de caixa futuros ao valor presente, utilizando uma taxa de desconto específica, e subtrai o valor investido. Esta abordagem considera o princípio do valor do dinheiro no tempo, que reflete a ideia de que um real disponível hoje tem um valor maior do que um real disponível no futuro devido ao seu potencial de ganho (UNEMAT). A fórmula sendo:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{Rt}{(1+i)^t} - C0 \quad (8)$$

Onde R_t é o fluxo de caixa no período de tempo t , i é taxa de desconto (ou taxa de retorno exigida), t é o período de tempo e C_0 é o custo inicial do investimento.

A principal importância do VPL está na sua capacidade de determinar a rentabilidade de um projeto. Um VPL positivo sugere que o investimento gerará um retorno superior ao custo de capital, indicando que o projeto é financeiramente viável e capaz de criar valor. Por outro lado, um VPL negativo indica que o retorno esperado é inferior ao custo do investimento, o que sugere que o projeto pode não ser uma escolha financeiramente vantajosa (UNEMAT).

Além disso, o VPL permite comparar diferentes projetos ou investimentos, ajustando os fluxos de caixa futuros para o valor presente, e possibilita uma avaliação objetiva da eficiência econômica. É uma ferramenta crucial para investidores e gestores ao tomar decisões sobre alocação de recursos, planejamento financeiro e análise de riscos. O VPL proporciona uma visão clara sobre o potencial de retorno e

a adequação do investimento ao perfil financeiro e aos objetivos estratégicos da organização.

2.4.2 Taxa Mínima de Atratividade

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) é um parâmetro fundamental na análise de investimentos, utilizado para determinar a taxa mínima de retorno que um investidor espera receber para considerar um investimento como atrativo. A TMA reflete o retorno mínimo necessário para compensar o risco associado ao investimento e é frequentemente utilizada como a taxa de desconto em cálculos de Valor Presente Líquido (VPL) e outras ferramentas de análise econômica (TREASY).

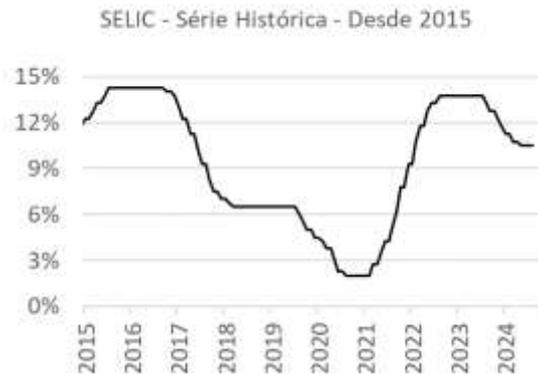
A TMA não é uma taxa arbitrária; ela é estabelecida com base em vários fatores, incluindo o custo de oportunidade, o risco específico do projeto, a inflação esperada, e as condições do mercado. Como resultado, a TMA varia de acordo com o contexto do investimento, o setor econômico e o perfil de risco do investidor ou da empresa.

$$TMA = Taxa Livre de Risco + Prêmio de Risco \quad (9)$$

Taxa Livre de Risco representa o retorno esperado de um investimento sem risco, como títulos do governo. Prêmio de Risco reflete a compensação adicional exigida pelo investidor para assumir o risco associado ao investimento.

A TMA é crucial porque ela define o patamar mínimo de rentabilidade que um projeto deve atingir para ser considerado viável. Se o retorno esperado de um investimento é inferior à TMA, o projeto pode ser rejeitado, pois não compensa o risco ou o custo de oportunidade associado. Por outro lado, se o retorno esperado é superior à TMA, o investimento é considerado atrativo (TREASY).

A SELIC é frequentemente utilizada como a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de muitos investimentos, servindo como um parâmetro de referência para avaliar a rentabilidade mínima esperada. Como a taxa básica de juros da economia, a SELIC reflete o custo do dinheiro e influencia as decisões de investimento, sendo considerada por muitos investidores como o mínimo que devem esperar para compensar o risco de uma aplicação. Assim, ao comparar oportunidades de investimento, muitos profissionais utilizam a SELIC como base para determinar se a rentabilidade de um projeto ou ativo é suficientemente atrativa (RECIERI).

Figura 7 - Séria Histórica da Selic

Fonte: Recieri (2024)

2.4.3 Taxa Interna de Retorno

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é uma métrica essencial na avaliação de investimentos, utilizada para determinar a taxa de retorno que um projeto ou investimento específico é capaz de gerar, considerando os fluxos de caixa esperados ao longo do tempo. Em termos simples, a TIR é a taxa de desconto que faz com que o Valor Presente Líquido (VPL) de todos os fluxos de caixa de um projeto seja igual a zero. Isso significa que, na TIR, o valor atual dos benefícios futuros de um investimento é exatamente igual ao custo inicial do investimento (NOMAD GLOBAL, 2024).

A TIR é amplamente utilizada porque oferece uma taxa percentual que facilita a comparação entre diferentes projetos ou alternativas de investimento. Por ser expressa como uma taxa de retorno, a TIR é intuitivamente compreendida e pode ser diretamente comparada com a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) ou outras taxas de retorno esperadas.

A TIR é a solução da seguinte equação, onde o Valor Presente Líquido (VPL) é igual a zero:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{Rt}{(1+i)^t} - C0 = 0 \quad (10)$$

Resolver essa equação para a TIR geralmente requer métodos numéricos, pois não existe uma solução algébrica direta. Por isso é muito comum se utilizar o Microsoft Excel para obter essa métrica.

2.4.4 Retorno Sobre o Investimento

O Retorno sobre o Investimento, conhecido pela sigla ROI (Return on Investment), é uma métrica fundamental para avaliar a eficiência de um investimento, representando a relação entre o lucro líquido obtido e o valor investido. O ROI é amplamente utilizado em diversos setores, como financeiro, industrial e empresarial, para medir o sucesso de um projeto, o desempenho de uma empresa ou a eficácia de campanhas e iniciativas de marketing. Ele é expresso como uma porcentagem, o que facilita a comparação entre diferentes projetos ou investimentos, independentemente de sua escala (INVESTOPEDIA, 2024).

Em termos simples, o ROI responde à pergunta: "Quanto lucro eu obtive para cada unidade monetária investida?" Se o ROI for positivo, o investimento gerou lucro; se for negativo, houve prejuízo. Um ROI maior indica maior eficiência e sucesso do investimento.

$$ROI = \frac{\text{Lucro Líquido}}{\text{Custo do Investimento}} \times 100 \quad (11)$$

2.4.5 Payback

O Payback é um método simples e amplamente utilizado para medir o tempo necessário para recuperar o investimento inicial de um projeto ou ativo. Em outras palavras, ele calcula o período em que o fluxo de caixa acumulado iguala o valor investido, indicando quanto tempo leva para que um projeto "pague a si mesmo". Esse método é particularmente útil para empresas e investidores que precisam avaliar a rapidez com que podem recuperar seu capital, especialmente em ambientes de alta incerteza ou onde o fluxo de caixa é crucial (CONTA AZUL, 2024).

A simplicidade do Payback o torna uma ferramenta popular em diversas indústrias. Ele oferece uma medida rápida de liquidez e risco, já que um período de payback mais curto significa menor tempo de exposição ao risco financeiro e maior probabilidade de retorno sobre o investimento.

3 METODOLOGIA

Este capítulo detalha a metodologia proposta para a análise comparativa entre a migração para o mercado livre de energia e o investimento em painéis solares fotovoltaicos.

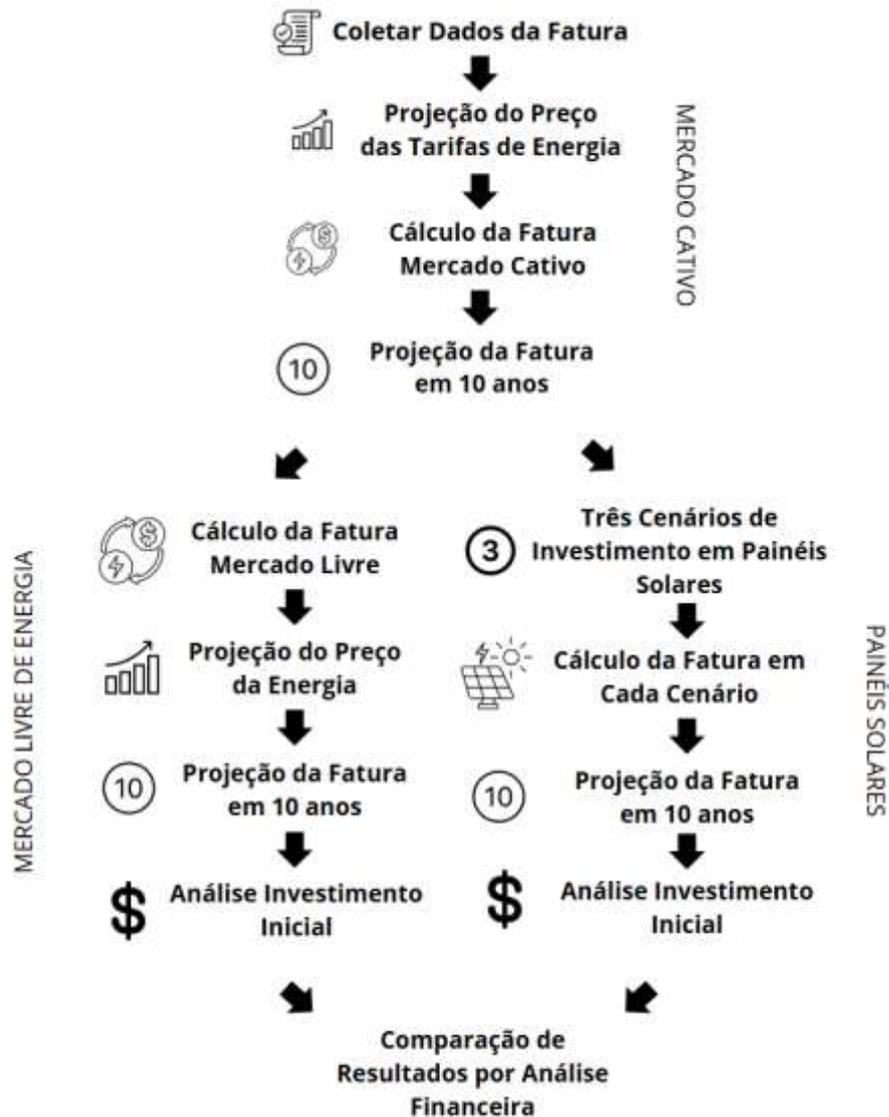
3.1 Metodologia Proposta

Muitas empresas que buscam reduzir custos com energia se deparam com uma decisão estratégica: investir em painéis solares ou migrar para o Mercado Livre de Energia. Ambas as alternativas apresentam potencial para proporcionar economias significativas na fatura elétrica. No entanto, considerando que, na prática, a empresa só poderá optar por uma dessas soluções, surge a questão: qual delas oferece o melhor retorno financeiro?

A metodologia desenvolvida neste estudo visa realizar uma análise comparativa entre essas duas opções, avaliando sua viabilidade econômica ao longo de um período de 10 anos. Para isso, são considerados fatores como investimento inicial, projeções de aumento das tarifas de energia e as economias geradas em cada cenário. Primeiramente, são coletados dados reais da fatura de energia da empresa em estudo, permitindo a projeção do custo da fatura ao longo da próxima década caso nenhuma mudança seja feita. Em seguida, são calculados os custos para o mesmo período considerando a migração para o Mercado Livre de Energia. Paralelamente, são analisados três cenários distintos de investimento em painéis solares, simulando os impactos financeiros de cada um.

Após essas etapas, aplicam-se ferramentas de análise financeira para mensurar a economia gerada em cada alternativa, possibilitando uma comparação objetiva e embasada entre as opções disponíveis.

Figura 8 – Visão Geral da Metodologia Proposta



Fonte: Autoria Própria (2024)

A Figura 8 apresenta uma visão geral da metodologia proposta neste estudo. A metodologia segue uma abordagem estruturada para coletar, analisar e comparar os valores de fatura no mercado cativo e os investimentos em migração para o mercado livre de energia e painéis solares.

As etapas da metodologia são as seguintes:

1. **Coleta de Dados:** Consiste na coleta dos dados reais das faturas de energia do consumidor nos últimos 12 meses, incluindo informações

como: Grupo Tarifário, Demanda Contratada (Ponta e Fora de Ponta), Demanda Medida (Ponta e Fora de Ponta), e Consumo de Energia (Ponta e Fora de Ponta).

2. **Projeção do Preço das Tarifas de Energia do Mercado Cativo e do Mercado Livre de Energia:** Envolve a projeção dos preços das tarifas de energia, em ambos os mercados, para os próximos 10 anos. Para o Mercado Cativo, a projeção considera a média dos reajustes tarifários aplicados pela concessionária nos anos anteriores. Para o Mercado Livre, os preços futuros da energia são fornecidos diretamente pela Comercializadora.
3. **Cálculo do Valor da Fatura no Mercado Cativo:** Consiste no cálculo do valor das faturas no Mercado Cativo dos últimos 12 meses, utilizando os dados coletados previamente.
4. **Cálculo do Valor das Faturas dos Próximos 10 anos no Mercado Cativo:** Utiliza-se a projeção dos preços tarifários do Mercado Cativo para estimar o valor das faturas do consumidor nos próximos 10 anos.
5. **Cálculo do Valor da Fatura no Mercado Livre de Energia:** Calcula-se o valor das faturas do consumidor nos últimos 12 meses, como se ele já estivesse operando no Mercado Livre de Energia.
6. **Cálculo do Valor das Faturas dos Próximos 10 anos no Mercado Livre de Energia:** Com base na projeção dos preços da energia fornecida pela Comercializadora, calcula-se o valor das faturas do consumidor para os próximos 10 anos no Mercado Livre.
7. **Detalhamento do Investimento Inicial para Migração no Mercado Livre de Energia:** Detalha-se os custos iniciais necessários para a migração ao Mercado Livre de Energia, incluindo investimentos em adequações técnicas e demais despesas associadas.
8. **Definição de Três Cenários de Investimento em Painéis Solares:** Consiste na definição de três cenários distintos de investimento em painéis solares, cada um com diferentes níveis de produção de energia.
9. **Cálculo do Valor da Fatura em Cada Cenário de Painel Solar:** Utilizam-se os valores de produção de energia de cada cenário de painéis solares para abater o consumo mensal do cliente e calcular o novo valor das faturas ao longo dos últimos 12 meses.

- 10. Cálculo do Valor das Faturas dos Cenários nos Próximos 10 anos:**
Baseando-se na projeção das tarifas e nos novos valores das faturas obtidos para cada cenário de painéis solares, calcula-se o valor estimado das faturas para os próximos 10 anos.
- 11. Detalhamento do Investimento Inicial em Cada Cenário:**
Fundamenta-se nos orçamentos de investimento iniciais associados a cada cenário de painéis solares.
- 12. Análise das Economias Geradas pelo Mercado Livre de Energia e dos Painéis Solares:** *Consiste na comparação entre os valores das faturas projetadas para os próximos 10 anos nos cenários de Mercado Cativo, Mercado Livre e investimento em painéis solares, permitindo analisar a economia gerada por cada opção.*
- 13. Análise Financeira dos Resultados: VPL, TIR, ROI e Payback:**
Aplica-se ferramentas de análise financeira para avaliar as economias geradas considerando-se cada alternativa.

3.1.1 Projeção das Tarifas de Energia

O aumento das tarifas de energia pode impactar significativamente os cálculos de economia e retorno sobre investimento, especialmente quando se avaliam alternativas como a migração para o Mercado Livre de Energia ou investimentos em fontes renováveis. Portanto, ao projetar cenários futuros, é essencial incluir previsões de aumento tarifário para obter uma visão mais precisa dos custos e benefícios esperados.

Para realizar uma projeção das tarifas de energia, o processo pode ser simplificado seguindo alguns passos fundamentais. Primeiro, é necessário definir a porcentagem de aumento anual para as tarifas. Em seguida, essa porcentagem de aumento é aplicada à tarifa atual, incluindo tanto a TUSD (Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição) quanto a Tarifa de Energia. Repetindo este processo de ajuste ano após ano, é possível obter os valores projetados para as tarifas ao longo dos próximos 10 anos.

Tabela 2 – Tabela Modelo para Projeção das Tarifas no Mercado Cativo

Aumento em		8%	8%	8%	8%	5%	5%	5%	5%	5%	
		Ano									
TARIFA R\$		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fora de Ponta	TE	A1	A1*(1+8%)	A2*(1+8%)							A9*(1+5%)
	TUSD	B1	B1*(1+8%)	B2*(1+8%)							B9*(1+5%)
	TUSD	C1	C1*(1+8%)	C2*(1+8%)							C9*(1+5%)
Ponta	TE	D1	D1*(1+8%)	D2*(1+8%)						D9*(1+5%)
	TUSD	E1	E1*(1+8%)	E2*(1+8%)							E9*(1+5%)
	TUSD	F1	F1*(1+8%)	F2*(1+8%)							F9*(1+5%)

Fonte: Autoria Própria (2024)

Conforme discutido no capítulo 2.1.5 sobre Projeções Tarifárias, a média de reajuste anual das tarifas nos últimos anos é de aproximadamente 9,57%. Porém, os anos de 2014, 2015 e 2018 foram atípicos, elevando significativamente essa média. Se analisarmos a média dos últimos cinco anos, veremos que é de 5,82%. Para uma análise conservadora e realista, consideraremos um reajuste de 8% nos primeiros quatro anos e de 5% nos anos subsequentes. Sendo estes valores de 8% e 5% escolhidos de forma arbitrária, porém próximos as médias abordadas na sessão 2.1.5. A Tabela 2 mostra o modelo da tabela para calcular a projeção do preço das tarifas no mercado cativo.

3.2 Análise com Dados Reais: Empresa Selecionada para Estudo

Para dar validade a metodologia proposta, foi selecionada uma empresa cliente do autor, que enfrentava uma decisão estratégica significativa: optar pela instalação de painéis solares ou migrar para o mercado livre de energia.

A propriedade do cliente é notável por sua magnitude e possui vastas áreas disponíveis, o que elimina qualquer limitação quanto ao espaço para a instalação de painéis solares. A disponibilidade desse espaço é um fator crucial a ser considerado na avaliação da viabilidade de um sistema fotovoltaico. Portanto, o consumo energético elevado e o espaço abundante são elementos centrais na análise das

alternativas energéticas para o cliente, influenciando diretamente a decisão entre a instalação de painéis solares e a migração para o mercado livre de energia.

3.3 Coleta de Dados

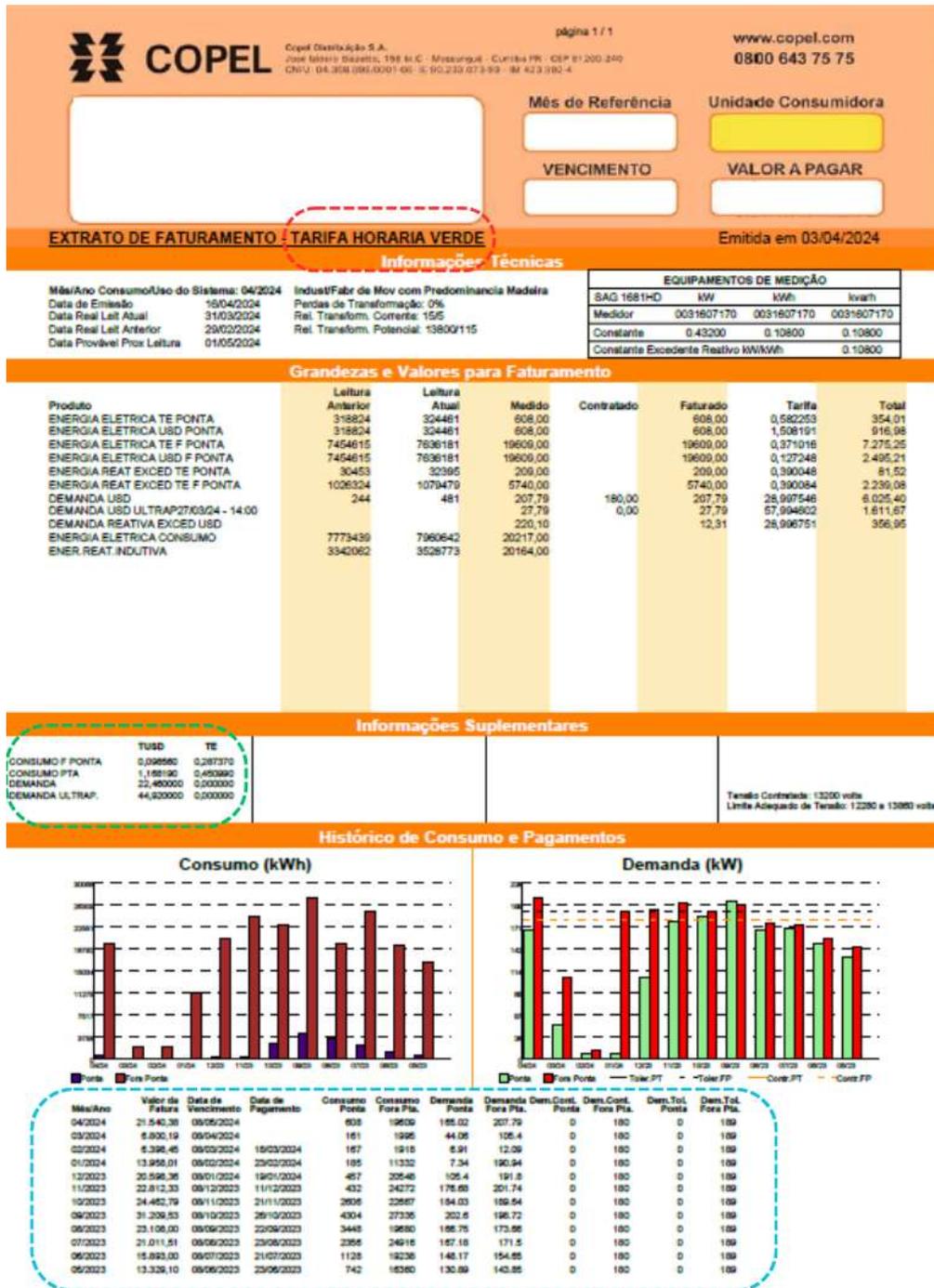
Foram coletados dados diretamente das faturas de energia do cliente, cuja distribuidora é a Companhia Paranaense de Energia (Copel). Essas informações são fundamentais para compreender o perfil de consumo energético da empresa, identificar os principais componentes de custo e verificar o impacto das tarifas aplicadas no Mercado Cativo.

Além disso, dados pertinentes ao mercado livre de energia e aos custos de instalação dos painéis solares foram obtidos por meio de orçamentos diretos com comercializadoras e empresas especializadas na instalação de sistemas fotovoltaicos. Essas informações adicionais são essenciais para garantir a precisão da análise comparativa entre as alternativas de migração para o mercado livre e o investimento em painéis solares.

Essas informações servirão como base para a projeção de custos e análise de viabilidade ao longo do período de 10 anos, considerando tanto as tarifas do Mercado Cativo quanto os valores captados junto à comercializadora de energia para o Mercado Livre.

Na Figura 9, é apresentada uma fatura da Copel, com o objetivo de servir para fins ilustrativos. No tracejado em azul, podemos encontrar os dados de consumo e demanda dos últimos 12 meses. No tracejado em verde, podemos encontrar o valor da tarifa atual, e no tracejado em vermelho, o grupo tarifário.

Figura 9 – Exemplo de Fatura da COPEL



Fonte: Autoria Própria (2024)

3.3.1 Grupo Tarifário

O consumidor em análise está classificado no Grupo A3a, sob a modalidade tarifária Verde. Este grupo tarifário é destinado a consumidores atendidos em uma

tensão de 33 kV, com utilização de energia elétrica voltada para atividades rurais específicas, como a criação de bovinos leiteiros.

Tabela 3 – Tarifa Verde para Grupo A3a

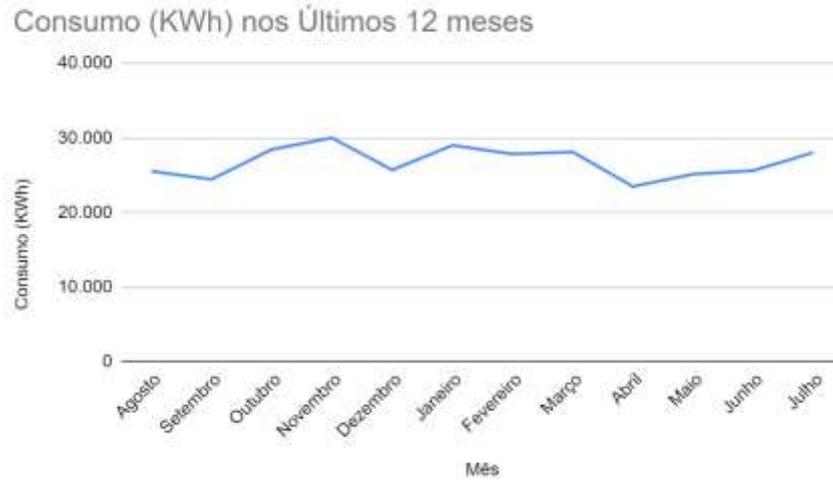
Tarifa Verde	
Fora de Ponta	Valor com Imposto
TE	R\$ 0,3684
TUSD	R\$ 0,1264
TUSD	R\$ 28,80
Ponta	Valor com Imposto
TE	R\$ 0,5782
TUSD	R\$ 1,4977
TUSD	R\$ 28,80

Fonte: COPEL (2024)

A tabela apresentada acima representa os valores tarifários específicos da Tarifa Verde A3a, aplicável ao cliente em questão. Essa modalidade tarifária é destinada a consumidores de média tensão, como aqueles classificados no Grupo A, que possuem uma tensão de fornecimento entre 2,3 kV e 44 kV, como é o caso do cliente que opera em 33 kV.

3.3.2 Consumo

Na Tabela 4 e na Figura 10, são apresentados os dados de consumo de energia elétrica do consumidor nos últimos 12 meses, totalizando 321.325 kWh. Esses valores representam a demanda energética registrado mês a mês, proporcionando uma visão clara das variações sazonais e do perfil de consumo da unidade ao longo do ano.

Figura 10 – Consumo de Energia da Empresa Analisada

Fonte: Autoria Própria (2024)

Tabela 4 – Dados de Consumo de Energia da Empresa Analisada

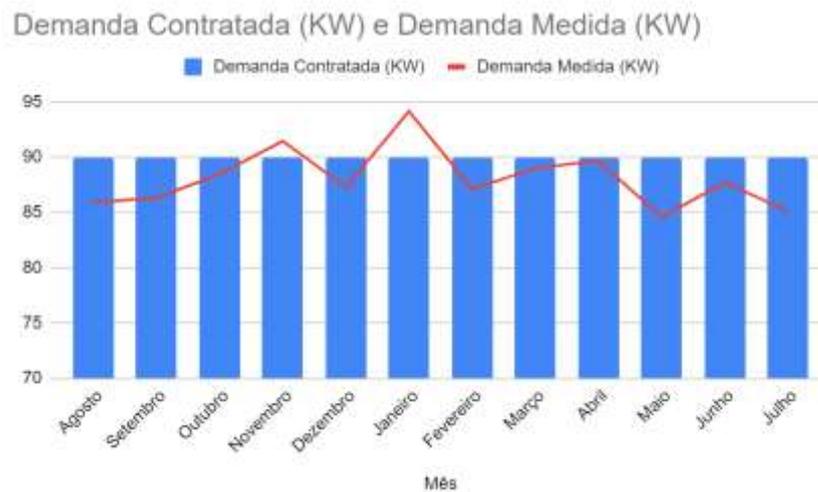
Ano	Mês	Consumo (KWh)
2024	Julho	28.043
	Junho	25.614
	Maio	25.138
	Abril	23.493
	Março	28.093
	Fevereiro	27.831
	Janeiro	28.978
2023	Dezembro	25.699
	Novembro	30.008
	Outubro	28.448
	Setembro	24.442
	Agosto	25.538
	Total KWh	321.325
	Média	26.777

Fonte: Autoria Própria (2024)

3.3.3 Demanda Contratada e Medida

A demanda contratada do consumidor é de 90 kW e ao longo dos últimos 12 meses foi consistentemente mantida em 90 kW. A análise da Tabela 5 e da Figura 11 revela que, em alguns meses, a demanda medida do cliente ultrapassou a demanda contratada de 90 kW, o que pode ter ocasionado a aplicação de multas ou encargos adicionais devido ao excesso de consumo. Esse fenômeno foi observado principalmente em janeiro de 2024 e novembro de 2023, quando a demanda medida foi de 94,16 kW e 91,46 kW, respectivamente.

Figura 11 – Demanda Contratada e Demanda Medida do Consumidor



Fonte: Autoria Própria (2024)

Tabela 5 – Dados de Demanda Contratada e Demanda Medida

Ano	Mês	Demanda Contratada (KW)	Demanda Medida (KW)
2024	Julho	90	85,11
	Junho	90	87,72
	Maió	90	84,57
	Abril	90	89,69
	Março	90	89,00
	Fevereiro	90	87,13
	Janeiro	90	94,16

2023	Dezembro	90	87,28
	Novembro	90	91,46
	Outubro	90	88,46
	Setembro	90	86,34
	Agosto	90	85,90
	Média	90	88,27

Fonte: Autoria Própria (2024)

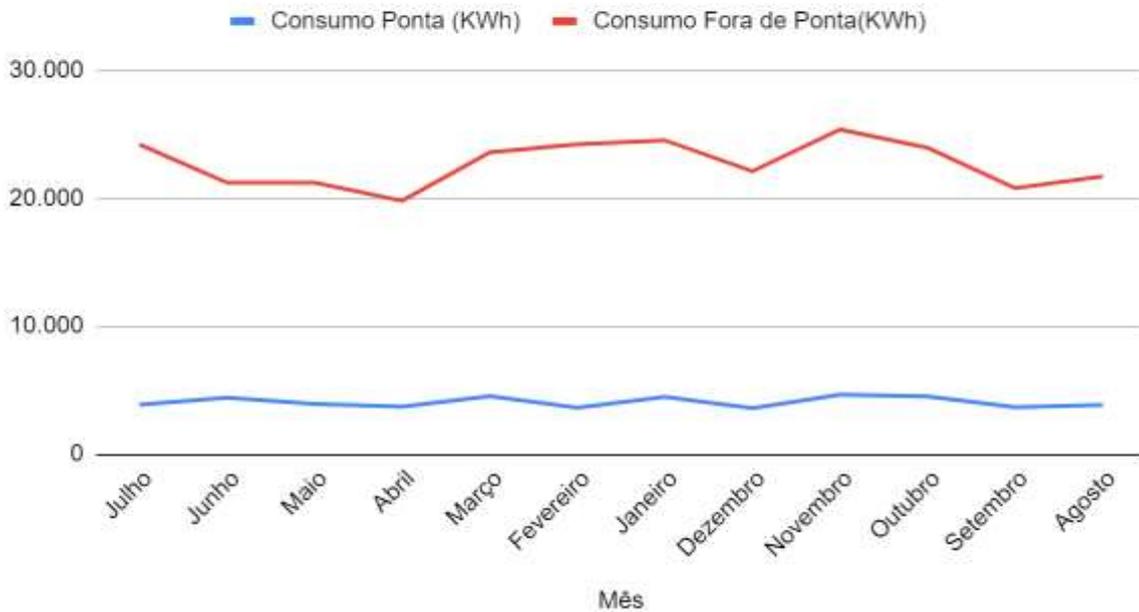
A análise da Tabela 5 mostra que, embora em alguns meses a demanda medida tenha ultrapassado a demanda contratada de 90 kW, a média anual da demanda medida foi de 88,27 kW, o que está bastante próximo da demanda contratada. Com base nessa análise, não parece vantajoso para o cliente alterar a demanda contratada, visto que a diferença entre a demanda contratada e a média anual é relativamente pequena. Manter a demanda contratada em 90 kW proporciona uma margem de segurança que pode ser útil em períodos de maior consumo, evitando a necessidade de ajustes frequentes e possíveis multas associadas ao excesso de demanda. Portanto, manter a demanda contratada atual é uma decisão prudente e eficiente para o cliente.

3.3.4 Horário de Ponta e Fora de Ponta

Os dados coletados da fatura do consumidor referentes ao consumo nos horários de ponta e fora de ponta estão representados na Tabela 6 e na Figura 12:

Figura 12 – Consumo na Ponta e Fora de Ponta

Consumo na Ponta e Fora de Ponta



Fonte: Autoria Própria (2024)

Tabela 6 – Dados de Consumo na Ponta e Fora de Ponta

Ano	Mês	PONTA			FORA DE PONTA		
		Demanda Contratada (KW)	Demanda Medida (KW)	Consumo (KWh)	Demanda Contratada (KW)	Demanda Medida (KW)	Consumo (KWh)
2024	Julho	0	89,34	3.856	90	85,11	24.187
	Junho	0	89,98	4.412	90	87,72	21.202
	Maio	0	89,34	3.924	90	84,57	21.214
	Abril	0	89,34	3.702	90	89,69	19.791
	Março	0	93,43	4.519	90	89,00	23.574
	Fevereiro	0	87,28	3.638	90	87,13	24.193
	Janeiro	0	95,94	4.459	90	94,16	24.519
2023	Dezembro	0	87,87	3.596	90	87,28	22.103
	Novembro	0	90,03	4.651	90	91,46	25.357
	Outubro	0	91,90	4.514	90	88,46	23.934
	Setembro	0	88,16	3.670	90	86,34	20.772
	Agosto	0	87,67	3.850	90	85,90	21.688

Fonte: Autoria Própria (2024)

Observa-se que a demanda medida nos horários de ponta permaneceu relativamente constante, oscilando entre aproximadamente 87 e 96 kW, enquanto o consumo em kWh variou entre 3.596 e 4.651 kWh. Fora de ponta, a demanda contratada manteve-se fixa em 90 kW, com a demanda medida flutuando entre 84 e 94 kW. O consumo fora de ponta foi significativamente maior do que o de ponta, variando de 19.791 a 25.357 kWh. Esses dados indicam que o consumo fora de ponta representa a maior parte do uso total de energia do consumidor, sugerindo uma possível oportunidade de otimização para reduzir custos.

3.4 Cálculo da Fatura

3.4.1 Valor da Fatura

Os valores das faturas serão calculados com base nos dados coletados, e não apenas copiados do histórico das faturas. Isso se deve ao fato de que existem taxas e multas que não serão consideradas, focando apenas no consumo e na demanda contratada. Assim, o cálculo seguirá a metodologia apresentada no Capítulo 2.1.4, que detalha o Cálculo da Fatura no Mercado Cativo. Dessa forma, iremos aplicar os mesmos princípios para calcular os valores das faturas do consumidor, garantindo que a análise seja consistente e precisa. Utilizaremos os dados da última fatura, correspondente ao mês de julho, como base para os cálculos. Essa escolha permite uma análise atualizada e representa o perfil mais recente de consumo e demanda do cliente

1. Valor da Demanda

Com base nos valores de demanda contratada apresentados na Tabela 5, podemos determinar que a demanda contratada do cliente é de 90 kW. Na Tabela 3, observamos que os valores tarifários da TUSD são de R\$ 28,80 por kW. Aplicando esses valores na Equação 1, obtemos:

$$\text{Valor da Demanda} = 90kW \times R\$28,80 = R\$ 2.592,00 \quad (12)$$

2. Valor da Energia Ponta

Utilizando os dados da Tabela 6, identificamos que o consumo na ponta foi de 3.856 kWh no mês de julho. A Tabela 3 fornece as tarifas necessárias para o cálculo conforme a Equação 2. Ao aplicar esses valores, obtemos:

$$\begin{aligned} \text{Valor da Energia Ponta} & & (13) \\ & = (3.856 \text{ KWh} \times R\$0,5782) + (3.856 \text{ KWh} \times R\$1,4977) \end{aligned}$$

$$\text{Valor da Energia Ponta} = R\$ 8.004,71 \quad (14)$$

3. Valor da Energia Fora de Ponta

Da mesma forma que no cálculo do Valor da Energia na Ponta, utilizamos novamente as Tabelas 6 e 3 para obter os valores necessários e aplicamos na Equação 3 para calcular o Valor da Energia Fora de Ponta. Sendo o consumo de energia fora de ponta 24.197 kWh no mês de julho.

$$\begin{aligned} \text{Valor da Energia Fora de Ponta} & & (15) \\ & = (24.187 \text{ KWh} \times R\$0,3684) + (24.187 \text{ KWh} \times R\$0,1263) \end{aligned}$$

$$\text{Valor da Energia Fora de Ponta} = R\$ 11.967,49 \quad (16)$$

4. Valor Total da Fatura

Vamos utilizar os valores obtidos nas Equações 12, 14 e 16, aplicando-os na Equação 5 para calcular o valor total da fatura.

$$\text{Valor da Fatura} = R\$ 2.592,00 + R\$ 8.004,71 + R\$ 11.967,49 = R\$ 22.564,19 \quad (17)$$

Esse valor obtido condiz com o apresentado e cobrado do consumidor no respectivo mês, garantindo que a análise e os cálculos estejam alinhados com a

realidade da fatura e os custos efetivos incorridos. Isso assegura que os resultados sejam precisos e representativos do consumo real do cliente.

Para calcular o valor total da fatura de energia elétrica nos últimos 12 meses, aplicamos as fórmulas descritas anteriormente para cada componente da fatura: valor da demanda, valor da energia durante o horário de ponta e valor da energia fora do horário de ponta. Ao realizar esses cálculos mês a mês e somar os resultados, obtemos os valores detalhados na tabela a seguir. Esses valores refletem o custo total de energia do cliente ao longo do último ano, com base nas tarifas vigentes e no perfil de consumo específico.

Tabela 7 – Valores das Faturas nos últimos 12 meses

Ano	Mês	Valor da Fatura
2024	Julho	R\$ 22.564,19
	Junho	R\$ 22.241,45
	Maio	R\$ 21.234,35
	Abril	R\$ 20.069,41
	Março	R\$ 23.637,22
	Fevereiro	R\$ 22.114,62
	Janeiro	R\$ 23.980,24
2023	Dezembro	R\$ 20.993,32
	Novembro	R\$ 24.793,45
	Outubro	R\$ 23.804,96
	Setembro	R\$ 20.488,37
	Agosto	R\$ 21.315,26
	Total	R\$ 267.236,82
	Média	R\$ 22.269,74

Fonte: Autoria Própria (2024)

Nos últimos 12 meses, o cliente gastou um total de R\$ 267.236,82 no mercado cativo, o que resulta em uma média mensal de R\$ 22.269,74. Esses valores servirão como referências para os estudos de economia ao longo deste trabalho, permitindo comparar o impacto financeiro da migração para o mercado livre de energia e investimento nos painéis solares.

3.4.2 Projeção da Fatura em 10 Anos

Considerando o aumento anual nas tarifas de energia proposto na Tabela 2 em cima da tarifa atual do cliente como mostra na Tabela 3, projetamos os valores futuros que o consumidor pagará em cima dos reajustes tarifários, mantendo a mesma média de consumo ao longo de 10 anos, pois o consumidor não tem planos de expansão da operação.

Tabela 8 – Projeção das Tarifas no Mercado Cativo

Aumento em		8%	8%	8%	8%	5%	5%	5%	5%	5%	
		Ano									
TARIFA R\$		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fora de Ponta	TE	0,368	0,398	0,430	0,464	0,501	0,526	0,532	0,537	0,542	0,548
	TUSD	0,126	0,136	0,147	0,159	0,172	0,181	0,182	0,184	0,186	0,188
	TUSD	28,800	31,104	33,592	36,280	39,182	41,141	41,553	41,968	42,388	42,812
Ponta	TE	0,578	0,624	0,674	0,728	0,787	0,826	0,867	0,911	0,956	1,004
	TUSD	1,498	1,618	1,747	1,887	2,038	2,139	2,246	2,359	2,477	2,601
	TUSD	28,800	31,104	33,592	36,280	39,182	41,141	43,198	45,358	47,626	50,007

Fonte: Autoria Própria (2024)

Basta seguir os mesmos cálculos utilizados para determinar os valores das faturas dos últimos 12 meses, conforme mostrado na Tabela 8, e aplicá-los ano após ano, incorporando os novos valores das tarifas projetadas. A Tabela 9 mostra a evolução dos custos anuais de energia para o cliente, com base nas tarifas atuais e no aumento previsto conforme Tabela 2.

Tabela 9 – Projeção da Fatura em 10 anos no Mercado Cativo

ANO	FATURA CATIVO
ANO 1	R\$ 267.236,82
ANO 2	R\$ 288.615,77
ANO 3	R\$ 311.705,03
ANO 4	R\$ 336.641,43

ANO 5	R\$ 363.572,75
ANO 6	R\$ 381.751,38
ANO 7	R\$ 393.133,72
ANO 8	R\$ 405.008,12
ANO 9	R\$ 417.398,41
ANO 10	R\$ 430.329,62

Fonte: Autoria Própria (2024)

3.5 Migração para o Mercado Livre

Conforme já discutido, a migração para o mercado livre de energia é um processo um pouco complexo e que geralmente exige a assessoria das comercializadoras. Cada comercializadora oferece seu próprio preço, criando um cenário de competitividade. Na maioria dos casos, a única maneira de obter o preço da energia no MLE é entrando em contato diretamente com as comercializadoras e analisando suas propostas.

Para este estudo, diversas comercializadoras foram abordadas e consideramos uma proposta que esteja próxima da média dos orçamentos recebidos. Os valores também variam de acordo com o tempo de contrato, sendo que contratos mais longos tendem a oferecer melhores condições.

Como este trabalho visa comparar o MLE com os painéis solares, consideramos contratos de 10 anos no MLE, que é o período mais longo possível para este tipo de análise.

3.5.1 Cálculo da Fatura

Com base nos passos detalhados na seção 2.2.5 "Cálculo da Fatura no Mercado Livre de Energia", temos:

1.Tarifa da Distribuidora

Substituindo dos dados de Consumo Fora de Ponta, Consumo Ponta, Demanda Contratada da Tabela 6 e os valores tarifários da Tabela 3 na Equação 5, obtemos:

$$\begin{aligned}
 \text{Tarifa Distribuidora} & & (18) \\
 &= \frac{(90kW \times R\$28,8)}{2} + (24.187kWh \times R\$0,1236) \\
 &+ \frac{(3.856kWh \times R\$1,4977)}{2} = R\$7.239,85
 \end{aligned}$$

2. Tarifa do MLE

Utilizando os valores de energia do primeiro ano da Tabela, juntamente com os dados de consumo da Tabela 3, podemos aplicar a Equação 6 para calcular a Tarifa do Mercado Livre de Energia (MLE). É importante destacar que os impostos ICMS e PIS/COFINS são de 18% e 5%, respectivamente. Assim, de acordo com a Equação 6, temos:

$$\begin{aligned}
 \text{Tarifa MLE} &= ((3.856kWh + 24.187kWh) \times R\$ 230 \text{ por MWh}) & (19) \\
 &\times (1 + 18\% + 5\%) = R\$7.933,36
 \end{aligned}$$

3. Valor Total

Para obter o valor real da fatura do Mercado Livre de Energia, somamos os resultados das Equações 18 e 19, e adicionamos os Encargos e Taxas. Durante o processo de contato com as comercializadoras para obter suas propostas e orçamentos, chegou-se a um valor médio de R\$ 1.242,00 para os encargos e taxas. Assim de acordo com a Equação 7, temos:

$$\text{Valor Total} = R\$7.239,85 + R\$ 7.933,36 + R\$ 1.242,00 = R\$16.415,21 \quad (20)$$

3.5.2 Projeção da Fatura em 10 anos

Os valores da energia no MLE foram captados em cima de orçamento feito com comercializadoras de energia, e se encontram na Tabela 10.

Tabela 10 – Preço do MWh no Mercado Livre de Energia

ANO	Preço MWh
ANO 1	R\$ 260,00
ANO 2	R\$ 240,00
ANO 3	R\$ 230,00
ANO 4	R\$ 215,00
ANO 5	R\$ 210,00
ANO 6	R\$ 205,00
ANO 7	R\$ 200,00
ANO 8	R\$ 195,00
ANO 9	R\$ 190,00
ANO 10	R\$ 185,00

Fonte: Autoria Própria (2024)

Assim como é feita a projeção da fatura no mercado cativo na sessão 3.5.6, é realizada uma projeção da fatura no Mercado Livre de Energia (MLE), mês após mês, ano após ano, durante um período de 10 anos. Esta projeção considera os aumentos anuais das tarifas da Tabela 2, o que permite ter uma visão mais precisa dos custos futuros.

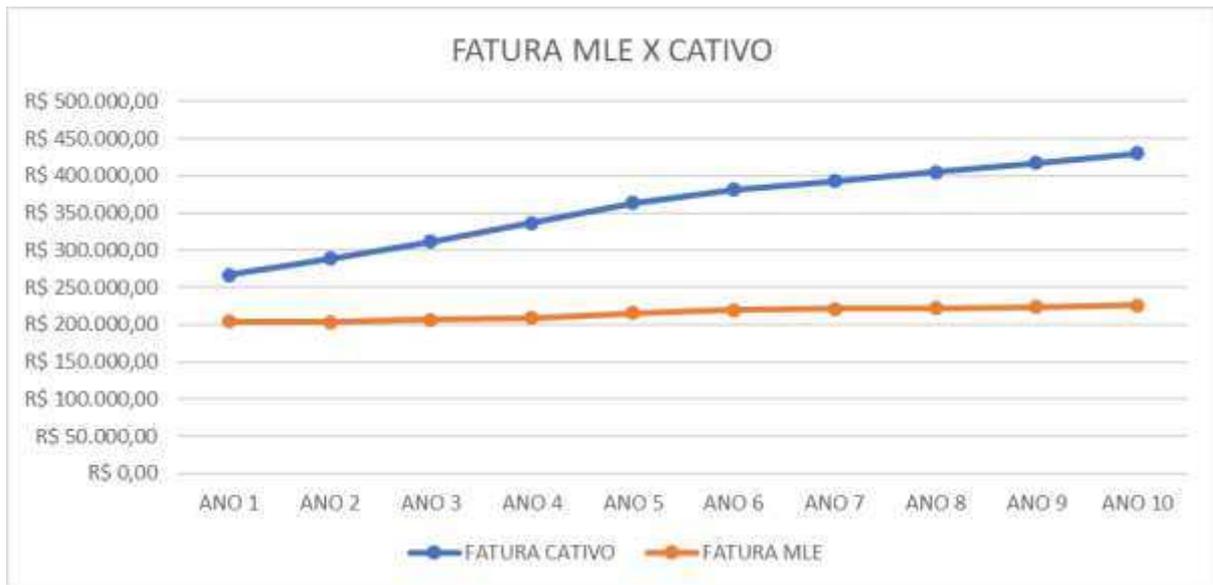
Tabela 11 – Projeção da Fatura em 10 anos no MLE

ANO	FATURA MLE
ANO 1	R\$ 204.190,52
ANO 2	R\$ 203.208,06
ANO 3	R\$ 206.731,68
ANO 4	R\$ 208.877,22
ANO 5	R\$ 215.620,98
ANO 6	R\$ 219.530,76
ANO 7	R\$ 220.878,43
ANO 8	R\$ 222.363,72
ANO 9	R\$ 223.993,23

ANO 10	R\$ 225.773,89
--------	----------------

Fonte: Autoria Própria (2024)

Figura 13 – Comparação da Projeção MLE X Cativo



Fonte: Autoria Própria (2024)

Os valores da projeção se encontram na Tabela 11 e na Figura 13, temos uma comparação dos gastos com energia nas projeções do Mercado Cativo e Mercado Livre de Energia.

3.5.3 Investimento Inicial

O valor investido para migrar ao Mercado Livre de Energia está embutido em taxas de adesão (R\$ 8.703,00), abertura de conta bancária (R\$ 400,00) e aquisição do novo equipamento de medição de energia exigido pela CCEE, conforme sessão 2.2.7 Além disso, inclui a mão de obra de instalação e serviços. Como os valores da taxa de adesão e da abertura de conta são praticamente fixos, a variação está no custo do medidor. Foram feitos orçamentos com várias empresas para encontrar um valor médio desse equipamento e a instalação do medidor. Devido às circunstâncias específicas desse consumidor, a média ficou em R\$ 5.500 para compra e instalação do medidor (esse é um valor que varia no mercado, pois depende da empresa que vende o equipamento, que instala e das necessidades locais da instalação). Totalizando um investimento inicial de R\$ 14.603.

Dependendo da comercializadora com a qual o consumidor optar por fechar o contrato, a comercializadora pode até bancar esse investimento inicial e cobrar pequenas parcelas durante as faturas de energia elétrica, para que o consumidor não precise investir nada imediatamente para realizar a migração. No entanto, em nosso cenário, assumiremos que o consumidor pagará esse valor do próprio bolso.

3.6 Investimento em Painéis Solares

3.6.1 Definição dos Três Cenários

A adesão aos painéis fotovoltaicos oferece uma ampla gama de opções possíveis. Para realizar uma comparação razoável com o Mercado Livre de Energia (MLE), optaremos por três cenários distintos, considerando diferentes configurações e capacidades de geração de energia, bem como variáveis de custo e eficiência ao longo do tempo.

Figura 14 – Três Cenários de Investimento



Fonte: Autoria Própria (2024)

No cenário 1, o investimento em painéis solares será equivalente à quantia necessária para realizar a migração para o Mercado Livre de Energia (MLE), ou seja, R\$ 14.603, conforme sessão 2.2.7. Essa abordagem permite uma comparação direta entre as duas opções, avaliando qual delas proporciona maior eficiência energética e economia ao longo do tempo com o mesmo valor investido.

No cenário 2, o investimento em painéis solares seria suficiente para cobrir todo o consumo de energia fora de ponta do consumidor, o que corresponde a 272.534 kWh por ano. Esse cenário permitirá uma análise detalhada do impacto financeiro e energético de utilizar energia solar para suprir uma parte significativa da demanda anual, oferecendo uma comparação abrangente com o Mercado Livre de Energia (MLE).

No cenário 3, o investimento em painéis solares seria suficiente para cobrir todo o consumo anual de energia do consumidor, totalizando 321.325 kWh. Esse cenário permitirá avaliar o impacto financeiro e energético de utilizar energia solar para suprir a totalidade da demanda energética anual do consumidor, proporcionando uma comparação completa com o Mercado Livre de Energia (MLE).

3.6.2 Definição das Bases dos Orçamentos dos Cenários

Com os três cenários definidos, é essencial determinar o custo de implementação de cada um. Considerando que no Brasil e no mundo existem centenas de empresas que vendem ou instalam painéis solares, o autor realizou uma série de orçamentos com empresas locais e próximas ao cliente onde será aplicada a metodologia posteriormente. Foram coletadas médias de valores para placas solares, inversores, baterias, mão de obra e materiais.

Serão apresentadas as relações e os critérios utilizados na maioria dos orçamentos realizados para a elaboração dos sistemas fotovoltaicos nos três cenários do estudo. O objetivo é evidenciar a lógica por trás dos valores estimados, garantindo transparência no processo de análise e os valores aproximados do mercado.

Os sistemas fotovoltaicos serão planejados utilizando componentes padrão amplamente disponíveis no mercado. A escolha foi fundamentada na relação custo-benefício, considerando preços médios atuais para cada componente.

- 1. Placas Solares:** Optou-se por placas solares de 450 W devido à sua eficiência e custo médio acessível de R\$ 1.000 por unidade. Cada placa possui uma produção média diária de 1,8kWh considerando um fator de demanda de 75%.
- 2. Inversores:** O custo dos inversores foi calculado conforme o número total de placas do sistema, variando entre sistemas menores e maiores. Para os sistemas maiores (Cenário 2 e 3), foi considerado uma relação de R\$

675,00 por placa instalada. Já no sistema menor (Cenário 1), foi considerada a relação de R\$277,00 por placa instalada.

- 3. Mão de Obra:** Valores estimados baseados em práticas do setor, considerando a instalação das placas e dos materiais complementares. Para os sistemas maiores (Cenário 2 e 3), foi considerado a relação de R\$500,00 por placa instalada. Já nos sistemas menores (Cenário 1), a relação de R\$166 por placa instalada.
- 4. Materiais Complementares:** Considerando que para instalações maiores a compra dos materiais será em grande escala, assim obtendo um melhor preço. Para as grandes instalações (Cenário 2 e 3), leva a relação de R\$100,00 para cada placa instalada. No Cenário 1, a relação de R\$ 177,00 por placa instalada.
- 5. Baterias:** As baterias são dimensionadas com base na capacidade de armazenar energia suficiente para atender à demanda durante os períodos de maior necessidade, especialmente no horário de ponta (Cenário 3). Será considerada a relação de R\$ 162,00 por placa instalada. Em muitos casos, sistemas de geração de grande porte, não é recomendado o uso de baterias, mas para fins de estudo, iremos considerar.

3.6.3 Investimento Inicial dos Cenários

O investimento em cada cenário é uma média dos orçamentos fornecidos por empresas que vendem e instalam painéis fotovoltaicos na região do Paraná. Não será dado enfoque em como foi feito o cálculo para se chegar a esse orçamento, pois isso é de responsabilidade das empresas vendedoras. No entanto, será apresentada uma visão geral dos dados dos custos e do balanço energético. Os dados apresentados a seguir são uma estimativa básica do dimensionamento, pois cada instalação e projetos são únicos com suas peculiaridades. Para uma estimativa mais exata, a utilização de softwares para a realização do dimensionamento seria de grande proveito para uma acurácia nos dados.

3.6.3.1 Cenário 1

Orçamento para a instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica com um orçamento total de R\$ 14.603.

- Custo médio de uma placa solar de 450 W: R\$ 1.000
- Custo de inversores de 2kW: R\$ 2.500
- Mão de obra: R\$ 1.500
- Outros materiais (fiação, estrutura de suporte, conectores): R\$ 1.600.

- Total disponível para placas: $R\$ 14.603 - (R\$ 2.500 + R\$ 1.500 + R\$ 1.600) = R\$ 9.003$.
- Número de placas: $R\$ 9.003 \div R\$ 1.000 = 9$ placas de 450 W.
- Fator de demanda: 75%
- Produção anual por placa: $1,8 \text{ kWh/dia} \times 365 \text{ dias} \times 0,75$ (fator de demanda) $\approx 493,875 \text{ kWh}$.
- Produção total do sistema: $9 \text{ placas} \times 493,875 \text{ kWh/ano} \approx 4.445 \text{ kWh/ano}$.

No orçamento realizado, foram escolhidas placas de 450W. Dentro do teto máximo de gasto de R\$ 14.603,00 (que é o valor investido para migrar para o Mercado Livre de Energia), seria possível adquirir 9 placas desse modelo, além dos inversores, materiais e mão de obra necessários. Cada placa geraria aproximadamente 493,875 kWh anuais, considerando um fator de demanda de 75% por placa. Com as 9 placas instaladas, o sistema fotovoltaico estaria gerando cerca de 4.445 kWh por ano.

3.6.3.2 Cenário 2

Orçamento de um sistema fotovoltaico que gere 272.534 kWh, que é a quantidade de energia fora de ponta por ano.

- Custo médio por placa de 450 W: R\$ 1.000
- Custo de inversores: R\$ 372.000
- Mão de obra: R\$ 276.000

- Outros materiais: R\$ 55.200
- Número de placas: 552 placas de 450 W.
- Fator de demanda: 75%
- Produção anual por placa: $1,8 \text{ kWh/dia} \times 365 \text{ dias} \times 0,75$ (fator de demanda) $\approx 493,875 \text{ kWh}$.
- Produção total do sistema: 272.534kWh/ano
- Custo total do sistema: R\$1.255.200

Seguindo as mesmas medidas do Cenário 1, para montar um sistema que gera 272.534 kWh por ano, seriam necessárias 552 placas de 450W. O investimento total para esse sistema seria de R\$ 1.255.200,00.

3.6.3.3 Cenário 3

Orçamento de um sistema fotovoltaico que gere 321.325 kWh por ano, com sistemas de baterias, pois fornecerá energia no horário de ponta.

- Custo médio por placa de 450 W: R\$ 1.000
- Custo de inversores: R\$ 439.500
- Custo das baterias: R\$ 105.000
- Mão de obra: R\$ 325.500
- Outros materiais: R\$ 65.100
- Número de placas: 651 placas de 450 W.
- Fator de demanda: 75%
- Produção anual por placa: $1,8 \text{ kWh/dia} \times 365 \text{ dias} \times 0,75$ (fator de demanda) $\approx 493,875 \text{ kWh}$.
- Produção total do sistema: 321.325 kWh/ano
- Custo total do sistema: R\$ 1.586.100

Para este sistema que suprirá todo o consumo de energia do cliente, serão necessárias 651 placas de 450W, com um investimento total de R\$ 1.586.100,00.

3.6.4 Cálculo e Projeção da Fatura em 10 anos

3.6.4.1 Cenário 1

No cenário 1, onde foi investido cerca de R\$14.603, foi possível adquirir 9 placas solares, que produzem aproximadamente 4.445 kWh por ano. Distribuindo essa geração anual em uma base mensal, obtemos uma produção de cerca de 370,42 kWh por mês. Essa quantidade de energia seria abatida do consumo mensal no horário fora de ponta do consumidor. Ao optar por este cenário, essas placas diminuiriam o consumo de energia. Aplicando essa redução ao histórico de consumo dos últimos 12 meses, obtemos os valores da Tabela 12.

Tabela 12 – Cenário 1 Abatendo Consumo

Ano	Mês	PONTA			FORA DE PONTA		
		Demanda Contratada (KW)	Demanda Medida (KW)	Consumo (KWh)	Demanda Contratada (KW)	Demanda Medida (KW)	Consumo (KWh)
2024	Julho	0	89,34	3.856	90	85,11	23.817
	Junho	0	89,98	4.412	90	87,72	20.832
	Maió	0	89,34	3.924	90	84,57	20.844
	Abril	0	89,34	3.702	90	89,69	19.421
	Março	0	93,43	4.519	90	89,00	23.204
	Fevereiro	0	87,28	3.638	90	87,13	23.823
	Janeiro	0	95,94	4.459	90	94,16	24.149
2023	Dezembro	0	87,87	3.596	90	87,28	21.733
	Novembro	0	90,03	4.651	90	91,46	24.987
	Outubro	0	91,90	4.514	90	88,46	23.564
	Setembro	0	88,16	3.670	90	86,34	20.402
	Agosto	0	87,67	3.850	90	85,90	21.318

Fonte: Autoria Própria (2024)

Será necessário calcular o novo valor da fatura. Seguiremos os mesmos passos utilizados para calcular a fatura no mercado cativo, com a diferença de que descontaremos o consumo pela quantidade de energia produzida pelas placas

solares. Aplicando essa metodologia ao valor da última fatura recebida pelo cliente, caso ele tivesse investido nas 9 placas solares, teríamos os seguintes resultados:

1. Valor da Demanda

Como não houve alteração na demanda contratada, apenas no consumo, essa parte da fatura permaneceu inalterada igual a Equação 12.

$$\text{Valor da Demanda} = 90kW \times R\$28,80 = R\$ 2.592,00 \quad (12)$$

2. Valor da Energia Ponta

A energia produzida pelas placas solares irá abater o consumo de energia fora de ponta, não afetando o consumo de energia de ponta. Portanto, essa parte da fatura também permanece inalterada igual a Equação 14.

$$\text{Valor da Energia Ponta} = R\$ 8.004,71 \quad (14)$$

3. Valor da Energia Fora de Ponta

Como foi mostrado anteriormente, as 9 placas iriam produzir mensalmente 370,42 kWh. É preciso descontar esse valor da parte de Consumo Fora de Ponta, que inicialmente estava em 24.187 kWh, resultando em um consumo ajustado de 23.817 kWh. Aplicando esses novos valores na Equação 15, obtemos:

$$\begin{aligned} \text{Valor da Energia Fora de Ponta} & \quad (21) \\ & = (23.817 \text{ KWh} \times R\$0,3684) + (23.817 \text{ KWh} \times R\$0,1263) \end{aligned}$$

$$\text{Valor da Energia Fora de Ponta} = R\$ 11.782,26 \quad (22)$$

4. Valor Total da Fatura

Seguindo a Equação 17, temos:

$$\begin{aligned} \text{Valor da Energia Fora de Ponta} &= R\$ 2.592,00 + R\$ 8.004,71 + R\$ 11.782,26 & (23) \\ &= R\$ 22.378,97 \end{aligned}$$

Para realizar a projeção da fatura para os próximos 10 anos, seguimos o cálculo do valor da fatura mês a mês e ano a ano, utilizando a projeção de aumento das tarifas. Essa projeção leva em conta tanto o aumento anual das tarifas de energia quanto a quantidade de energia produzida pelas placas solares. Obtém-se os valores da Tabela 13 e da Figura 15.

Tabela 13 – Projeção do Valor da Fatura no Cenário 1

ANO	FATURA CENÁRIO 1
ANO 1	R\$ 265.037,49
ANO 2	R\$ 286.240,48
ANO 3	R\$ 309.139,72
ANO 4	R\$ 333.870,90
ANO 5	R\$ 360.580,57
ANO 6	R\$ 378.609,60
ANO 7	R\$ 389.960,52
ANO 8	R\$ 401.803,18
ANO 9	R\$ 414.161,43
ANO 10	R\$ 427.060,27

Fonte: Autoria Própria (2024)

Figura 15 – Comparação das Projeções Cativo x MLE x Cenário 1



Fonte: Autoria Própria (2024)

3.6.4.2 Cenário 2

No cenário 2, o investimento foi direcionado para a aquisição de painéis solares capazes de produzir toda a energia consumida fora de ponta, totalizando 272.534 kWh por ano. Essa quantidade de energia seria subtraída do consumo mensal no horário fora de ponta do consumidor, resultando na eliminação completa desse consumo como mostra a Tabela 14.

Tabela 14 – Cenário 2 Abatendo Consumo

Ano	Mês	PONTA			FORA DE PONTA		
		Demanda Contratada (KW)	Demanda Medida (KW)	Consumo (KWh)	Demanda Contratada (KW)	Demanda Medida (KW)	Consumo (KWh)
2024	Julho	0	89,34	3.856	90	85,11	0
	Junho	0	89,98	4.412	90	87,72	0
	Maio	0	89,34	3.924	90	84,57	0
	Abril	0	89,34	3.702	90	89,69	0

	Março	0	93,43	4.519	90	89,00	0
	Fevereiro	0	87,28	3.638	90	87,13	0
	Janeiro	0	95,94	4.459	90	94,16	0
2023	Dezembro	0	87,87	3.596	90	87,28	0
	Novembro	0	90,03	4.651	90	91,46	0
	Outubro	0	91,90	4.514	90	88,46	0
	Setembro	0	88,16	3.670	90	86,34	0
	Agosto	0	87,67	3.850	90	85,90	0

Fonte: Autoria Própria (2024)

Para calcular o novo valor da fatura, seguiremos os mesmos passos utilizados para calcular a fatura no Cenário 1 na sessão anterior. No entanto, nesse cenário estamos simulando que toda energia necessária no horário fora de ponta será suprida pelos painéis solares. Os dados da Tabela 14, onde o consumo é zerado totalmente, não condiz com a realidade, pois a geração fotovoltaica é sazonal. Tendo meses que produção de energia é menor, outros meses que é maior. Porém, iremos considerar que os valores zerados seriam uma média de toda essa sazonalidade.

1. Valor da Demanda

Como não houve alteração na demanda contratada, apenas no consumo, essa parte da fatura permaneceu inalterada igual a Equação 12.

$$\text{Valor da Demanda} = 90kW \times R\$28,80 = R\$ 2.592,00 \quad (12)$$

2. Valor da Energia Ponta

A energia produzida pelas placas solares irá abater o consumo de energia fora de ponta, não afetando o consumo de energia de ponta. Portanto, essa parte da fatura também permanece inalterada igual a Equação 14.

$$\text{Valor da Energia Ponta} = R\$ 8.004,71 \quad (14)$$

3. Valor da Energia Fora de Ponta

Devido à produção de energia pelas placas solares, o consumo fora de ponta será totalmente anulado. Aplicando em novos valores na Equação 15, obtemos:

$$\text{Valor da Energia Fora de Ponta} = (0 \text{ KWh} \times R\$0,3684) + (0 \text{ KWh} \times R\$0,1263) \quad (24)$$

$$\text{Valor da Energia Fora de Ponta} = R\$ 0 \quad (25)$$

4. Valor Total da Fatura

Seguindo a Equação 17, temos:

$$\begin{aligned} \text{Valor da Energia Fora de Ponta} &= R\$ 2.592,00 + R\$ 8.004,71 + R\$ 0 \quad (26) \\ &= R\$ 10.596,71 \end{aligned}$$

Seguindo a projeção da fatura da Tabela 13 , temos os seguintes resultados detalhados de acordo com o novo cenário considerado descritos na Tabela 15 e a Figura 16.

Tabela 15 – Projeção do Valor da Fatura no Cenário 2

ANO	FATURA CENÁRIO 2
ANO 1	R\$ 132.389,72
ANO 2	R\$ 142.980,90
ANO 3	R\$ 154.419,38
ANO 4	R\$ 166.772,93
ANO 5	R\$ 180.114,76
ANO 6	R\$ 189.120,50
ANO 7	R\$ 198.576,52
ANO 8	R\$ 208.505,35
ANO 9	R\$ 218.930,62
ANO 10	R\$ 229.877,15

2024	Julho	0	89,34	0	90	85,11	0
	Junho	0	89,98	0	90	87,72	0
	Mai	0	89,34	0	90	84,57	0
	Abril	0	89,34	0	90	89,69	0
	Março	0	93,43	0	90	89,00	0
	Fevereiro	0	87,28	0	90	87,13	0
	Janeiro	0	95,94	0	90	94,16	0
2023	Dezembro	0	87,87	0	90	87,28	0
	Novembro	0	90,03	0	90	91,46	0
	Outubro	0	91,90	0	90	88,46	0
	Setembro	0	88,16	0	90	86,34	0
	Agosto	0	87,67	0	90	85,90	0

Fonte: Autoria Própria (2024)

Para calcular o novo valor da fatura, utilizaremos a mesma metodologia aplicada nos cenários anteriores. No entanto, a diferença crucial é que não haverá consumo de energia da rede elétrica, nem no horário de ponta nem fora de ponta, pois toda a energia requerida será completamente suprida pela produção dos painéis solares instalados.

1. Valor da Demanda

Como não houve alteração na demanda contratada, apenas no consumo, essa parte da fatura permaneceu inalterada igual a Equação 12.

$$\text{Valor da Demanda} = 90kW \times R\$28,80 = R\$ 2.592,00 \quad (12)$$

2. Valor da Energia Ponta

A energia produzida pelas placas solares irá abater todo o consumo de energia, aplicando novos valores na Equação 14:

$$\text{Valor da Energia Ponta} = (0 \text{ KWh} \times 0,5782) + (0 \text{ KWh} \times 1,4977) = R\$ 0 \quad (27)$$

3. Valor da Energia Fora de Ponta

Devido à produção de energia pelas placas solares, o consumo fora de ponta será totalmente anulado assim como no Cenário 2. Sendo os mesmos valores da Equação 25:

$$\text{Valor da Energia Fora de Ponta} = R\$ 0 \quad (25)$$

4. Valor Total da Fatura

Seguindo a Equação 17, temos:

$$\text{Valor da Energia Fora de Ponta} = R\$ 2.592,00 + R\$ 0 + R\$ 0 = R\$ 2.592,00 \quad (28)$$

Baseado na metodologia de projeção da fatura utilizada no cenário 1 e 2, aplicamos os mesmos princípios ao novo cenário representado na Tabela 17 e na Figura 17.

Tabela 17 – Projeção do Valor da Fatura no Cenário 3

ANO	FATURA CENÁRIO 3
ANO 1	R\$ 31.104,00
ANO 2	R\$ 33.592,32
ANO 3	R\$ 36.279,71
ANO 4	R\$ 39.182,08
ANO 5	R\$ 42.316,65
ANO 6	R\$ 44.432,48
ANO 7	R\$ 46.654,11
ANO 8	R\$ 48.986,81
ANO 9	R\$ 51.436,15
ANO 10	R\$ 54.007,96

Fonte: Autoria Própria (2024)

Figura 17 – Comparação de Todas Projeções dos Valores das Faturas



Fonte: Autoria Própria (2024)

3.7 Economias Geradas

Com todos os valores das faturas dos próximos 10 anos, tanto para o Mercado Cativo quanto para o Mercado Livre de Energia e os cenários de painéis solares, é possível calcular a economia gerada em cada modalidade. Considerando que, se não houvesse nenhuma mudança, o consumidor continuaria no Mercado Cativo pelos próximos 10 anos, o cálculo da economia gerada será baseado nas faturas do Mercado Cativo que o cliente continuaria pagando normalmente.

Tabela 18 – Economias Geradas

ANO	MLE	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3
ANO 1	R\$ 63.046,31	R\$ 2.199,34	R\$ 134.847,10	R\$ 236.132,82
ANO 2	R\$ 85.407,71	R\$ 2.375,28	R\$ 145.634,87	R\$ 255.023,45
ANO 3	R\$ 104.973,35	R\$ 2.565,31	R\$ 157.285,65	R\$ 275.425,32
ANO 4	R\$ 127.764,21	R\$ 2.770,53	R\$ 169.868,51	R\$ 297.459,35

ANO 5	R\$ 147.951,77	R\$ 2.992,17	R\$ 183.457,99	R\$ 321.256,10
ANO 6	R\$ 162.220,62	R\$ 3.141,78	R\$ 192.630,89	R\$ 337.318,90
ANO 7	R\$ 172.255,29	R\$ 3.173,20	R\$ 194.557,20	R\$ 346.479,61
ANO 8	R\$ 182.644,40	R\$ 3.204,93	R\$ 196.502,77	R\$ 356.021,31
ANO 9	R\$ 193.405,18	R\$ 3.236,98	R\$ 198.467,80	R\$ 365.962,26
ANO 10	R\$ 204.555,73	R\$ 3.269,35	R\$ 200.452,47	R\$ 376.321,66
SOMA	R\$ 1.444.224,56	R\$ 28.928,89	R\$ 1.773.705,24	R\$ 3.167.400,79

Fonte: Aatoria Própria (2024)

Para calcular a economia, basta subtrair o valor da fatura do Mercado Cativo da Tabela 9 pelos valores das faturas nos outros cenários das Tabelas 11, 13, 15 e 17. Dessa forma, obtemos os valores da Tabela 18.

3.8 Análise Financeira

Para realizar uma análise financeira das melhores opções de investimento para o consumidor, utilizaremos o software Microsoft Excel. Esse programa permitirá facilitar e agilizar os cálculos, proporcionando uma avaliação precisa e detalhada das diferentes opções disponíveis.

Primeiramente, é necessário organizar todas as informações em uma única tabela. Nessa tabela, estarão presentes os fluxos de caixa de cada investimento para os próximos anos (valores das economias geradas da Tabela 18) e os valores totais investidos, assim como na Tabela 19.

Tabela 19 – Tabela de Fluxo de Caixa

ANO	MLE	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3
INVESTIMENTO	-R\$ 14.603,00	-R\$ 14.603,00	-R\$ 1.255.200,00	-R\$ 1.586.100,00
ANO 1	R\$ 63.046,31	R\$ 2.199,34	R\$ 134.847,10	R\$ 236.132,82
ANO 2	R\$ 85.407,71	R\$ 2.375,28	R\$ 145.634,87	R\$ 255.023,45
ANO 3	R\$ 104.973,35	R\$ 2.565,31	R\$ 157.285,65	R\$ 275.425,32
ANO 4	R\$ 127.764,21	R\$ 2.770,53	R\$ 169.868,51	R\$ 297.459,35
ANO 5	R\$ 147.951,77	R\$ 2.992,17	R\$ 183.457,99	R\$ 321.256,10

ANO 6	R\$ 162.220,62	R\$ 3.141,78	R\$ 192.630,89	R\$ 337.318,90
ANO 7	R\$ 172.255,29	R\$ 3.173,20	R\$ 194.557,20	R\$ 346.479,61
ANO 8	R\$ 182.644,40	R\$ 3.204,93	R\$ 196.502,77	R\$ 356.021,31
ANO 9	R\$ 193.405,18	R\$ 3.236,98	R\$ 198.467,80	R\$ 365.962,26
ANO 10	R\$ 204.555,73	R\$ 3.269,35	R\$ 200.452,47	R\$ 376.321,66
SOMA	R\$ 1.444.224,56	R\$ 28.928,89	R\$ 1.773.705,24	R\$ 3.167.400,79

Fonte: Aatoria Própria (2024)

Nota-se que o valor do investimento está em negativo, pois representa uma saída de caixa para o consumidor. Em contrapartida, os valores restantes são positivos, indicando as entradas de caixa resultantes das economias geradas ao longo dos anos

3.8.1 VPL

Para calcular o Valor Presente Líquido (VPL), utilizaremos o Excel, que já possui uma fórmula específica para essa finalidade. A fórmula é a seguinte:

$$VPL (Taxa de Desconto; Fluxo de Caixa Futuro) \quad (29)$$

A taxa de desconto é um percentual utilizado para calcular o valor presente de fluxos de caixa futuros. Ela reflete o custo de oportunidade do capital, considerando fatores como inflação, risco e o retorno esperado de investimentos alternativos. Basicamente, a taxa de desconto ajuda a determinar quanto vale hoje um determinado valor que será recebido ou pago no futuro.

No nosso cálculo, vamos considerar a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) como a taxa de desconto. A TMA é a menor taxa de retorno aceitável para um investimento, ou seja, é o percentual mínimo que um investimento deve oferecer para ser considerado viável e atrativo para o investidor.

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) que iremos considerar para os cálculos será baseada no valor médio da Taxa Selic, que é 12%. A Selic é a taxa básica de juros da economia brasileira e serve como referência para diversas operações financeiras, sendo uma escolha adequada para a TMA em nossos cálculos de valor presente líquido (VPL).

Para uma análise correta do Valor Presente Líquido (VPL), é crucial incluir o valor investido no cálculo. Isso ocorre porque o VPL é uma medida da rentabilidade

de um investimento, comparando os fluxos de caixa futuros descontados com o custo inicial do investimento. Assim a fórmula será:

$$\text{Valor P.L.} = \text{VPL} (\text{Taxa de Desconto; Fluxo de Caixa Futuro}) + \text{Valor Investido} \quad (29)$$

Aplicando isso no Excel temos:

Figura 18 – Aplicação no Excel

TMA	12%			
ANO	MLE	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3
INVESTIMENTO	-R\$ 14.603,00	-R\$ 14.603,00	-R\$ 1.255.200,00	-R\$ 1.586.100,00
ANO 1	R\$ 63.046,31	R\$ 2.199,34	R\$ 134.847,10	R\$ 236.132,82
ANO 2	R\$ 85.407,71	R\$ 2.375,28	R\$ 145.634,87	R\$ 255.023,45
ANO 3	R\$ 104.973,35	R\$ 2.565,31	R\$ 157.285,65	R\$ 275.425,32
ANO 4	R\$ 127.764,21	R\$ 2.770,53	R\$ 169.868,51	R\$ 297.459,35
ANO 5	R\$ 147.951,77	R\$ 2.992,17	R\$ 183.457,99	R\$ 321.256,10
ANO 6	R\$ 162.220,62	R\$ 3.141,78	R\$ 192.630,89	R\$ 337.318,90
ANO 7	R\$ 172.255,29	R\$ 3.173,20	R\$ 194.557,20	R\$ 346.479,61
ANO 8	R\$ 182.644,40	R\$ 3.204,93	R\$ 196.502,77	R\$ 356.021,31
ANO 9	R\$ 193.405,18	R\$ 3.236,98	R\$ 198.467,80	R\$ 365.962,26
ANO 10	R\$ 204.555,73	R\$ 3.269,35	R\$ 200.452,47	R\$ 376.321,66
SOMA	R\$ 719.118,96 ×	R\$ 28.928,89	R\$ 1.773.705,24	R\$ 3.167.400,79
VPL	=? =VPL(\$L\$63;L67:L76)+L66			

Fonte: Autoria Própria (2024)

Aplicando a Equação 29 como demonstrado na Figura 18 para cada cenário obteremos:

Tabela 20 – Tabela com VPL

ANO	MLE	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3
INVESTIMENTO	-R\$ 14.603,00	-R\$ 14.603,00	-R\$ 1.255.200,00	-R\$ 1.586.100,00
ANO 1	R\$ 63.046,31	R\$ 2.199,34	R\$ 134.847,10	R\$ 236.132,82
ANO 2	R\$ 85.407,71	R\$ 2.375,28	R\$ 145.634,87	R\$ 255.023,45
ANO 3	R\$ 104.973,35	R\$ 2.565,31	R\$ 157.285,65	R\$ 275.425,32
ANO 4	R\$ 127.764,21	R\$ 2.770,53	R\$ 169.868,51	R\$ 297.459,35
ANO 5	R\$ 147.951,77	R\$ 2.992,17	R\$ 183.457,99	R\$ 321.256,10
ANO 6	R\$ 162.220,62	R\$ 3.141,78	R\$ 192.630,89	R\$ 337.318,90

ANO 7	R\$ 172.255,29	R\$ 3.173,20	R\$ 194.557,20	R\$ 346.479,61
ANO 8	R\$ 182.644,40	R\$ 3.204,93	R\$ 196.502,77	R\$ 356.021,31
ANO 9	R\$ 193.405,18	R\$ 3.236,98	R\$ 198.467,80	R\$ 365.962,26
ANO 10	R\$ 204.555,73	R\$ 3.269,35	R\$ 200.452,47	R\$ 376.321,66
SOMA	R\$ 1.444.224,56	R\$ 28.928,89	R\$ 1.773.705,24	R\$ 3.167.400,79
VPL	R\$ 719.118,96	R\$ 1.080,23	-R\$ 293.620,68	R\$ 119.960,68

Fonte: Autoria Própria (2024)

3.8.2 TIR

Para calcular a Taxa Interna de Retorno (TIR), também utilizaremos o Excel, que já possui uma fórmula específica para essa finalidade. A fórmula é a seguinte:

$$\text{Taxa Interna de Retorno} = \text{TIR} (\text{Fluxo de Caixa}) \quad (30)$$

Aplicando isso no Excel temos:

Figura 19 – Aplicação da TIR no Excel

TMA	12%			
ANO	MLE	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3
INVESTIMENTO	-R\$ 14.603,00	-R\$ 14.603,00	-R\$ 1.255.200,00	-R\$ 1.586.100,00
ANO 1	R\$ 63.046,31	R\$ 2.199,34	R\$ 134.847,10	R\$ 236.132,82
ANO 2	R\$ 85.407,71	R\$ 2.375,28	R\$ 145.634,87	R\$ 255.023,45
ANO 3	R\$ 104.973,35	R\$ 2.565,31	R\$ 157.285,65	R\$ 275.425,32
ANO 4	R\$ 127.764,21	R\$ 2.770,53	R\$ 169.868,51	R\$ 297.459,35
ANO 5	R\$ 147.951,77	R\$ 2.992,17	R\$ 183.457,99	R\$ 321.256,10
ANO 6	R\$ 162.220,62	R\$ 3.141,78	R\$ 192.630,89	R\$ 337.318,90
ANO 7	R\$ 172.255,29	R\$ 3.173,20	R\$ 194.557,20	R\$ 346.479,61
ANO 8	R\$ 182.644,40	R\$ 3.204,93	R\$ 196.502,77	R\$ 356.021,31
ANO 9	R\$ 193.405,18	R\$ 3.236,98	R\$ 198.467,80	R\$ 365.962,26
ANO 10	R\$ 204.555,73	R\$ 3.269,35	R\$ 200.452,47	R\$ 376.321,66
SOMA	464, 12% × 224,56	R\$ 28.928,89	R\$ 1.773.705,24	R\$ 3.167.400,79
TIR	=TIR(L66:L76)			

Fonte: Autoria Própria (2024)

Aplicando a Equação 30 assim como na Figura 19 em cada modalidade temos:

Tabela 21 – Tabela com TIR

ANO	MLE	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3
INVESTIMENTO	-R\$ 14.603,00	-R\$ 14.603,00	-R\$ 1.255.200,00	-R\$ 1.586.100,00
ANO 1	R\$ 63.046,31	R\$ 2.199,34	R\$ 134.847,10	R\$ 236.132,82
ANO 2	R\$ 85.407,71	R\$ 2.375,28	R\$ 145.634,87	R\$ 255.023,45
ANO 3	R\$ 104.973,35	R\$ 2.565,31	R\$ 157.285,65	R\$ 275.425,32
ANO 4	R\$ 127.764,21	R\$ 2.770,53	R\$ 169.868,51	R\$ 297.459,35
ANO 5	R\$ 147.951,77	R\$ 2.992,17	R\$ 183.457,99	R\$ 321.256,10
ANO 6	R\$ 162.220,62	R\$ 3.141,78	R\$ 192.630,89	R\$ 337.318,90
ANO 7	R\$ 172.255,29	R\$ 3.173,20	R\$ 194.557,20	R\$ 346.479,61
ANO 8	R\$ 182.644,40	R\$ 3.204,93	R\$ 196.502,77	R\$ 356.021,31
ANO 9	R\$ 193.405,18	R\$ 3.236,98	R\$ 198.467,80	R\$ 365.962,26
ANO 10	R\$ 204.555,73	R\$ 3.269,35	R\$ 200.452,47	R\$ 376.321,66
SOMA	R\$ 1.444.224,56	R\$ 28.928,89	R\$ 1.773.705,24	R\$ 3.167.400,79
TIR	464,12%	13,64%	6,36%	13,66%

Fonte: Autoria Própria (2024)

3.8.3 ROI

Para calcular o ROI no Excel, será montada a Equação 11 de forma que o Lucro Líquido é a diferença da economia total gerada pelo valor que foi investido, como mostra a Figura 20.

Figura 20 – Aplicação do ROI no Excel

TMA	12%			
ANO	MLE	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3
INVESTIMENTO	-R\$ 14.603,00	-R\$ 14.603,00	-R\$ 1.255.200,00	-R\$ 1.586.100,00
ANO 1	R\$ 63.046,31	R\$ 2.199,34	R\$ 134.847,10	R\$ 236.132,82
ANO 2	R\$ 85.407,71	R\$ 2.375,28	R\$ 145.634,87	R\$ 255.023,45
ANO 3	R\$ 104.973,35	R\$ 2.565,31	R\$ 157.285,65	R\$ 275.425,32
ANO 4	R\$ 127.764,21	R\$ 2.770,53	R\$ 169.868,51	R\$ 297.459,35
ANO 5	R\$ 147.951,77	R\$ 2.992,17	R\$ 183.457,99	R\$ 321.256,10
ANO 6	R\$ 162.220,62	R\$ 3.141,78	R\$ 192.630,89	R\$ 337.318,90
ANO 7	R\$ 172.255,29	R\$ 3.173,20	R\$ 194.557,20	R\$ 346.479,61
ANO 8	R\$ 182.644,40	R\$ 3.204,93	R\$ 196.502,77	R\$ 356.021,31
ANO 9	R\$ 193.405,18	R\$ 3.236,98	R\$ 198.467,80	R\$ 365.962,26
ANO 10	R\$ 204.555,73	R\$ 3.269,35	R\$ 200.452,47	R\$ 376.321,66
SOMA	9789,92% × 24,56	R\$ 28.928,89	R\$ 1.773.705,24	R\$ 3.167.400,79
ROI	=((L77+L66)/(-L66))			

Fonte: Autoria Própria (2024)

Reproduzindo o método da Figura 20 no Excel para cada cenário obtemos:

Tabela 22 – Tabela com ROI

ANO	MLE	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3
INVESTIMENTO	-R\$ 14.603,00	-R\$ 14.603,00	-R\$ 1.255.200,00	-R\$ 1.586.100,00
ANO 1	R\$ 63.046,31	R\$ 2.199,34	R\$ 134.847,10	R\$ 236.132,82
ANO 2	R\$ 85.407,71	R\$ 2.375,28	R\$ 145.634,87	R\$ 255.023,45
ANO 3	R\$ 104.973,35	R\$ 2.565,31	R\$ 157.285,65	R\$ 275.425,32
ANO 4	R\$ 127.764,21	R\$ 2.770,53	R\$ 169.868,51	R\$ 297.459,35
ANO 5	R\$ 147.951,77	R\$ 2.992,17	R\$ 183.457,99	R\$ 321.256,10
ANO 6	R\$ 162.220,62	R\$ 3.141,78	R\$ 192.630,89	R\$ 337.318,90
ANO 7	R\$ 172.255,29	R\$ 3.173,20	R\$ 194.557,20	R\$ 346.479,61
ANO 8	R\$ 182.644,40	R\$ 3.204,93	R\$ 196.502,77	R\$ 356.021,31
ANO 9	R\$ 193.405,18	R\$ 3.236,98	R\$ 198.467,80	R\$ 365.962,26
ANO 10	R\$ 204.555,73	R\$ 3.269,35	R\$ 200.452,47	R\$ 376.321,66
SOMA	R\$ 1.444.224,56	R\$ 28.928,89	R\$ 1.773.705,24	R\$ 3.167.400,79
ROI	9789,92%	98,10%	41,31%	99,70%

Fonte: Autoria Própria (2024)

3.8.4 Payback

Para calcular o período de payback, é necessário somar os fluxos de caixa anuais acumulados e identificar o ano em que essa soma ultrapassa o valor do investimento inicial. Isso permite determinar o momento exato em que o investimento começa a gerar retorno.

Analisando a Tabela 19, observamos que o valor investido no Mercado Livre de Energia (MLE) foi de R\$ 14.603,00. A economia gerada no primeiro ano já supera o valor investido, permitindo-nos afirmar que o Payback do MLE foi de apenas 1 ano. Repetindo essa análise para cada modalidade de investimento, obtemos a Tabela 22, onde o tempo de Payback está destacado em vermelho.

Tabela 23 – Tabela com Payback

ANO	MLE	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3
INVESTIMENTO	-R\$ 14.603,00	-R\$ 14.603,00	-R\$ 1.255.200,00	-R\$ 1.586.100,00
ANO 1	R\$ 63.046,31	R\$ 2.199,34	R\$ 134.847,10	R\$ 236.132,82
ANO 2	R\$ 85.407,71	R\$ 2.375,28	R\$ 145.634,87	R\$ 255.023,45
ANO 3	R\$ 104.973,35	R\$ 2.565,31	R\$ 157.285,65	R\$ 275.425,32
ANO 4	R\$ 127.764,21	R\$ 2.770,53	R\$ 169.868,51	R\$ 297.459,35
ANO 5	R\$ 147.951,77	R\$ 2.992,17	R\$ 183.457,99	R\$ 321.256,10
ANO 6	R\$ 162.220,62	R\$ 3.141,78	R\$ 192.630,89	R\$ 337.318,90
ANO 7	R\$ 172.255,29	R\$ 3.173,20	R\$ 194.557,20	R\$ 346.479,61
ANO 8	R\$ 182.644,40	R\$ 3.204,93	R\$ 196.502,77	R\$ 356.021,31
ANO 9	R\$ 193.405,18	R\$ 3.236,98	R\$ 198.467,80	R\$ 365.962,26
ANO 10	R\$ 204.555,73	R\$ 3.269,35	R\$ 200.452,47	R\$ 376.321,66
SOMA	R\$ 1.444.224,56	R\$ 28.928,89	R\$ 1.773.705,24	R\$ 3.167.400,79

Fonte: Autoria Própria (2024)

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Depois de realizar todos os cálculos e registrar os resultados, podemos compilar todas as informações em uma única tabela para facilitar a análise e comparação. A Tabela 24 incluirá os fluxos de caixa, ROI, TIR, VPL e período de Payback de cada cenário, permitindo uma visão clara e abrangente de todas as opções de investimento. A tabela de resultados apresenta uma comparação detalhada dos fluxos de caixa projetados para cada um dos cenários ao longo de 10 anos, considerando uma TMA de 12%.

Tabela 24 – Análise dos Resultados

ANO	MLE	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3
INVESTIMENTO	-R\$ 14.603,00	-R\$ 14.603,00	-R\$ 1.255.200,00	-R\$ 1.586.100,00
ANO 1	R\$ 63.046,31	R\$ 2.199,34	R\$ 134.847,10	R\$ 236.132,82
ANO 2	R\$ 85.407,71	R\$ 2.375,28	R\$ 145.634,87	R\$ 255.023,45
ANO 3	R\$ 104.973,35	R\$ 2.565,31	R\$ 157.285,65	R\$ 275.425,32
ANO 4	R\$ 127.764,21	R\$ 2.770,53	R\$ 169.868,51	R\$ 297.459,35
ANO 5	R\$ 147.951,77	R\$ 2.992,17	R\$ 183.457,99	R\$ 321.256,10
ANO 6	R\$ 162.220,62	R\$ 3.141,78	R\$ 192.630,89	R\$ 337.318,90
ANO 7	R\$ 172.255,29	R\$ 3.173,20	R\$ 194.557,20	R\$ 346.479,61
ANO 8	R\$ 182.644,40	R\$ 3.204,93	R\$ 196.502,77	R\$ 356.021,31
ANO 9	R\$ 193.405,18	R\$ 3.236,98	R\$ 198.467,80	R\$ 365.962,26
ANO 10	R\$ 204.555,73	R\$ 3.269,35	R\$ 200.452,47	R\$ 376.321,66
SOMA	R\$ 1.444.224,56	R\$ 28.928,89	R\$ 1.773.705,24	R\$ 3.167.400,79
VPL	R\$ 719.118,96	R\$ 1.080,23	-R\$ 293.620,68	R\$ 119.960,68
TIR	464,12%	13,64%	6,36%	13,66%
ROI	9789,92%	98,10%	41,31%	99,70%
PAYBACK	1	6	8	6

Fonte: Autoria Própria (2024)

Abaixo está uma análise de cada cenário com base nos principais indicadores financeiros:

1. MLE (Migração para o Mercado Livre de Energia)

O investimento inicial para este cenário foi de R\$ 14.603,00, que foram os custos da migração. A soma dos fluxos de caixa ao longo dos 10 anos totalizou R\$ 1.444.224,56, resultando em um Valor Presente Líquido (VPL) de R\$ 719.118,96, indicando que o projeto é altamente viável e lucrativo. A Taxa Interna de Retorno (TIR) alcançou um impressionante valor de 464,12%, muito superior à TMA de 12%, demonstrando um retorno substancial. O Retorno sobre o Investimento (ROI) foi de 9789,92%, o que significa que o retorno em relação ao capital investido foi expressivo. Além disso, o período de payback foi de apenas 1 ano, o que indica uma recuperação extremamente rápida do investimento inicial.

2. Cenário 1

Neste cenário, o investimento inicial também foi de R\$ 14.603,00, mas os fluxos de caixa projetados resultaram em uma soma total de R\$ 28.928,89 após 10 anos. O VPL foi de R\$ 1.080,23, positivo, mas apenas ligeiramente acima de zero, indicando uma viabilidade financeira mínima. A TIR de 13,64% superou marginalmente a TMA, reforçando a viabilidade do projeto, embora com uma margem reduzida. O ROI foi de 98,10%, sugerindo um bom retorno em comparação ao capital investido, mas bem menos expressivo que outros cenários. O payback foi de 6 anos, o que é um período mais prolongado para recuperação do investimento inicial.

3. Cenário 2

O investimento inicial neste cenário foi substancial, totalizando R\$ 1.255.200,00. Os fluxos de caixa ao longo dos 10 anos somaram R\$ 1.773.705,24, resultando em um VPL de -R\$ 293.620,68, indicando que o projeto não é viável sob as condições analisadas. A TIR de 6,36% ficou abaixo da TMA de 12%, demonstrando que o retorno projetado é insuficiente. O ROI foi de 41,31%, o que mostra um retorno modesto em relação ao capital investido. O payback estimado é de 8 anos, sugerindo uma recuperação lenta e um risco significativo.

4. Cenário 3

Este cenário apresentou o investimento inicial mais alto, de R\$ 1.586.100,00. Os fluxos de caixa projetados ao longo dos 10 anos totalizaram R\$ 3.167.400,79, resultando em um VPL positivo de R\$ 119.960,68, o que indica viabilidade, embora com uma margem de retorno moderada. A TIR foi de 13,66%, ligeiramente superior à TMA, confirmando a viabilidade do projeto. O ROI foi de 99,70%, indicando um retorno robusto em relação ao investimento inicial. O payback foi de 6 anos, destacando um tempo de recuperação semelhante ao do Cenário 1.

4.1 Análise Comparativa

Para facilitar a comparação dos resultados de cada modalidade, é montada uma Tabela 25 com os resultados das métricas financeiras, onde estarão destacados os valores com cores: verde para o melhor resultado, vermelho para o pior resultado e amarelo para resultados intermediários.

Tabela 25 – Tabela Comparativa por Cores

	MLE	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3
INVESTIMENTO	-R\$ 14.603,00	-R\$ 14.603,00	-R\$ 1.255.200,00	-R\$ 1.586.100,00
ECONOMIA	R\$ 1.444.224,56	R\$ 28.928,89	R\$ 1.773.705,24	R\$ 3.167.400,79
VPL	R\$ 719.118,96	R\$ 1.080,23	-R\$ 293.620,68	R\$ 119.960,68
TIR	464,12%	13,64%	6,36%	13,66%
ROI	9789,92%	98,10%	41,31%	99,70%
PAYBACK	1	6	8	6

Fonte: Autoria Própria (2024)

Do ponto de vista do investimento inicial, tanto o Mercado Livre de Energia (MLE) quanto o Cenário 1 são os mais vantajosos, pois exigem o menor desembolso por parte do consumidor. Isso os torna opções atraentes para quem busca alternativas com um custo de entrada reduzido.

Em relação à economia gerada, o Cenário 3 apresenta o maior potencial de economia total ao longo do período analisado. Essa economia significativa está diretamente relacionada ao elevado investimento em painéis solares, que permite cobrir todo o consumo de energia do cliente. Apesar do MLE e do Cenário 1 requererem investimentos iniciais equivalentes, a diferença na economia gerada em cada um deles é substancial.

Ao comparar o Valor Presente Líquido (VPL) de cada modalidade, observa-se que o MLE apresenta o maior valor entre todas as opções. Embora a economia gerada pelo MLE corresponda a menos de 50% da economia proporcionada pelo Cenário 3, seu VPL é quase seis vezes superior ao deste último. Vale destacar que um VPL mais alto indica um investimento mais rentável. Assim, mesmo demandando um investimento inicial muito reduzido, o MLE demonstra uma rentabilidade significativamente maior do que o alto investimento necessário no Cenário 3. Por outro lado, o Cenário 2, apesar de apresentar um investimento inicial relativamente próximo ao do Cenário 3, que resulta em grande economia, possui um VPL negativo. Isso indica que o projeto não é financeiramente viável.

Analisando a Taxa Interna de Retorno (TIR), o MLE se destaca com um valor muito superior aos demais cenários, devido à alta rentabilidade associada ao baixo investimento inicial. Embora os Cenários 1 e 3 apresentem TIRs mais modestas, ambas superam a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), demonstrando que são investimentos viáveis.

A utilização da ferramenta de cores disponibilizada pelo Excel facilita significativamente tanto a análise individual quanto a comparação entre as diferentes opções avaliadas. Nesse contexto, o MLE se destaca com 5 métricas marcadas em verde, indicando as melhores performances, e apenas 1 métrica em amarelo, que representa um desempenho intermediário na métrica. Esses resultados reforçam o MLE como a opção mais atrativa em termos gerais.

O Cenário 1 apresenta um métrica em verde, uma em vermelho e quatro em amarelo, caracterizando-se como uma alternativa intermediária. Um desempenho semelhante é observado no Cenário 3, que também possui uma verde, uma vermelho e quatro amarelos, diferenciando-se do Cenário 1 nos aspectos de investimento inicial e economia gerada para o consumidor. Por outro lado, o Cenário 2 obteve o pior desempenho, com quatro métricas em vermelho e duas em amarelo, evidenciando-se como a opção menos atrativa entre todas as analisadas.

Outros aspectos podem ser considerados além da análise numérica. No Mercado Livre de Energia, a empresa não precisa se preocupar com a manutenção dos painéis solares, um fator que gera custos anuais e exige planejamento operacional. No entanto, ao optar pelos painéis solares, há uma vantagem estratégica significativa: a independência em relação às tarifas e oscilações do mercado energético, reduzindo a exposição a aumentos futuros no custo da eletricidade. Assim, a decisão entre as duas opções não deve se basear apenas nos resultados financeiros imediatos, mas também na estratégia de longo prazo e nos objetivos da empresa em relação à sua autonomia energética.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo principal apresentar uma metodologia para análise econômica de alternativas energéticas, com foco na comparação entre a migração para o Mercado Livre de Energia (MLE) e o investimento em painéis solares fotovoltaicos. Para isso, foram abordados os principais custos, benefícios e projeções financeiras de cada alternativa, fornecendo uma base sólida para a tomada de decisão empresarial no setor energético.

Inicialmente, foi realizado um estudo detalhado sobre os custos de migração para o MLE, incluindo despesas com adequação técnica, taxas administrativas e custos recorrentes associados à comercializadora de energia. Paralelamente, foi investigado o investimento necessário em sistemas fotovoltaicos, analisando cenários variados de geração de energia (parcial e total) e os respectivos impactos econômicos ao longo do tempo.

No estudo de caso onde foi aplicado a metodologia proposta os resultados demonstraram que ambas as alternativas oferecem vantagens significativas em termos de redução de custos, mas apresentam diferenças importantes em seus perfis de investimento e retorno. O MLE destacou-se por proporcionar economias mais imediatas, com menor investimento inicial.

Além disso, a aplicação de ferramentas de análise econômica, como o Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Retorno Sobre o Investimento (ROI) e Payback, foram fundamentais para quantificar e comparar os impactos financeiros de cada opção. Essas ferramentas permitiram concluir que, apesar de ambas as alternativas serem viáveis, a escolha ideal depende das prioridades e capacidades financeiras de cada cliente.

A metodologia proposta no trabalho mostrou-se eficaz ao proporcionar uma visão clara e objetiva das opções disponíveis, permitindo avaliar com precisão qual alternativa seria a mais viável para o cliente, considerando suas necessidades e objetivos estratégicos. Dessa forma, o modelo desenvolvido oferece suporte decisivo para empresas e consumidores na escolha da solução energética mais adequada, reduzindo incertezas e otimizando o processo de decisão.

Por fim, conclui-se que, embora tanto o Mercado Livre de Energia quanto os painéis solares possam ser alternativas viáveis e rentáveis, uma delas pode se destacar em termos de maior rentabilidade e benefícios ao longo do tempo, dependendo do cenário analisado e das prioridades do cliente. Essa constatação reforça a importância de uma análise criteriosa, que leve em conta os objetivos estratégicos e financeiros, permitindo aos investidores identificar a solução energética mais vantajosa para o seu contexto específico.

Para trabalhos futuros, sugere-se a realização de uma análise considerando a viabilidade do financiamento bancário para a aquisição dos painéis solares. Dessa forma, o cliente não precisaria investir uma quantia elevada de capital inicialmente, e o pagamento das parcelas do financiamento poderia ser descontado ao longo do fluxo de caixa, tornando o investimento mais acessível e reduzindo seu impacto financeiro imediato. Além disso, recomenda-se incluir na análise os custos de manutenção dos painéis solares ao longo dos anos, como limpeza periódica, substituição de componentes e possíveis falhas no sistema, permitindo uma visão mais realista sobre os gastos operacionais desse tipo de investimento.

Outro aspecto que pode ser explorado é a possibilidade de um investimento ainda maior, visando a criação de uma miniusina solar. Esse modelo permitiria não apenas atender ao consumo próprio da empresa, mas também vender o excedente de energia gerado, criando uma nova fonte de receita e auxiliando na compensação dos custos operacionais. Além disso, um estudo aprofundado sobre os riscos e incertezas envolvidas em cada alternativa poderia trazer mais segurança para a tomada de decisão, considerando fatores como variações no preço da energia no Mercado Livre, mudanças regulatórias e a degradação da eficiência dos painéis ao longo do tempo.

Por fim, uma ampliação do horizonte de análise para um período superior a 10 anos poderia fornecer uma visão mais clara sobre a rentabilidade dos painéis solares em longo prazo, permitindo uma comparação mais precisa entre as opções.

A incorporação dessas variáveis possibilitaria um estudo ainda mais completo e detalhado, auxiliando empresas na escolha da melhor estratégia para redução de custos e aumento da sustentabilidade energética.

REFERÊNCIAS

ABRACEEL. Cartilha do mercado livre de energia. Disponível em: <https://abraceel.com.br/wp-content/uploads/post/2023/10/Cartilha-do-Mercado-Livre-de-Energia.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2024.

ABRACEEL. Mercado livre de energia gera economia recorde de R\$ 48 bilhões para consumidores em 2023. Disponível em: <https://abraceel.com.br/press-releases/2024/03/mercado-livre-de-energia-gera-economia-recorde-de-r-48-bilhoes-para-consumidores-em-2023/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

ABRACEEL. Mercado livre de energia supera marca de 50 mil unidades consumidoras e cresce 25% no ano. Disponível em: <https://abraceel.com.br/destaques/2024/08/mercado-livre-de-energia-supera-marca-de-50-mil-unidades-consumidoras-e-cresce-25-no-ano/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

ABRACEEL. Você sabe como funciona o mercado livre de energia? Disponível em: <https://abraceel.com.br/clipping/2020/09/voce-sabe-como-funciona-o-mercado-livre-de-energia/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

ABRACEEL. Brasil sobe seis posições em ranking global que avalia liberdade do consumidor de energia. Disponível em: <https://abraceel.com.br/destaques/2024/03/brasil-sobe-seis-posicoes-em-ranking-global-que-avalia-liberdade-do-consumidor-de-energia/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Transmissão de Energia Elétrica. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/transmissao>. Acesso em: 8 nov. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Distribuição de Energia Elétrica. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/distribuicao>. Acesso em: 8 nov. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Modalidades Tarifárias. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/entenda-a-tarifa/modalidades-tarifarias>. Acesso em: 8 nov. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Audiências públicas antigas. Disponível em: https://antigo.aneel.gov.br/web/guest/audiencias-publicas-antigas?p_p_id=participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_idDocumento=31756&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_tipoFaseReuniao=fase&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_jspPage=/html/pp/visualizar.jsp#:~:text=A%20tarifa%20aplicada%20no%20faturamento,e%20TE%20%E2%80%93%20Tarifa%20de%20Energia. Acesso em: 8 nov. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). ANEEL regulamenta marco legal da micro e minigeração distribuída. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2023/aneel-regulamenta-marco-legal-da-micro-e-minigeracao-distribuida>. Acesso em: 8 nov. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Procedimentos regulatórios - Produst. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/procedimentos-regulatorios/prodist>. Acesso em: 8 nov. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA (ABRADEE). As Distribuidoras e o Futuro do Setor Elétrico. Disponível em: <https://abradee.org.br/as-distribuidoras-e-o-futuro-do-setor-eletrico/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Migrações ao mercado livre de energia concluídas pela CCEE em 2024 já superam todo o ano passado. 2024. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/pt/web/guest/-/migracoes-ao-mercado-livre-de-energia-concluidas-pela-ccee-em-2024-ja-superam-todo-o-ano-passado>. Acesso em: 8 nov. 2024.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (CCEE). CCEE explica: detalha o funcionamento das faturas no mercado livre de energia. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/pt/web/guest/-/ccee-explica-detalha-o-funcionamento-das-faturas-no-mercado-livre-de-energia>. Acesso em: 8 nov. 2024.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (CCEE). Migrações ao mercado livre de energia superam 2023. Disponível em: <https://www.ccee.org.br>. Acesso em: 8 nov. 2024.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (CCEE). Procedimentos de comercialização. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/mercado/procedimentos-de-comercializacao>. Acesso em: 8 nov. 2024.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (CCEE). CCEE_054272. Disponível em: https://www.ccee.org.br/ccee/documentos/CCEE_054272. Acesso em: 8 nov. 2024.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (CCEE). Dados PLD. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/dados-e-analises/dados-pld>. Acesso em: 8 nov. 2024.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (CCEE). Painel de Preços. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/precos/painel-precos>. Acesso em: 8 nov. 2024.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (CCEE). Adesão - Valores cobrados. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/mercado/adesao>. Acesso em: 8 nov. 2024.

CANAL ENERGIA. Geração de Energia no Brasil. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

CEMIG ENERGIA LIVRE. Diferenças entre o mercado livre de energia e o mercado cativo. Disponível em: <https://energialivre.cemig.com.br/blog/diferencas-mercado-livre-energia-mercado-cativo/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

COMERC ENERGIA. Mercado livre de energia traz até 30% de economia na conta de luz. Disponível em: <https://www.comerc.com.br/panorama/mercado-livre-de-energia-traz-ate-30-por-cento-de-economia-na-conta-de-luz/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

CONTA AZUL. Indicador Payback. Disponível em: <https://blog.contaazul.com/indicador-payback/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

COPEL Distribuição. Tarifas de energia elétrica. Disponível em: https://www.copel.com/site/copel-distribuicao/tarifas-de-energia-eletrica/?utm_source=outros-servicos&utm_medium=taxas-tarifas&utm_campaign=servicos. Acesso em: 8 nov. 2024.

CPFL SOLUÇÕES. Como migrar para o mercado livre de energia em 7 passos. Disponível em: <https://cpflsolucoes.com.br/como-migrar-para-o-mercado-livre-de-energia-em-7-passos/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

CUBI ENERGIA. Consumo de Energia: O que é e como é Medido?. Disponível em: <https://www.cubienergia.com/consumo-de-energia/#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20como,equipamento%20pelo%20tempo%20de%20funcionamento>. Acesso em: 8 nov. 2024.

DEMANDA CERTA. Manual de Economia na Conta de Energia Elétrica. Disponível em: <https://demandacerta.com.br/manual/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

EDP SOLUÇÕES. O que é mercado livre e o que é mercado cativo? Disponível em: <https://solucoes.edp.com.br/blog/o-que-e-mercado-livre-o-que-e-mercado-cativo/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

EDP SOLUÇÕES. Comercializadora de energia: o que é e como funciona? Disponível em: <https://solucoes.edp.com.br/blog/comercializadora-de-energia/#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20uma%20comercializadora,com%20as%20normas%20do%20setor>. Acesso em: 8 nov. 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Relatório de Análise de Mercado Solar. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/analise-de-mercado-solar>. Acesso em: 8 nov. 2024.

ENEL X BRASIL. Demanda Contratada de Energia: O que é e Como Otimizar os Contratos. Disponível em: <https://www.enelx.com.br/pt/conteudos/demanda-contratada-de-energia--o-que-e-e-como-otimizar-os-contra>. Acesso em: 8 nov. 2024.

EPIA. Global photovoltaic industry trends. European Photovoltaic Industry Association. Disponível em: <https://www.solarpowereurope.org/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

ESFERA ENERGIA. O que é Demanda de Energia? Qual a Diferença para Consumo?. Disponível em: <https://blog.esferaenergia.com.br/blog/demanda-energia>. Acesso em: 8 nov. 2024.

ESFERA ENERGIA. O que é Mercado Cativo de Energia e como funciona? 2023. Disponível em: <https://blog.esferaenergia.com.br/mercado-livre-energia/o-que-mercado-cativo-energia>. Acesso em: 8 nov. 2024.

ESFERA ENERGIA. O que é mercado cativo de energia? Disponível em: <https://blog.esferaenergia.com.br/mercado-livre-energia/o-que-mercado-cativo-energia>. Acesso em: 8 nov. 2024.

EXAME. Preço do painel solar cai 40% em 2023 e reduz tempo de retorno sobre investimento. Disponível em: <https://exame.com/esg/preco-do-painel-solar-cai-40-em-2023-e-reduz-tempo-de-retorno-sobre-investimento/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

EXAME. Primeiro trimestre tem recorde de R\$ 8 bilhões de investimentos em painéis solares. 2024. Disponível em: <https://exame.com/esg/primeiro-trimestre-tem-recorde-de-r-8-bi-de-investimentos-em-paineis-solares/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

GOLDENERGY. Diferença entre comercializador e distribuidor. Disponível em: <https://goldenergy.pt/blog/poupanca/diferenca-entre-comercializador-e-distribuidor/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Home. Disponível em: <https://www.iea.org/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

INVESTOPEDIA. Guide to Calculating ROI. Disponível em: <https://www.investopedia.com/articles/basics/10/guide-to-calculating-roi.asp>. Acesso em: 8 nov. 2024.

IRENA - INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. Renewable Energy Statistics 2022. Disponível em: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Technologies>. Acesso em: 8 nov. 2024.

LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos da Metodologia Científica: Métodos Científicos, Técnicas de Pesquisa, Elaboração de Referências Bibliográficas. 9. ed. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2021. p. 193-200.

LINGOPASS. O mercado livre de energia no Brasil: histórico, evolução e oportunidades. Disponível em: <https://www.lingopass.com.br/blog/o-mercado-livre-de-energia-no-brasil-historico-evolucao-e-oportunidades>. Acesso em: 8 nov. 2024.

MEGAWHAT. Distribuidora de Energia Elétrica. Disponível em: <https://megawhat.energy/glossario/distribuidora-de-energia-eletrica/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

MERCADO LIVRE DE ENERGIA ELÉTRICA. O mercado livre de energia. Disponível em: <https://www.mercadolivredeenergia.com.br/mercado-livre-de-energia/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

MERCADO LIVRE DE ENERGIA. Abertura do mercado livre de energia: tudo o que você precisa saber. Disponível em: <https://www.mercadolivredeenergia.com.br/noticias/abertura-do-mercado-livre-de-energia-tudo-o-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

MERCADO LIVRE DE ENERGIA. Energia incentivada especial. Disponível em: <https://www.mercadolivredeenergia.com.br/consumidores-livres-e-especiais/energia-incentivada-especial/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Fontes renováveis responderam por 93,1% da geração de energia elétrica em 2023. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/fontes-renovaveis-responderam-por-93-1-da-geracao-de-energia-eletrica-em-2023>. Acesso em: 8 nov. 2024.

NOMAD GLOBAL. O que é a Taxa Interna de Retorno (TIR)?. Disponível em: <https://www.nomadglobal.com/conteudos/tir#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20a%20Taxa%20Interna&text=Nesse%20caso%20o%20fluxo%20de,base%20em%20um%20investimento%20inicial>. Acesso em: 8 nov. 2024.

NOVA ENERGIA. Consumo e Tarifa no Horário de Ponta e Fora de Ponta. Disponível em: <https://www.novaenergia.com.br/blog/consumo-horario-de-ponta-fora-ponta/#:~:text=Como%20funciona%20a%20tarifa%20no%20Hor%C3%A1rio%20de%20Fora%20Ponta?,e%20das%2021h%20%C3%A0s%2023h59>. Acesso em: 8 nov. 2024.

OUR WORLD IN DATA. Solar (photovoltaic) panel prices. Disponível em: <https://ourworldindata.org/grapher/solar-pv-prices>. Acesso em: 8 nov. 2024.

PORTAL SOLAR. Entenda o Mercado Livre de Energia. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/mercado-livre-de-energia/entenda-o-mercado-livre-de-energia.html>. Acesso em: 8 nov. 2024.

PORTAL SOLAR. ACL e ACR: Ambiente de Contratação Livre e Regulada. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/acl-acr-ambiente-de-contratacao-livre-e-regulada>. Acesso em: 8 nov. 2024.

PORTAL SOLAR. Como funciona a energia solar fotovoltaica. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar/como-funciona.html>. Acesso em: 8 nov. 2024

PORTAL SOLAR. Painel solar: preços e custos de instalação. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/painel-solar-precos-custos-de-instalacao.html>. Acesso em: 8 nov. 2024.

RECIERI. Série Histórica da Taxa Selic. Disponível em: <https://recieri.com/selic-serie-historica/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

SEBRAE. Conheça o sistema de energia solar e como implantá-lo na sua empresa. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/conheca-o-sistema-de-energia-solar-e-como-implanta-lo-na-sua-empresa>. Acesso em: 8 nov. 2024.

SERENA. Empresas distribuidoras de energia: o que são e como atuam? Disponível em: <https://srna.co/empresas-distribuidoras-de-energia-o-que-sao-e-como-atuam/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

SIMPLE ENERGY. Comercializadora de energia: o que é e como funciona? Disponível em: <https://simpleenergy.com.br/comercializadora-de-energia-o-que-e-como-funciona/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

SION ENERGIA. Afinal, quais são os custos para participar do mercado livre de energia? Disponível em: <https://sionenergia.com.br/blog/afinal-quais-sao-os-custos-para-participar-do-mercado-livre-de-energia/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

SISTEMA RÁPIDO DE NOTIFICAÇÃO (SRNA). Tudo sobre o mercado livre de energia de um jeito simples. Disponível em: <https://srna.co/tudo-sobre-o-mercado-livre-de-energia-de-um-jeito-simples/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

TREASY. Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Disponível em: <https://www.treasy.com.br/blog/taxa-minima-de-atratividade-tma/>. Acesso em: 8 nov. 2024.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO (UNEMAT). Valor Presente Líquido (VPL). Disponível em: https://www2.unemat.br/eugenio/files_planilha/8_vpl.htm. Acesso em: 8 nov. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO (UNIFESP). Manual para análise de faturas de energia elétrica (média/alta tensão). Disponível em: <https://www.unifesp.br/reitoria/dga/principal/93-documentos/192-faturas-de-energia-eletrica-media-alta-tensao?form=MG0AV3>. Acesso em: 8 nov. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR). Manual de tarifação da energia elétrica - PROCEL. Disponível em: https://www.eletrica.ufpr.br/sebastiao/wa_files/te344%20aula%2009%20-%20manual%20de%20tarif%20en%20el%20-%20procel_epp%20-%20agosto-2011.pdf?form=MG0AV3. Acesso em: 8 nov. 2024.

WEG Solar. Quais são as peças que compõem um kit de energia solar? Disponível em: <https://www.weg.net/solar/blog/quais-sao-as-pecas-que-compoem-um-kit-de-energia-solar/>. Acesso em: 8 nov. 2024.