

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE GOIÁS – CÂMPUS SENADOR CANEDO
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

IURI FREIRE DOS SANTOS

**ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA REDUÇÃO DE GASTOS COM
ENERGIA ELÉTRICA: UM ESTUDO ENVOLVENDO MULTAS POR
BAIXO FATOR DE POTÊNCIA E ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA
EM UMA BASE DE COMBUSTÍVEIS**

**SENADOR CANEDO
2023**



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Iuri Freire dos Santos

Matrícula: 20191160060264

Título do Trabalho: ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA REDUÇÃO DE GASTOS COM ENERGIA ELÉTRICA: UM ESTUDO ENVOLVENDO MULTAS POR BAIXO FATOR DE POTÊNCIA E ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA EM UMA BASE DE COMBUSTÍVEIS

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Senador Canedo - GO, 11/12/2023.
Local Data

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS**



Documento assinado digitalmente

IURI FREIRE DOS SANTOS

Data: 11/12/2023 22:35:30-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE GOIÁS – CÂMPUS SENADOR CANEDO
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

IURI FREIRE DOS SANTOS

**ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA REDUÇÃO DE GASTOS COM
ENERGIA ELÉTRICA: UM ESTUDO ENVOLVENDO MULTAS POR
BAIXO FATOR DE POTÊNCIA E ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA
EM UMA BASE DE COMBUSTÍVEIS**

Trabalho apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia de Produção, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Senador Canedo, como requisito para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II.

Orientador: Prof. M.Sc. Anariele Maria Minosso

**SENADOR CANEDO
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S237 Santos, Iuri Freire dos
Análise de viabilidade para redução de gastos com energia elétrica:
um estudo envolvendo multas por baixo fator de potência e
ultrapassagem de demanda em uma base de combustíveis. / Iuri Freire
dos Santos. - Senador Canedo, 2023.
68 f : il.

Orientadora: Me. Anariele Maria Minosso.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Instituto Federal de
Educação Ciência e Tecnologia de Goiás: Campus Senador Canedo,
Bacharelado em Engenharia de Produção, 2023.

1. Fator de potência. 2. Banco de capacitores. 3. Energia elétrica -
redução de gastos. 4. Energia elétrica - demanda. I. Título.

CDD 621.7

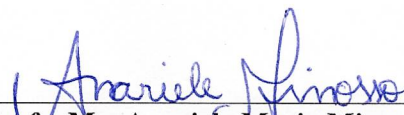
Catalogação na publicação:
Andréia Missias Andrade de Carvalho – CRB 1/1609

IURI FREIRE DOS SANTOS

ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA REDUÇÃO DE GASTOS COM ENERGIA ELÉTRICA: UM ESTUDO ENVOLVENDO MULTAS POR BAIXO FATOR DE POTÊNCIA E ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA EM UMA BASE DE COMBUSTÍVEIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia de Produção, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Senador Canedo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

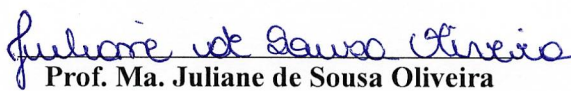
Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado, em 22 de novembro de 2023, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:



Profa. Ma. Anariele Maria Minosso

Presidente da banca / Orientadora

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás



Prof. Ma. Juliane de Sousa Oliveira

Membro

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás



Prof. Dr. Diogo Gonçalves Dias

Membro

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

**SENADOR CANEDO – GO
2023**

DEDICATÓRIA

“Dedico este trabalho primeiramente a Deus que sem ele eu não teria chegado a este presente momento, em seguida dedico aos meus familiares e aos meus professores e colegas que ao longo dessa jornada me proporcionaram muitas risadas e ensinamentos, mas principalmente a minha mãe e minha esposa que me deram forças nos momentos difíceis e que não me permitiram desistir, para que este trabalho fosse concluído com êxito.”

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me concedido a oportunidade de realizar este trabalho e por me guiar em cada passo ao longo do caminho. Sua presença e orientação divina foram fundamentais para a conclusão deste TCC.

Agradeço aos meus pais, cujo amor, apoio e sacrifícios incondicionais foram essenciais para que eu pudesse chegar até aqui. Obrigado por acreditarem em mim e por me incentivarem a seguir meus sonhos.

À minha esposa, que esteve ao meu lado durante todo esse processo, agradeço por sua compreensão, paciência e apoio inabalável. Seu amor e encorajamento foram a força motriz que me impulsionou em momentos de dúvida e cansaço.

Quero expressar minha sincera gratidão à minha professora orientadora, cuja sabedoria, dedicação e orientação foram cruciais para a realização deste trabalho. Sua expertise e compromisso com a excelência acadêmica foram uma inspiração constante.

Aos meus amigos, que me apoiaram e encorajaram ao longo dessa jornada, sou imensamente grato. Vocês foram uma fonte de motivação e alegria, tornando essa experiência mais leve e divertida. Obrigado por estarem sempre presentes.

À minha família, por todo o amor, incentivo e apoio incondicional, agradeço do fundo do meu coração. Vocês foram meu porto seguro, sempre me encorajando a persistir e acreditar em mim mesmo.

Por fim, gostaria de agradecer à faculdade pela estrutura, recursos e ambiente acadêmico propícios ao aprendizado. Agradeço aos professores e funcionários por compartilharem seu conhecimento e contribuírem para o meu crescimento pessoal e acadêmico.

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, meu mais profundo agradecimento. Essa conquista não seria possível sem a presença e apoio de cada um de vocês. Muito obrigado!

RESUMO

O desenvolvimento econômico de um país está diretamente relacionado à demanda energética. No Brasil, nos últimos anos, houve uma mudança na matriz de carga elétrica, devido à necessidade de atender demandas em larga escala para setores como o industrial, que em 2022 representou 36,2% do consumo de energia elétrica. Apesar das melhorias implantadas, as indústrias ainda enfrentam desafios em relação à eficiência com que a energia elétrica é utilizada em seus sistemas, a qual é medida pelo fator de potência, que por sua vez é afetado pela energia reativa. Esta, não realiza trabalho útil e pode causar desequilíbrio na carga elétrica, resultando em baixo fator de potência e multas às empresas consumidoras. Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar as contas de energia elétrica para redução de gastos provenientes de multas por baixo fator de potência e ultrapassagem de demanda em uma Base de Combustíveis de Senador Canedo - GO. Para isso, foram coletados dados de 2019 a 2022. As etapas da pesquisa envolveram o levantamento do consumo de energia ativa e reativa, cálculo do fator de potência, apresentação dos gastos relacionados ao baixo fator de potência e ultrapassagem de demanda, sugestão para novas demandas contratuais e análise da viabilidade financeira para a instalação de um banco de capacitores. Com os resultados obtidos, observou-se que a sugestão de mudança no contrato de demanda, pode resultar em uma economia de R\$3.588,89 em oito meses. E que a instalação de um banco de capacitores é viável para a correção do fator de potência. Analisando-se um fluxo de caixa de 12 meses, obteve-se uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 9,26% ao mês, representando 9,22 vezes o valor da TMA de 1,005%. O Valor Presente Líquido (VPL) resultou em R\$7.403,49, e o Payback Descontado demonstrou que o tempo de retorno do investimento é de 7 meses e 17 dias. Desta forma, conclui-se que é muito importante revisar anualmente a demanda contratada e alterá-la quando necessário, para reduzir gastos com multas por ultrapassagem e propiciar o uso eficiente dos recursos energéticos. Para também contribuir na economia de recursos financeiros, constatou-se que a instalação de um banco de capacitores para corrigir o fator de potência é uma escolha viável e vantajosa, com um rápido retorno sobre o investimento.

Palavras-chave: fator de potência; banco de capacitores; redução de gastos; demanda.

ABSTRACT

The economic development of a country is directly related to energy demand. In Brazil, in recent years, there has been a shift in the electric load matrix due to the need to meet large-scale demands for sectors such as industry, which represented 36.2% of electricity consumption in 2022. Despite the improvements made, industries still face challenges regarding the efficiency of electricity utilization in their systems, which is measured by power factor, affected by reactive power. Reactive power does not perform useful work and can cause imbalance in the electric load, resulting in a low power factor and fines for consumer companies. In this context, the present study aims to analyze electricity bills to reduce expenses arising from fines for low power factor and demand exceedance at a Fuel Base in Senador Canedo - GO. To do this, data from 2019 to 2022 were collected. The research stages involved surveying active and reactive energy consumption, calculating the power factor, presenting expenses related to low power factor and demand exceedance, suggesting new contractual demands, and analyzing the financial feasibility of installing a capacitor bank. With the results obtained, it was observed that the suggested change in the demand contract could result in savings of R\$3,588.89 over eight months. Furthermore, the installation of a capacitor bank is viable for power factor correction. Analyzing a 12-month cash flow, an Internal Rate of Return (IRR) of 9.26% per month was obtained, representing 9.22 times the Minimum Acceptable Rate (MAR) of 1.005%. The Net Present Value (NPV) resulted in R\$7,403.49, and the Discounted Payback showed that the return on investment takes 7 months and 17 days. Therefore, it is concluded that it is essential to annually review the contracted demand and change it when necessary to reduce expenses related to exceedance fines and promote the efficient use of energy resources. Additionally, to contribute to financial resource savings, it was found that the installation of a capacitor bank to correct the power factor is a viable and advantageous choice with a rapid return on investment.

Keywords: power fator; capacitor bank; expense reduction; demand.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Triângulo das potências	17
Figura 2 – Demanda média no intervalo de 15 minutos	26
Figura 3 – Demanda Contratada	26
Figura 4 – Classificação da pesquisa	31
Figura 5 – Etapas para o desenvolvimento da pesquisa	33
Figura 6 – Simulador de demanda – Unidade 1	52
Figura 7 – Comparação de custos com demanda – Unidade 1	53
Figura 8 – Simulador de demanda – Unidade 2	53
Figura 9 – Comparação de custos com demanda – Unidade 2	54

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Histórico de consumo de energia ativa e reativa – Unidade 1 - 2019 a 2020	36
Gráfico 2 – Histórico de consumo de energia ativa e reativa – Unidade 1 - 2021 a 2022	37
Gráfico 3 – Histórico de consumo de energia ativa e reativa – Unidade 2 - 2019 a 2020	37
Gráfico 4 – Histórico de consumo de energia ativa e reativa – Unidade 2 - 2021 a 2022	38
Gráfico 5 – Histórico do fator de potência x cobrança – Unidade 1 – 2019	39
Gráfico 6 – Histórico do fator de potência x cobrança – Unidade 1 – 2020	39
Gráfico 7 – Histórico do fator de potência x cobrança – Unidade 1 – 2021	40
Gráfico 8 – Histórico do fator de potência x cobrança – Unidade 1 – 2022	40
Gráfico 9 – Histórico do fator de potência x cobrança – Unidade 2 – 2019	41
Gráfico 10 – Histórico do fator de potência x cobrança – Unidade 2 – 2020	42
Gráfico 11 – Histórico do fator de potência x cobrança – Unidade 2 – 2021	42
Gráfico 12 – Histórico do fator de potência x cobrança – Unidade 2 – 2022	43
Gráfico 13 – Demanda lida x valor pago – Unidade 1 – 2019	44
Gráfico 14 – Demanda lida x valor pago – Unidade 1 – 2020	45
Gráfico 15 – Demanda lida x valor pago – Unidade 1 – 2021	46
Gráfico 16 – Demanda lida x valor pago – Unidade 1 – 2022	46
Gráfico 17 – Demanda lida x valor pago – Unidade 2 – 2019	47
Gráfico 18 – Demanda lida x valor pago – Unidade 2 – 2020	48
Gráfico 19 – Demanda lida x valor pago – Unidade 2 – 2021	48
Gráfico 20 – Demanda lida x valor pago – Unidade 2 – 2022	49
Gráfico 21 – Demanda lida unidade 1 – 2022	50
Gráfico 22 – Demanda lida unidade 2 – 2022	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Custo para correção do fator de potência	55
Tabela 2 – Viabilidade financeira do Projeto	56
Tabela 3 – Payback descontado	56

LISTA DE SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BC	Banco Central
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
EA	Energia Ativa
ER	Energia Reativa
FC	Fluxo de Caixa
FP	Fator de Potência
kVarh	Quilovolt-ampère-reactivo-hora
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt-hora
MME	Ministério de Minas e Energia
P	Potência Ativa
PRODIST	Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Nacional
Q	Potência Reativa
SDAT	Sistema de Distribuição de Alta Tensão
SDMT	Sistema de Distribuição de Média Tensão
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
UFER	Unidade para Faturamento da Energia Reativa Excedente
Var	Volt-ampère-reactivo
VPL	Valor Presente Líquido
W	Watts

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	14
1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	15
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Objetivo Geral.....	16
1.2.2 Objetivos Específicos.....	16
1.3 JUSTIFICATIVA.....	16
CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 RELATO HISTÓRICO SOBRE ENERGIA ELÉTRICA.....	18
2.2 ENERGIA ATIVA E REATIVA INDUTIVA E CAPACITIVA	19
2.3 POTÊNCIA ATIVA, REATIVA E APARENTE.....	19
2.4 ASPECTOS REGULATÓRIOS DO SISTEMA ELÉTRICO	20
2.5 QUALIDADE DE ENERGIA	21
2.6 FATOR DE POTÊNCIA	22
2.7 BANCO DE CAPACITORES	26
2.8 MODALIDADES TARIFÁRIAS E SEUS RESPECTIVOS CONSUMIDORES.....	27
2.9 DEMANDA	28
2.10 ANÁLISE DE INVESTIMENTOS FINANCEIROS.....	30
2.10.1 Fluxo de Caixa	31
2.10.2 Valor Presente Líquido (VPL).....	31
2.10.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)	32
2.10.4 Payback Descontado	33
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA DE PESQUISA.....	34
3.1 DESCRIÇÃO DA ORGANIZAÇÃO	35
3.2 ETAPAS DA PESQUISA.....	36
3.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	38
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.1 ANÁLISE DAS FATURAS DE ENERGIA ELÉTRICA	39
4.2 SUGESTÃO DE NOVA DEMANDA	53
4.3 VIABILIDADE PARA INSTALAÇÃO DE UM BANCO DE CAPACITORES	58
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO	61
5.1 PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS	61
REFERÊNCIAS	63

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

A demanda energética está intrinsecamente relacionada ao desenvolvimento econômico de um país. Ao longo dos anos, o Brasil tem testemunhado uma transformação em sua matriz de carga elétrica, acompanhando uma tendência global devido à crescente necessidade de atender novas demandas em larga escala (ANDRADE, 2020).

As indústrias desempenham um papel crucial no consumo de energia. No Brasil, em 2022, representaram 36,2% do consumo no país. Esses setores utilizam uma variedade de equipamentos, como motores, transformadores, fornos de indução, máquinas de solda e reatores. Essas cargas, em sua maioria, consomem uma quantidade significativa de energia reativa, o que causa um desequilíbrio na carga elétrica e pode resultar em um baixo Fator de Potência (FP) (LEITE, 2020; EPE, 2022).

Segundo a ANEEL (2021) o fator de potência é a razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativa e reativa, consumidas em um mesmo período, ou seja, o FP é uma medida que indica a eficiência com que a energia elétrica é utilizada em um circuito ou sistema elétrico.

A potência ativa é a energia que pode ser diretamente convertida em trabalho. Ela desempenha um papel fundamental ao fazer um motor funcionar, acender as lâmpadas de uma casa ou manter um sistema de aquecimento em operação. A energia ativa é medida em quilowatt-hora (kWh). Essa unidade de medida representa a quantidade total de energia efetivamente consumida ao longo do tempo, indicando o trabalho realizado pelo consumo elétrico (SEBRAE, 2023).

A potência reativa é de suma importância para o funcionamento adequado de máquinas elétricas, como motores de indução. Sua função consiste em circular entre o equipamento e a fonte de alimentação, sem desempenhar nenhum trabalho útil, mas garantindo a operação dos campos magnéticos necessários para o funcionamento desses dispositivos. Contudo, quando utilizada em excesso pode ocasionar danos em equipamentos elétricos e causar sobreaquecimento de cabos de energia e de transformadores. A energia reativa é medida em quilovolt-ampere-reativo-hora (kVArh) (SEBRAE, 2023).

Além dos danos operacionais causados aos equipamentos, o excesso de energia reativa na rede pode resultar em perdas financeiras. Essas perdas podem ocorrer devido ao aquecimento excessivo e quedas de tensão na linha, além de acarretar multas devido ao baixo fator de potência da instalação (ANDRADE, 2020).

Através da Resolução Normativa nº 1000, datada de 7 de dezembro de 2021, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica, regulando as disposições a serem seguidas pelos consumidores e definindo seus direitos e responsabilidades. Na seção VIII, essa resolução determina que o fator de potência mínimo permitido para unidades consumidoras do grupo A é de 0,92. Como forma de garantir o cumprimento dessas diretrizes, as concessionárias e permissionárias têm autorização para aplicar multas aos consumidores que não se adequem aos padrões estabelecidos (ANEEL, 2021).

Nesse contexto, devido à constante fiscalização a que estão sujeitos e aos altos valores das multas aplicadas, os consumidores são compelidos a aprimorar seus sistemas elétricos e instalar equipamentos capazes de corrigir o fator de potência. No entanto, é importante destacar que existem benefícios decorrentes dessas medidas, os quais muitos consumidores desconhecem, tais como: redução e/ou eliminação das multas impostas pelas concessionárias; redução do consumo de energia e demanda contratada; evitar interrupções e quedas no fornecimento de energia; evitar falhas e danos aos equipamentos. Esses benefícios estão relacionados aos efeitos positivos que uma melhor qualidade de energia pode proporcionar tanto às instalações quanto aos equipamentos (ANDRADE, 2020).

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O presente estudo de caso aborda acerca do baixo fator de potência e das multas pagas com consumo excessivo de demanda identificado através de uma análise das contas de energia em uma Base de Combustíveis, localizada na cidade de Senador Canedo – GO.

Atualmente, a empresa está enfrentando altos custos financeiros devido a uma gestão inadequada da demanda contratada e multas por consumo de energia reativa. O presente estudo se concentra na análise minuciosa dos valores envolvidos, a fim de propor a instalação de um banco de capacitores para reduzir os gastos por baixo fator de potência.

Essa solução visa resolver o problema, evitando assim danos às instalações elétricas e às repetidas sanções financeiras impostas pela concessionária de energia. Além disso, será sugerida uma revisão do contrato de fornecimento de demanda, buscando uma demanda ideal que minimize as chances de incorrer em multas por ultrapassagem.

Desta forma, a presente pesquisa visa responder ao seguinte problema: é possível reduzir gastos com energia elétrica através da adequação do contrato de demanda e correção do baixo fator de potência?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar as contas de energia elétrica para redução de gastos provenientes de multas por baixo fator de potência e ultrapassagem de demanda, em uma Base de Combustíveis da cidade de Senador Canedo – GO.

1.2.2 Objetivos Específicos

O trabalho possui os seguintes objetivos específicos:

- a) Levantar o consumo de energia ativa e reativa nas contas de energia elétrica;
- b) Calcular o fator de potência comparando com o limite mínimo;
- c) Apresentar os gastos por baixo fator de potência e ultrapassagem de demanda;
- d) Sugerir nova demanda para mudança do contrato;
- e) Calcular a viabilidade financeira para a instalação de um banco de capacitores.

1.3 JUSTIFICATIVA

Com o passar dos anos tem-se acelerado a busca por eficiência energética, visando um melhor aproveitamento dos recursos e a redução dos gastos aliada com a preocupação de minimizar os impactos ambientais.

De acordo com um estudo de caso conduzido por Júnior (2020), foi constatado que uma revisão da demanda e uma correta classificação da modalidade tarifária poderiam resultar em uma economia anual de R\$135.010,83, representando uma redução de 8,2% nos custos de energia elétrica das unidades analisadas. Vale ressaltar que essas economias foram alcançadas apenas por meio de medidas administrativas (contratação de uma demanda o mais próximo possível da demanda registrada máxima, utilizando a demanda média dos doze meses retroativos, e procura pela melhor modalidade tarifária), sem a necessidade de qualquer investimento.

Por outro lado, a correção do fator de potência em uma instalação proporciona diversos benefícios significativos. Em termos econômicos, destaca-se a eliminação da aplicação de multas por excesso reativo. Além disso, aumenta a eficiência no aproveitamento da energia elétrica para a geração do trabalho útil e evita sobrecargas nos cabos e transformadores, reduzindo as perdas no sistema (ANDRADE, 2020).

Com base nas oportunidades de melhoria identificadas, o objetivo deste trabalho é reduzir os gastos associados à ultrapassagem de demanda e multas decorrentes do baixo fator potência. Para alcançar esse objetivo, propõe-se a adoção de uma nova estratégia de demanda e a instalação de um banco de capacitores. Essas medidas visam corrigir o fator de potência e adequar a demanda das unidades consumidoras, resultando em uma redução significativa nos gastos com multas.

CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RELATO HISTÓRICO SOBRE ENERGIA ELÉTRICA

No decorrer do século XIX, a energia elétrica, considerada rudimentar para a época, começou a ter aplicações em alguns setores industriais, como a galvanoplastia na metalurgia e o telégrafo nas telecomunicações. O que despertou o interesse de investidores e empresários, estimulando estudos sobre esse assunto (CARVALHO, 2014).

O grande avanço no campo da energia elétrica ocorreu em 1878, quando Thomas Edison lançou no mercado a lâmpada incandescente com filamento, tornando-a viável para uso prático. No mesmo período em que Werner Siemens construiu a primeira locomotiva elétrica. Posteriormente, Nikola Tesla inventou o motor de corrente alternada, o que possibilitou o uso da eletricidade em processos industriais de maneira mais ampla e eficiente (CARVALHO, 2014).

Finalmente, foram construídas as primeiras usinas hidroelétricas, juntamente com a implantação de linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica, o que facilitou o transporte da eletricidade a longas distâncias e sua distribuição em áreas urbanas e rurais, suprimindo a crescente demanda por energia nas cidades e indústrias (CARVALHO, 2014).

O setor elétrico no Brasil teve seu desenvolvimento iniciado a partir da Proclamação da República em 1889. A partir desse marco histórico, começaram a surgir as primeiras iniciativas voltadas para a geração e distribuição de energia elétrica no país e se intensificou com o processo de urbanização e industrialização do país até os dias atuais (BRAGA, 2018).

O processo de industrialização, juntamente com a crescente demanda de energia no Brasil, impulsionou a publicação do Código de Águas em 1934. Esse código estabeleceu que o potencial hidroelétrico deixaria de ser propriedade dos proprietários das terras, tornando-se patrimônio do Estado. Assim, o aproveitamento desse potencial passou a ser feito por meio de concessão (SANTOS, 2015).

No ano de 1990, o Ministério de Minas e Energia (MME) implementou um projeto de reestruturação do setor elétrico, que promoveu mudanças institucionais e operacionais significativas, consolidando o modelo atual. Esse modelo se baseia na ideia de um estado regulador que direciona as políticas de desenvolvimento e regula todo setor elétrico. Como parte dessa reestruturação, diversas empresas foram privatizadas e autarquias foram criadas, a exemplo da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, que atua como agência

reguladora do setor (BRAGA, 2018).

2.2 ENERGIA ATIVA E REATIVA INDUTIVA E CAPACITIVA

A Energia Ativa (EA) é aquela responsável por transformar a energia elétrica em energia mecânica ou térmica, executando efetivamente um trabalho. Sua unidade de medida padrão é o quilowatt-hora (kWh). A Energia Reativa (ER) não é capaz de realizar trabalho, mas sim de formar os campos eletromagnéticos essenciais para o correto desempenho dos equipamentos indutivos. Ela é medida em quilovolt-ampère-reactivo-hora (kVArh) (COTRIM, 2008).

É importante mencionar que, de acordo com as cargas que estão sendo alimentadas no circuito, a energia reativa pode ser subdividida em indutiva e capacitiva. A energia reativa indutiva é aquela consumida por cargas que possuem componentes indutivos, tais como motores de indução, reatores e transformadores. Essas cargas absorvem a energia reativa para criar e manter os campos magnéticos necessários para seu correto funcionamento (MAMEDE FILHO, 2017).

A energia capacitiva é aquela que pode ser gerada por motores síncronos superexcitados ou por capacitores, e sua característica é apresentar um fator de potência denominado reativo capacitivo (MAMEDE FILHO, 2017).

2.3 POTÊNCIA ATIVA, REATIVA E APARENTE

É relevante mencionar que, para entender o comportamento elétrico de um sistema, além do entendimento dos conceitos de energia ativa e reativa, é necessária a compreensão de potência ativa, reativa e aparente. A potência é uma grandeza que aponta a taxa na qual o trabalho é realizado em um determinado período de tempo (BOYLESTAD, 2012).

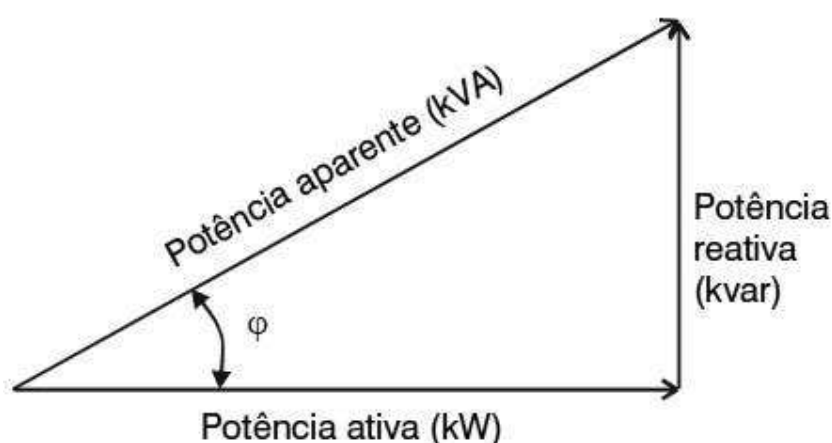
A potência ativa (P) é a parcela da potência total que é convertida em trabalho útil, como energia mecânica ou térmica, sendo medida em watts (W). A potência reativa (Q), também conhecida como potência magnetizante, é uma componente da potência total que não é convertida em trabalho útil, mas sim armazenada nas reatâncias de equipamentos elétricos, como: transformadores, motores e dispositivos magnéticos em geral. Embora não produza trabalho, ela é essencial para o funcionamento desses equipamentos e é medida em volt-ampere reativo (VAR) (SAMED, 2017).

De acordo com Cotrim (2008), a potência ativa é obtida através da divisão da energia

ativa (consumida por uma carga e medida em “kWh”) pelo intervalo de tempo que a gerou (medido em horas – “h”). Como resultante, a unidade de medida da potência ativa é o quilowatt (kW). É possível aplicar o mesmo conceito para a energia reativa (medida em “kVArh”), obtendo assim a potência reativa, medida em quilovolt-ampère-reactivo (kVAr).

A potência aparente é o resultado da soma vetorial entre P e Q, ou seja, é a potência total que flui na instalação. Sua unidade de medida é dada em quilovolt-ampère (kVA). É possível utilizar o triângulo das potências para facilitar a compreensão entre a relação das potências, conforme demonstrado na Figura 1 (COTRIM, 2008).

Figura 1 – Triângulo das potências



Fonte: Engelétrica (2011).

Em resumo, a potência ativa representa a quantidade de energia que é efetivamente convertida em trabalho útil, a potência reativa é responsável por manter o fluxo de corrente na rede e a potência aparente é a combinação dessas duas grandezas.

2.4 ASPECTOS REGULATÓRIOS DO SISTEMA ELÉTRICO

A legislação brasileira estabelece requisitos técnicos que garantem a qualidade do fornecimento de energia elétrica, além de normas de segurança e regulamentações para cada tipo de instalação. É importante estar atualizado sobre essas normas e regulamentos para evitar multas e garantir a conformidade das instalações elétricas com os padrões exigidos.

A ANEEL é responsável por regular e fiscalizar as atividades relacionadas à geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica no Brasil, conforme estabelecido pela Lei nº 9.247/1996 e pelo Decreto nº 2.335/1997. Suas atribuições incluem,

entre outras, a definição de tarifas, a concessão e permissão de serviços e a fiscalização direta ou em parceria com órgãos estaduais (ANDRADE, 2020).

Com o objetivo de regular as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica, a ANEEL desenvolveu o Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Nacional (PRODIST), que é dividido em onze módulos que abrangem as principais áreas de atuação dos agentes de distribuição (ANDRADE, 2020).

Entre os módulos que compõem o PRODIST, destaca-se o módulo 8, que aborda a temática da qualidade de energia. Neste contexto, é fundamental compreender os limites para controle do fator de potência, um aspecto crucial para garantir o bom funcionamento dos equipamentos elétricos e evitar perdas desnecessárias de energia.

2.5 QUALIDADE DE ENERGIA

A expressão “qualidade de energia” é amplamente utilizada, mas pode ter significados distintos a depender do contexto. Independentemente do ponto de vista adotado, é incontestável que ela é fundamental para o pleno desenvolvimento da sociedade. A qualidade de energia elétrica se refere à capacidade da energia elétrica ser utilizada de forma segura e eficiente pelos consumidores. Sua medição envolve parâmetros que consideram aspectos desejáveis para uma operação ser considerada adequada e confiável (ANDADRE, 2020).

Na concepção de Leão et al. (2014), a qualidade de energia elétrica refere-se ao conjunto de características relacionadas aos sinais elétricos de tensão e corrente, que garantem de forma apropriada as circunstâncias mínimas necessárias para o funcionamento seguro e com máximo desempenho de todos os elementos do sistema, sem comprometer sua vida útil.

Para garantir a qualidade da energia elétrica fornecida aos consumidores, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) estabeleceu diretrizes no PRODIST - Módulo 8, que incluem: a definição de terminologia e indicadores; caracterização dos fenômenos; estabelecimento de limites e valores de referência; metodologia de medição; e gestão de reclamações relacionadas à conformidade de tensão em regime permanente e às perturbações na forma de onda de tensão. Além de estabelecer estudos específicos de qualidade da energia elétrica para acesso aos sistemas de distribuição (ANEEL, 2021).

Segundo a ANEEL (2021), os principais parâmetros que devem ser analisados para uma boa qualidade de energia elétrica são:

- Tensão em regime permanente;
- Fator de potência;
- Harmônicos;
- Desequilíbrio de tensão;
- Flutuação de tensão;
- Variação de frequência.

Para se estimar a qualidade da energia elétrica, a ANEEL (2021) destaca a importância do uso de equipamentos que operem com amostragem digital e de um único instrumento de medição para registrar todos os parâmetros ligados à qualidade da energia fornecida. Isso permite obter leituras precisas e confiáveis, possibilitando a identificação de eventuais distúrbios no sistema elétrico e a adoção de medidas corretivas adequadas.

2.6 FATOR DE POTÊNCIA

O fator de potência é um conceito importante no estudo de sistemas elétricos, que indica a eficiência com que a energia elétrica é utilizada. Quando o fator de potência é baixo, significa que há uma grande quantidade de energia reativa circulando na rede, o que pode levar a perdas de energia, aquecimento excessivo de equipamentos e até mesmo multas por parte das concessionárias de energia elétrica.

O Fator de Potência (FP) é um indicador fundamental para a eficiência energética em instalações consumidoras. Sua adequada gestão beneficia o desempenho eletroenergético e contribui para evitar encargos expressivos nas contas de energia elétrica, já que é verificado através dos sistemas de medição das concessionárias (SILVA, 2009).

Segundo Samed (2017) o FP é a relação entre a potência ativa e a potência aparente utilizada por um dispositivo ou equipamento. Scarpin (2017) complementa que o FP é um parâmetro relevante para avaliar a eficiência da utilização da energia elétrica. Em outras palavras, se a maior parte da energia elétrica consumida é transformada em trabalho útil, tem-se um melhor aproveitamento da energia e, conseqüentemente, uma maior eficiência energética. Portanto, garantir um alto fator de potência é essencial para afirmar o uso eficaz da energia elétrica e evitar custos com multas na conta.

É importante destacar que a ANEEL (2021) enfatiza sobre a obrigatoriedade em monitorar o FP:

O controle do fator de potência deve ser efetuado por medição permanente e obrigatória, no caso de unidades consumidoras atendidas pelo Sistema de Distribuição de Média Tensão – SDMT e pelo Sistema de Distribuição de Alta Tensão – SDAT e nas conexões entre distribuidoras, observando o disposto em regulamentação (ANEEL, 2021).

Na concepção da ANEEL (2021) o cálculo do FP deve ser realizado a partir dos valores registrados das potências ativa e reativa, ou das devidas energias, utilizando as equações apropriadas (1) e (2), que são:

$$FP = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (1)$$

$$FP = \frac{EA}{\sqrt{EA^2 + ER^2}} \quad (2)$$

Sendo:

FP = fator de potência;

P = potência ativa;

Q = potência reativa;

EA = energia ativa;

ER = energia reativa.

O Decreto nº 479, de 20 de março de 1992, reforçou a obrigação tanto das concessionárias quanto dos clientes de assegurar o fator de potência o mais perto possível da unidade (1,00). E indicou ao Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) a criação de um novo limite de referência para o FP indutivo e capacitivo, assim como, critérios para o faturamento da energia reativa excessiva a esse novo limite (WEG, 2019).

Esta nova legislação estabelecida pelo DNAEE introduziu uma abordagem diferente em relação ao acordo pelo baixo fator de potência, apresentando alguns aspectos relevantes, tais como: aumento do limite mínimo do FP de 0,85 para 0,92; faturamento de energia reativa excedente; e redução do período de avaliação do FP mensal para horário, a partir de 1996, para consumidores com medição horosazonal (WEG, 2019).

Com as mudanças introduzidas, o objetivo do faturamento também sofreu alterações significativas. Ao invés de cobrar um ajuste pelo baixo fator de potência, as concessionárias

passaram a realizar o faturamento da quantidade de energia ativa que poderia ser conduzida no espaço sobrecarregado pelo consumo de reativo. É por isso que as tarifas aplicadas são de demanda e consumo de ativos, contendo ponta e fora de ponta para os consumidores sujeitos à tarifação horosazonal (WEG, 2019).

Além dos novos limites e da nova forma de mensuração, outro ponto crucial foi estabelecido pela nova legislação: no decorrer do período das 6h às 24h, o fator de potência tem de ser no mínimo 0,92 para a energia e a demanda de potência reativa indutiva fornecida. Já no período entre as 24h e as 6h, o fator de potência tem de ser de pelo menos 0,92 para a energia e a demanda de potência reativa capacitiva recebida (WEG, 2019).

Quanto à divisão, o fator de potência pode ser indutivo ou capacitivo. O FP indutivo acontece quando a instalação elétrica absorve energia reativa. Nesse caso, a corrente sempre estará atrasada em relação à tensão, o que indica que a instalação elétrica está captando energia reativa. No caso do FP capacitivo, se a carga apresenta predominância capacitiva e pequenas parcelas resistivas e/ou indutivas, pode-se considerar que o fator é capacitivo. Nesse caso, a corrente ficará adiantada em relação à tensão, apontando que a instalação elétrica está gerando energia reativa no circuito (MAMEDE FILHO, 2017).

O consumo exagerado de energia reativa pode ser desvantajoso ao sistema elétrico, tanto no caso do reativo indutivo consumido pela unidade consumidora, quanto no caso do reativo capacitivo provido pela rede aos capacitores da unidade. É importante ressaltar que, antes de investir na correção do FP de uma instalação, é fundamental identificar suas causas originais. Isso porque a solução dessas causas pode levar à correção parcial ou até mesmo total do fator de potência, sem a necessidade de investimentos adicionais (SAMEDI, 2017; CREDER, 2016).

Algumas das possíveis explicações que são capazes de levar a um baixo fator de potência em uma instalação elétrica são (COTRIM, 2008; CREDER, 2016):

- O aumento do nível de tensão acima do nominal;
- Motores de indução operando em vazio;
- Motores de indução operando superdimensionados;
- Transformadores operando em vazio ou com pequenas cargas;
- Lâmpadas de descarga;
- Grande quantidade de motores de pequena potência.

O baixo fator de potência indica uma ineficácia no uso da energia elétrica. Além do custo adicional cobrado por demanda reativa excedente, a instalação elétrica pode apresentar

diversos riscos, tais como (CELESC, 2002):

- Redução de tensão;
- Perdas de energia na instalação;
- Redução do aproveitamento da capacidade dos transformadores;
- Aquecimento dos condutores;
- Diminuição da vida útil da instalação elétrica.

A correção do fator de potência é a atividade de inserir elementos reativos para acrescer o fator de potência, aproximando-o do valor unitário. Como as cargas elétricas são comumente indutivas, esse processo envolve o acréscimo de elementos capacitivos para compensar o excesso de energia reativa consumida pela instalação (BOYLESTAD, 2012).

É importante ressaltar que o aperfeiçoamento do fator de potência é necessário principalmente por dois motivos: em primeiro lugar, há a sobretaxação na conta de energia elétrica dos consumidores que trabalham em baixo FP, uma multa imposta pelas concessionárias e que está presente nos contratos de provisão de energia. Em segundo lugar, a concessionária pode acrescentar ou liberar mais capacidade do sistema de distribuição de energia quando há um aperfeiçoamento significativo do fator de potência (SAMED, 2017).

Para realizar a correção do FP, existem alguns métodos possíveis, dentre eles, destacam-se: o aumento do consumo de energia ativa, a aplicação de máquinas síncronas e a instalação de capacitores (ANDRADE, 2020).

Na prática, o método mais comum para correção do FP é a utilização de capacitores estáticos. Estes equipamentos possuem baixo custo, dimensões reduzidas, são fáceis de instalar e trabalham permutando a energia reativa, acumulada por eles, com as cargas indutivas presentes. Dessa forma, parte ou toda a energia reativa provida pela concessionária passa a ser abastecida pelos bancos de capacitores (SILVA, 2009).

Existem vários fatores para serem considerados ao escolher a localização para a instalação dos capacitores, incluindo os circuitos na instalação, os tipos de motores presentes, e a variação de carga (ANDRADE, 2020).

Os capacitores podem ser colocados em paralelo com qualquer carga a fim de corrigir o fator de potência. Podem ser colocados tanto na entrada do sistema, para equilibrar a corrente magnetizante do supridor, quanto próximos das cargas, a fim de reduzir os prejuízos, aumentar a capacidade do sistema e aprimorar os níveis de tensão (SAMED, 2017).

As células capacitivas ou bancos de capacitores podem ser conectados de maneira fixa ou controlada, por meio de controladores e dispositivos de manobra, em configuração

semiautomática ou automática (COTRIM, 2008).

A seguir estão as peculiaridades de cada método de controle, segundo Cotrim (2008):

- Banco fixo: os capacitores são instalados junto às cargas e conectados diretamente aos barramentos. Também é possível instalá-los no primário das instalações alimentadas em média ou alta tensão.
- Banco semi-automático: neste método, os capacitores são instalados próximos às cargas e acionados pelo dispositivo de acionamento do equipamento.
- Banco automático: o objetivo é um maior controle do fornecimento de energia reativa na rede, uma vez que a injeção de energia reativa ocorre na medida em que as cargas indutivas são acionadas.

Assim, a correção do fator de potência é essencial para prolongar a vida útil das instalações, garantir um índice de eficiência aceitável e evitar multas por excedentes reativos (ANDRADE, 2020).

A correção do fator de potência carrega diversas vantagens, conforme destacado por Moura et al. (2018) e WEG (2019), tais como: redução significativa na conta de energia elétrica; redução das quedas de tensão; diminuição das perdas; liberação da capacidade dos equipamentos, tais como, geradores e transformadores; redução do efeito joule; e redução da corrente reativa na rede elétrica.

2.7 BANCO DE CAPACITORES

Os capacitores são considerados elementos reativos, pois quando submetidos à passagem de corrente elétrica através de seus eletrodos, têm a capacidade de acumular cargas elétricas e armazenar energia eletrostática. Além disso, são frequentemente empregados para corrigir o baixo fator de potência, permitindo a compensação dos reativos indutivos nas redes elétricas (ANDRADE, 2020).

Uma carga indutiva absorve potência reativa positiva, enquanto um capacitor, por outro lado, absorve potência reativa negativa. Isso significa que o capacitor atua fornecendo energia reativa para equilibrar o sistema (COTRIM, 2008).

De acordo com Monteiro (2009), ao ser conectado em paralelo com a alimentação de motores, transformadores ou outras cargas indutivas, um capacitor reduz o fluxo de energia reativa que é absorvida da rede elétrica. Dessa forma, a energia reativa requerida para excitar as bobinas dos equipamentos passa a ser fornecida pelos capacitores. Essa estratégia de

correção do fator de potência contribui para melhorar a eficiência energética do sistema.

Marchi (2019) explica que a combinação de várias "unidades capacitivas" operando em conjunto forma um "banco de capacitores". Essa composição de capacitores em um único sistema é empregada para corrigir o fator de potência e melhorar a eficiência energética de uma instalação elétrica.

2.8 MODALIDADES TARIFÁRIAS E SEUS RESPECTIVOS CONSUMIDORES

As modalidades tarifárias são um grupo de tarifas que visam regulamentar a utilização de energia elétrica e a demanda de potências ativas. Elas são estipuladas de acordo com as opções de contratação do grupo tarifário, conforme estabelecido na Resolução Normativa nº 1000/2021. Essas tarifas podem alterar de acordo com o horário de consumo, a quantidade de energia consumida, a potência contratada, entre outros fatores (ANEEL, 2021).

Os clientes de energia elétrica podem ser divididos em dois grupos: A ou B. O grupo A é composto de unidades consumidoras com abastecimento em tensão igual ou maior que 2,3 kV, ou que são atendidas por sistemas subterrâneos de distribuição em tensão menor que 2,3 kV. Este grupo se subdivide em seis subgrupos, de acordo com a tensão de abastecimento (ANEEL, 2021):

- A1: tensão de abastecimento igual ou superior a 230 kV;
- A2: entre 88 kV a 138 kV;
- A3: igual a 69 kV;
- A3a: entre 30 kV a 44 kV;
- A4: de 2,3 kV a 25 kV;
- AS: tensão de abastecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição.

As modalidades tarifárias aplicadas ao grupo A são divididas em verde e azul. A modalidade horária verde: é uma opção que apresenta tarifas diferenciadas para a utilização de energia elétrica de acordo com as horas do dia, porém, possui apenas uma tarifa de demanda de potência. Já, a horária azul, é uma opção que apresenta tarifas de consumo e demanda de potência diferenciadas de acordo com as horas de utilização do dia. Essa modalidade busca incentivar o consumo de energia elétrica em horários de menor demanda, contribuindo para a redução do consumo de energia em períodos de pico e,

consequentemente, para a melhoria da qualidade do abastecimento de energia elétrica (ANEEL, 2021).

O grupo B é composto por unidades consumidoras com abastecimento em tensão inferior a 2,3 kV, e é caracterizado por uma tarifa única, também conhecida como tarifa branca. Este grupo é subdividido nos seguintes subgrupos (ANEEL, 2021):

- B1: residencial;
- B2: rural;
- B3: demais classes;
- B4: iluminação pública.

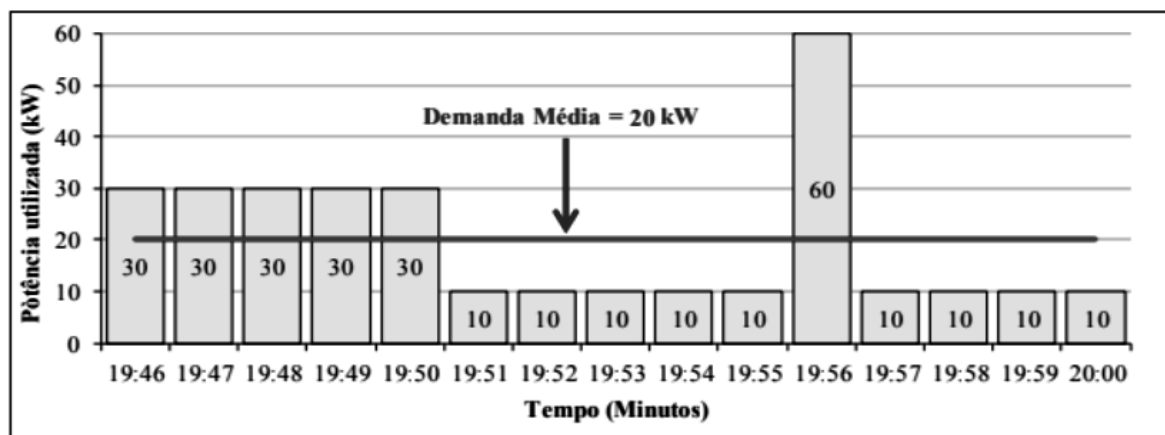
A modalidade tarifária aplicada ao grupo B é a modalidade tarifária horária branca, uma opção de tarifa diferenciada que considera as horas de utilização do dia para o consumo de energia elétrica. No entanto, essa modalidade não é aplicada para o subgrupo B4 e para as subclasses de baixa renda do grupo B1 (ANEEL, 2021).

2.9 DEMANDA

Com fundamento na Resolução Normativa nº 1.000 da ANEEL (2021), o termo “demanda” refere-se à média das potências elétricas ativas ou reativas requerida pela carga instalada em atividade na unidade consumidora ao sistema elétrico durante um espaço de tempo determinado.

Essa quantidade é expressa em unidades de quilowatts (kW) e quilovolt-ampère-reactivo (kVAr) para a potência ativa e reativa, respectivamente. O intervalo de tempo se refere ao número total de registros mensais, sendo divididos em períodos de 15 minutos, conforme exemplificado na Figura 2.

Figura 2 - Demanda média no intervalo de 15 minutos

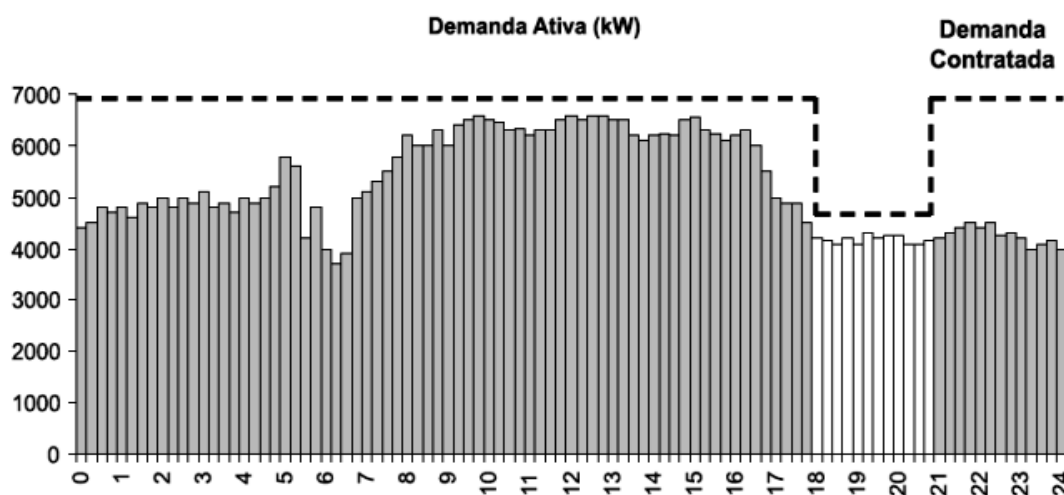


Fonte: (MARAGONI; FERREIRA; KONPATZKI, 2015 apud SANCHES, 2022).

A demanda de energia elétrica apresenta variações ao longo do dia, sendo classificada como demanda de ponta e baixa demanda. A demanda de ponta se refere ao período de tempo em que a demanda atinge seu pico máximo, enquanto a baixa demanda corresponde ao restante do dia. É importante destacar que a curva de demanda de energia elétrica varia de acordo com o perfil de uso dos equipamentos (SANCHES, 2022).

A demanda contratada se refere à quantidade de potência ativa que a distribuidora de energia elétrica se compromete a disponibilizar continuamente no ponto de entrega, de acordo com o período e o valor previsto em contrato. Essa demanda é cobrada integralmente, independentemente do consumo real durante o período de faturamento, e é expressa em quilowatts (kW), conforme ilustrado na Figura 3 (ANEEL, 2021).

Figura 3 - Demanda Contratada



Fonte: Sanches (2022).

A demanda faturável é um conceito no contexto do setor elétrico que se refere ao valor da demanda de potência ativa utilizado para fins de faturamento, aplicado à tarifa vigente, e é expressa em quilowatts (kW). Por sua vez, a demanda medida é determinada pela maior medição registrada em um intervalo de 15 minutos, conforme mencionado anteriormente, durante o período de faturamento mensal, definido na Resolução Normativa nº 1.000 da ANEEL (2021). O artigo nº 301 da mesma resolução estabelece a demanda de ultrapassagem como o valor da demanda medida que excede em 5% a demanda contratada pelo consumidor. Nesses casos, é cobrado um excedente pela ultrapassagem, além do valor do faturamento regular (ANEEL, 2021).

2.10 ANÁLISE DE INVESTIMENTOS FINANCEIROS

O investimento pode ser definido como a aplicação de ativos capazes de gerar resultados positivos a longo prazo. Por isso, a decisão de investir é considerada difícil, uma vez que todos os fatores direta e indiretamente relacionados ao projeto devem ser analisados com cuidado, já que podem influenciá-lo significativamente (SOUZA; CLEMENTE, 2008).

Segundo Casarotto Filho e Kopittke (2010), a análise de investimentos envolve uma variedade de técnicas que avaliam a viabilidade econômica e financeira de um projeto, com base em uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA), referência para a tomada de decisão.

Uma análise adequada permite ao investidor identificar, dentre as várias alternativas de alocação de capital, aquela que apresenta o melhor desempenho, isto é, que apresenta o equilíbrio ideal entre o retorno excedente esperado e o risco inerente envolvido na operação (BODIE; KANE; MARCUS, 2010).

De acordo com Sebrae (2019) a viabilidade financeira é determinada com base nas despesas e nos lucros. Essa análise permite avaliar se o investimento de tempo e dinheiro necessário para implementar um plano ou projeto é viável para os investidores. Ela fornece informações concretas sobre o potencial retorno financeiro com base nos investimentos realizados e na análise de mercado.

Para a implantação de um projeto de investimento, é imprescindível realizar uma avaliação minuciosa de todas as possibilidades e características do projeto, a fim de minimizar possíveis prejuízos decorrentes de incertezas. É fundamental conhecer os riscos mais prováveis que possam levar ao abandono ou ao fracasso do projeto (LORENZET, 2013).

Segundo Casarotto Filho e Kopittke (2010), dentre os métodos exatos para análise de investimentos, destacam-se: o Método do Valor Presente Líquido (VPL) e o Método da Taxa

Interna de Retorno (TIR). Enquanto que entre os não exatos estão: o Payback time e o Payback descontado. Dentre estes, serão utilizados na presente pesquisa, o Valor Presente Líquido, a Taxa Interna de Retorno e o Payback descontado.

2.10.1 Fluxo de Caixa

Para que a análise de investimentos seja eficaz, são necessários o planejamento e a organização das disponibilidades financeiras, representado pelo fluxo de caixa, que compreende todos os pagamentos e recebimentos de obrigações em um determinado período. É fundamental que esse plano seja realizado de maneira precisa e realista, levando em consideração não apenas as despesas e receitas previstas, mas também possíveis imprevistos que possam afetar o desempenho financeiro do projeto de investimento. A análise do fluxo de caixa permite identificar a viabilidade financeira do projeto, evitando surpresas desagradáveis ao longo de sua execução (ANDRADE, 2020).

O fluxo de caixa é um instrumento essencial para apurar a rentabilidade e a viabilidade econômica de um projeto, uma vez que se refere às entradas e saídas de dinheiro no decorrer do tempo (SAMANEZ, 2009).

2.10.2 Valor Presente Líquido (VPL)

Na concepção de Samanez (2010), o método tem como finalidade calcular, em termos de valor presente, o efeito dos eventos futuros associados à uma possibilidade de investimento, a fim de identificar alternativas que gerem mais lucros do que despesas. Portanto, deve-se buscar alternativas que apresentem VPL positivo, indicando que o projeto é viável e rentável. A equação 3 define como calcular o VPL:

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TMA)^t} \quad (3)$$

Na equação tem-se:

I = representa o investimento inicial;

$\sum$ = soma dos fluxos de caixa descontados ao período inicial, da data 1 até n;

FC = simboliza o fluxo de caixa no t-ésimo período;

TMA = é o custo do capital.

t = momento no tempo em que ocorrem os fluxos de caixa;

De acordo com Albuquerque et al. apud Minosso (2018), um projeto de investimento é considerado viável somente se seu VPL for maior ou igual a zero, indicando que os fluxos de caixa futuros descontados para o período inicial superam ou são iguais ao investimento inicial. Do contrário, se o VPL for menor do que zero, o projeto é considerado inviável.

2.10.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é um método usado para calcular o retorno financeiro de um fluxo de caixa, em relação a uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) definida pelo investidor. A TMA é baseada no retorno esperado para um investimento em um fluxo de caixa. Para calcular a TIR, é convencionado que o VPL seja igual a zero (HIRSCHFELD, 2011). O cálculo da TIR pode ser efetuado conforme a equação 4:

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} - FC_0 \quad (4)$$

Onde:

n = duração do projeto (número de períodos);

t = momento no tempo em que ocorrem os fluxos de caixa;

FC_t = fluxo de caixa no momento t ;

FC_0 = investimento inicial;

TIR = taxa interna de retorno.

De acordo com Hoji (2006), a TIR é a taxa de juros que torna o valor presente das entradas iguais ao valor presente das saídas previstas de caixa em um determinado momento no tempo. Essa taxa é usada para avaliar se o empreendimento é viável em termos de retorno esperado em um período de tempo definido pelo investidor. Em outras palavras, a TIR é uma medida da rentabilidade do investimento e é usada para determinar se ele atende às expectativas de retorno.

2.10.4 Payback Descontado

O período de recuperação do investimento (payback), representa o número de períodos necessários para que o capital investido seja recuperado. O termo descontado indica que no cálculo leva-se em consideração o valor do dinheiro no tempo. Vale ressaltar que, quanto mais próximo do final do horizonte de planejamento, maior é o risco do projeto (SOUZA; CLEMENTE, 2008).

De acordo com SAMANEZ (2009), é possível calcular o payback descontado por meio da equação 5:

$$I = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TMA)^t} \quad (5)$$

Em que:

I = representa o investimento inicial;

FC_t = é o fluxo de caixa no período t;

TMA = é o custo do capital;

$\sum$ = é o somatório dos fluxos de caixa descontados ao período inicial, da data 1 até n.

t = momento no tempo em que ocorrem os fluxos de caixa;

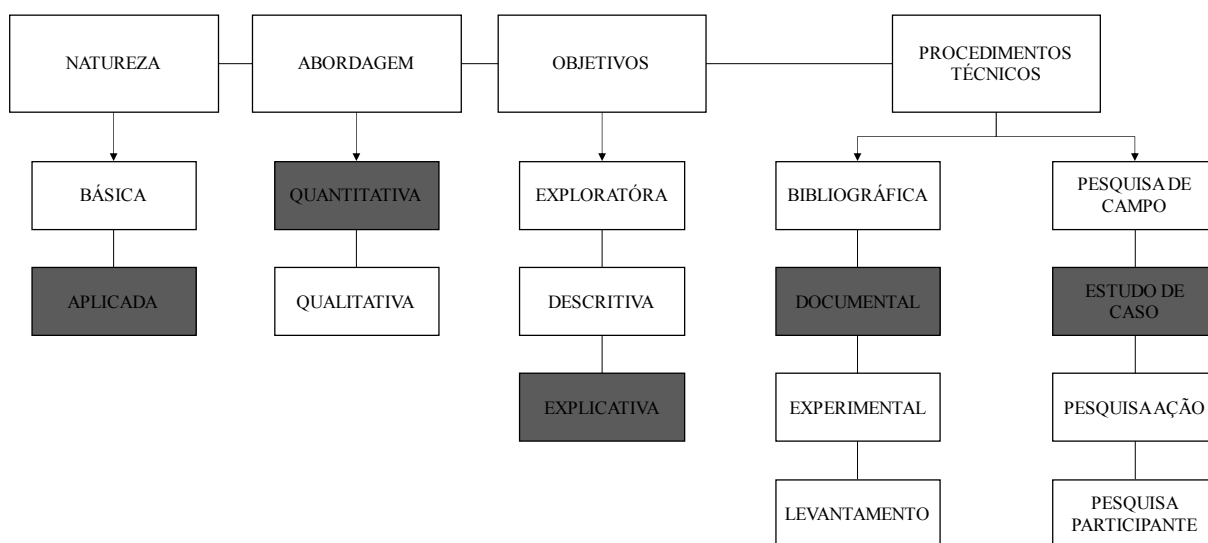
A análise do payback, em conjunto com outros índices financeiros, pode proporcionar uma compreensão mais precisa da relação entre o valor e o tempo de retorno do investimento em um projeto. Além disso, o payback pode ser calculado em diferentes períodos, como dias, meses ou anos, oferecendo flexibilidade para a análise de investimentos em diversos horizontes de tempo (LORENZET, 2013).

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA DE PESQUISA

Prodanov e Freitas (2013) definem a pesquisa como um estudo cuidadosamente planejado, em que o método de abordagem do problema desempenha um papel fundamental na caracterização do aspecto científico da investigação. O objetivo principal da pesquisa é obter respostas para questões específicas por meio da aplicação do método científico.

Gil (2009) complementa que a pesquisa é um procedimento racional e sistemático com o objetivo de fornecer respostas para os problemas propostos. Além disso, ele acrescenta que a pesquisa pode ser abordada com base em seus objetivos, procedimentos técnicos, forma de abordagem do problema e sua natureza. A classificação da presente pesquisa pode ser observada na Figura 4.

Figura 4 – Classificação da pesquisa



Fonte: Adaptação de Prodanov e Freitas (2013).

Conforme a concepção de Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa aplicada tem como objetivo a geração de conhecimentos direcionados à aplicação prática e à solução de problemas específicos. Esse tipo de pesquisa engloba verdades e interesses locais.

De acordo com sua natureza, a presente pesquisa é classificada em aplicada, porque seu objetivo é adquirir conhecimento para a solução de dois problemas: a eliminação das multas causadas por baixo fator de potência e uma adequação na demanda das unidades 1 e 2 para a redução dos valores gastos com ultrapassagem de demanda.

Com relação à abordagem do problema, trata-se de uma pesquisa quantitativa, visto

que são trabalhados dados numéricos manipulados por meio de cálculos para responder ao problema da pesquisa. Para Gil (2009) a análise quantitativa é definida como um processo que tem uma sequência de atividades, que envolve a manipulação dos dados, a categorização desses dados, sua interpretação e a redação do relatório.

Com base nos objetivos estabelecidos, esta pesquisa é classificada como explicativa, uma vez que utiliza o método ex-post-facto para avaliar as consequências de um fenômeno que já ocorreu. No caso deste estudo, o fenômeno em questão refere-se às multas constantes presentes nas contas de energia.

De acordo com a perspectiva de Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa explicativa permite um maior aprofundamento do conhecimento da realidade, pois busca explicar a razão e o porquê das coisas. Analisa situações que ocorreram após um determinado acontecimento.

Quanto aos procedimentos técnicos, esta é classificada como documental e estudo de caso. Isto devido ao fato de os dados terem sido coletados do histórico das contas de energia para análise dos valores gastos com demanda e multas por consumo de energia reativa.

Conforme Mazucato (2018) a pesquisa documental consiste no manuseio de documentos, como: artefatos, materiais ou subsídios históricos, institucionais, associativos, públicos, privados, oficiais ou extraoficiais.

Para Pereira (2018) um estudo de caso é uma descrição e análise, a mais detalhada possível de algum caso que apresente alguma particularidade que o torna especial.

Segundo Gil (2009) e Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa documental envolve a classificação de documentos em duas categorias: fontes de primeira mão e fontes de segunda mão. Os documentos de primeira mão são aqueles que não passaram por nenhum tipo de análise ou interpretação, enquanto os de segunda mão são aqueles que foram analisados de alguma forma anteriormente. No contexto deste trabalho, os dados coletados para embasar a pesquisa são fontes de segunda mão.

3.1 DESCRIÇÃO DA ORGANIZAÇÃO

A empresa estudada está localizada em Senador Canedo - GO, e atua no mercado de armazenamento e distribuição de combustíveis, incluindo gasolina, diesel S-10, S-500 e etanol hidratado. Desde 2001, a empresa tem se dedicado à alcançar resultados impactantes, com ênfase na inovação, segurança e sustentabilidade.

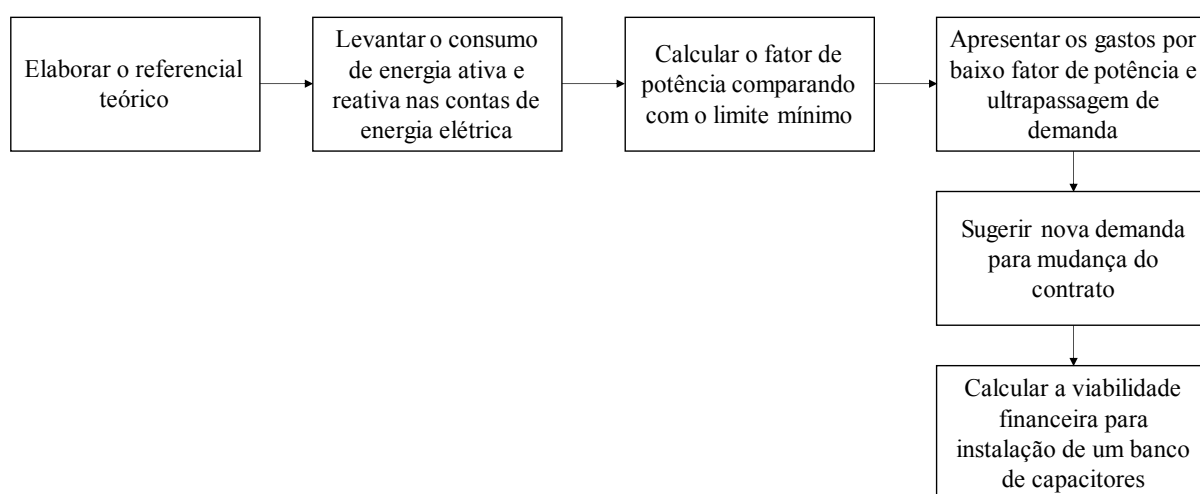
Ela é composta por 16 grupos empresariais distribuídos por todo o território nacional. A empresa é responsável por aproximadamente 20% do volume de movimentação em Goiás.

Suas operações ocorrem das 05 horas e 30 minutos às 22 horas, contando com uma equipe de 60 funcionários, incluindo 30 terceirizados.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Para o desenvolvimento da pesquisa buscando alcançar o objetivo proposto, foi elaborado um fluxo com as etapas a serem seguidas.

Figura 5 – Etapas para o desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Autor (2023).

As etapas apresentadas na Figura 2 são descritas detalhadamente na sequência:

- Elaborar o referencial teórico:

Foi realizada uma revisão bibliográfica com os assuntos norteadores da pesquisa, que são Energia Elétrica Ativa e Reativa, Energia Reativa Indutiva e Capacitiva, Potência Ativa, Reativa e Aparente, Fator de Potência, Banco de Capacitores, Demanda de Energia, Métodos de Análise de Investimentos (VPL, TIR e Payback descontado). O embasamento teórico foi oriundo de referência nacional por meio de artigos, livros, leis e sites de agências do governo.

- Levantar o consumo de energia ativa e reativa nas contas de energia elétrica:

Este levantamento foi coletado das contas de energia, onde separou-se o consumo de energia ativa (medida em kWh), do consumo de energia reativa (kVarh) para todos os meses no período de 2019 a 2022, em cada uma das duas unidades consumidoras existentes na Base de Combustíveis em estudo.

Dessa forma, obteve um panorama completo do consumo de energia ativa e reativa para cada unidade ao longo do período analisado. Com tais informações, foi possível identificar padrões de consumo e efetuar comparações.

- Calcular o fator de potência comparando com o limite mínimo:

Este cálculo foi feito para cada mês do período avaliado utilizando os dados levantados no tópico anterior. Os resultados foram comparados com o valor mínimo de 0,92 indicado pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) e expressos através de gráficos.

- Apresentar os gastos por baixo fator de potência e ultrapassagem de demanda:

Os dados de gastos por esses dois fatores foram levantados nas contas de energia elétrica, evidenciados através de Ultrapassagem de Demanda e Unidade para Faturamento da Energia Reativa Excedente (UFER). Esses gastos foram apresentados em forma de gráfico.

O gráfico para o fator de potência comparou o FP aferido e o valor de UFER cobrado na conta de energia. Para a demanda, graficamente comparou-se a demanda contratada com a medida em cada mês do período avaliado.

- Sugerir nova demanda para mudança do contrato:

A análise foi feita com base na média do histórico de consumo dos últimos 12 meses em cada unidade consumidora, através disso propôs-se uma nova demanda para adequar o sistema. Essa análise foi apresentada através de gráfico comparando a demanda medida mês a mês do ano de 2022 com a demanda contratada de cada unidade consumidora. Além disso, a demanda sugerida foi confrontada com a demanda registrada até agosto de 2023, destacando as economias potenciais resultantes da revisão contratual.

- Calcular a viabilidade financeira para instalação de um banco de capacitores:

A análise da viabilidade foi realizada através do cálculo do Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Payback Descontado. A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) ou custo de capital utilizada foi a taxa Selic, pois de acordo com o Banco Central do Brasil (2023) a Selic é a taxa básica de juros da economia brasileira e desempenha um papel fundamental como instrumento de política monetária utilizado pelo Banco Central (BC) para controlar a inflação. Sua influência se estende à todas as taxas de juros no país, abrangendo empréstimos, financiamentos e aplicações financeiras.

3.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O presente trabalho tem como objeto de estudo um condomínio de distribuidoras de combustíveis, situado na cidade de Senador Canedo/GO. Este condomínio tem três unidades consumidoras de energia, porém, neste estudo, serão analisadas apenas as duas unidades que consomem mais energia, sendo elas: unidade 1 e unidade 2.

Nas quais, serão analisadas um universo de 96 contas de energia entre os períodos de 2019 a 2022 para compor a pesquisa. Partindo desse pressuposto, esta pesquisa está delimitada ao estudo dos gastos com UFER e ultrapassagem de demanda listados nas contas de energia.

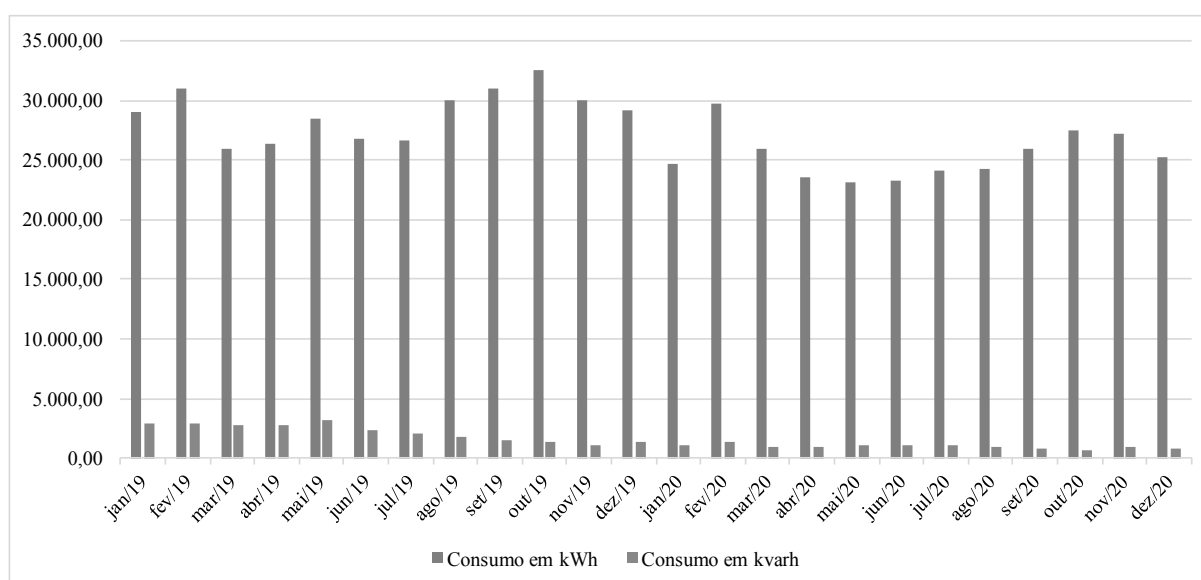
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE DAS FATURAS DE ENERGIA ELÉTRICA

As faturas de energia elétrica para a análise do estudo abrangem os ciclos de faturamento entre os meses de janeiro de 2019 a dezembro de 2022, nas duas unidades da empresa em estudo. Pode-se destacar que a análise dessas faturas é de extrema relevância para o levantamento dos consumos de energia ativa (kWh), e reativa (kvarh), assim como, dos valores que vem sendo cobrados pela concessionária.

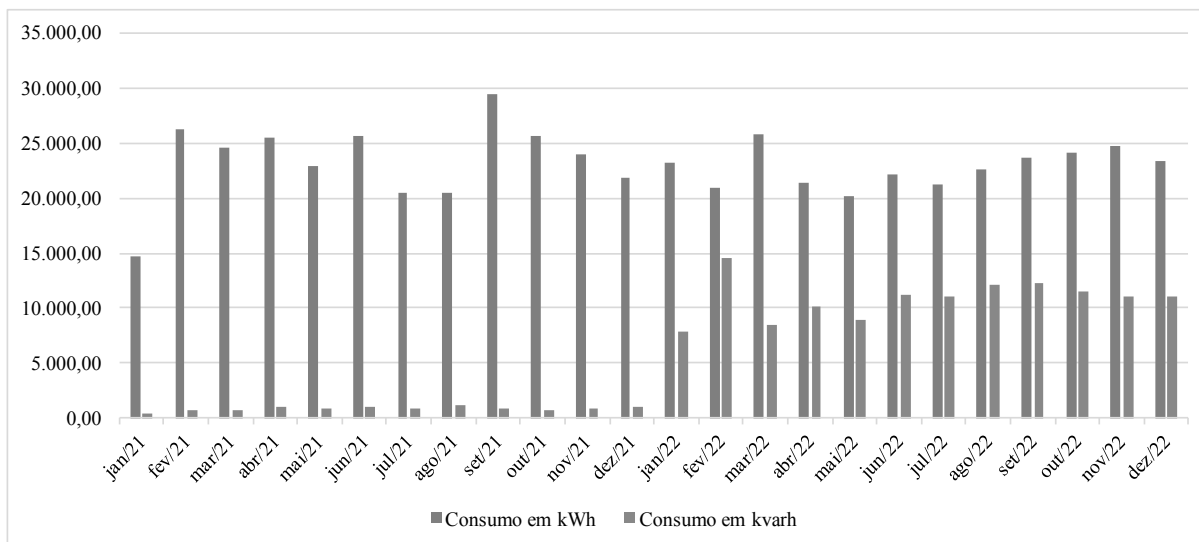
Os Gráficos de 1 a 4 apresentam os consumos nestas duas categorias de energia.

Gráfico 1 – Histórico de consumo de energia ativa e reativa – Unidade 1 - 2019 a 2020



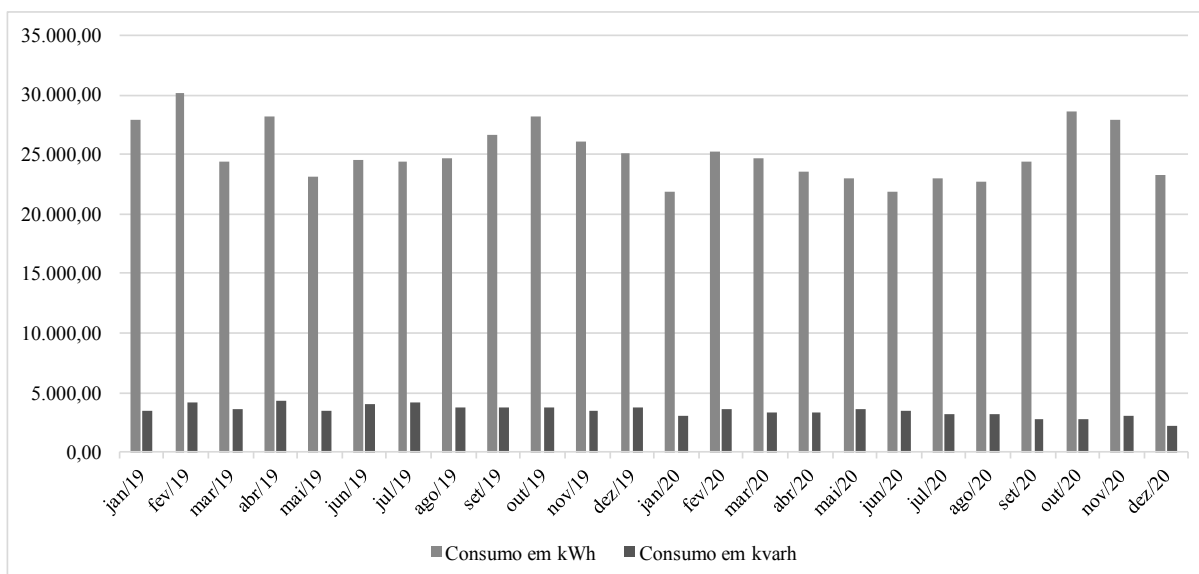
Fonte: Autor (2023)

No período compreendido entre 2019 e 2020, a Unidade 1 registrou um baixo consumo de energia reativa. Isso se deve ao fato de que o processo de carregamento e descarga de combustível era realizado de forma totalmente manual, resultando em uma configuração com poucos equipamentos que demandavam um elevado consumo de energia reativa.

Gráfico 2 – Histórico de consumo de energia ativa e reativa – Unidade 1 - 2021 a 2022

Fonte: Autor (2023).

No gráfico 2, é claramente observado um incremento no consumo de energia reativa na Unidade 1. Esse aumento ocorreu em 2022, quando a empresa transitou para uma operação totalmente automatizada. A elevação no consumo está associada ao acréscimo no número de motores elétricos na instalação, bem como à incorporação de equipamentos destinados à automação dos processos de carregamento e descarga de caminhões-tanque.

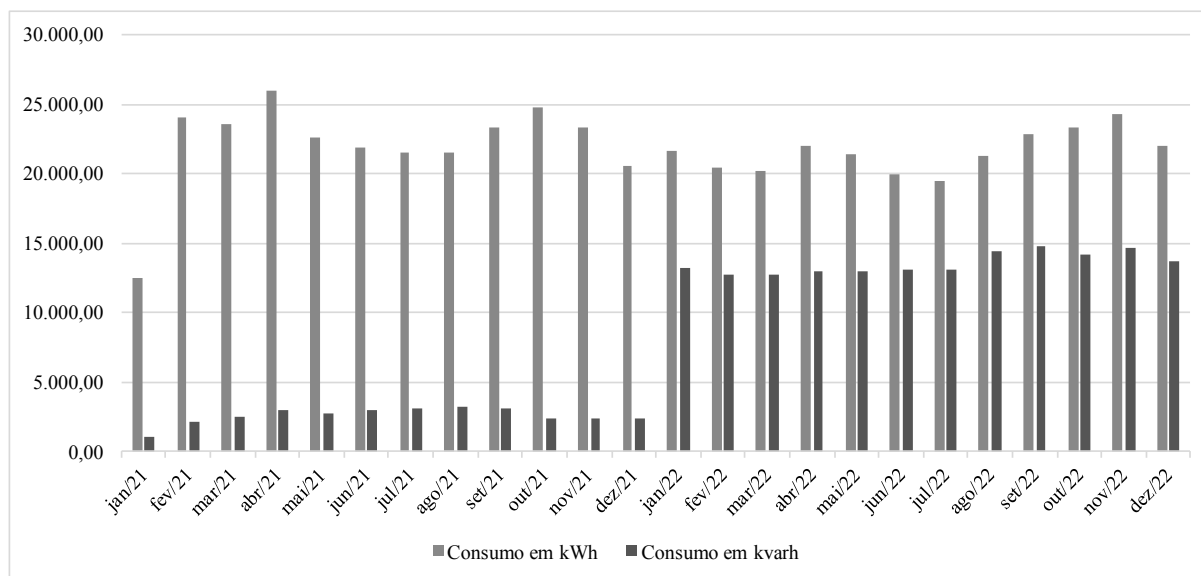
Gráfico 3 – Histórico de consumo de energia ativa e reativa – Unidade 2 - 2019 a 2020

Fonte: Autor (2023).

Na Unidade 2, nos anos de 2019 e 2020, o consumo de energia reativa apresenta uma

tendência linear. Isso se deve ao fato de que os motores responsáveis pelo funcionamento dos processos de carregamento e descarga estavam conectados a essa unidade consumidora.

Gráfico 4 – Histórico de consumo de energia ativa e reativa – Unidade 2 - 2021 a 2022



Fonte: Autor (2023).

Com base no Gráficos 4, é possível perceber que existe um aumento do consumo de reativo excedente no período de janeiro a dezembro de 2022 na unidade 2. Esse aumento pode ter sido ocasionado pela automatização do processo de carga e descarga de combustível, com a instalação de novos equipamentos.

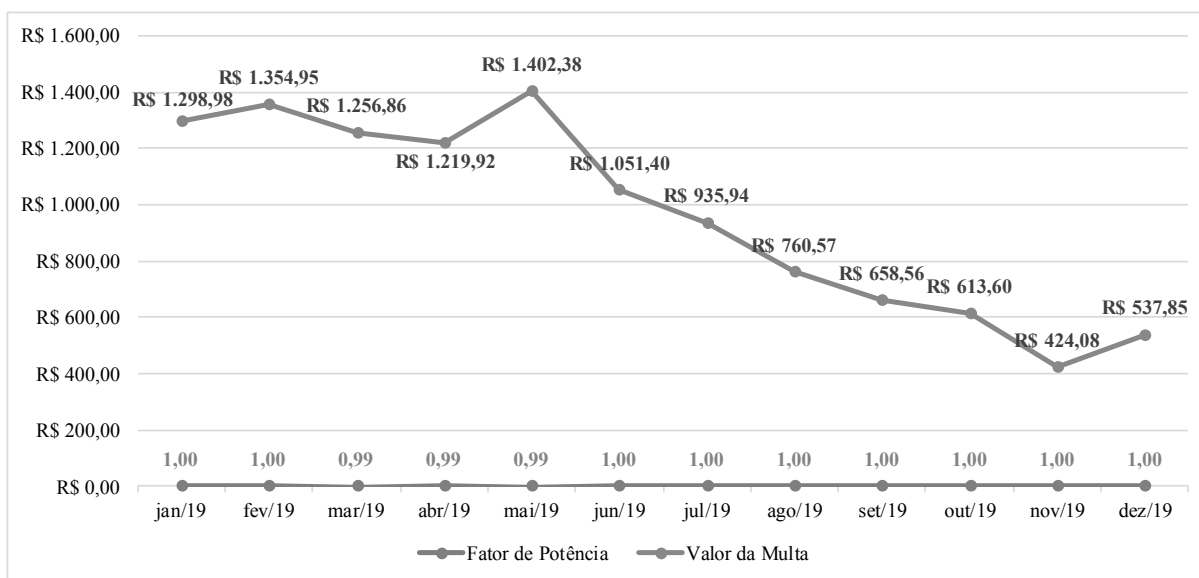
A inclusão de novos equipamentos elétricos demanda mais energia reativa, já que dispositivos como motores, transformadores e eletrônicos de comutação necessitam dessa energia para operar eficientemente, devido às características de bobinas e capacitores que armazenam e liberam energia reativa.

Essa necessidade de energia reativa surge ao adicionar equipamentos para equilibrar a carga elétrica e manter a qualidade da energia. Contudo, a adição contínua de equipamentos com requisitos de energia reativa pode gerar efeitos em cascata, elevando a demanda e potencialmente causando problemas de qualidade de energia e sobrecarga na distribuição elétrica. Portanto, é crucial considerar com cuidado os requisitos de energia reativa ao introduzir novos equipamentos para garantir a estabilidade do sistema elétrico.

Nesse contexto, foram calculados os fatores de potência para o período de 2019 a 2022, utilizando a fórmula: $FP = \frac{EA}{\sqrt{EA^2 + ER^2}}$ (ANEEL, 2021). Nos Gráficos de 5 a 12, são

apresentados os resultados obtidos, em que se padronizou apresentar os resultados iguais ou superiores ao limite mínimo na cor verde, enquanto os resultados abaixo desse limite são apresentados em vermelho.

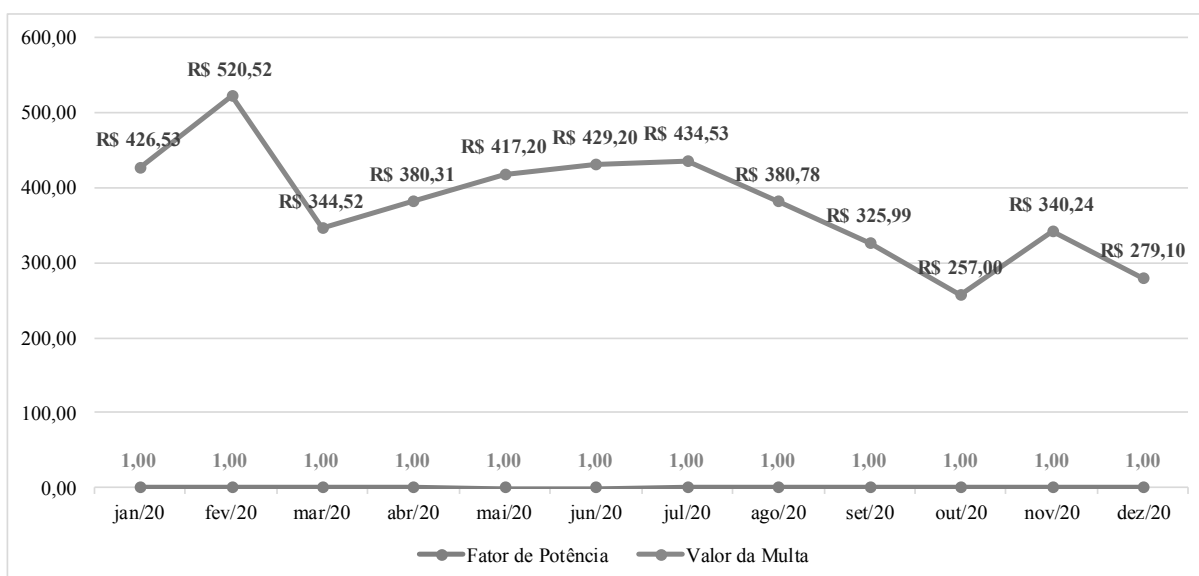
Gráfico 5 – Histórico do fator de potência x cobrança – Unidade 1 - 2019



Fonte: Autor (2023).

Em 2019, na Unidade 1, é notável que, apesar de apresentar um fator de potência positivo, foram aplicadas multas devido ao baixo FP, variando entre R\$424,08 e R\$1.402,38.

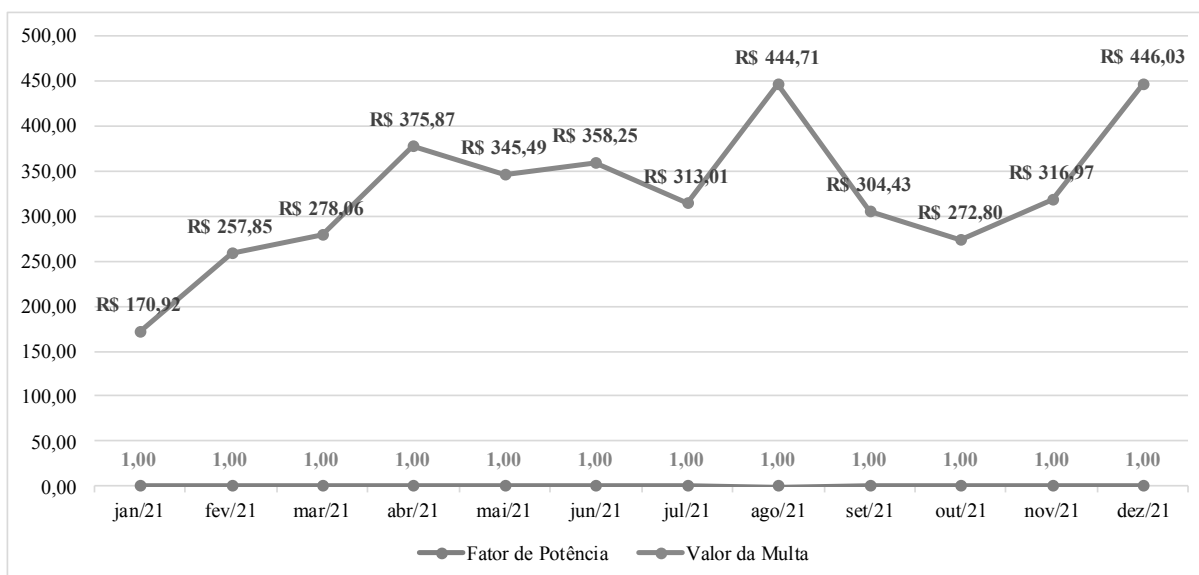
Gráfico 6 – Histórico do fator de potência x cobrança – Unidade 1 - 2020



Fonte: Autor (2023).

Assim como em 2019, no ano de 2020, apesar do fator de potência estar dentro dos limites estabelecidos pela ANEEL e DNAEE, foram aplicadas multas devido ao baixo FP, oscilando entre R\$257,00 e R\$520,52.

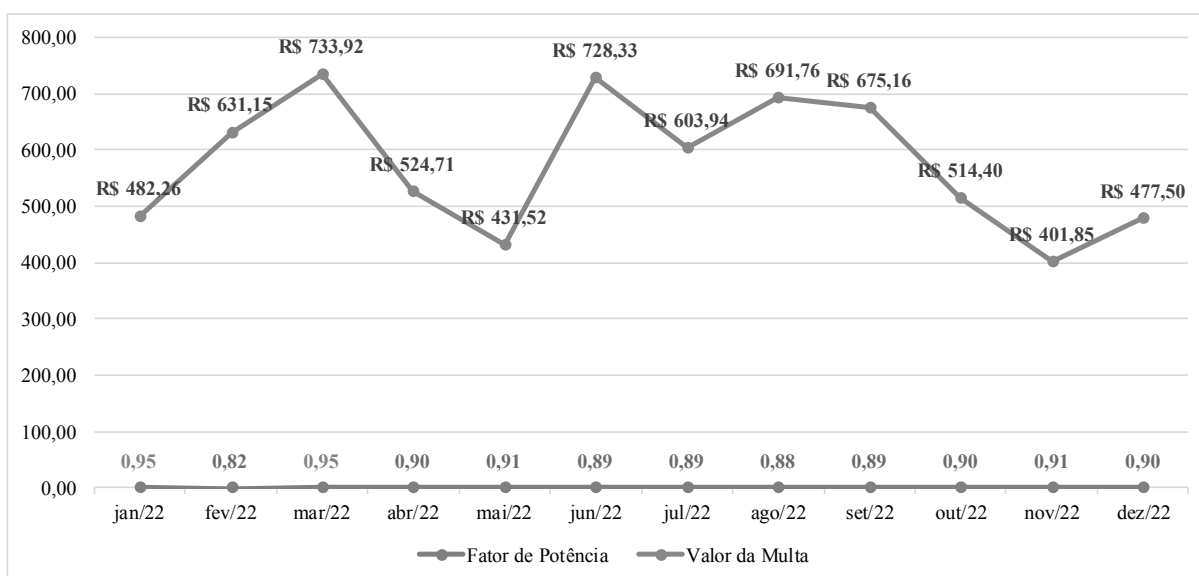
Gráfico 7 – Histórico do fator de potência x cobrança – Unidade 1 - 2021



Fonte: Autor (2023).

No ano de 2021, as multas variaram de R\$170,92 a R\$446,03, mesmo com a unidade mantendo um fator de potência de 1, considerado o valor ideal pela ANEEL.

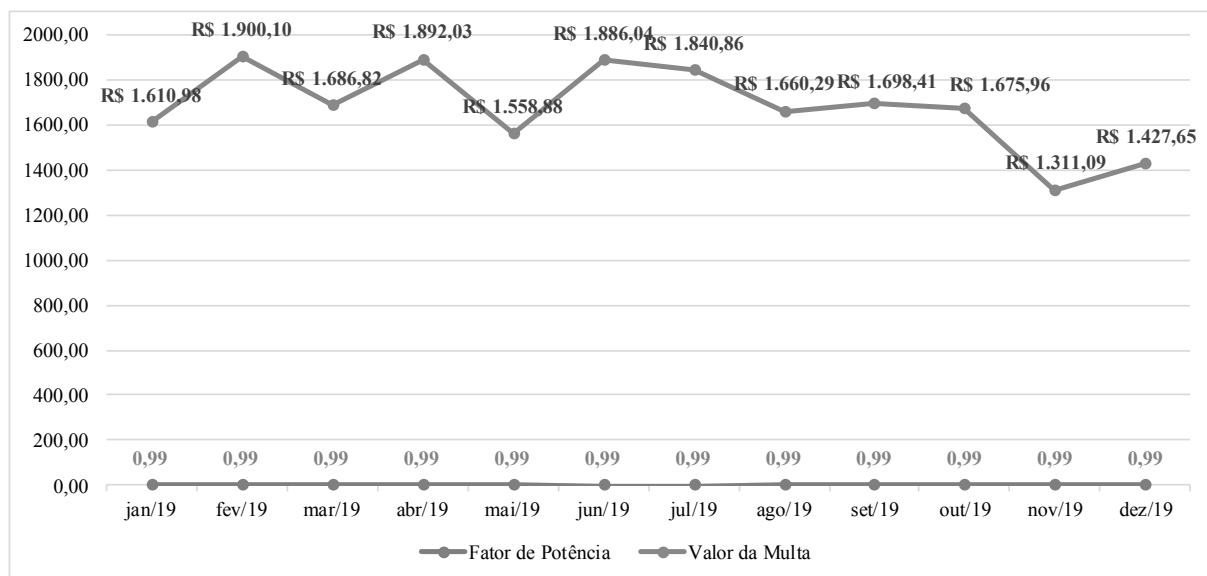
Gráfico 8 – Histórico do fator de potência x cobrança – Unidade 1 – 2022



Fonte: Autor (2023).

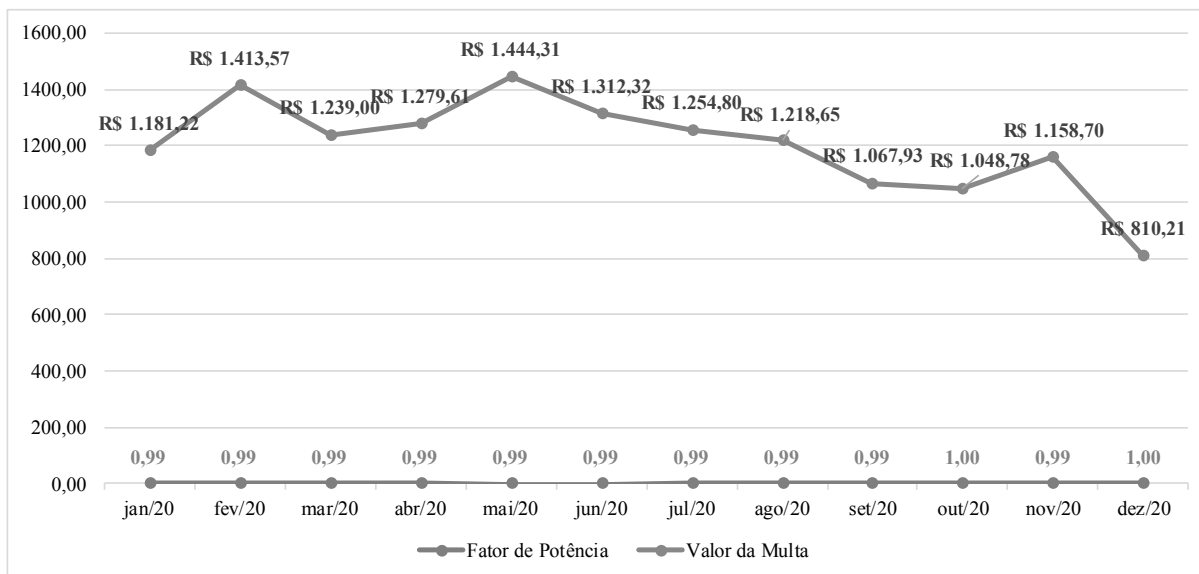
No ano de 2022, na Unidade 1, ocorreram alguns meses em que o fator de potência ficou abaixo do limite mínimo de 0,92, justificando a aplicação de multas. Mesmo com dois meses registrando índices superiores ao limite, as multas persistiram, oscilando entre R\$401,85 e R\$733,92.

Gráfico 9 – Histórico do fator de potência x cobrança – Unidade 2 – 2019



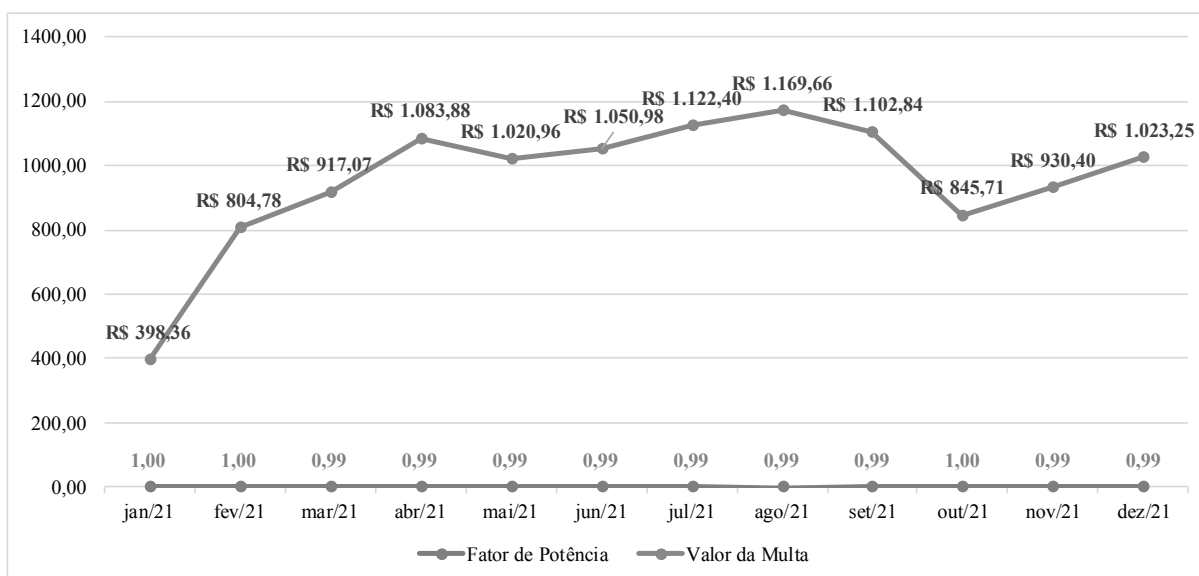
Fonte: Autor (2023).

Na Unidade 2, no ano de 2019, é evidente que os valores das multas são superiores aos da Unidade 1, variando de R\$1.311,09 a R\$1.900,10. Mesmo com o fator de potência acima de 0,92, a multa é aplicada da mesma forma que na Unidade 1.

Gráfico 10 – Histórico do fator de potência x cobrança – Unidade 2 – 2020

Fonte: Autor (2023).

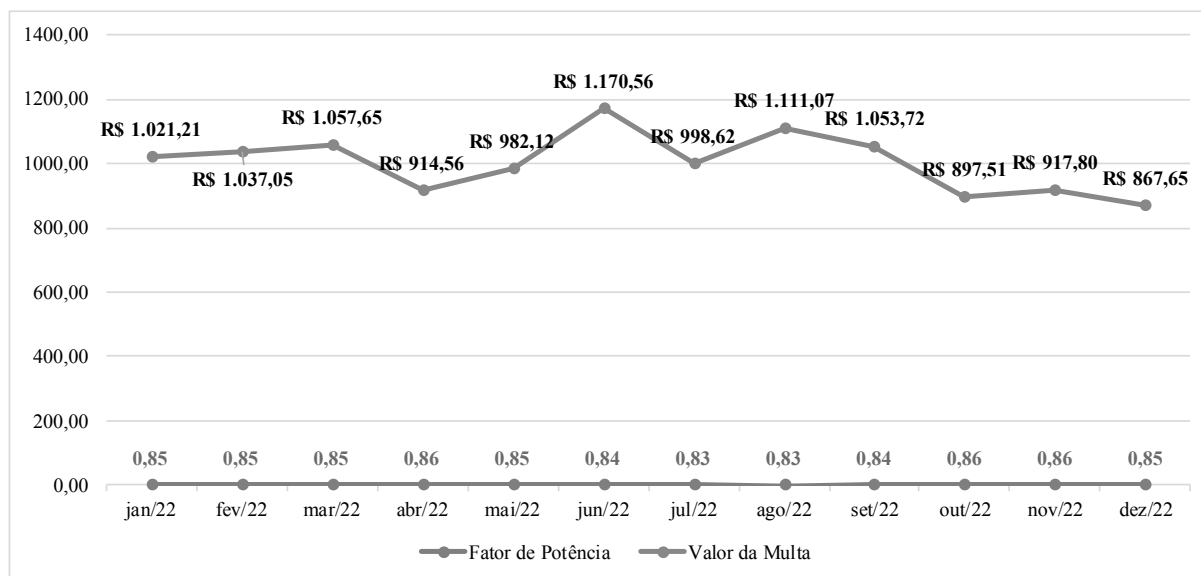
Em 2020, os valores das multas na Unidade 2 variaram entre R\$810,21 e R\$1.444,31. Os montantes mais elevados na Unidade 2 são atribuídos à presença da maioria dos equipamentos nessa instalação. Contudo, vale destacar que esses valores não deveriam ser cobrados, uma vez que o fator de potência está acima do limite de 0,92.

Gráfico 11 – Histórico do fator de potência x cobrança – Unidade 2 – 2021

Fonte: Autor (2023).

No ano de 2021, que marcou a transição do modo manual para a automatização, as multas na Unidade variaram de R\$398,36 a R\$1.169,66.

Gráfico 12 – Histórico do fator de potência x cobrança – Unidade 2 – 2022



Fonte: Autor (2023).

No ano em que a parte operacional da empresa alcançou 100% de automação, o fator de potência na Unidade 2 permaneceu abaixo do limite mínimo durante todo o ano de 2022, justificando as multas cobradas pela concessionária, as quais variaram entre R\$867,65 e R\$1.170,56.

Ao analisar os resultados apresentados, observou-se que, na maioria dos meses, o fator de potência foi igual ou superior a 0,92. Apesar dessa alta média de fator de potência, ainda houve cobranças de Unidade para Faturamento da Energia Reativa Excedente (UFER).

Esta questão do fator de potência frequentemente suscita dúvidas entre os consumidores, pois muitos erroneamente acreditam que, se mantiverem uma média mensal acima de 0,92, não sofrerão penalizações devido a um baixo fator de potência. No entanto, a realidade é diferente, como evidenciado pelos Gráficos de 5 a 12. Neles, são visíveis que os valores de fator de potência exibidos em verde atendem aos padrões desejados, ou seja, são superiores a 0,92. Apesar disso, ainda ocorrem cobranças por excesso de reativo nos meses correspondentes.

Ao examinar a situação em questão, torna-se claro que a concessionária não tem o hábito de esclarecer de maneira abrangente aos seus consumidores os procedimentos de

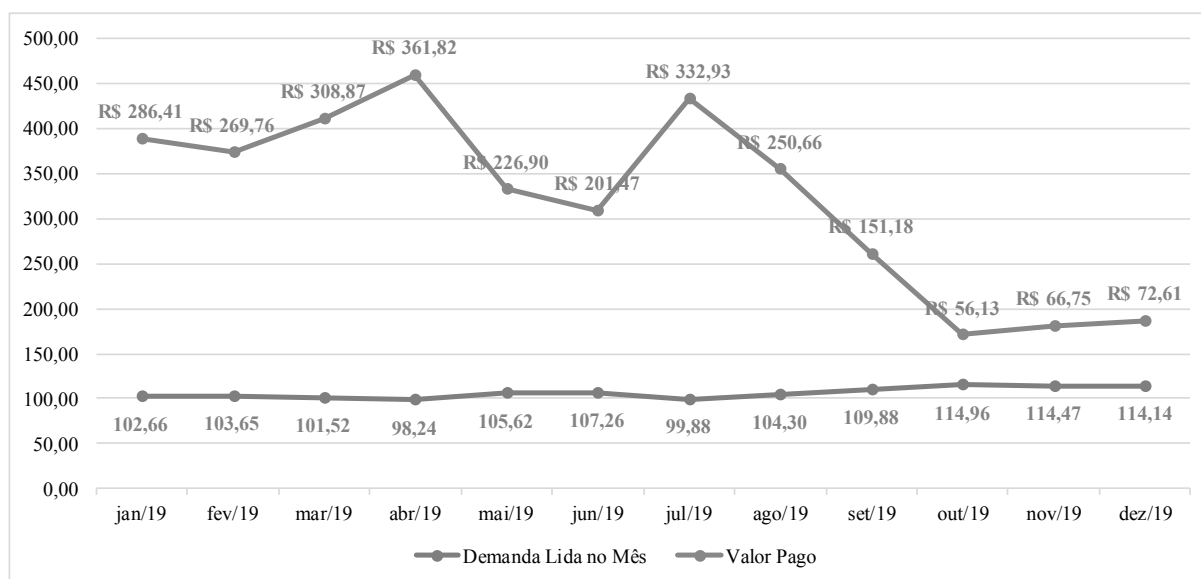
cálculo e os critérios usados para a cobrança de UFER proveniente do seu baixo fator.

Continuando a análise das faturas de energia, será apresentado graficamente as multas e as demandas registradas pela concessionária nas unidades consumidoras localizadas na área de estudo. Na unidade 1, a demanda contratada é de 118 kW, com um contrato que permite uma tolerância de 5% antes da aplicação de multas por excedente. Portanto, o limite máximo de utilização permitido é de 123,5 kW, dentro da faixa de tarifação normal. Na unidade 2, a demanda contratada é de 90 kW, com uma tolerância de 5% do contrato, o que eleva o limite máximo de utilização para 94,5 kW, ainda dentro da faixa de tarifação normal.

Para facilitar a compreensão das análises, utilizou-se um código de cores semelhante ao adotado para a comparação entre o fator de potência calculado e o limite mínimo estabelecido pelo DNAEE.

Assim, quando a demanda medida pela concessionária estiver abaixo da demanda contratada, será representada em verde. Se estiver entre a demanda contratada e o limite máximo, o valor será apresentado como R\$0,00, indicando que a utilização foi tarifada normalmente. Por outro lado, quando a demanda ultrapassar o limite máximo estabelecido para cada unidade, o valor será destacado em vermelho, sinalizando a incidência de multa por excedente. Neste caso, o valor cobrado é o dobro da tarifa padrão, conforme ilustrado nos Gráficos de 13 a 20. Esta delimitação de faixas limítrofes foi utilizada para facilitar a identificação dos períodos em que ocorreram ultrapassagens de demanda.

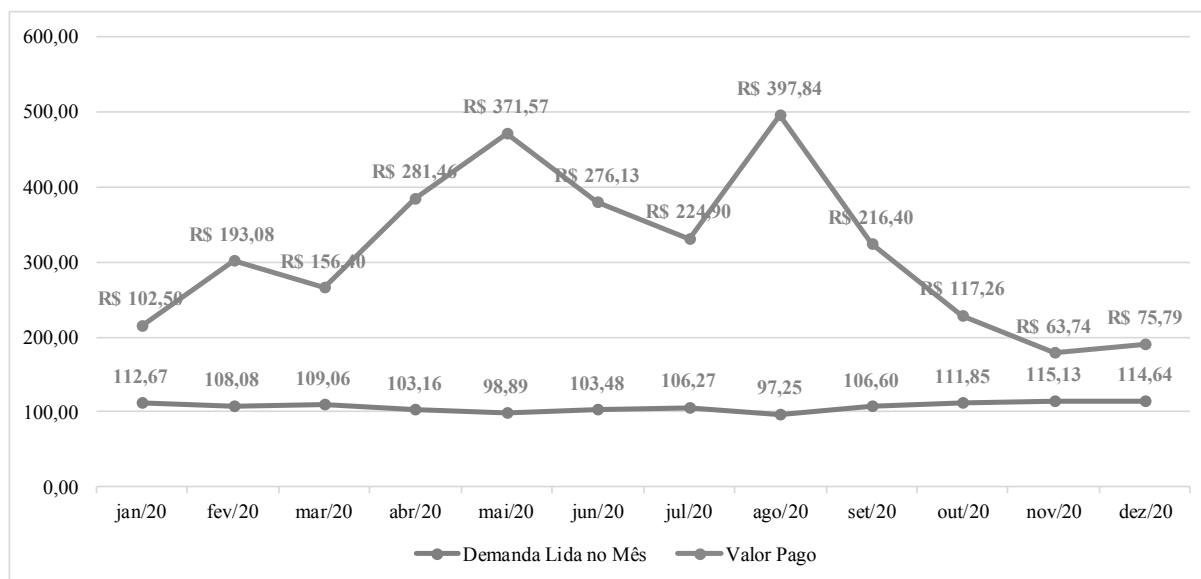
Gráfico 13 – Demanda lida x valor pago – Unidade 1 – 2019



Fonte: Autor (2023).

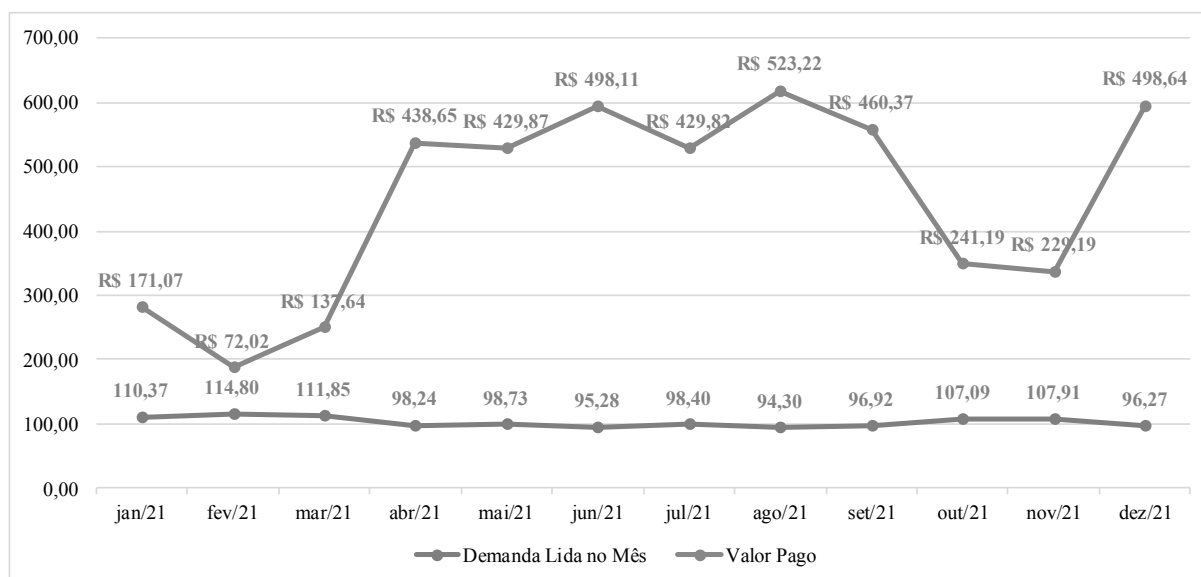
Conforme evidenciado no Gráfico 13, a Unidade 1 incorre em custos mesmo quando não utiliza completamente sua demanda contratada. Isso ocorre porque, ao estabelecer um contrato para 118 kW, a empresa é obrigada a pagar pelo montante estipulado, mesmo quando o consumo real se mantém abaixo desse valor.

Gráfico 14 – Demanda lida x valor pago – Unidade 1 – 2020



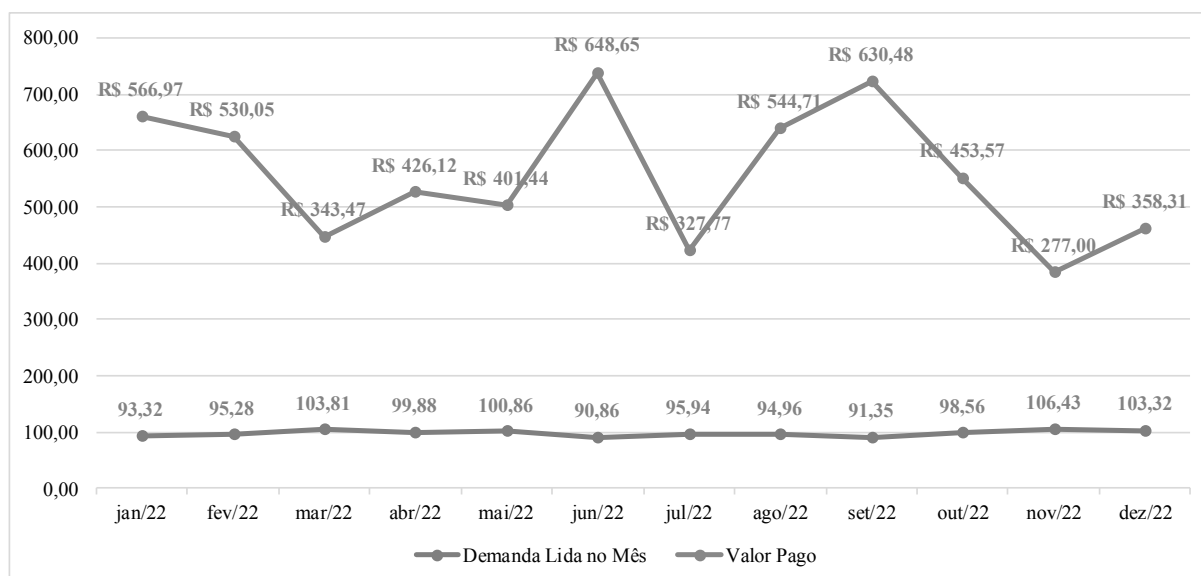
Fonte: Autor (2023).

No ano de 2020, observa-se um padrão semelhante ao ocorrido em 2019, no qual a empresa efetua o pagamento com base no contrato, embora o consumo real seja consistentemente inferior ao estipulado.

Gráfico 15 – Demanda lida x valor pago – Unidade 1 – 2021

Fonte: Autor (2023).

O padrão se mantém consistente em relação aos anos anteriores, com uma variação de valores que oscila entre R\$72,02 e R\$523,22.

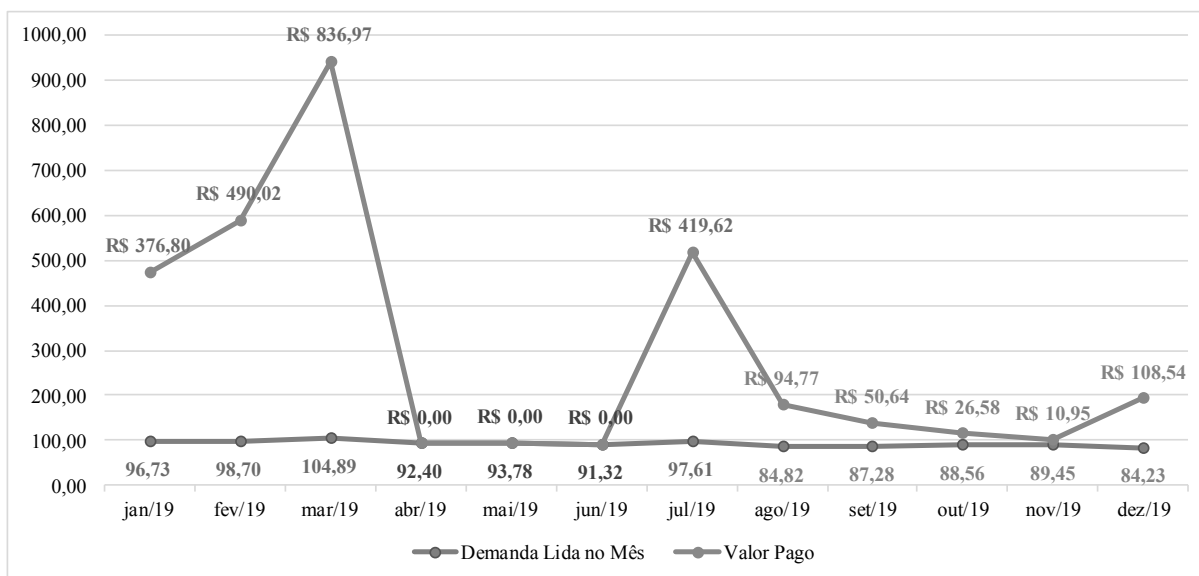
Gráfico 16 – Demanda lida x valor pago – Unidade 1 – 2022

Fonte: Autor (2023).

No ano de 2022, os valores apresentaram consideráveis flutuações ao longo do ano, oscilando entre R\$277,00 e R\$648,65. É relevante notar que esses montantes foram pagos sem que houvesse uma utilização total do contrato.

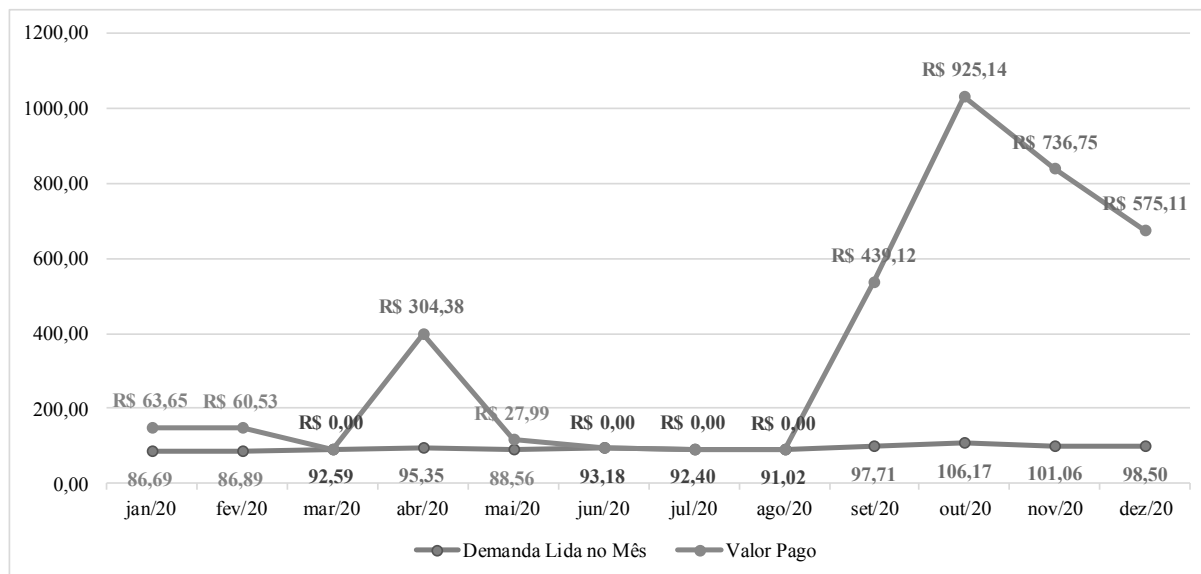
Com base nos gráficos, evidencia-se que durante o período de 2019 a 2022, a unidade 1 não enfrentou nenhuma multa devido à ultrapassagem de demanda. No entanto, os valores pagos sem que a demanda contratada fosse totalmente utilizada totalizaram R\$14.700,89 ao longo desse período.

Gráfico 17 – Demanda lida x valor pago – Unidade 2 – 2019



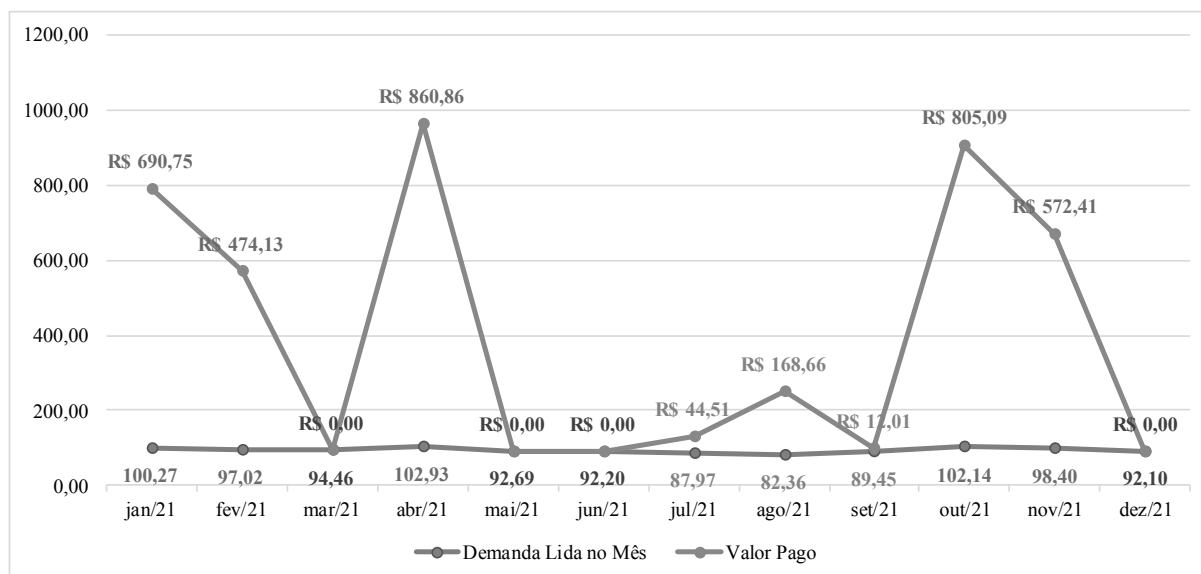
Fonte: Autor (2023).

Na Unidade 2, observa-se uma dinâmica oposta à Unidade 1, caracterizada por um significativo número de pagamentos com penalidades por ultrapassagem de demanda. Essas multas variam entre R\$376,80 e R\$836,97, sendo notável que em três meses o consumo ficou situado entre o contratado de 90 kW e a tolerância de 94,5 kW.

Gráfico 18 – Demanda lida x valor pago – Unidade 2 – 2020

Fonte: Autor (2023).

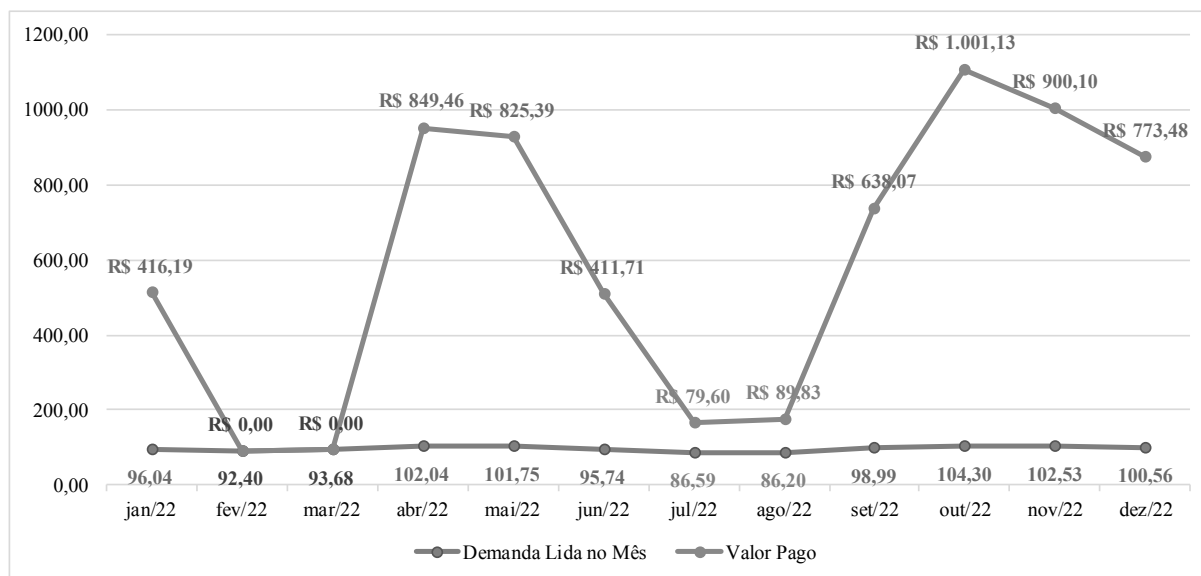
Em 2020, os gastos com multas por ultrapassagem de demanda na unidade variaram de R\$304,38 a R\$925,14. Notavelmente, a unidade registrou ultrapassagens da demanda contratada durante cinco meses ao longo do ano, que resultaram em um montante de R\$2.980,50.

Gráfico 19 – Demanda lida x valor pago – Unidade 2 – 2021

Fonte: Autor (2023).

No ano de 2021, os gastos referentes a multas por ultrapassagem de demanda totalizaram R\$3.403,24, apresentando uma variação entre R\$474,13 e R\$860,86.

Gráfico 20 – Demanda lida x valor pago – Unidade 2 – 2022



Fonte: Autor (2023).

Em 2022, com a completa automatização do processo e a incorporação de novos equipamentos, houve um aumento na demanda consumida pela unidade. Contudo, a empresa deixou de revisar o contrato para ajustá-lo ao processo automatizado, resultando em despesas de R\$12.816,53 em multas.

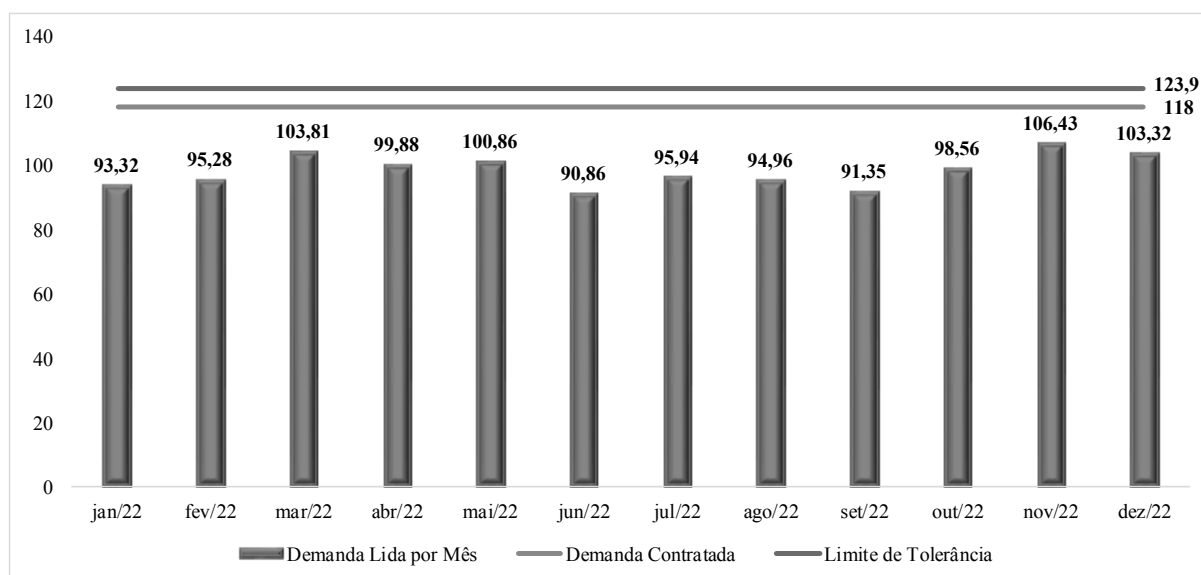
No caso da unidade 2, observa-se que houveram várias ocorrências de ultrapassagem de demanda, resultando em um montante total de multas no valor de R\$14.322,68. No entanto, é importante destacar que em determinados períodos, a unidade não utilizou totalmente a sua demanda contratada, o que resultou em valores pagos de R\$838,26 por demanda não utilizada.

Essas informações ressaltam a importância de gerenciar eficientemente a demanda de energia, equilibrando o uso da capacidade contratada para evitar penalidades por excesso e, ao mesmo tempo, garantindo que os recursos contratados sejam utilizados de forma eficiente, contribuindo para um uso mais econômico e sustentável da energia. Essa análise pode ser muito útil para melhorar a gestão energética e os contratos das unidades consumidoras, buscando um equilíbrio entre atender às necessidades operacionais e reduzir custos adicionais.

4.2 SUGESTÃO DE NOVA DEMANDA

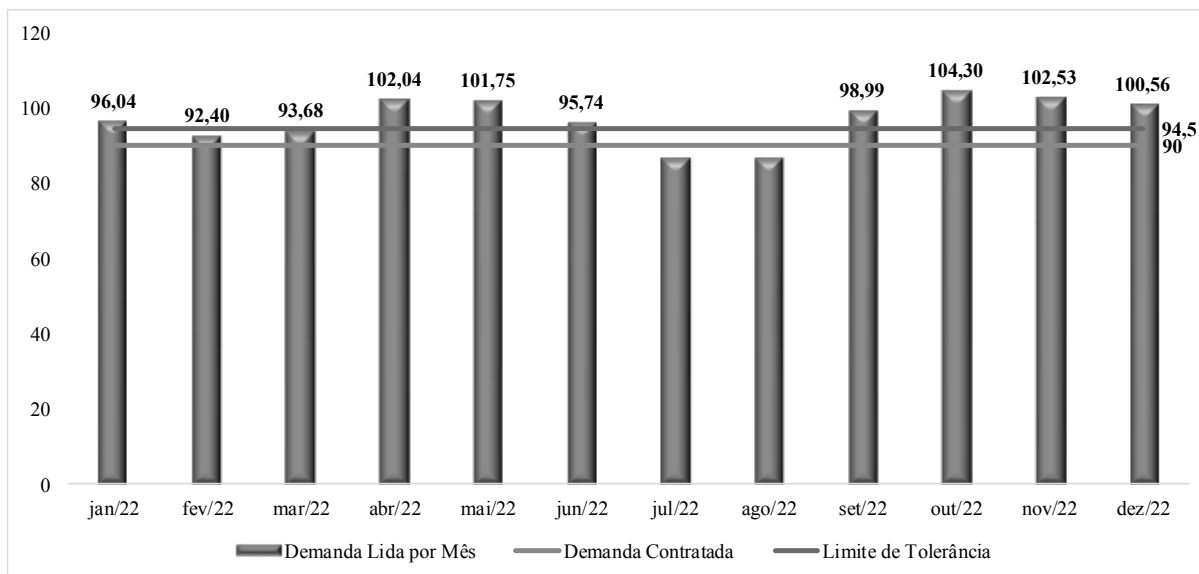
Ao propor uma nova demanda contratual, levou-se em consideração a medição da demanda média nos últimos 12 meses, por representar o cenário mais recente de consumo. Sendo assim, o ano de referência utilizado foi 2022 para ambas unidades consumidoras. Para iniciar o processo, foi necessário coletar a medição da demanda ao longo de 2022 nas faturas. Os valores coletados, podem ser visualizados nos Gráficos 25 e 26, comparados com as demandas contratadas em cada unidade: 1, de 118 kW e 2, de 90 kW.

Gráfico 21 – Demanda lida unidade 1 – 2022



Fonte: Autor (2023).

No Gráfico 21, é possível notar que a Unidade 1 registra leituras mensais inferiores ao montante estipulado no contrato com a concessionária. Isso indica que a empresa está desembolsando o valor acordado, mesmo não utilizando os serviços contratados nesta unidade.

Gráfico 22 – Demanda lida unidade 2 – 2022

Fonte: Autor (2023).

No Gráfico 22, observa-se que a Unidade 2 apresenta um comportamento oposto à Unidade 1. Nesta unidade, ocorrem ultrapassagens mais frequentes da demanda medida em relação à demanda contratada, resultando em pagamentos de tarifas devido a penalidades.

Com base nos dados coletados, calculou-se uma demanda considerada ideal para o próximo ano, para cada uma das unidades consumidoras. A figura 6 apresenta a simulação realizada para a Unidade 1.

Figura 6 – Simulador de demanda – Unidade 1

Período	Medida (kW)	Contratada (kW)	Tolerância (kW)	Ultrapassagem (kW)
Janeiro	93,32	118	123,90	0
Fevereiro	95,28	118	123,90	0
Março	103,81	118	123,90	0
Abril	99,88	118	123,90	0
Maior	100,86	118	123,90	0
Junho	90,86	118	123,90	0
Julho	95,94	118	123,90	0
Agosto	94,96	118	123,90	0
Setembro	91,35	118	123,90	0
Outubro	98,56	118	123,90	0
Novembro	106,43	118	123,90	0
Dezembro	103,32	118	123,90	0

	Tarifa (R\$)	Com imposto (R\$)	Demanda nova (KW)	97,88
Demanda	23,52	23,60		
Ultrapassagem	47,03	47,19		

Fonte: Autor (2023).

Na Unidade 1, a demanda considerada ideal para o ano de 2023 foi de 97,88 kW. Para avaliar a viabilidade de reduzir custos com a demanda sugerida, realizou-se uma simulação que considera os valores de demanda registrados até agosto de 2023 e as tarifas cobradas pela concessionária por cada kW de demanda.

Estas tarifas se desdobram em R\$23,52, sem imposto e R\$23,60 com imposto, bem como em R\$47,03 para casos de ultrapassagem de demanda sem imposto e R\$47,19 com imposto. Isso permitiu calcular a redução acumulada até o oitavo mês do ano, como é possível visualizar na Figura 7.

Figura 7 – Comparação de custos com demanda – Unidade 1

Período	Medida (kW)	Contratada (kW)	Ultrapassagem (kW)	Nova Demanda contratada (kW)	Ultrapassagem (kW)	Proposto (R\$)	Atual (R\$)	DESCONTO (R\$)
Janeiro	97,09	118	0	97,88	0	R\$ 2.351,18	R\$ 2.834,48	R\$ 483,30
Fevereiro	101,64	118	0	97,88	0	R\$ 2.441,50	R\$ 2.834,48	R\$ 392,98
Março	102,31	118	0	97,88	0	R\$ 2.457,64	R\$ 2.834,48	R\$ 376,84
Abril	96,10	118	0	97,88	0	R\$ 2.351,18	R\$ 2.834,48	R\$ 483,30
Maio	103,99	118	0	97,88	6,112	R\$ 2.791,63	R\$ 2.834,48	R\$ 42,85
Junho	92,40	118	0	97,88	0	R\$ 2.351,18	R\$ 2.834,48	R\$ 483,30
Julho	93,41	118	0	97,88	0	R\$ 2.351,18	R\$ 2.834,48	R\$ 483,30
Agosto	93,58	118	0	97,88	0	R\$ 2.351,18	R\$ 2.834,48	R\$ 483,30
Setembro			0		0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Outubro			0		0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Novembro			0		0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Dezembro			0		0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
								R\$ 3.229,19

Fonte: Autor (2023).

Os resultados obtidos a partir das simulações para a Unidade 1 demonstram que uma revisão do contrato pode resultar em uma economia potencial de R\$3.229,19 em oito meses, mesmo em um cenário com previsão de ultrapassagem em um mês específico.

Prosseguindo com a análise, realizou-se uma comparação para a Unidade 2, qual apresentou ultrapassagens de demanda em diversos meses, e estas cobradas a título de multas, incorrendo em valores dobrados na tarifação normal da demanda. A figura 8 apresenta a simulação realizada para a unidade 2.

Figura 8 – Simulador de demanda – Unidade 2

Período	Medida (kW)	Contratada (kW)	Tolerância (kW)	Ultrapassagem (kW)
Janeiro	96,04	90	94,50	6,0384
Fevereiro	92,40	90	94,50	0
Março	93,68	90	94,50	0
Abril	102,04	90	94,50	12,0408
Maio	101,75	90	94,50	11,7456
Junho	95,74	90	94,50	5,7432
Julho	86,59	90	94,50	0
Agosto	86,20	90	94,50	0
Setembro	98,99	90	94,50	8,99
Outubro	104,30	90	94,50	14,3
Novembro	102,53	90	94,50	12,53
Dezembro	100,56	90	94,50	10,56

	Tarifa (R\$)	Com imposto (R\$)	Demanda nova	96,73
Demanda	23,52	23,60		
Ultrapassagem	47,03	47,19		

Fonte: Autor (2023).

A partir da simulação realizada para a Unidade 2, identificou-se que a demanda considerada ideal para o ano de 2023 é de 96,73 kW. Para avaliar a possibilidade de reduzir custos com essa demanda sugerida, realizou-se uma simulação com os valores de demanda registrados até agosto de 2023, comparando-os com o valor sugerido. Isso permitiu calcular a redução acumulada até o oitavo mês do ano. A figura 9 apresenta a comparação de custos entre a demanda antiga e a nova demanda sugerida.

Figura 9 – Comparação de custos com demanda – Unidade 2

Período	Medida (kW)	Contratada (kW)	Ultrapassagem (kW)	Nova Demanda contratada (kW)	Ultrapassagem (kW)	Proposto (R\$)	Atual (R\$)	DESCONTO (R\$)
Janeiro	98,20	90	8,2032	96,73	0	R\$ 2.358,94	R\$ 2.753,04	R\$ 394,10
Fevereiro	91,06	90	0	96,73	0	R\$ 2.323,55	R\$ 2.187,26	-R\$ 136,30
Março	95,93	90	5,928	96,73	0	R\$ 2.323,55	R\$ 2.589,08	R\$ 265,53
Abril	93,91	90	0	96,73	0	R\$ 2.323,55	R\$ 2.255,86	-R\$ 67,69
Maiο	92,74	90	0	96,73	0	R\$ 2.323,55	R\$ 2.227,61	-R\$ 95,94
Junho	85,34	90	0	96,73	0	R\$ 2.323,55	R\$ 2.161,89	-R\$ 161,66
Julho	88,37	90	0	96,73	0	R\$ 2.323,55	R\$ 2.161,89	-R\$ 161,66
Agosto	102,82	90	12,816	96,73	6,086	R\$ 2.762,13	R\$ 3.085,45	R\$ 323,32
Setembro			0		0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Outubro			0		0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Novembro			0		0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Dezembro			0		0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
								R\$ 359,70

Fonte: Autor (2023).

Observa-se também que, em alguns meses, o consumo ficaria abaixo da demanda contratada, mas o saldo anual continuaria sendo positivo, gerando uma economia de R\$359,70.

É relevante ressaltar que na Unidade 1, é mais vantajoso pagar pelo não uso total da demanda contratada do que enfrentar multas. No entanto, quando o valor cobrado por excesso é substancial, onde o consumo fica muito abaixo do contratado, esse custo se torna significativo. A revisão da demanda busca alcançar um equilíbrio, evitando multas por ultrapassagem e garantindo o uso total da capacidade contratada.

Portanto, este estudo reforça a necessidade de revisões periódicas (anuais) dos contratos de demanda, adaptando-os às condições reais da empresa. Essa abordagem previne penalizações por excesso de demanda, resultando em economias financeiras significativas. E também, promove um equilíbrio entre o uso eficiente da energia e a contenção dos custos associados, impulsionando, o sucesso e a sustentabilidade a longo prazo.

Observa-se que na empresa em estudo, a sugestão de mudança no contrato de

demanda, resultaria em uma economia de R\$3.588,89 em oito meses.

4.3 VIABILIDADE PARA INSTALAÇÃO DE UM BANCO DE CAPACITORES

A análise financeira para a implantação do novo sistema de correção do fator de potência foi conduzida com base nos custos associados à aquisição do novo equipamento e mão de obra para instalação, conforme orçamento realizado (Tabela 1).

Tabela 1 – Custo para correção do fator de potência

Itens	Descrição	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
1	Banco de capacitor de 25 kvar	2	R\$ 6.250,00	R\$ 12.500,00
Obs.: Os valores foram cotados na data de 22/03/2023				

Fonte: Autor (2023).

Os valores pagos à concessionária decorrentes das multas por baixo fator de potência foram apresentados nos Gráficos 7 a 12. E somaram no período de 2019 a 2022, um gasto total de R\$84.909,92, considerando as 2 unidades consumidoras.

A partir deste montante, calculou-se a média de gastos mensais com multas no período, que totalizaram R\$1.768,96 somados para ambas unidades. Este valor foi utilizado como base para projeção do fluxo de caixa a ser utilizado na análise da viabilidade financeira, uma vez que representam custos que deixarão de existir caso o projeto seja executado.

É fundamental ressaltar que, neste estudo, foi optado por não incorporar os custos planejados para as manutenções preventivas anuais do sistema. Essa decisão se baseia na variação de valores com serviços de manutenção existente neste segmento específico.

Com o propósito de avaliar a viabilidade financeira do novo sistema, utilizou-se os seguintes métodos: VPL, TIR e Payback Descontado.

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) adotada foi a Taxa Selic, de 12,75% ao ano (outubro/2023). O que equivale a 1,005% ao mês em juros compostos. É importante salientar que esse valor representa o custo de oportunidade e foi escolhido para assegurar um retorno mínimo para a base de combustível em estudo.

Nesse contexto, considerou-se como custo de implementação o investimento inicial, que foi alocado no momento zero. Os fluxos de caixa positivos representam o retorno financeiro do projeto, sendo, neste caso, os valores projetados de faturamento de energia

reativa excedente que ocorreriam se a correção não fosse realizada.

Na Tabela 2, apresentam-se os dados usados como base para os cálculos, e os resultados de TIR, VPL e Payback Descontado. O detalhamento dos valores calculados no Payback Descontado, podem ser visualizados na Tabela 3.

Tabela 2 – Viabilidade financeira do Projeto

TMA / Mês	1,005%	Saída	-R\$ 12.500,00
TIR	9,26%	Entrada	R\$ 1.768,96
VPL	R\$ 7.403,49	Payback Descontado	7,58 meses

Fonte: Autor (2023).

Tabela 3 – Payback Descontado

Mês	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Descontado	Fluxo de Caixa Descontado Acumulado
0	-R\$ 12.500,00	-R\$ 12.500,00	-R\$ 12.500,00
1	R\$ 1.768,96	R\$ 1.751,36	-R\$ 10.748,64
2	R\$ 1.768,96	R\$ 1.733,93	-R\$ 9.014,71
3	R\$ 1.768,96	R\$ 1.716,68	-R\$ 7.298,03
4	R\$ 1.768,96	R\$ 1.699,60	-R\$ 5.598,43
5	R\$ 1.768,96	R\$ 1.682,69	-R\$ 3.915,74
6	R\$ 1.768,96	R\$ 1.665,95	-R\$ 2.249,80
7	R\$ 1.768,96	R\$ 1.649,37	-R\$ 600,43
8	R\$ 1.768,96	R\$ 1.632,96	R\$ 1.032,53
9	R\$ 1.768,96	R\$ 1.616,71	R\$ 2.649,24
10	R\$ 1.768,96	R\$ 1.600,62	R\$ 4.249,87
11	R\$ 1.768,96	R\$ 1.584,70	R\$ 5.834,56
12	R\$ 1.768,96	R\$ 1.568,93	R\$ 7.403,49
VPL		R\$ 7.403,49	

Fonte: Autor (2023).

A aplicação dos métodos da Taxa Interna de Retorno (TIR) revelou números que superam significativamente a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) adotada. A TIR alcançou 9,26% ao mês, representando 9,22 vezes o valor da TMA de 1,005%.

O Valor Presente Líquido (VPL) resultou em R\$7.403,49, isto significa que, para o período analisado, considerando os valores projetados no fluxo de caixa e a TMA adotada, é possível realizar o pagamento do custo de implantação do banco de capacitores e obter como saldo resultante positivo, o montante de R\$7.403,49. Já, o payback descontado representa que,

7 meses e 17 dias de economia no não pagamento de multas, é suficiente para pagar o investimento proposto.

Observando-se o curto período de retorno do investimento, somado aos resultados de TIR maior do que a TMA e VPL maior do que zero, considera-se que o investimento é viável. É importante ressaltar que, embora os custos de manutenções preventivas anuais não tenham sido incorporados ao cálculo devido à sua variabilidade, a análise aponta para uma decisão financeira sólida e estrategicamente acertada.

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO

O estudo realizado sobre as faturas de energia elétrica no período de janeiro de 2019 a dezembro de 2022 revelou informações importantes para a gestão eficaz da energia nas duas unidades consumidoras da Base de Combustíveis analisada. Foram destacados dois principais aspectos: a gestão da demanda contratada e as multas por baixo fator de potência.

O estudo evidenciou a relevância em se equilibrar o uso da capacidade contratada para evitar multas por ultrapassagem, bem como garantir que os recursos contratados sejam utilizados de maneira eficiente. As simulações apontaram para a possibilidade de economias significativas ao rever os contratos de demanda, adaptando-os às condições reais da empresa. Essa abordagem contribui para prevenir penalizações por excesso de demanda e promover uma gestão eficaz dos recursos energéticos e dos custos associados.

Com a medida administrativa de revisão do contrato de demanda, foi possível perceber que de janeiro a agosto de 2023, seria possível reduzir cerca de R\$3.588,89, o que equivale a 1,5% do valor total das contas de energia elétrica do ano de 2023.

Com base na análise do Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Interna de Retorno (TIR), fica evidenciado que a instalação do banco de capacitores para a correção do fator de potência é atrativa e viável do ponto de vista financeiro para a Base de Combustível. Além disso, este investimento se destaca como uma excelente escolha a curto prazo, uma vez que apresenta um Payback Descontado de apenas 7 meses e 17 dias. Isso significa que o retorno sobre o investimento ocorrerá de forma eficiente e rápida, tornando-o uma decisão financeira favorável para a organização.

Portanto, a implementação do sistema de correção do fator de potência se mostra como um investimento vantajoso, pois permite uma redução substancial dos custos com multas e, ao mesmo tempo, aprimora a eficiência energética das unidades consumidoras.

5.1 PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS

Como proposta para trabalhos futuros apresentam-se algumas sugestões:

Explorar técnicas avançadas de análise de dados, como aprendizado de máquina e inteligência artificial, para identificar padrões em tempo real na demanda e no fator de potência, permitindo uma resposta dinâmica e mais eficiente às necessidades energéticas.

Desenvolver sistemas de controle inteligentes que se ajustem automaticamente com base na demanda real, otimizando a utilização de capacitores e reatores, visando a

maximização da eficiência na correção do fator de potência, adaptando-se às flutuações do sistema.

Avaliar o impacto da geração distribuída de energia renovável, como painéis solares e turbinas eólicas, na demanda e no fator de potência, e desenvolver estratégias para otimizar a correção em ambientes com essa fonte de energia, considerando sua natureza intermitente.

Aplicar algoritmos de inteligência artificial na previsão da demanda de energia, com base em dados climáticos, sazonalidade e outros fatores, permitindo um planejamento mais eficaz para a correção do fator de potência, antecipando variações nas necessidades energéticas.

Implementar sistemas de monitoramento em tempo real, que forneçam informações detalhadas sobre o estado da demanda e do fator de potência, capacitando ajustes imediatos e informados com base em dados em tempo real.

É viável empregar, além dos métodos tradicionais de Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR), uma variedade de abordagens determinísticas para a análise de investimentos. Entre essas metodologias, destacam-se o Índice de Lucratividade, o Índice de Rentabilidade, a Análise de Cenários e Sensibilidade, a Taxa de Retorno Contábil Média (TRCM) e a análise de Benefício-Custo.

Para maximizar a economia da demanda, é possível empregar cálculos de variância e desvio padrão. Essas análises permitem identificar a magnitude com que os valores do conjunto se distanciam da média, possibilitando a identificação e remoção de outliers. Esse processo contribui para refinar a média, tornando-a mais representativa da realidade operacional da empresa.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Paulo Rodrigo. **Correção do fator de potência em sistema de climatização aplicado em *self-contained***: estudo de caso com foco na viabilidade financeira e econômica, 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL), Palhoça, 2020. Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/15330/1/TCC%20-%20Paulo%20Rodrigo%20Andrade%20-%20RIUNI.pdf>>. Acesso em: 1 mai. 2023.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional – PRODIST: módulo 8 – qualidade de energia elétrica**. 2021. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2021956_2_7.pdf>. Acesso em: 1 mai. 2023.

_____. **Resolução normativa ANEEL nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021**. Estabelece as regras de prestação do serviço público de distribuição de energia elétrica. 2021. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.pdf>>. Acesso em: 1 mai. 2023.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Taxa Selic**. 2023. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/taxaselic>>. Acesso em: 8 jun. 2023.

BRAGA, Lucas de Almeida. **Um estudo sobre o mercado de energia elétrica no Brasil**, 2018. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018. Disponível em: <https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1345/1/MONOGRAFIA_EstudoSobreMercado.pdf>. Acesso em: 1 mai. 2023.

BODIE, Z.; KANE, A.; MARCUS, A. J. **Investimentos**. Tradução: Suely Sono e Murai Cuccio. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2010.

BOYLESTAD, Robert L. **Introdução à análise de circuitos**. 12. ed. São Paulo. Pearson Prentice Hall, 2012.

CARVALHO, Joaquim Francisco de. **Energia e sociedade**. Scielo, São Paulo, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/GYqnmvDvtGtr8N5zdsYdj5j/?lang=pt>> Acesso em: 1 mai. 2023.

CASAROTTO, F. N.; KOPITKE, B. H. **Análise de investimentos**. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2010, 432 p.

CELESC. Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A. **Manual técnico orientativo – eficiência energética e gestão da energia elétrica na indústria**. 2002. Disponível em: <<https://www.tjsc.jus.br/documents/27451/767802/Manual+de+Consumo+Inteligente+-+CELESC/9cfea243-baad-4d94-9a7f-e7db32dea8ed>>. Acesso em: 7 mai. 2023.

COTRIM, Ademaro A. M. B. **Instalações elétricas**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

CREDER, Hélio. **Instalações elétricas**. 16. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário estatístico de energia elétrica**. 2023. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Fact%20Sheet%202023%20%20Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica.pdf#search=anu%C3%A1rio>>. Acesso em: 6 ago. 2023.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2009. ISBN 8522431698.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. São Paulo: Atlas, 2011. 519p.

HOJI, M. **Administração financeira: uma abordagem prática**. 5a ed. São Paulo: ATLAS, 2006.

ENGELÉTRICA. **Manual de correção do fator de potência**. 2011. Disponível em: <<http://engeletrica.com.br/fatordepotencia-manual-fatordepotencia.html>>. Acesso em: 6 ago. 2023.

LEÃO, Ruth Pastôra Saraiva; SAMPAIO, Raimundo Furtado; ANTUNES, Fernando Luiz Marcelo. **Harmônicos em sistemas elétricos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

LEITE, Adilson Alves. **Análise do comportamento da energia elétrica para correção do fator de potência em instalações elétricas industriais**. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade de Taubaté, Taubaté-SP, 2020. Disponível em: <<http://repositorio.unitau.br/jspui/bitstream/20.500.11874/5980/1/Adilson%20Alves%20Leite.pdf>>. Acesso em: 28 mai. 2023.

LORENZET, Leonardo. **Análise da viabilidade de investimento de uma empresa do ramo de distribuição de gás natural comprimido (GNC)**. Monografia (Bacharelado em Ciências Contábeis) – Universidade de Caxias do Sul – UCS, Caxias do Sul, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/1662/TCC%20Leonardo%20Lorenzet.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 13 mai. 2023.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

MARCHI, Diego. **Projeto e estudo de viabilidade técnica e financeira da correção do fator de potência em indústria têxtil utilizando bancos de capacitores**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/197847/TCCDiegoMarchi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 6 ago. 2023.

MAZUCATO, Thiago; ZAMBELLO, Aline Vanessa; SOARES, Alessandra Guimarães; TAUIL, Carlos Eduardo; DONZELLI, Cleivaldo Aparecido; FONTANA, Felipe; CHOTOLLI, Wesley Piante. **Motodologia da pesquisa e do trabalho científico**. 1. ed.

Penápolis-SP: FUNEPE, 2018.

MINOSSO, Anariele Maria. **Fundos de investimento imobiliário listados na BM&FBovespa: Análise comparativa entre rendimentos reais e estimados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria - Centro de tecnologia, Santa Maria – RS, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/14685/DIS_PPGEPP_2018_MINOSSO_A_NARIELE.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 13 mai. 2023.

MONTEIRO, Paulo Roberto Dualibe. **Eficiência dos sistemas elétricos industriais com aplicação de capacitores**. CONFERÊNCIA XI SEMANA DE ENGENHARIA – VI SEMINÁRIO FLUMINENSE DE ENGENHARIA, 2009. [Niterói – RJ]. [Palestra]. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/308689791_EFICIENCIA_DOS_SISTEMAS_ELETRICOS_INDUSTRIAIS_COM_APLICACAO_DE_CAPACITORES>. Acesso em: 6 ago. 2023.

MOURA, Ailson P. de; MOURA, Adriano Aron F. de; ROCHA, Ednardo P. da. **Análise de circuitos em corrente alternada para sistemas de potência**. 1. ed. São Paulo: Artliber, 2018.

PEREIRA, Adriana Soares; SHITSUKA, Dorlivete Moreira; PARREIRA, Fabio José; SHITSUKA, Ricardo. **Motodologia da pesquisa científica**. 1. ed. Santa Maria-RS: UFMS, NTE, 2018.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo - Rio Grande do Sul - Brasil: Universidade FEEVALE, 2013.

REVISTA DA JORNADA DA PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA. Bagé-RS: CONGREGA, 2020. ISSN 2526-4397 versão *online*. Disponível em: <<http://revista.urcamp.tche.br/index.php/rcjgpp/article/view/3849/2668>>. Acesso em: 28 mai. 2023.

SAMANEZ, C. P. **Engenharia econômica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 210 p.

_____. **Matemática financeira**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

SAMED, Márcia Marcondes Altimari. **Fundamentos de instalações elétricas**. 1. ed. Curitiba, InterSaberes, 2017.

SANCHES, Bruno Leonardo Pompeo. **Avaliação de reconstrução de demanda de consumidores A4 do setor público**. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Ilha Solteira - SP, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/235888/sanches_blp_tcc_ilha.pdf?sequence=4>. Acesso em: 13 mai. 2023.

SANTOS, Felipe Marques. **Sistema elétrico brasileiro: histórico, estrutura e análise de investimentos no setor**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia

Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Araranguá, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/159354/TCC_Felipe_Marques.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 1 mai. 2023.

SCARPIN, Bruno. **O que é fator de potência**. Cubi Energia, 2017. Disponível em: <<https://www.cubienergia.com/o-que-e-fator-de-potencia/>>. Acesso em: 7 mai. 2023.

SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Aprenda a identificar a energia excedente reativa para evitar multas**. 2023. Disponível em: <<https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/aprenda-a-identificar-a-energia-excedente-reativa-para-evitar-multas,9774ec2777cb5810VgnVCM1000001b00320aRCRD>>. Acesso em: 6 ago. 2023.

_____. **Viabilidade financeira**. 2019. Disponível em: <<https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/pr/artigos/viabilidade-financeira,4e8ccd18a819d610VgnVCM1000004c00210aRCRD#:~:text=A%20viabilidade%20financeira%20%C3%A9%20um,%C3%A9%20vi%C3%A1vel%20para%20seus%20investidores>>. Acesso em: 8 jun. 2023.

SILVA, Mauro César Isoni. **Correção do fator de potência de cargas industriais com dinâmica rápida**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Minas Gerais - Escola de engenharia, Belo Horizonte – MG, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-8D7HDF/1/marcos_c_sar_isoni_silva.pdf>. Acesso em: 7 mai. 2023.

SOUZA, Alceu; CLEMENTE, Ademir. **Decisões financeiras e análise de investimentos**. 5. ed. São Paulo, Atlas, 2008.

WEG Automação S.A. **Manual para correção do fator de potência**. 2019. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hea/h8b/WEG-correcao-do-fator-de-potencia-958-manual-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 7 mai. 2023.