



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E BIOMÉDICA

KALIL LUCAS DA SILVA CORRÊA

**EXTRAÇÃO DE DADOS DE FATURAS DE ENERGIA ELÉTRICA DA UFPA: UMA  
SOLUÇÃO EM PYTHON PARA GESTÃO DE CONTRATOS**

BELÉM – PA

2025

**KALIL LUCAS DA SILVA CORRÊA**

**EXTRAÇÃO DE DADOS DE FATURAS DE ENERGIA ELÉTRICA DA UFPA: UMA  
SOLUÇÃO EM PYTHON PARA GESTÃO DE CONTRATOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia Elétrica e Biomédica do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica

Orientador: Prof. Dr. Allan Rodrigo Arrifano Manito

Co-orientador: Eng. Me. William Moreira de Assis

BELÉM – PA  
2025

**KALIL LUCAS DA SILVA CORRÊA**

**EXTRAÇÃO DE DADOS DE FATURAS DE ENERGIA ELÉTRICA DA UFPA: UMA  
SOLUÇÃO EM PYTHON PARA GESTÃO DE CONTRATOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia Elétrica e Biomédica do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Belém, 03/04/2025

Examinadores

---

Prof. Dr. Allan Rodrigo Arrifano Manito  
Universidade Federal do Pará | UFPA  
Orientador

---

Eng. Me. William Moreira de Assis  
Universidade Federal do Pará | UFPA  
Membro da banca

---

Prof. Dr. Josivan Rodrigues dos Reis  
Universidade Federal do Pará | UFPA  
Membro da banca

---

Prof. Dr. Reinaldo Correa Leite  
Universidade Federal do Pará | UFPA  
Membro da banca

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Pai, fonte eterna de soberania e amor que, em Sua graça, me sustenta e conduz. Ao Filho, meu Senhor e Redentor, que me resgatou pelo Seu sacrifício e em quem tenho esperança segura até Sua gloriosa volta. E ao Espírito Santo, que habita em mim, consolando, santificando e me amparando espiritualmente em cada passo, fortalecendo-me na fé e guiando-me na verdade.

A Ele, que é um só Deus em três Pessoas benditas e que me salvou de mim mesmo, rendo toda gratidão por Sua fidelidade imutável e infinita misericórdia.

Agradeço à minha família: minha mãe, Edilma Maria Pantoja da Silva, meu amor mais antigo, que me ensinou a importância de sorrir sempre, fazendo o "jogo do contente" enquanto carregava o peso de batalhas que, em minha infância, não pude compreender, trabalhando dobrado — literalmente — para que eu pudesse estudar e ter oportunidades que lhe custaram sacrifícios silenciosos. Graças a ela, pude ser "Federal", seguindo o caminho que abriu antes de mim. À minha irmã, Luara Maylla da Silva Corrêa, que não só dividiu comigo laços de sangue, mas a vida, dividindo muitas alegrias e brigas desde o berço. Hoje, tenho a honra de concluir essa jornada não apenas por mim, mas por elas, que estiveram sempre comigo.

Ao meu orientador, Eng. Me. William Moreira de Assis, e ao meu coorientador, Prof. Dr. Allan Rodrigo Arrifano Manito, expresso minha gratidão por suas orientações e, principalmente, por acreditarem neste trabalho. Agradeço ao meu ex-coordenador no SISGEE e amigo, Prof. Dr. Josivan Rodrigues do Reis, cujas orientações em programação, desde meus tempos de bolsista, foram fundamentais para a conclusão deste trabalho, sou igualmente grato pelas caronas, que foram verdadeiros resgates. Agradeço também ao Prof. Dr. Reinaldo Corrêa Leite, por sua inspiração e incentivo na área da manutenção, o que foi decisivo para minha trajetória profissional hoje.

Agradeço ao PET-EE, ao BASA, ao CEAMAZON e à Equatorial Energia pelas valiosas oportunidades profissionais e de aprendizado. Acima disso, agradeço à Universidade Federal do Pará, pela formação acadêmica que tornou isso possível.

Por fim, agradeço aos amigos da faculdade por todo companheirismo ao longo dessa jornada acadêmica. Um agradecimento especial aos meus valorosos companheiros de aventuras, Carlos, Filipe, Gustavo e Gabriel. Obrigado por cada momento que aliviou as tensões dos estudos e por estarem sempre ao meu lado enfrentando juntos cada desafio em qualquer mesa, seja nas de RPG, estágio ou nas de sala de aula. Vocês tornaram essa jornada verdadeiramente épica e memorável.

## EPÍGRAFE

*Nem todos que trabalham duro são  
recompensados, mas, todos os  
recompensados trabalharam duro!*

*Genji Kamogawa / George Morikawa*

## RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma ferramenta em linguagem de programação Python para a extração automatizada de dados das faturas de energia elétrica, com o objetivo de facilitar a análise técnica de demanda e tarifas nas unidades consumidoras da Universidade Federal do Pará. A gestão eficiente desses dados permite uma visão mais detalhada sobre os fatores que impactam os custos operacionais, possibilitando a identificação de desperdícios e oportunidades de otimização. Dessa forma, a ferramenta torna-se um suporte essencial para a tomada de decisões estratégicas voltadas à redução de custos e à eficiência energética. A pesquisa baseou-se em dados de faturamento fornecidos pela Prefeitura da Universidade e pelo Grupo Equatorial, concessionária de distribuição de energia elétrica no Pará, permitindo uma análise aprofundada dos padrões de consumo e das ineficiências presentes. Considerando a estrutura da UFPA, que abrange diversos campi com características distintas, o estudo leva em conta as particularidades das unidades, como a variação na demanda ao longo do ano letivo, a influência de períodos de baixa utilização, sazonalidade e fatores climáticos específicos da região amazônica. Esses elementos impactam diretamente a qualidade da gestão energética e exigem uma abordagem adaptada ao contexto institucional. A ferramenta desenvolvida possibilita uma análise mais criteriosa da fatura de energia elétrica, fornecendo subsídios para a adequação da demanda contratada, a identificação de cobranças indevidas e a detecção de desperdícios energéticos. Além disso, seu uso permite um maior controle sobre os ativos energéticos da instituição, promovendo uma gestão mais eficiente e sustentável. A implementação dessa metodologia pode servir de referência para outras universidades e instituições públicas que busquem aprimorar sua administração de custos operacionais e otimizar o uso dos recursos energéticos disponíveis.

**Palavras-chave:** Gestão de energia; Consumo de energia elétrica; Eficiência energética; Automação de dados; Análise de faturas; Otimização de custos; Infraestrutura elétrica universitária.

## ABSTRACT

This work presents the development of a Python programming language-based tool for the automated extraction of data from electricity bills, aiming to facilitate the technical analysis of demand and tariffs in consumer units at the Federal University of Pará (UFPA). Efficient management of these data provides a more detailed view of the factors affecting operational costs, enabling the identification of inefficiencies and opportunities for optimization. Thus, the tool becomes an essential support for strategic decision-making focused on cost reduction and energy efficiency. The research was based on billing data provided by the University Administration and Grupo Equatorial, the electricity distribution company in Pará, allowing for an in-depth analysis of consumption patterns and existing inefficiencies. Given UFPA's structure, which includes multiple campuses with distinct characteristics, the study considers the particularities of units, such as variations in demand throughout the academic year, the influence of low-utilization periods, seasonality, and specific climatic factors in the Amazon region. These elements directly impact energy management quality and require an approach tailored to the institutional context. The developed tool enables a more precise analysis of electricity bills, providing insights for adjusting contracted demand, identifying undue charges, and detecting energy waste. Additionally, its use allows for greater control over the institution's energy assets, promoting more efficient and sustainable management. The implementation of this methodology can serve as a reference for other universities and public institutions seeking to improve their operational cost management and optimize the use of available energy resources.

**Keywords:** Energy management; Electricity consumption; Energy efficiency; Data automation; Bill analysis; Cost optimization; University electrical infrastructure.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de Demanda	18
Figura 2 – Postos Tarifários	20
Figura 3 - Funções de Custos e Componentes Tarifários da TUSD	25
Figura 4 - Funções de Custos e Componentes Tarifários da TE	26
Figura 5 – Etapas da Pesquisa	30
Figura 6 – Etapas de Ferramenta desenvolvida na linguagem Python	31
Figura 7 – Pseudocódigo de leitura e tratamento das faturas	33
Figura 8 – Pseudocódigo de Extração e Segmentação de dados	34
Figura 9 – Pseudocódigo de Armazenamento e Organização dos dados	35
Figura 10 – Interface Gráfica da Aplicação	36
Figura 11 – Pseudocódigo da Interface Gráfica da Aplicação	37
Figura 12 – Variação Mensal de Demanda para UC 2001131798	42
Figura 13 – Distribuição da Demanda Acumulada da UC 2001131798	43
Figura 14 – Distribuição de Custo Acumulado UC 2001131798	44
Figura 15 – Variação Mensal de Demanda para UC 0000047201	45
Figura 16 – Distribuição de Demanda Acumulada UC 0000047201	46
Figura 17 – Distribuição de Custo Acumulado UC 0000047201	46
Figura 18 – Variação Mensal de Demanda Ajustada para UC 2001131798	49
Figura 19 – Distribuição de Demanda Acumulada Ajustada para UC 2001131798	50
Figura 20 – Distribuição de Custo Acumulado Ajustado UC 2001131798	51
Figura 21 – Variação da Demanda Mensal Ajustada para 000047201	52
Figura 22 – Distribuição de Demanda Acumulada Ajustada UC 0000047201	53
Figura 23 - Distribuição de Custo Ajustado UC 0000047201	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Subgrupos do Grupo de Tensão A	20
Tabela 2 – Subgrupos do Grupo de Tensão B	20
Tabela 3 – Avaliação da Demanda da UC 2001131798	38
Tabela 4 – Avaliação de Demanda da UC 0000047201	39
Tabela 5 – Valores de Demanda Mensais Ajustados UC 2001131798	48
Tabela 6 – Valores de Demanda Mensais Ajustados UC 0000047201	52
Tabela 7 – Resumo dos Custos e Economias Acumulados das UC	54

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UC	Unidade Consumidora
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
TE	Tarifa de Energia
UFPA	Universidade Federal do Pará
PRORET	Procedimentos de Regulação Tarifária
PIL	Python Imaging Library

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1.	OBJETIVOS	13
1.1.1.	OBJETIVO GERAL	13
1.1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.2.	JUSTIFICATIVA	13
1.3.	ESTRUTURA DO TRABALHO	14
<b>2.</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>17</b>
2.1.	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	17
2.2.	TIPOS DE DEMANDA	17
2.3.	GRUPOS E SUBGRUPOS	18
2.3.1.	GRUPO A	19
2.3.2.	GRUPO B	19
2.4.	POSTOS TARIFÁRIOS	19
2.5.	MODALIDADE TARIFÁRIA	20
2.6.	CLASSE E SUBCLASSE DE CONSUMO	21
2.7.	ESTRUTURA TARIFÁRIA	22
2.8.	COMPOSIÇÃO DAS TARIFAS	23
2.9.	SISTEMAS DE BANDEIRA TARIFÁRIA	25
2.10.	PYTHON PARA O MERCADO DE ENERGIA	26
2.11.	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	27
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>28</b>
3.1.	PYTHON NA EXTRAÇÃO E PROCESSAMENTO DE DADOS	29
3.1.1.	DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA EM PYTHON	30
3.1.1.1.	LEITURA DAS FATURAS E EXTRAÇÃO DE DADOS	30
3.1.1.2.	ARMAZENAMENTO E ORGANIZAÇÃO DE DADOS	32
3.1.2.	INTERFACE GRÁFICA DA APLICAÇÃO	33
3.2.	AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE DEMANDA PARA AS UCS SELECIONADAS	36
3.3.	METODOLOGIA PARA CÁLCULO DOS CUSTOS DE DEMANDA	37
3.4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	39
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>40</b>
4.1.	CONSIDERAÇÕES INICIAIS DO CAPÍTULO	40
4.2.	ANÁLISE DE DEMANDA PARA UC 2001131798	40
4.3.	ANÁLISE DE DEMANDA PARA UC 0000047201	42
4.4.	PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO	45

## SUMÁRIO

4.5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	52
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>53</b>
5.1.	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	53
5.2.	TRABALHOS FUTUROS	54
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>55</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A gestão eficiente do consumo de energia elétrica é um fator crucial para instituições de ensino superior, como a Universidade Federal do Pará (UFPA), que lidam com altos custos operacionais de energia elétrica devido ao uso intensivo de equipamentos elétricos e eletrônicos. A necessidade de otimização desses gastos torna-se essencial não apenas para a sustentabilidade financeira da instituição, mas também para uma administração energética mais eficiente. Para isso, a análise detalhada das faturas de energia elétrica permite identificar padrões de consumo e oportunidades de redução de custos, auxiliando na tomada de decisões estratégicas voltadas à eficiência energética operacional.

Com o avanço das tecnologias computacionais, linguagens de programação como Python vêm sendo amplamente utilizadas na extração e análise automatizada de dados, permitindo maior precisão e agilidade na gestão de ativos energéticos. A aplicação dessa ferramenta possibilita a criação de modelos que interpretam informações como demanda, consumo e tarifas aplicadas, oferecendo suporte técnico para o ajuste de contratos e mitigação de desperdícios. Dessa forma, o uso de soluções computacionais torna-se um diferencial na administração da infraestrutura elétrica, contribuindo diretamente para a redução dos custos operacionais.

Na UFPA, iniciativas como o SISGEE – Sistema de Gestão de Energia Elétrica já vêm sendo implementadas com o objetivo de monitorar e otimizar o consumo de energia nas diversas unidades consumidoras da instituição (PROAD/UFPA, 2023). O presente trabalho parte desse contexto e desenvolve uma ferramenta para a extração automatizada dos dados de fatura, permitindo uma gestão mais precisa sobre os fatores que influenciam os custos energéticos. A aplicação dessa metodologia contribui diretamente para a otimização da demanda contratada, a redução de encargos desnecessários e a melhoria da qualidade de energia.

A integração de ferramentas computacionais na gestão da energia elétrica além de fortalecer a sustentabilidade financeira da universidade, promove um modelo de gestão eficiente, alinhado às diretrizes de responsabilidade ambiental e inovação tecnológica. Esse avanço tecnológico, ao mesmo tempo em que reduz custos e otimiza o consumo, impulsiona a criação de políticas de uso consciente da energia, contribuindo para um futuro mais sustentável.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo Geral**

Desenvolver uma ferramenta em linguagem de programação Python para a extração automatizada de dados das faturas de energia elétrica, permitindo a obtenção de informações detalhadas sobre demanda e tarifas. Com esses dados viabilizar uma análise técnica mais precisa, possibilitando a identificação de oportunidades de otimização, o desenvolvimento de estratégias para uma contratação mais eficiente da energia elétrica e a proposição de soluções voltadas à redução de desperdícios e custos operacionais nas unidades consumidoras da UFPA.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

Esse trabalho tem como objetivos específicos:

- Aplicar a ferramenta em linguagem de programação Python desenvolvida para extração automatizada de dados das faturas de energia elétrica da UFPA;
- Estruturar os dados extraídos em uma planilha para facilitar a análise técnica da contratação de demanda e tarifas;
- Auxiliar na identificação de desperdícios e ineficiências no uso da energia;
- Fornecer suporte para estratégias de contratação mais eficiente e redução de custos;
- Contribuir para a melhoria da gestão energética da instituição.

## **1.2. Justificativa**

A crescente demanda por energia elétrica nas unidades consumidoras da UFPA tem gerado custos operacionais cada vez mais significativos, especialmente devido ao dimensionamento inadequado da demanda contratada em algumas unidades. Esse cenário impacta diretamente as despesas da instituição, resultando tanto em gastos desnecessários quanto em penalidades financeiras que poderiam ser evitadas. A gestão eficiente da demanda contratada torna-se, portanto, uma necessidade urgente, considerando a responsabilidade na administração de recursos públicos e a busca por sustentabilidade econômica e energética por parte da instituição.

Diante desse contexto, torna-se essencial desenvolver soluções que possibilitem uma análise precisa e automatizada das demandas de consumo energético, permitindo ajustes adequados e otimizados na contratação de demanda

elétrica. A Resolução Normativa ANEEL Nº 1.000, de 2021, estabelece parâmetros claros para a gestão da demanda contratada, proporcionando uma base normativa para práticas de ajuste e racionalização dos custos de energia. No entanto, a complexidade na interpretação dos dados de faturas e a grande quantidade de informações envolvidas tornam essa tarefa desafiadora, principalmente sem o auxílio de ferramentas tecnológicas adequadas.

Neste sentido, este trabalho propõe a criação de uma ferramenta computacional desenvolvida em linguagem Python, capaz de realizar a extração automatizada de dados das faturas de energia elétrica da UFPA, bem como organizar e analisar essas informações de maneira eficiente. A escolha desta linguagem se justifica por sua robustez e pela ampla disponibilidade de bibliotecas especializadas que permitem desde a leitura de arquivos PDF até a manipulação e armazenamento estruturado dos dados extraídos. A ferramenta desenvolvida viabiliza a criação de relatórios completos que identificam discrepâncias no dimensionamento da demanda contratada, promovendo uma gestão mais inteligente e econômica dos recursos energéticos.

A relevância desta pesquisa reside na possibilidade de replicação da metodologia para outras instituições públicas e privadas, oferecendo um modelo de gestão de energia mais econômico e sustentável. Além disso, os resultados obtidos poderão contribuir para a formulação de políticas institucionais voltadas à eficiência energética, fortalecendo a integração entre práticas de gestão de recursos e desenvolvimento tecnológico. Dessa forma, o presente trabalho busca não apenas otimizar os custos operacionais da UFPA, mas também fomentar o uso de soluções tecnológicas inovadoras na gestão de energia elétrica.

### **1.3. Estrutura do Trabalho**

Este trabalho está estruturado em seis capítulos, além das referências bibliográficas. Neste primeiro capítulo, apresenta-se contexto da pesquisa, delimitando os objetivos a serem alcançados e justificativas que motivaram este estudo. A seguir, são descritos os capítulos pertencentes ao trabalho:

No **Capítulo 2 – Fundamentação Teórica** aborda a gestão de faturas de energia elétrica, destacando a categorização dos consumidores conforme as diretrizes da ANEEL, incluindo os tipos de demanda e seus impactos nos custos operacionais. Além disso, são discutidos os aspectos da estrutura de tarifas, com ênfase nas modalidades tarifárias e no sistema de bandeiras, que têm como objetivo otimizar o

uso da energia elétrica. Também serão exploradas as classes e subclasses de consumidores no contexto da tarifação, ressaltando os desafios para a eficiência energética no Brasil. Por fim, é apresentado o uso da linguagem de programação Python como ferramenta de apoio na análise de faturas e na otimização de custos, com destaque para estudos e aplicações da linguagem no mercado de energia, reforçando sua importância no desenvolvimento de soluções práticas e automatizadas.

O **Capítulo 3 – Metodologia** apresenta inicialmente a metodologia empregada na criação da ferramenta em Python para extração e processamento dos dados de faturas de energia elétrica, detalhando os passos para leitura, segmentação e armazenamento das informações extraídas por meio de pseudocódigos. O processo foi estruturado com o uso das bibliotecas *PyPDF2*, para leitura e manipulação dos PDFs, *Regex*, utilizada na identificação de padrões textuais complexos para a extração de dados específicos como a demanda e suas tarifas e *Pandas*, responsável pela organização e exportação dos dados extraídos. Em seguida, é realizada a avaliação dos parâmetros de energia elétrica das Unidades Consumidoras da Universidade, com o objetivo de avaliar o cenário atual da demanda contratada. A análise englobará a coleta e análise das faturas, a verificação dos parâmetros de demanda ativa utilizada e contratada, além da aplicação das disposições da Resolução Normativa ANEEL Nº 1.000 para o cálculo dos valores de faturamento, conforme as variações entre a demanda contratada e a demanda registrada.

No **Capítulo 4 – Resultados** são apresentados os resultados da análise da demanda elétrica das Unidades Consumidoras (UCs) 2001131798 e 0000047201, ao longo de um período de 12 meses. A partir dos dados coletados, será possível identificar discrepâncias significativas entre a demanda contratada e a demanda ativa utilizada, evidenciando tanto situações de superdimensionamento quanto de subdimensionamento. Tais discrepâncias impactam diretamente os custos operacionais, gerando gastos adicionais tanto por demanda não utilizada quanto por multas decorrentes de ultrapassagem.

A análise realizada aborda os custos financeiros associados aos contratos de demanda mal dimensionados, destacando a importância de ajustes adequados para a gestão eficiente dos recursos energéticos. Serão discutidas propostas de otimização da demanda contratada, levando em consideração as variações sazonais de consumo e os períodos de interrupção acadêmica, visando à redução de custos e à prevenção de penalidades financeiras.

Por fim, no **Capítulo 5 – Conclusão** são apresentados os resultados da análise do consumo de energia elétrica das Unidades Consumidoras (UCs) da UFPA durante o período de janeiro a dezembro de 2024. As propostas de otimização demonstraram potencial expressivo para a redução de custos operacionais e a melhoria da eficiência energética das unidades analisadas, permitindo identificar padrões de consumo que possibilitem estratégias mais abrangentes de gestão energética aplicáveis em outras UCs da universidade, bem como melhorias que proporcionem maior controle sobre os dados extraídos e a possibilidade de personalizar os relatórios gerados, criando um banco de dados para um monitoramento contínuo e uma gestão otimizada dos recursos energéticos, contribuindo para uma abordagem mais eficiente e sustentável da administração energética na UFPA.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. Considerações Iniciais**

Uma gestão eficiente das faturas de energia elétrica e a segmentação adequada dos consumidores são essenciais para otimizar o uso desse recurso. De acordo com Melo (2009), a identificação de segmentos distintos de consumidores residenciais de energia elétrica, por meio de modelagem de dados categóricos, permite o desenvolvimento de estratégias mais direcionadas, contribuindo para a eficiência energética e a redução de custos operacionais. Compreender essas definições possibilita uma análise mais aprofundada sobre como as tarifas e modalidades tarifárias impactam tanto a eficiência energética quanto os custos operacionais envolvidos.

Uma categorização precisa dos perfis de consumo, quando integrada a uma gestão estratégica das faturas de energia elétrica, constitui uma ferramenta fundamental para alcançar melhores resultados operacionais. Melo (2009) ressalta que estratégias baseadas na segmentação dos consumidores permitem identificar padrões específicos, orientando ações eficazes para o controle e otimização dos recursos energéticos. Dessa forma, torna-se possível aprimorar o desempenho energético e reduzir significativamente os custos associados às operações.

Além disso, Oliveira (2024) destaca que a utilização da linguagem Python para automatizar a extração e o tratamento dos dados provenientes das faturas de energia elétrica proporciona uma visão detalhada e precisa dos padrões de consumo. Essa metodologia computacional facilita o processo decisório, identificando oportunidades concretas para reduzir custos operacionais e aprimorar a gestão energética. Em seguida, serão abordados os diferentes tipos de demanda definidos pela ANEEL, bem como a classificação dos consumidores em grupos e subgrupos, de acordo com suas características específicas.

### **2.2. Componentes da Fatura**

A Resolução Normativa N° 1.000 (ANEEL, 2021) estabelece orientações claras sobre os tipos de demanda, destacando aspectos como a demanda contratada e demanda registrada. Essas definições são essenciais para compreender o comportamento do consumo energético, permitindo ações estratégicas voltadas para a redução de custos e a otimização do uso eficiente destes recursos.

A demanda contratada corresponde à potência elétrica, expressa em quilowatts (kW), definida contratualmente pelos consumidores de média e alta tensão junto à distribuidora, válida para um período específico. Um planejamento eficiente dessa demanda auxilia as unidades consumidoras a evitarem custos adicionais com penalidades por ultrapassagem e a evitarem gastos desnecessários com a contratação excessiva. De acordo com Rosiak e Ribeiro (2013), a aplicação de métodos quantitativos e técnicas de otimização financeira para definir adequadamente a demanda contratada pode resultar em uma economia significativa, garantindo maior eficiência operacional e previsibilidade nos gastos com energia elétrica.

Além da demanda contratada, outro elemento essencial nas faturas de energia elétrica é a demanda registrada, ou demanda ativa, a qual representa a potência máxima medida em intervalos de 15 minutos. Esse parâmetro está diretamente relacionado ao consumo total de energia elétrica (medido em kWh), pois variações bruscas na demanda podem indicar picos inesperados de consumo, impactando nos custos. De acordo com Scarabelot (2009), a análise detalhada da demanda registrada e sua correlação com o consumo possibilita aos consumidores identificarem padrões de uso da energia e implementar estratégias para evitar ultrapassagens contratuais, reduzindo penalidades e promovendo maior eficiência.

Essa visão dos tipos de demanda e suas especificações pode ser melhor observada na Figura 1.

**Figura 1.** Tipos de Demanda



**Fonte:** Lima (2024)

### 2.3. Grupos e Subgrupos Tarifários

Os consumidores de energia elétrica são classificados em grupos e subgrupos com base na tensão de fornecimento, nas particularidades do sistema de distribuição e na categoria da unidade consumidora.

### 2.3.1. Grupo A

Conforme a Resolução Normativa ANEEL Nº 1.000 (ANEEL, 2021), o Grupo A engloba unidades consumidoras conectadas a redes com tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou aquelas atendidas por sistemas subterrâneos de distribuição com tensão inferior a esse valor. Esse grupo é segmentado em subgrupos específicos, conforme indicado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Subgrupos do Grupo de Tensão A

Subgrupos	Tensão
A1	Tensão de conexão maior ou igual a 230 kV
A2	Tensão de conexão maior ou igual a 88 kV e menor ou igual a 138 kV
A3	Tensão de conexão igual a 69 kV
A3a	Tensão de conexão maior ou igual a 30 kV e menor ou igual a 44 kV
A4	Tensão de conexão maior ou igual a 2,3 kV e menor ou igual a 25 kV
A5	Tensão de conexão menor que 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição

**Fonte:** Elaboração do autor

### 2.3.2. Grupo B

De acordo com a Resolução Normativa ANEEL Nº 1.000 (ANEEL, 2021), o Grupo B abrange unidades consumidoras conectadas a redes com tensão inferior a 2,3 kV. Esse grupo é dividido em subgrupos distintos, conforme ilustrado na Tabela 2.

**Tabela 2.** Subgrupos do Grupo de Tensão B

Subgrupos	Tensão
B1	Residencial
B2	Rural
B3	Demais Classes
B4	Iluminação Pública

**Fonte:** Elaboração do Autor

## 2.4. Postos Tarifários

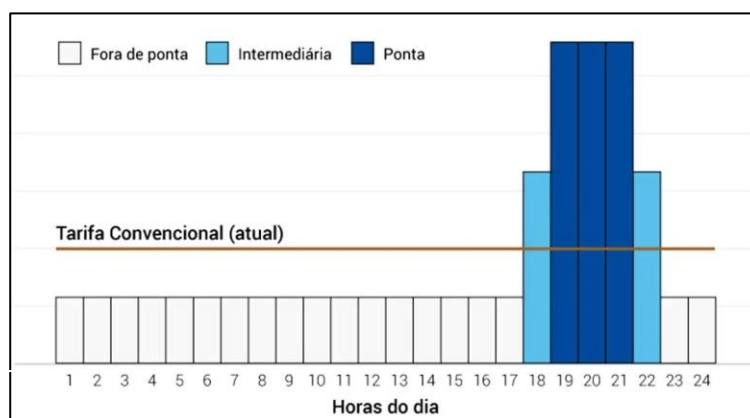
A estrutura tarifária da energia elétrica no Brasil é planejada para promover um uso eficiente do sistema elétrico, distribuindo a carga de forma equilibrada ao longo do dia. De acordo com a Resolução Normativa Nº 1.000 da ANEEL (2021), os períodos tarifários são classificados em três categorias principais: ponta, intermediário e fora de ponta.

O período de ponta, definido pelas distribuidoras com base na curva de carga do sistema, corresponde às três horas consecutivas de maior demanda no dia e tem tarifas mais elevadas para desestimular o consumo nesse intervalo. Já o período intermediário, que ocorre imediatamente antes e depois do horário de ponta, apresenta tarifas intermediárias e se aplica apenas para consumidores do Grupo B.

Por fim, o período fora de ponta abrange todas as demais horas do dia, sendo caracterizado por tarifas reduzidas, incentivando o deslocamento do consumo para horários de menor demanda.

Na área de concessão da Equatorial Pará (empresa responsável pelo fornecimento de energia elétrica da UFPA), a Resolução Homologatória N° 3.243 da ANEEL (2023) estabelece que o horário de ponta ocorre entre 18h30 e 21h29, enquanto o período intermediário compreende das 16h30 às 18h29 e das 21h30 às 22h29. Já o período fora de ponta cobre todas as demais horas, das 22h30 às 16h29 do dia seguinte. Essa diferenciação tarifária é essencial para incentivar o consumo consciente, contribuindo para a mitigação de sobrecargas no sistema elétrico e possibilitando uma gestão mais eficiente dos custos de energia para os consumidores. A Figura 2 ilustra um exemplo de como funciona a cobrança tarifária nesses diferentes períodos; vale ressaltar que os horários apresentados na imagem são meramente ilustrativos e não refletem fielmente os horários oficiais da distribuidora.

**Figura 2.** Postos Tarifários



**Fonte:** Elaboração do Autor inspirado em VEJA (2017)

## 2.5. Modalidade Tarifária

As modalidades tarifárias no Brasil são regulamentadas pela ANEEL e detalhadas no Módulo 7 dos Procedimentos de Regulação Tarifária (PRORET). Essas modalidades são estruturadas para alinhar a cobrança de energia elétrica ao perfil de consumo dos usuários, promovendo eficiência e economia (ANEEL, 2022).

Para consumidores conectados em baixa tensão (inferior a 2,3 kV),

como residências e pequenos comércios, a Modalidade Convencional Monômica aplica uma tarifa única sobre o consumo total de energia (kWh), independentemente do horário de uso. De acordo com o PRORET, essa modalidade é caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica que não variam conforme as horas de utilização do dia, ou seja, não utilizam de postos tarifários (ANEEL, 2022).

A Modalidade Tarifária Branca, também voltada para consumidores de baixa tensão, introduz tarifas diferenciadas conforme três faixas horárias: ponta, intermediária e fora de ponta (postos tarifários). Conforme o PRORET, essa modalidade é caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia (ANEEL, 2022).

Para consumidores de média e alta tensão (igual ou superior a 2,3 kV), como indústrias e grandes estabelecimentos comerciais, existem as modalidades tarifárias Horária Verde e Horária Azul. A Horária Verde diferencia as tarifas de consumo conforme os horários de utilização do dia (postos tarifários), mantendo uma tarifa única para a demanda de potência. Já a Horária Azul aplica tarifas diferenciadas tanto para o consumo de energia elétrica quanto para a demanda de potência, também dependendo do horário. O PRORET especifica que essas modalidades são aplicadas às unidades consumidoras do grupo A e possuem tarifas que variam conforme os períodos de consumo ao longo do dia. Assim como na Tarifa Branca, essa diferenciação busca incentivar o uso eficiente da energia elétrica, permitindo que consumidores adaptem sua demanda para horários de menor custo e otimizem seus gastos com eletricidade (ANEEL, 2022).

A Resolução Normativa nº 1000 da ANEEL (ANEEL, 2021) define as diretrizes para a aplicação das modalidades tarifárias, regulamentando a forma de contratação e os critérios de cobrança. A escolha adequada da modalidade é essencial para otimizar os custos com energia elétrica, permitindo que consumidores ajustem seu consumo para horários de menor demanda e aproveitem tarifas mais vantajosas. Essa estratégia contribui para a redução de gastos, a eficiência energética e uma gestão mais sustentável dos recursos elétricos.

## **2.6. Classe e Subclasse de Consumo**

As classes de consumo de energia elétrica no Brasil são definidas pela ANEEL com o objetivo de categorizar os consumidores conforme suas características e perfis de uso, permitindo a aplicação de tarifas mais justas e adequadas às necessidades específicas de cada grupo.

A Classe Residencial abrange unidades consumidoras destinadas exclusivamente a residências, incluindo a subclasse de baixa renda, que contempla famílias com consumo reduzido e que atendem a critérios de vulnerabilidade social. Essas subclasses têm direito a benefícios tarifários, como descontos progressivos conforme o consumo mensal. Por exemplo, para a subclasse baixa renda, há uma redução de 65% na tarifa para consumos até 30 kWh, 40% para consumos entre 31 kWh e 100 kWh, e 10% para consumos de 101 kWh a 220 kWh. Consumos acima de 220 kWh não recebem desconto (ANEEL, 2021).

A Classe Rural engloba propriedades rurais que desenvolvem atividades agropecuárias, de aquicultura, extrativismo vegetal e animal, bem como consumidores que se dedicam a serviços de irrigação e aquicultura, desde que atendam aos critérios estabelecidos pela ANEEL. Essa classe possui tarifas diferenciadas para atender às especificidades do setor, incentivando o desenvolvimento agrícola e a produção de alimentos (ANEEL, 2021).

A Classe Comercial destina-se a estabelecimentos comerciais, de serviços, atividades profissionais, autônomas ou não, e outras atividades não incluídas nas demais classes. Já a Classe Industrial é voltada para unidades que utilizam energia em processos de transformação de matérias-primas em produtos finais ou intermediários. Cada uma dessas classes possui estruturas tarifárias específicas que refletem o custo de fornecimento e incentivam o uso eficiente da energia elétrica (ANEEL, 2021).

A Classe de Poder Público compreende as unidades consumidoras de responsabilidade da administração pública direta e indireta, incluindo instituições públicas de ensino superior, como a UFPA. Essa classe de consumo é caracterizada pela aplicação de retenções tributárias, que impactam a composição final da fatura de energia elétrica. Já a Classe de Serviço Público abrange serviços de utilidade pública, como telecomunicações

e transporte, sendo igualmente sujeita a regras tarifárias específicas para garantir a continuidade e a sustentabilidade dos serviços prestados. Por fim, a Classe de Iluminação Pública refere-se ao consumo de energia destinado à iluminação de vias públicas, praças e demais locais públicos (ANEEL, 2021).

Estudos, como o de Linhares et al. (2009) destacam a importância de análises específicas para cada classe de consumo. Essas análises permitem um planejamento mais eficaz e políticas públicas direcionadas, visando atender às necessidades energéticas de diferentes setores e promover a eficiência no uso da energia elétrica.

## **2.7. Estrutura Tarifária**

A estrutura tarifária das concessionárias de distribuição de energia elétrica no Brasil é regulamentada pela ANEEL e detalhada no PRORET. Essa estrutura estabelece um conjunto de tarifas aplicáveis ao faturamento do mercado de distribuição, refletindo a diferenciação dos custos regulatórios entre os subgrupos, classes e subclasses tarifárias, conforme as modalidades e os postos tarifários estabelecidos (ANEEL, 2022).

Para os consumidores do Grupo A, conectados em alta tensão, a cobrança é baseada tanto no consumo de energia elétrica (kWh) quanto na demanda de potência contratada (kW). O consumo de energia é faturado conforme a quantidade efetivamente utilizada, enquanto a demanda de potência requer a contratação de um valor específico, correspondente à potência máxima demandada em um intervalo de tempo. De acordo com o PRORET, a distribuidora deve implementar um período de testes para a unidade consumidora, permitindo a adequação da demanda contratada e a escolha da modalidade tarifária em situações específicas, como: início do fornecimento de energia elétrica; transição para faturamento aplicável à unidade consumidora do Grupo A, cuja opção anterior tenha sido pelo Grupo B; enquadramento na modalidade tarifária horária azul; e acréscimo de demanda superior a 5% da demanda contratada (ANEEL, 2022).

Além disso, os consumidores do Grupo A são submetidos ao monitoramento do fator de potência, que deve ser mantido acima do valor de referência de 0,92. Caso o fator de potência esteja abaixo desse valor, são aplicadas multas proporcionais ao excedente reativo, incentivando a correção

e a eficiência no uso da energia elétrica (ANEEL, 2022).

Em contrapartida, os consumidores do Grupo B, tarifados para baixa tensão, têm a cobrança realizada exclusivamente com base no consumo de energia elétrica (kWh), uma vez que o custo da demanda de potência já está embutido na tarifa de fornecimento. O valor a ser pago corresponde à quantidade efetivamente consumida. Conforme a Resolução Normativa nº 1000, no caso de não utilização da energia elétrica, a distribuidora deve cobrar o custo de disponibilidade do sistema elétrico, equivalente a: 30 kWh para instalações monofásicas, 50 kWh para instalações bifásicas com três condutores e 100 kWh para instalações trifásicas (ANEEL, 2021).

Conforme Lima (2024), essas diretrizes tarifárias visam promover a eficiência no uso da energia elétrica e assegurar a sustentabilidade financeira das concessionárias de distribuição, refletindo os custos reais de atendimento e incentivando o consumo consciente por parte dos clientes.

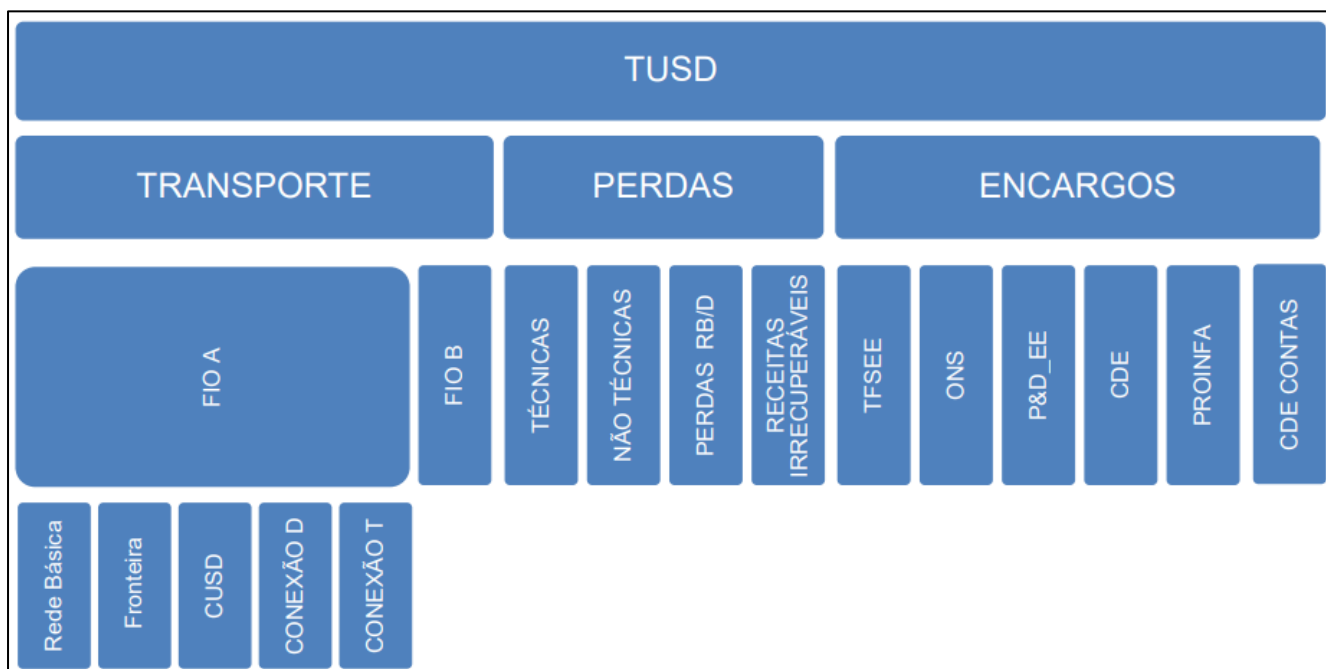
## **2.8. Composição das Tarifas**

Conforme o PRORET (ANEEL, 2022), a estrutura tarifária aplicada aos consumidores de energia elétrica é composta pelas tarifas TUSD (Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição) e TE (Tarifa de Energia), cuja compreensão é essencial para a análise dos custos de fornecimento de energia.

A TUSD cobre os custos de infraestrutura e operação do sistema elétrico, garantindo o transporte da energia das subestações aos consumidores finais. Sua composição inclui investimentos em subestações, linhas de transmissão e manutenção da rede, além de custos operacionais como fiscalização e serviços auxiliares (ANEEL, 2022). Também abrange perdas técnicas, decorrentes da resistência dos condutores, e perdas não técnicas, associadas a furtos de energia e inadimplência, que impactam diretamente as tarifas (Roselli; Yatsu, 2007). O cálculo

da TUSD varia conforme a demanda de potência e a classificação do consumidor, sendo baseada apenas no consumo para o Grupo B e considerando também a demanda contratada para o Grupo A (ANEEL, 2022). A Figura 3 evidencia as funções de custos e componentes tarifários da TUSD.

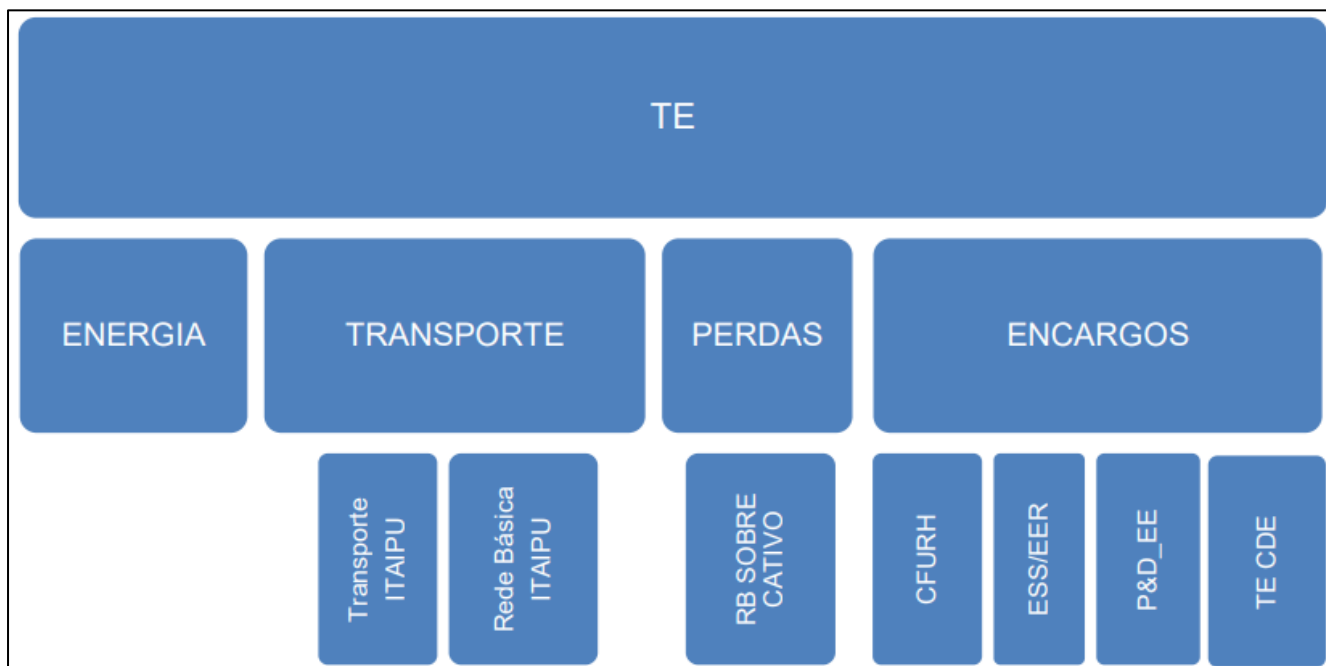
**Figura 3.** Funções de Custos e Componentes Tarifários da TUSD



**Fonte:** ANEEL (2022).

A Tarifa de Energia (TE) corresponde ao custo da eletricidade adquirida pelas distribuidoras para atender ao consumo dos clientes. Sua composição envolve o custo de geração, o qual se refere ao valor pago pela energia comprada das geradoras, sendo influenciado pela matriz energética utilizada e pelas condições do mercado. Além disso, inclui o custo de contratação, que engloba despesas associadas à aquisição da energia por meio de contratos de longo prazo e negociações em curto prazo, impactando diretamente o valor final repassado aos consumidores (Lima, 2024). A Figura 4 destrincha as funções de custos e componentes tarifários da TE.

**Figura 4.** Funções de custos e componentes tarifários da TE



**Fonte:** ANEEL (2022).

### 2.9. Sistemas de Bandeira Tarifária

Conforme o Submódulo 6.8 do PRORET (ANEEL, 2024), o sistema de bandeiras tarifárias foi implementado para sinalizar aos consumidores as condições de geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), promovendo transparência nos custos de geração e permitindo ajustes tarifários mais dinâmicos. Esse sistema, aplicado desde 2015, utiliza três bandeiras principais: verde, amarela e vermelha, sendo esta última subdividida em Patamar 1 e 2, conforme as condições de operação do sistema elétrico. A bandeira verde indica que não há acréscimo tarifário, enquanto a amarela e a vermelha representam custos adicionais que variam conforme os desafios enfrentados pelo setor elétrico, como a escassez hídrica e o maior acionamento de usinas térmicas.

A definição mensal da bandeira aplicável é realizada pela ANEEL, com base nas estimativas de custo de geração repassadas pelo Operador Nacional do Sistema (ONS) e pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Os valores arrecadados são direcionados à Conta Centralizadora dos Recursos de Bandeiras Tarifárias (Conta Bandeiras), administrada pela CCEE, com o objetivo de cobrir os custos variáveis da geração de energia por fontes térmicas e exposições ao mercado de curto prazo. Essa estrutura tarifária visa equalizar os custos operacionais, evitando reajustes tarifários abruptos e promovendo a sustentabilidade financeira das distribuidoras de energia elétrica (ANEEL, 2024).

O sistema de bandeiras tarifárias desempenha um papel fundamental na gestão do setor elétrico brasileiro, ao incentivar o consumo consciente e permitir que os consumidores ajustem sua demanda conforme as condições de operação do sistema. Dessa forma, o modelo adotado contribui para o equilíbrio entre oferta e demanda, garantindo maior previsibilidade no custo da energia elétrica e auxiliando na estabilização do mercado energético nacional.

## **2.10. Python para o Mercado de Energia**

A linguagem de programação Python se destaca para produzir ferramentas poderosas no setor de energia elétrica, especialmente na análise de faturas e na otimização de custos. Sua versatilidade e a vasta gama de bibliotecas disponíveis permitem o desenvolvimento de soluções eficientes para consumidores e empresas.

No contexto da gestão energética, a análise detalhada das faturas de energia elétrica é fundamental para identificar oportunidades de redução de custos, otimização do consumo e melhoria da qualidade da energia. Empresas e instituições enfrentam desafios ao lidar com grandes volumes de dados provenientes de múltiplas unidades consumidoras, cada uma com características tarifárias e regras de faturamento específicas. Nesse cenário, a automação do processamento de dados torna-se essencial para garantir uma gestão eficiente. Ferramentas desenvolvidas nesta linguagem possibilitam a extração e análise dessas informações de forma sistemática, facilitando a detecção de desperdícios, o ajuste da demanda contratada e a adoção de medidas que garantam um fornecimento energético mais econômico.

Além disso, estudos têm demonstrado a aplicação da linguagem Python na otimização de parâmetros contratuais de contas de energia elétrica. Por exemplo, Holanda Neto (2022) desenvolveu uma ferramenta utilizando a biblioteca Python-MIP para otimizar variáveis contratuais, como demanda contratada e modalidade tarifária, visando a redução de custos para unidades consumidoras do Governo do Estado do Ceará. O estudo identificou um potencial de redução de custos superior a 50 milhões de reais, correspondendo a uma economia de 27,67% dos custos totais.

Outro exemplo é o trabalho de Lima (2022), que desenvolveu uma ferramenta para análise do consumo ótimo em redes elétricas. A metodologia proposta resultou em uma app com interface gráfica para a realização de cálculos e apresentação de resultados, auxiliando na gestão energética de unidades consumidoras.

Esses exemplos ilustram como a linguagem de programação Python tem sido empregada no desenvolvimento de soluções que auxiliam na análise detalhada do consumo energético e na identificação de estratégias para a redução de custos, evidenciando sua relevância no mercado de energia elétrica.

### **2.11. Considerações Finais do Capítulo**

Ao concluir este capítulo, foi possível estabelecer uma base teórica sólida sobre a gestão de faturas de energia elétrica, abordando a categorização de consumidores segundo as diretrizes da ANEEL e os principais elementos da estrutura tarifária. As definições apresentadas, como tipos de demanda, grupos e subgrupos de consumidores, modalidades tarifárias e critérios de cobrança, são fundamentais para compreender os desafios na administração dos custos energéticos. Além disso, a integração de ferramentas computacionais desenvolvidas na linguagem Python desempenham um papel estratégico na extração e análise desses dados, viabilizando uma gestão mais precisa e automatizada. Diante desse contexto, o próximo capítulo apresentará uma análise detalhada do consumo e dos custos, demonstrando na prática como a aplicação dessas metodologias pode otimizar a tomada de decisões e reduzir desperdícios na gestão da energia elétrica.

### 3. METODOLOGIA

A adequação da demanda contratada é um fator essencial na gestão eficiente do consumo de energia elétrica, permitindo que grandes consumidores, como a UFPA otimizem seus custos e evitem penalidades financeiras. De acordo com a Resolução Normativa ANEEL nº 1.000 (ANEEL, 2021), os consumidores possuem um prazo de três meses para a realização de testes de adequação da demanda, período em que o faturamento ocorre com base na demanda medida multiplicada pela tarifa vigente. Após essa fase, é possível solicitar à distribuidora a redução da demanda contratada, desde que respeitado o intervalo mínimo de 12 meses entre cada ajuste.

No caso de consumidores classificados como clientes especiais, como a UFPA, a adequação da demanda segue critérios específicos estabelecidos pela concessionária responsável. Conforme a Norma Técnica NT.31.032 da Equatorial Energia, a solicitação de aumento de demanda deve ser feita com antecedência mínima de 90 dias, enquanto a redução da demanda só pode ser solicitada uma vez por ano. Além disso, "Alterações na demanda contratada devem ser formalizadas por meio de termos aditivos ao Contrato de Uso do Sistema de Distribuição (CUSD), respeitando a capacidade da rede de distribuição" (Equatorial Energia, 2017).

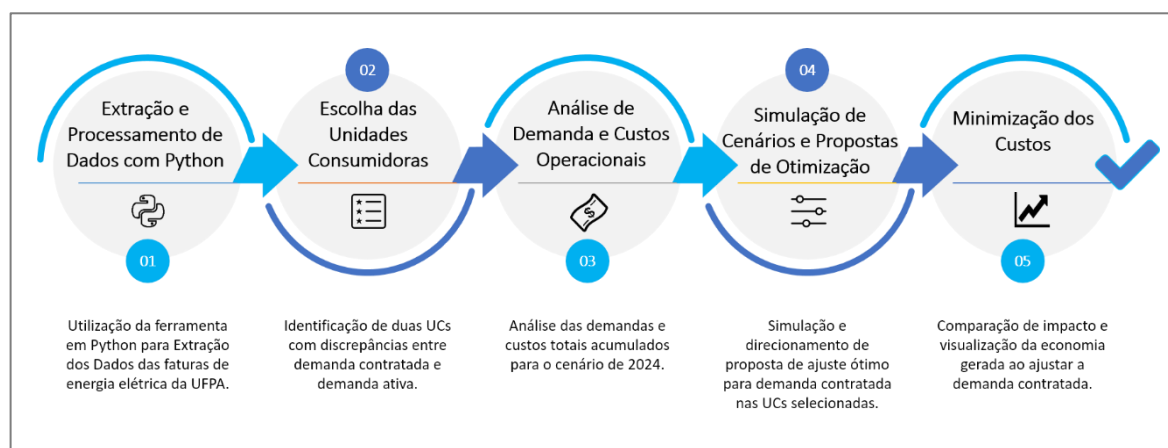
A correta gestão da demanda contratada, aliada à extração e análise automatizada dos dados das faturas de energia, possibilita um planejamento mais eficaz para a UFPA, contribuindo para a redução de custos operacionais e garantindo maior eficiência no uso da energia elétrica.

Para identificar oportunidades de aprimoramento na modalidade de contratação de energia elétrica, foi conduzida uma análise detalhada dos parâmetros de demandas registradas das Unidades Consumidoras (UCs) da UFPA. Essa análise baseou-se na extração e processamento automatizado dos dados contidos nas faturas de energia fornecidas pela Prefeitura da Universidade, utilizando da ferramenta desenvolvida em linguagem Python. A avaliação sistemática desses dados é essencial para garantir a eficiência do consumo energético e embasar estratégias de mitigação de custos. Conforme destaca Silva (2017), "uma metodologia eficiente de enquadramento tarifário, baseada na análise detalhada do consumo e da demanda contratada, permite que instituições públicas otimizem seus contratos de fornecimento de energia, reduzindo custos e melhorando a eficiência energética".

Dentre as faturas analisadas, foi selecionada a fatura agrupada da UFPA, que engloba diversas Unidades Consumidoras (UCs) do Grupo A, como objeto de estudo. A escolha dessa fatura deve-se ao fato de concentrar os maiores custos operacionais da instituição, permitindo a identificação do maior ofensor financeiro e possibilitando a análise detalhada da demanda contratada. O período analisado compreendeu todo o ano de 2024, permitindo uma avaliação anual do comportamento das curvas de demanda ativa, o que possibilita a identificação de padrões sazonais e a definição de estratégias para dimensionar pontos ótimos no Contrato de Uso do Sistema de Distribuição (CUSD), visando a redução de custos e a otimização da contratação de demanda para essas instalações.

Para uma análise mais aprofundada, foram selecionadas duas Unidades Consumidoras específicas dentro da fatura agrupada, que apresentavam características distintas em relação ao dimensionamento da demanda: a UC 2001131798, que apresentou subdimensionamento, e a UC 0000047201, que apresentou superdimensionamento. A escolha dessas UCs possibilitou a compreensão detalhada de cenários críticos em termos de demanda contratada, garantindo uma análise representativa e relevante para a formulação de propostas de otimização. A Figura 5 apresenta as etapas da pesquisa.

**Figura 5. Etapas da Pesquisa**



**Fonte:** Elaborado pelo Autor inspirado em Lima (2024).

### 3.1. Python na Extração e Processamento de Dados

A utilização de ferramentas computacionais no tratamento de faturas de energia elétrica possibilita agilidade, precisão e escalabilidade na análise de grandes volumes de dados. No presente estudo, Python foi empregado como linguagem principal para

a extração automatizada dos dados, facilitando a organização das informações e garantindo maior controle sobre o consumo e a demanda das Unidades Consumidoras (UCs) da UFPA. A metodologia aplicada nesta ferramenta foi estruturada em duas frentes principais: desenvolvimento do código de extração e processamento dos dados e interface gráfica para interação com o usuário.

### 3.1.1. Desenvolvimento da Ferramenta em Python

A ferramenta desenvolvida para a extração e processamento dos dados das faturas de energia elétrica foi implementada utilizando a linguagem Python. O objetivo principal dessa ferramenta é automatizar o processo de obtenção e organização das informações relevantes para análise do consumo e da demanda das Unidades s Consumidoras (UCs) da UFPA. Para isso, foram desenvolvidos módulos específicos que permitem a leitura dos arquivos, a extração dos dados e o armazenamento das informações de forma estruturada. Isso pode ser compreendido melhor na Figura 6.

**Figura 6.** Etapas da Ferramenta desenvolvida em linguagem Python



**Fonte:** Elaboração do Autor

### 3.1.1.1. Leitura das Faturas e Extração de Dados

A leitura e extração dos dados das faturas foram realizadas utilizando a biblioteca PyPDF2, que possibilita a abertura e a manipulação de arquivos PDF de forma estruturada. Esse processo é essencial para a automação da análise, permitindo a obtenção dos textos contidos nos documentos e a segmentação das informações necessárias para os cálculos de consumo e de demanda.

A ferramenta desenvolvida realiza a varredura de cada página do documento PDF, capturando os dados essenciais, como número da instalação, tensão elétrica, período de referência, consumo e demanda contratada. O uso da PyPDF2 garante que o texto seja extraído com precisão, possibilitando o processamento automatizado das informações. Conforme descrito na documentação oficial, "a biblioteca PyPDF2 pode ser utilizada para extrair texto, dividir, mesclar e modificar arquivos PDF, permitindo uma manipulação eficiente e customizável" (PyPDF, 2024).

Para ilustrar esse processo, a Figura 5 apresenta um pseudocódigo representando a lógica implementada para a leitura e segmentação das faturas. Esse pseudocódigo destaca as etapas essenciais do procedimento, incluindo a abertura do arquivo PDF, a identificação dos padrões de segmentação e a separação das páginas conforme a tensão elétrica das unidades consumidoras.

**Figura 7.** Pseudocódigo de Leitura e Tratamento das Faturas

### Leitura e Tratamento das Faturas

```
import PyPDF2
import re

def ler_fatura(arquivo_pdf):
    pdf = PyPDF2.PdfReader(arquivo_pdf) # Abre o PDF
    pdf_modificado = dividir_por_grupo(pdf) # Separa faturas por tensão elétrica
    return pdf_modificado

def dividir_por_grupo(pdf):
    novo_pdf = PyPDF2.PdfWriter()
    for pagina in pdf.pages:
        texto = pagina.extract_text()
        tensao = re.search(r'\d{10}\s(\w\d)', texto)

        if tensao and tensao.group(1) == 'A4':
            novo_pdf.add_page(pagina) # Mantém a página inteira
        elif tensao and tensao.group(1) == 'B3':
            novo_pdf.add_page(dividir_pagina(pagina)) # Divide a página

    return novo_pdf
```

**Fonte:** Elaboração do Autor

Após a extração inicial, as páginas do documento são segmentadas de acordo com a tensão elétrica das unidades consumidoras. Para isso, a ferramenta identifica os padrões nos documentos por meio da biblioteca Regex, especializada no reconhecimento de padrões textuais. A aplicação de expressões regulares permite capturar elementos específicos das faturas, como valores de consumo e demanda ativa, garantindo que os dados extraídos sejam organizados de forma coerente. Segundo a documentação oficial da linguagem Python, "as expressões regulares permitem a busca e manipulação eficiente de padrões textuais, sendo amplamente utilizadas para análise de dados estruturados e não estruturados" (Regex, 2025).

A biblioteca Regex foi utilizada para encontrar padrões numéricos dentro das faturas e segmentar corretamente os dados de cada instalação. Essa abordagem é fundamental, pois as informações contidas nas faturas não seguem um layout fixo e podem variar de um mês para outro. A extração baseada em Regex possibilita a captura de dados essenciais com alta precisão, contribuindo para a confiabilidade da análise.

Para exemplificar esse processo, a Figura 6 apresenta um pseudocódigo que representa a lógica empregada na extração e

segmentação dos dados. Esse pseudocódigo destaca as etapas fundamentais, incluindo a identificação dos padrões textuais, a extração dos valores de consumo e demanda e a organização dessas informações para armazenamento posterior.

**Figura 8.** Pseudocódigo de Extração e Segmentação de Dados

```

Extração e Segmentação de Dados
import re

def extrair_dados(pdf_tratado):
    for página in pdf_tratado.pages:
        texto = página.extract_text()

        unidade = re.search(r'Instalação:\s(\d+)', texto)
        referencia = re.search(r'Referência:\s(\d{2}/\d{4})', texto)
        tensao = re.search(r'\d+\s(\w\d)', texto)
        consumo_ponta = re.search(r'Consumo Ponta\s([\d.,]+)', texto)
        consumo_fora_ponta = re.search(r'Consumo Fora Ponta\s([\d.,]+)', texto)
        demanda_ativa = re.search(r'Demanda Ativa\s([\d.,]+)', texto)
        demanda_ultrapassagem = re.search(r'Demanda Ultrapassagem\s([\d.,]+)', texto)

        dados_extraidos = {
            'unidade': unidade.group(1) if unidade else 'N/A',
            'referencia': referencia.group(1) if referencia else 'N/A',
            'tensao': tensao.group(1) if tensao else 'N/A',
            'consumo_ponta': consumo_ponta.group(1) if consumo_ponta else '0',
            'consumo_fora_ponta': consumo_fora_ponta.group(1) if consumo_fora_ponta else '0',
            'demanda_ativa': demanda_ativa.group(1) if demanda_ativa else '0',
            'demanda_ultrapassagem': demanda_ultrapassagem.group(1) if demanda_ultrapassagem else '0',
        }

        armazenar_dados(dados_extraidos)

```

**Fonte:** Elaboração do Autor

Com a leitura e segmentação dos dados concluídas, os valores extraídos são estruturados para armazenamento e análise. O próximo passo do processo envolve a organização dessas informações em um formato adequado para posterior processamento e cálculos de otimização.

### 3.1.1.2. Armazenamento e Organização de Dados

Após a extração e segmentação das informações das faturas, os dados são estruturados para armazenamento e posterior análise. Para esse processo, foi utilizado-se da biblioteca Pandas que oferece funcionalidades para manipulação de dados de forma eficiente e organizada. A ferramenta desenvolvida armazena os dados extraídos em arquivos Excel, permitindo que os usuários acessem as informações de maneira estruturada, sem a necessidade de manipulação manual.

A biblioteca Pandas possibilita a criação e manipulação de

DataFrames, que são estruturas tabulares semelhantes a planilhas, facilitando a organização e o processamento das informações. Conforme descrito na documentação oficial, "o Pandas fornece estruturas de dados fáceis de usar e ferramentas para análise de dados eficientes, permitindo a manipulação e o armazenamento de grandes conjuntos de dados" (Pandas, 2024).

Para ilustrar esse processo, a Figura 9 apresenta um pseudocódigo que representa a lógica empregada no armazenamento das informações extraídas. Esse pseudocódigo destaca as etapas principais, incluindo a conversão dos dados extraídos em um formato tabular e a exportação dos resultados para um arquivo Excel.

**Figura 9.** Pseudocódigo de Armazenamento e Organização dos Dados

### Armazenamento e Organização dos Dados

```
import pandas as pd

dados_fatura = []

def armazenar_dados(dados):
    dados_fatura.append(dados)

def salvar_dados_excel(nome_arquivo="faturas_extraidas.xlsx"):
    df = pd.DataFrame(dados_fatura)
    df.to_excel(nome_arquivo, index=False)
```

**Fonte:** Elaboração do Autor

#### 3.1.2. Interface Gráfica da Aplicação

A interface gráfica da aplicação foi desenvolvida utilizando a biblioteca Tkinter, amplamente empregada para a criação de interfaces gráficas em linguagem de programação Python. A Tkinter oferece uma série de ferramentas para o desenvolvimento de interfaces de usuário, permitindo a criação de janelas, botões e outros componentes necessários para a interação com o usuário.

O principal objetivo da interface gráfica é fornecer um ambiente simples e intuitivo para o usuário, facilitando o processo de seleção de faturas e o salvamento dos dados extraídos. A Figura 10 apresenta a interface gráfica da aplicação, onde o usuário pode selecionar os arquivos de faturas e

visualizar as opções de funcionalidade disponíveis.

**Figura 10.** Interface Gráfica da Aplicação



**Fonte:** Elaboração do Autor

Segundo a documentação oficial, "Tkinter é a interface gráfica padrão para o Python, baseada na biblioteca Tk, e permite criar aplicativos de desktop com uma interface gráfica fácil de usar" (TKINTER, 2024). A aplicação foi projetada para permitir ao usuário selecionar múltiplos arquivos PDF, extrair dados dessas faturas e, em seguida, salvar as informações em formato Excel, tudo por meio de uma interface simples e direta.

Além disso, a biblioteca PIL (Python Imaging Library) foi utilizada para a manipulação de imagens dentro da interface, especialmente para exibir o logotipo da UFPA. A PIL permite a abertura, modificação e exibição de imagens, facilitando o processo de incorporação de imagens na interface gráfica. A Figura 8 também ilustra como a imagem foi incorporada ao aplicativo utilizando a PIL para manipulação da imagem do logotipo da UFPA.

Segundo a documentação oficial da PIL, "a biblioteca oferece suporte à abertura, modificação e conversão de vários formatos de imagem, além de permitir o redimensionamento e manipulação de imagens em interfaces gráficas" (PIL, 2024).

A Figura 11 apresenta o pseudocódigo que descreve a lógica de funcionamento da interface gráfica, destacando a criação da janela principal, a inclusão de elementos gráficos, como botões e imagens, e o processamento das interações do usuário. Este pseudocódigo ilustra a utilização do Tkinter para o desenvolvimento da interface e do PIL para o carregamento e exibição da imagem, garantindo um layout acessível.

A utilização dessas bibliotecas permite a construção de interfaces interativas de maneira simples e eficiente, facilitando a integração do usuário com a ferramenta de extração e análise das faturas.

**Figura 11.** Pseudocódigo da Interface Gráfica da Aplicação

#### Interface Gráfica - Tkinter e PIL

```
import tkinter as tk
from tkinter import filedialog, messagebox
from PIL import Image, ImageTk
import os

# Inicializa a janela principal do Tkinter
root = tk.Tk()
root.title("Extrator de Dados da Fatura (TCC - KALIL CORRÊA)") # Define o título da janela
root.geometry('450x450') # Define o tamanho da janela
root.resizable(False, False) # Impede o redimensionamento da janela

# Carrega a imagem com PIL
img_path = "caminho/para/imagem.png" # Caminho da imagem
if os.path.exists(img_path):
    img = Image.open(img_path) # Abre a imagem com PIL
    img = img.resize((200, 160), Image.Resampling.LANCZOS) # Redimensiona a imagem
    img = ImageTk.PhotoImage(img) # Converte para formato Tkinter
    label_img = tk.Label(root, image=img) # Exibe a imagem na interface gráfica
    label_img.image = img # Previne que a imagem seja descartada
    label_img.pack(pady=10)

# Criação do título na interface gráfica
label = tk.Label(root, text="Extrator de Dados da Fatura
(TCC - KALIL CORRÊA)", font=('Arial', 14, 'bold'), justify='center')
label.pack(pady=15)

# Botão para selecionar arquivos
button = tk.Button(root, text="Selecionar Múltiplos PDFs", font=('Arial', 12), command=self.open_files, width=25)
button.pack(pady=10)

# Botão para sair
exit_button = tk.Button(root, text="Sair", font=('Arial', 10), command=root.quit, width=12)
exit_button.pack(pady=5)

# Função para abrir os arquivos PDF
def open_files():
    caminhos_arquivos = filedialog.askopenfilenames(
        filetypes=[("Arquivos PDF", "*.pdf")],
        title="Selecione as Faturas PDF"
    )
    if not caminhos_arquivos:
        messagebox.showwarning("Aviso", "Nenhum arquivo foi selecionado.")
        return

# Pergunta onde salvar o arquivo Excel
output_excel_path = filedialog.asksaveasfilename(
    defaulttextextension=".xlsx",
    filetypes=[("Arquivos Excel", "*.xlsx")],
    title="Escolha onde salvar o arquivo Excel"
)
if not output_excel_path:
```

```

try:
    # Extração dos dados dos PDFs
    for caminho_pdf in caminhos_arquivos:
        pdf = PdfReader(caminho_pdf)
        extrair_e_salvar(pdf, output_excel_path, multiple_files=True)

        messagebox.showinfo("Sucesso!", f"Extração concluída!
Os dados foram salvos em:
{output_excel_path}")
    except Exception as e:
        messagebox.showerror("Erro!", f"Ocorreu um erro:
{str(e)}")

# Inicializa a interface gráfica
if __name__ == "__main__":
    root.mainloop()

```

**Fonte:** Elaboração do Autor

### 3.2. Avaliação dos Parâmetros de Demanda para as UCs selecionadas

De início, com base nas informações coletadas, foram analisados os valores de demanda ativa utilizada, demanda contratada e demanda limite da UC 2001131798. A Tabela 3 apresenta os resultados dessa avaliação, permitindo uma compreensão clara da relação entre a demanda efetivamente utilizada e a contratada, bem como os limites estabelecidos para a unidade consumidora.

**Tabela 3.** Avaliação de Demanda da UC 2001131798

UC 2001131798			
Meses	Demanda Contratada	Demanda Limite	Demanda Ativa Utilizada
jan/24	450	472,5	143,64
fev/24	450	472,5	129,02
mar/24	450	472,5	162,79
abr/24	450	472,5	188,49
mai/24	450	472,5	154,22
jun/24	450	472,5	151,2
jul/24	450	472,5	130,53
ago/24	450	472,5	206,64
set/24	450	472,5	250,99
out/24	450	472,5	184,46
nov/24	450	472,5	197,56
dez/24	450	472,5	203,11

**Fonte:** Elaboração do Autor

Dessa forma, observa-se que a demanda contratada da Unidade Consumidora 2001131798 é de 450 kW, enquanto a demanda ativa utilizada apresenta variações significativas entre 129,02 kW e 250,99 kW ao longo dos meses analisados. A demanda limite, por sua vez, é calculada em 472,50 kW, correspondendo a 1,05 vezes

a demanda contratada, conforme estabelecido na Resolução N° 1.000 (ANEEL, 2021). Essa discrepância evidencia um claro caso de superdimensionamento da demanda contratada, gerando custos adicionais que poderiam ser otimizados por meio de um ajuste da demanda contratada de acordo com o perfil de consumo real da unidade.

A seguir, são apresentados os valores de demanda ativa utilizada, demanda contratada e demanda limite da UC 0000047201, organizados para facilitar a análise comparativa. Os dados obtidos estão dispostos na Tabela 4.

**Tabela 4.** Avaliação de Demanda da UC 0000047201

UC 0000047201			
Meses	Demanda Contratada	Demanda Limite	Demanda Ativa Utilizada
jan/24	30	31,5	34,93
fev/24	30	31,5	33,45
mar/24	30	31,5	35,42
abr/24	30	31,5	34,93
mai/24	30	31,5	41,32
jun/24	30	31,5	31,98
jul/24	30	31,5	30,5
ago/24	30	31,5	36,4
set/24	30	31,5	35,91
out/24	30	31,5	31,48
nov/24	30	31,5	38,37
dez/24	30	31,5	37,88

**Fonte:** Elaboração do Autor

Os dados apresentados na Tabela 4 mostram que a demanda contratada para a UC 0000047201 é 30 kW (mínima para Grupo A), enquanto a demanda ativa utilizada apresenta variações, oscilando entre 30,50 kW e 41,32 kW. Essa discrepância evidencia um possível subdimensionamento da demanda contratada, gerando custos adicionais que poderiam ser otimizados por meio de um ajuste da demanda contratada de acordo com o perfil de consumo real da unidade.

### 3.3. Metodologia para Cálculo dos Custos de Demanda

Para calcular os valores de faturamento, são utilizadas as equações (1), (2) e (3). De acordo com a Resolução Normativa N° 1.000 (ANEEL, 2021), se a demanda máxima registrada durante o período de faturamento for menor do que a demanda

contratada, o faturamento será calculado com base na demanda contratada, que será multiplicada pela tarifa em vigor, conforme indicado na equação (1):

$$V_f = D_c \cdot T_e \quad (1)$$

Onde,

$V_f$  – Valor da fatura, em R\$;

$D_c$  – Demanda contratada, em kW;

$T_e$  – Tarifa de Energia, em R\$/kW

Além disso, conforme também estipulado na Resolução Nº 1.000, quando a demanda máxima registrada no período de faturamento exceder a demanda contratada, mas não ultrapassar 1,05 vezes o valor da demanda contratada, o faturamento será calculado com base na demanda registrada, sendo multiplicada pela tarifa vigente. Esse cálculo é representado pela equação (2):

$$V_f = D_r \cdot T_e \quad (2)$$

Onde,

$V_f$  – Valor da fatura, em R\$;

$D_r$  – Demanda registrada, em kW;

$T_e$  – Tarifa de Energia, em R\$/kW

Finalmente, mais uma vez, conforme definido na Resolução Nº 1.000 (ANEEL, 2021), quando a demanda máxima registrada no período de faturamento for superior a 1,05 vezes o valor da demanda contratada, o faturamento será calculado com base na demanda registrada multiplicada pela tarifa vigente, acrescido do valor referente à demanda de ultrapassagem. Esta parcela é calculada pela diferença entre a demanda registrada e a contratada, que é então multiplicada pela tarifa de ultrapassagem, que corresponde ao dobro da tarifa vigente. O cálculo é expresso pela equação (3):

$$V_f = D_r \cdot T_e + (D_r - D_c) \cdot 2 \cdot T_e \quad (3)$$

No qual,

$V_f$  – Valor da fatura, em R\$;

$D_r$  – Demanda registrada, em kW;

$D_c$  – Demanda contratada, em kW;

$T_e$  – Tarifa de Energia, em R\$/Kw

### **3.4. Considerações Finais do Capítulo**

Dessa forma, o estudo de demanda realizado destacou a relevância de uma análise técnica aprofundada dos parâmetros de consumo energético, que se apresenta como um elemento-chave para a otimização dos custos e o aprimoramento da eficiência operacional das Unidades Consumidoras. Este processo de análise, que envolve a comparação entre a demanda contratada e a demanda registrada, permite uma visão clara sobre o comportamento de consumo, o que é essencial para o ajuste de estratégias que visem à redução dos custos com energia elétrica. A aplicação das equações estabelecidas na Resolução Normativa Nº 1.000 (ANEEL, 2021), aliada ao direcionamento proposto por LIMA (2024) em seu estudo, possibilitou a realização de cálculos precisos do faturamento, considerando as variações nos cenários entre a demanda contratada e a demanda registrada, além de permitir a adaptação das metodologias a diferentes contextos. Essa análise foi fundamental para identificar potenciais ajustes na demanda contratada, oferecendo uma estratégia robusta para o controle de custos e a maximização da eficiência no consumo, principalmente dentro do contexto específico da Universidade, cujas faturas forneceram dados cruciais para alcançar esse objetivo.

Adicionalmente, a análise das faturas revelou a importância de um monitoramento contínuo da demanda e consumo, bem como a necessidade de ajustes frequentes na demanda contratada, à medida que as condições operacionais das unidades consumidoras podem variar ao longo do tempo.

Com base nos dados extraídos, o próximo passo será apresentar os resultados da análise e discutir as implicações da otimização da demanda contratada. Essa discussão abordará os benefícios imediatos, como a redução de custos operacionais, e vantagens a longo prazo. Ao integrar esses dados, será possível implementar ações para reduzir os custos com energia elétrica e promover uma gestão mais eficiente, garantindo uma operação mais vantajosa para as Unidades Consumidoras da UFPA e outras instituições com perfis semelhantes.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Considerações iniciais do Capítulo

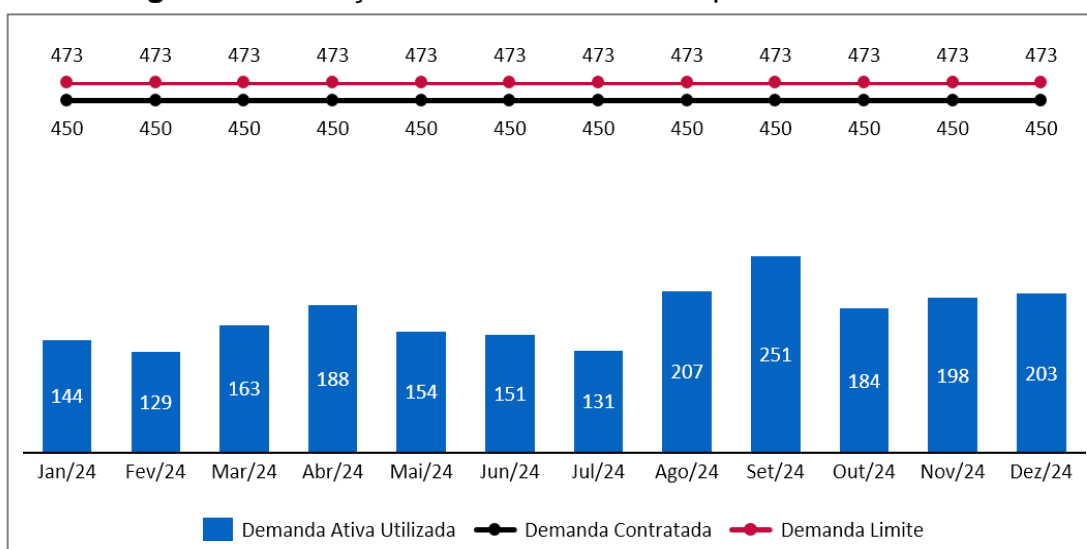
Este capítulo apresenta os resultados da avaliação da demanda elétrica das unidades consumidoras da UFPA, realizada ao longo de 12 meses. Com base nos dados obtidos, foram identificadas discrepâncias significativas entre a demanda contratada e a demanda ativa, evidenciando tanto situações de superdimensionamento quanto de subdimensionamento, as quais serão discutidas nas próximas seções.

As análises realizadas incluem a identificação de custos adicionais resultantes de demandas não utilizadas, bem como as penalidades aplicadas em casos de ultrapassagem da demanda contratada. Além disso, avalia-se o impacto financeiro associado a contratos de demanda inadequados, propondo ajustes que maximizem a eficiência energética e reduzam os custos operacionais. No próximo capítulo, serão discutidas as estratégias de otimização com base nos resultados obtidos.

### 4.2. Análise de Demanda para a UC 2001131798

A análise dos dados apresentados na Tabela 3 evidencia um dimensionamento inadequado da demanda elétrica, refletindo uma discrepância significativa entre a demanda contratada e a demanda ativa utilizada. A Figura 12 ilustra essa diferença de forma clara e objetiva.

**Figura 12.** Variação Mensal de Demanda para UC 2001131798



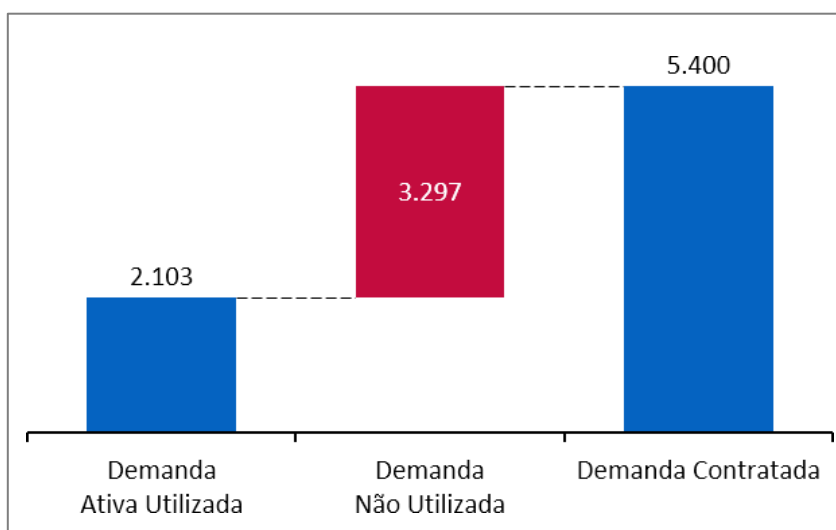
Fonte: Elaboração do Autor

Dessa forma, evidencia-se que a demanda contratada da UC 2001131798 está superdimensionada, o que acarreta custos adicionais devido ao pagamento por valores de demanda não utilizados. A superestimação da demanda contratada é um problema recorrente no planejamento energético, gerando custos desnecessários e prejudicando a eficiência operacional das unidades consumidoras.

Conforme apontado por Rosiak e Ribeiro (2013), a inadequação no dimensionamento da demanda contratada em unidades de alta tensão pode resultar em custos operacionais elevados e perda de eficiência econômica. O método proposto pelos autores busca otimizar o valor contratado, reduzindo custos associados ao superdimensionamento, especialmente em cenários de alta variação de consumo.

Com base nos dados apresentados na Tabela 3 e na Figura 10, foi realizada uma análise dos valores acumulados de demanda ativa utilizada, demanda não utilizada, demanda de ultrapassagem e demanda contratada ao longo dos 12 meses analisados. A Figura 13 ilustra de forma clara esses dados, evidenciando a discrepância entre a demanda contratada e a demanda efetivamente utilizada.

**Figura 13.** Distribuição de Demanda Acumulada UC 2001131798

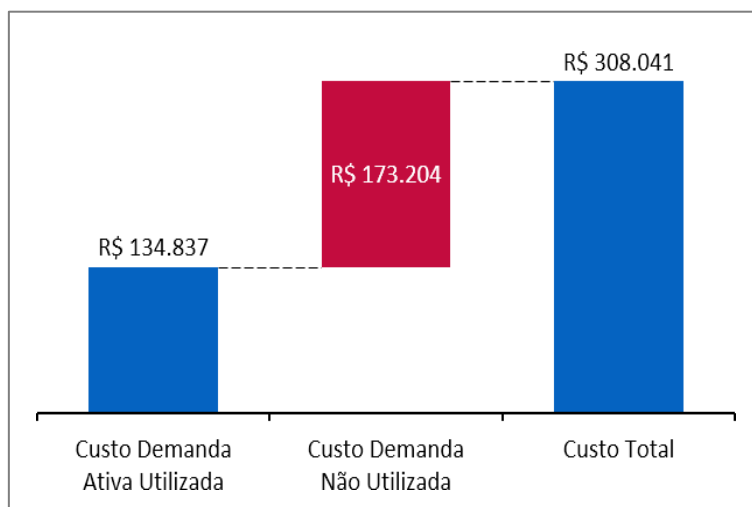


**Fonte:** Elaboração do Autor

Verifica-se que, embora a soma da demanda contratada ao longo dos 12 meses totalize 5400 kW, a demanda efetivamente utilizada foi de aproximadamente 2103 kW, indicando uma expressiva subutilização da capacidade contratada. Esse dado evidencia uma gestão ineficiente da demanda elétrica, resultando em custos adicionais devido ao pagamento por demanda não utilizada.

A partir dos valores representados na Figura 13 e aplicando a equação (1), foi realizado o cálculo do custo total para o acumulado de 12 meses, considerando as demandas efetivamente utilizada, não utilizada e contratada. A Figura 14 fornece uma visão consolidada desses custos, permitindo uma análise detalhada do impacto financeiro gerado pela discrepância entre a demanda contratada e a utilizada.

**Figura 14.** Distribuição de Custo Acumulado UC 2001131798

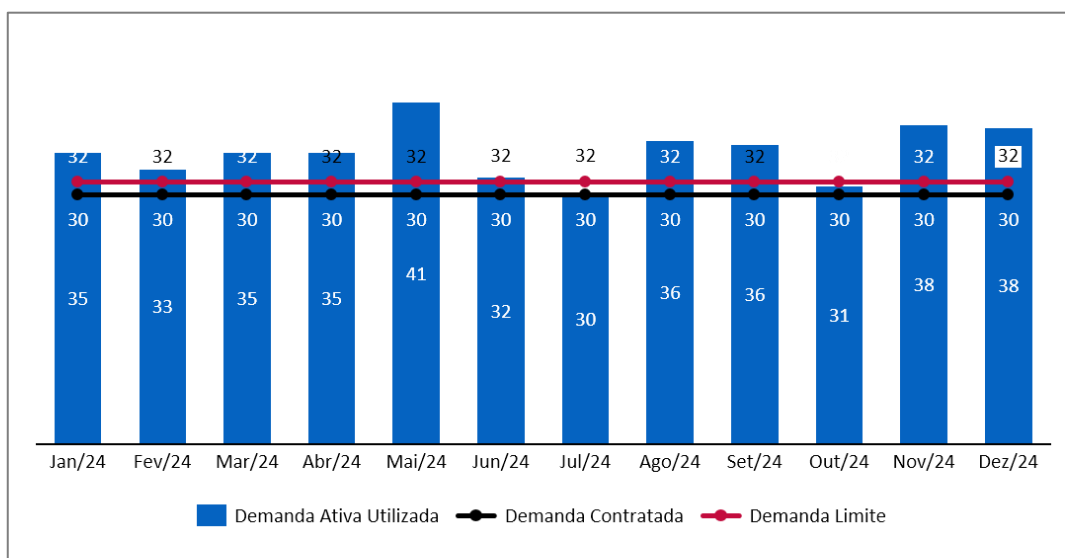


**Fonte:** Elaboração do Autor

A partir da análise das Figuras 13 e 14, constatou-se que o superdimensionamento da demanda contratada ocasionou uma subutilização de 3297,35 kW, resultando em um custo adicional de R\$ 173.204,22. Esse montante, somado ao custo da demanda ativa efetivamente utilizada, gerou um custo total de R\$ 308.041,26 no período avaliado.

#### 4.3. Análise de Demanda para a UC 0000047201

A partir dos dados apresentados na Tabela 4, observa-se uma variação que evidencia um dimensionamento inadequado da demanda elétrica contratada. A discrepância entre a demanda contratada e a demanda ativa utilizada é ilustrada de forma clara na Figura 15.

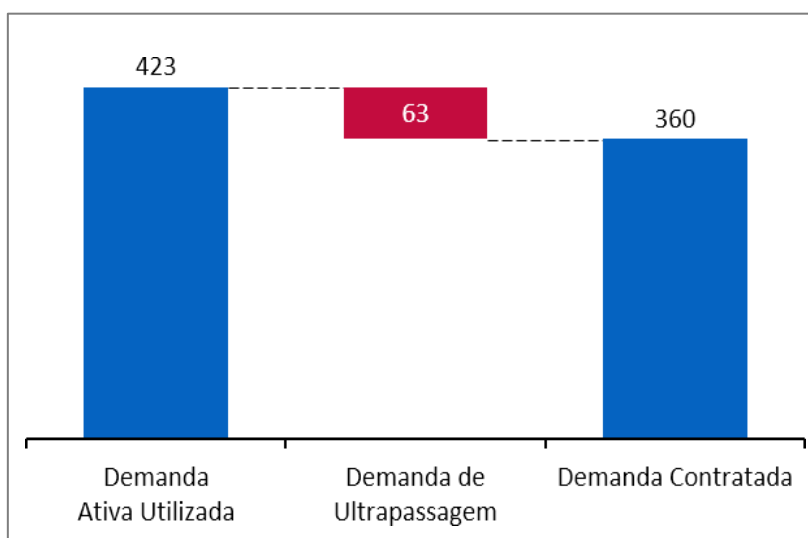
**Figura 15.** Variação Mensal de Demanda para UC 0000047201

**Fonte:** Elaboração do Autor

A análise dos dados referentes à Unidade Consumidora 0000047201 revela que a demanda contratada está subdimensionada, resultando em penalidades financeiras devido à ultrapassagem dos limites estabelecidos. Essa situação destaca a necessidade de revisar e ajustar o contrato de demanda para evitar multas e promover uma gestão energética mais eficiente.

Segundo Santos et al. (2007), o dimensionamento inadequado da demanda contratada pode resultar em custos operacionais elevados e perda de eficiência energética. A gestão estratégica de energia elétrica, incluindo a otimização da demanda contratada, é fundamental para reduzir custos e garantir o uso eficiente dos recursos energéticos.

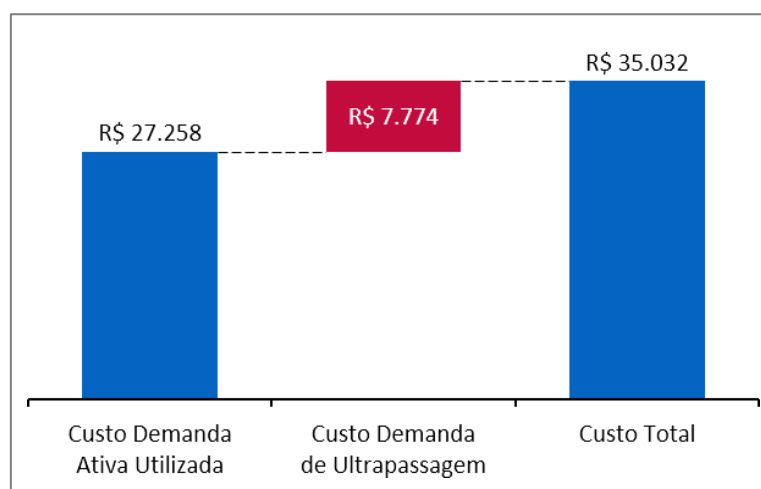
Com base nos dados apresentados na Tabela 4 e ilustrados na Figura 15, foi realizada uma análise detalhada dos valores acumulados de demanda ativa utilizada, demanda de ultrapassagem e demanda contratada ao longo dos 12 meses analisados. A Figura 16 apresenta essa consolidação, evidenciando a discrepância entre a demanda contratada e a demanda efetivamente utilizada, reforçando a importância de ajustes contratuais para otimização dos custos operacionais.

**Figura 16.** Distribuição de Demanda Acumulada UC 0000047201

**Fonte:** Elaboração do Autor

Observa-se que, ao longo do período de 12 meses, a demanda contratada totalizou 360 kW, enquanto a demanda efetivamente utilizada alcançou 423 kW, caracterizando ultrapassagem de 63 kW. O que comprova que, por mais que ultrapassagens possam parecer pequenas em um único mês, seu impacto ao longo de um ano, sem ajustes, é severo.

Com base nos valores apresentados na Figura 15 e aplicando as equações (2) e (3), foi realizado o cálculo do custo total referente aos 12 meses analisados, considerando as demandas contratada, utilizada, não utilizada e de ultrapassagem. A Figura 17 apresenta a consolidação desses custos.

**Figura 17.** Distribuição de Custo Acumulado UC 0000047201

**Fonte:** Elaboração do Autor

A análise evidencia que o subdimensionamento da demanda contratada resultou em uma ultrapassagem de 63 kW, ocasionando um custo adicional de R\$ 7.774,35 devido às penalidades por ultrapassagem. Ao considerar também os custos relacionados à demanda ativa utilizada, o valor total para o período analisado alcança aproximadamente R\$ 35.032. Esses dados reforçam a pesquisa de Santos et al. (2007), a respeito da necessidade de revisões em demanda e uso energético para mitigar penalidades de eficiência energética e otimizar os custos operacionais.

As análises realizadas revelam que a UC 2001131798 apresenta um superdimensionamento da demanda contratada, enquanto a UC 0000047201 enfrenta um subdimensionamento, acarretando custos adicionais expressivos e penalidades financeiras. Essas discrepâncias evidenciam a necessidade urgente de adequação dos contratos de demanda, com o objetivo de reduzir custos operacionais e aprimorar a eficiência energética das unidades consumidoras.

Dessa forma, no próximo tópico, serão apresentadas propostas de otimização que contemplam estratégias sistemáticas para alinhar a demanda contratada às necessidades reais de consumo, garantindo uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos elétricos nas unidades analisadas.

#### **4.4. Propostas de Otimização**

A determinação do valor ótimo da demanda contratada requer um estudo abrangente, contemplando um período mínimo de 12 meses. Para alcançar um dimensionamento eficiente, é essencial considerar diversos fatores que impactam o funcionamento da instituição de ensino, como o período letivo, feriados, férias e interrupções acadêmicas, incluindo greves (Lima, 2024). Essas variáveis influenciam diretamente o consumo de energia ao longo do ciclo anual, e sua análise criteriosa contribui para uma gestão mais precisa da demanda contratada.

O valor ideal da demanda contratada é aquele que se aproxima da demanda efetivamente registrada, garantindo que esta última não ultrapasse 5% do valor estipulado. Dessa forma, o consumidor evita custos adicionais relacionados ao consumo excedente e previne a incidência de multas por ultrapassagem da demanda contratada, promovendo uma gestão financeira mais eficiente.

Em algumas Unidades Consumidoras, a demanda registrada pode apresentar variações significativas ao longo do ano, exigindo uma análise econômica detalhada. Nessas situações, é fundamental avaliar se o custo das penalidades aplicadas em

alguns meses justifica-se frente ao total das tarifas pagas pela demanda excedente no ano completo. Tal abordagem possibilita identificar estratégias de otimização dos custos, considerando as particularidades do consumo e suas flutuações sazonais.

#### 4.4.1. Proposta de Otimização para a UC 2001131798

A partir da análise dos dados apresentados na Tabela 3 e nas Figuras 11 e 12, aliada às simulações realizadas no Excel para distintos níveis de demanda contratada, foi possível estabelecer um ajuste no valor da demanda contratada da unidade consumidora para 210 kW. Esse ajuste tem como principal objetivo otimizar a utilização da demanda contratada, minimizando os custos operacionais e evitando despesas adicionais decorrentes de superdimensionamento. A Tabela 5 apresenta os dados atualizados após a aplicação do novo valor de demanda contratada.

**Tabela 5.** Valores de Demanda Mensais Ajustados UC 2001131798

UC 2001131798			
Meses	Nova Demanda Contratada	Nova Demanda Limite	Demanda Ativa Utilizada
jan/24	200	210	143,64
fev/24	200	210	129,02
mar/24	200	210	162,79
abr/24	200	210	188,49
mai/24	200	210	154,22
jun/24	200	210	151,2
jul/24	200	210	130,53
ago/24	200	210	206,64
set/24	200	210	250,99
out/24	200	210	184,46
nov/24	200	210	197,56
dez/24	200	210	203,11

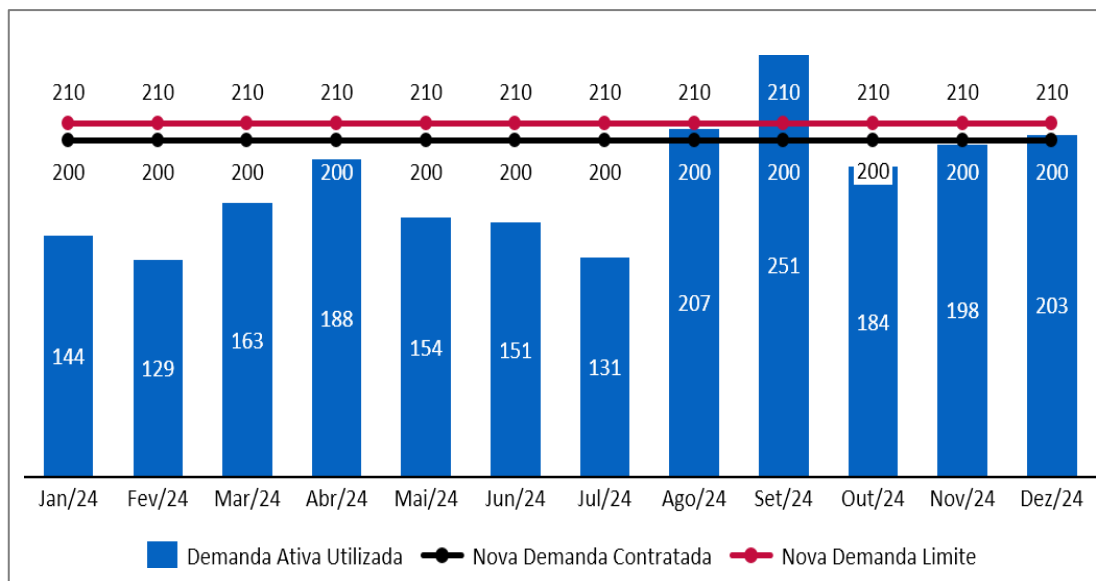
**Fonte:** Elaboração do Autor

A partir dos dados apresentados na Tabela 5, foi gerada uma visualização comparativa que representa a demanda ativa utilizada, a nova demanda contratada e o novo limite de demanda estabelecido para a unidade consumidora 2001131798. A Figura 18 ilustra detalhadamente essa análise, destacando o ajuste realizado.

Vale ressaltar que, devido ao aumento progressivo da demanda registrado no final do ano de 2024, evidenciando um perfil energético mais intensivo, optou-se por dimensionar a demanda contratada em 200 kW. Essa medida visa proporcionar uma

margem de segurança, reduzindo o impacto financeiro em casos de picos de consumo atípicos, como o ocorrido em setembro de 2024.

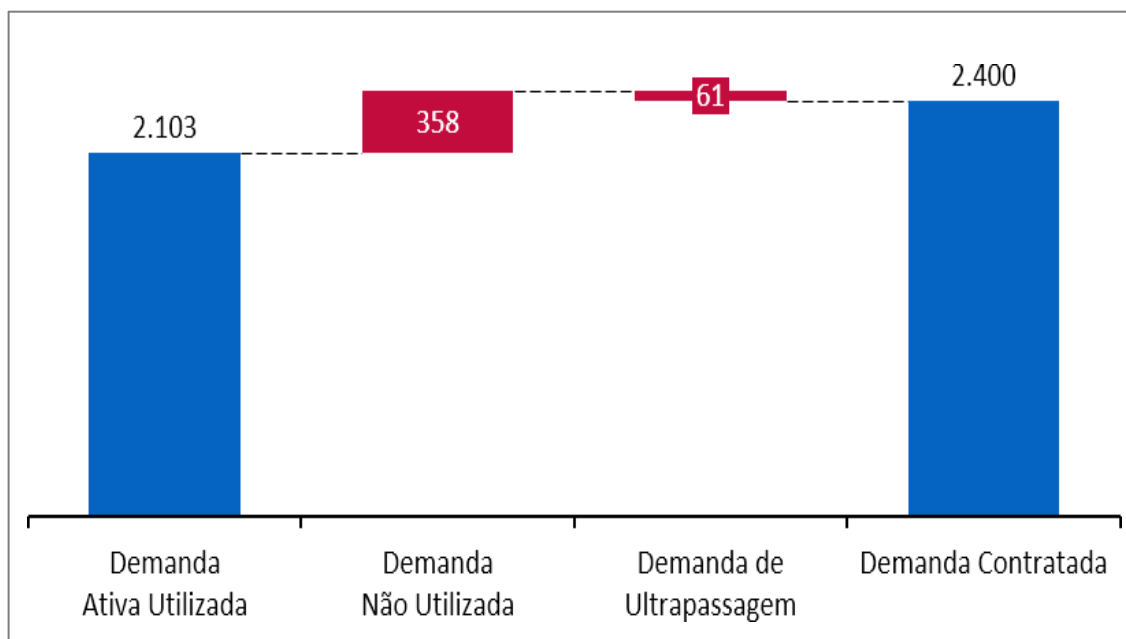
**Figura 18.** Variação Mensal de Demanda Ajustada para UC 2001131798



**Fonte:** Elaboração do Autor

O ajuste da demanda contratada para 200 kW demonstrou-se adequado, garantindo uma gestão mais eficiente dos recursos energéticos e promovendo a redução dos custos operacionais. Essa estratégia corrobora a abordagem defendida por Santos et al. (2007) que, em seu livro, destaca a importância de adequar a demanda contratada às reais necessidades de consumo para minimizar desperdícios e otimizar a eficiência energética.

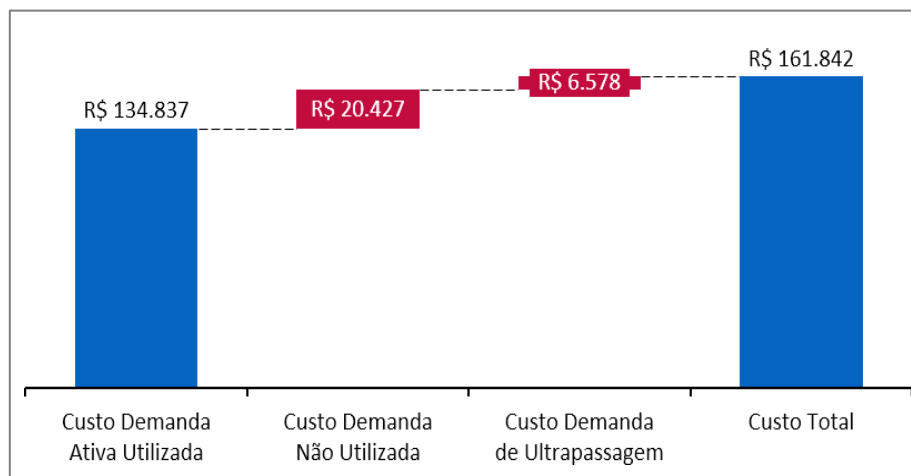
Para proporcionar uma análise consolidada dos valores acumulados de demanda ativa utilizada, demanda não utilizada, demanda de ultrapassagem e demanda contratada ao longo dos 12 meses avaliados, foi elaborada uma representação gráfica consolidada, utilizando os dados da Tabela 5 e da Figura 18. A Figura 19 apresenta uma síntese desses resultados.

**Figura 19.** Distribuição de Demanda Acumulada Ajustada UC 2001131798

**Fonte:** Elaboração do Autor

A partir da análise da Figura 19, observa-se que o ajuste da demanda contratada resultou em uma redução significativa do total acumulado para o período de 12 meses, passando para 2400 kW. Além disso, verificou-se que apenas 358,09 kW de potência permaneceram ociosos, demonstrando a efetividade da estratégia adotada e confirmando a adequação da demanda contratada às reais necessidades da unidade consumidora.

A partir da aplicação das Equações (1), (2) e (3) aos valores obtidos nas Figuras 18 e 19, foi possível identificar que, embora tenha ocorrido multa por ultrapassagem da demanda no mês de setembro, o valor dessa penalidade se mostrou significativamente menor quando comparado ao montante acumulado referente às demandas não utilizadas ao longo dos 12 meses. Essa constatação reforça a eficácia da estratégia adotada para o ajuste da demanda contratada, uma vez que os custos adicionais foram minimizados. A Figura 20 apresenta um panorama consolidado desses custos, destacando as variações mensais e a distribuição financeira entre as demandas analisadas.

**Figura 20.** Distribuição de Custo Acumulado Ajustado UC 2001131798

**Fonte:** Elaboração do Autor

A análise das Figuras 19 e 20 demonstra que o ajuste na demanda contratada proporcionou uma redução significativa de cerca de 2939 kW na potência não utilizada, diminuindo de 3297 kW para apenas 358,09 kW. Essa alteração gerou uma economia de R\$ 146.199, reduzindo o custo total de R\$ 308.041 para R\$ 161.842 ao longo dos 12 meses de operação.

#### 4.4.2. Proposta de Otimização para a UC 0000047201

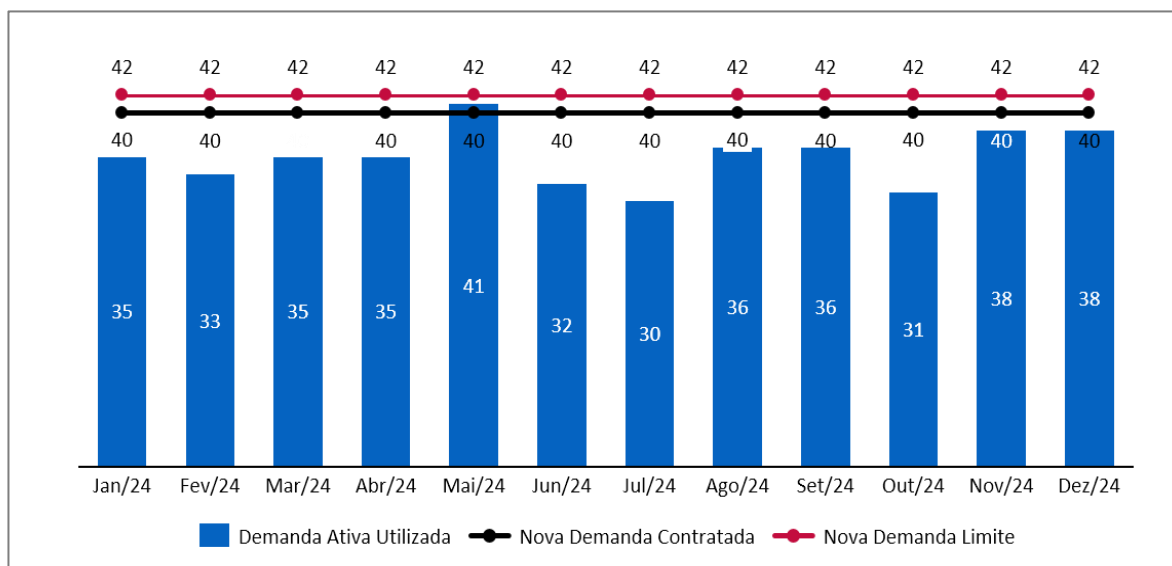
Com base nos dados apresentados na Tabela 4 e nas Figuras 16 e 17, bem como nas simulações realizadas para diferentes cenários de demanda contratada, foi determinado o ajuste da demanda contratada da unidade consumidora para 40 kW. Este valor foi definido visando a otimização da utilização da demanda contratada e a minimização dos custos operacionais. Os novos dados estão detalhados na Tabela 6.

**Tabela 6.** Valores de Demanda Mensais Ajustados UC 0000047201

UC 0000047201			
Meses	Nova Demanda Contratada	Nova Demanda Limite	Demanda Ativa Utilizada
jan/24	40	42	34,93
fev/24	40	42	33,45
mar/24	40	42	35,42
abr/24	40	42	34,93
mai/24	40	42	41,32
jun/24	40	42	31,98
jul/24	40	42	30,5
ago/24	40	42	36,4
set/24	40	42	35,91
out/24	40	42	31,48
nov/24	40	42	38,37
dez/24	40	42	37,88

**Fonte:** Elaboração do Autor

Com os dados apresentados na Tabela 6, foi criada uma figura comparativa entre a demanda ativa utilizada, a nova demanda contratada e o novo limite de demanda para a unidade consumidora 0000047201, conforme ilustrado na Figura 21.

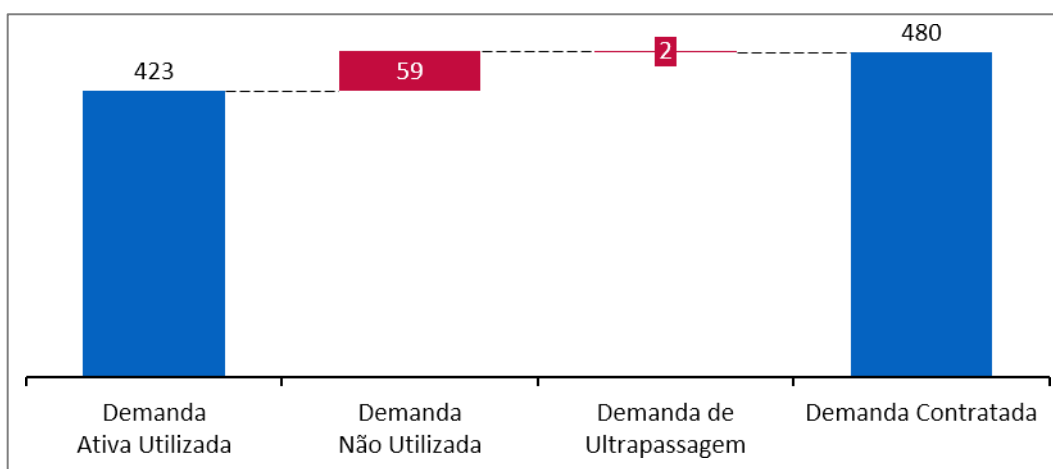
**Figura 21.** Variação Mensal de Demanda Ajustada para 0000047201

**Fonte:** Elaboração do Autor

Em conformidade com a pesquisa de Santos et al. (2007), o ajuste da demanda contratada para 40 kW, mitigou as penalidades por ultrapassagem e otimizou os custos operacionais.

Para obter uma visão acumulada da demanda ativa utilizada, demanda não utilizada, demanda de ultrapassagem e demanda contratada ao longo dos 12 meses analisados, foi elaborado uma figura em distribuição, fundamentada nos dados da Tabela 6 e da Figura 21. A Figura 22 ilustra esses dados.

**Figura 22.** Distribuição de Demanda Acumulada Ajustada UC 0000047201

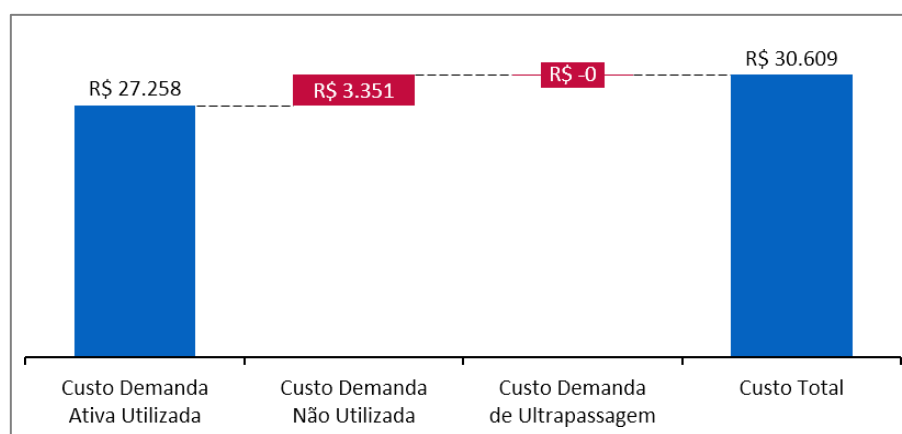


**Fonte:** Elaboração do Autor

A análise da Figura 22 revela que, ao longo dos 12 meses, o total acumulado da demanda contratada foi ajustado para 480 kW. Além disso, a demanda de ultrapassagem foi reduzida para apenas 2 kW devido ao mês de maio, mesmo assim, por estar na faixa dos 5%, este não será cobrado, demonstrando a eficácia do ajuste.

Ao aplicar as Equações (1), (2) e (3) aos dados das Figuras 19 e 20, observou-se que, embora tenham ocorrido alguns meses com custos devido à demanda não utilizada, esses valores foram inferiores ao total gasto com ultrapassagens durante o período analisado. A Figura 23 apresenta uma visão consolidada desses custos.

**Figura 23.** Distribuição de Custo Acumulado Ajustado UC 0000047201



**Fonte:** Elaboração do Autor

A análise das Figuras 20 e 21 demonstrou que o ajuste na demanda contratada gera uma redução da demanda de ultrapassagem em 59 kW, de 63 kW para apenas 2 kW que, novamente, não será cobrado. Isso resulta em uma economia total de R\$ 4.423, diminuindo o custo total de R\$ 35.032 para R\$ 30.609 ao longo dos 12 meses de operação pela redução total do custo com multas de ultrapassagem.

#### 4.5. Considerações Finais do Capítulo

A otimização da demanda contratada é um fator essencial para garantir uma gestão eficiente dos custos operacionais em instituições de ensino, conforme apontam os estudos de Lima (2024) e Santos et al. (2007). A partir de uma avaliação detalhada das variações de demanda ao longo de um período de 12 meses, foi possível realizar ajustes precisos nos valores das demandas contratadas das unidades consumidoras 2001131798 e 0000047201. Esses ajustes resultaram em uma redução expressiva dos custos associados ao consumo de energia elétrica. A Tabela 7 apresenta o total da economia obtida com a readequação das demandas contratadas.

**Tabela 7.** Resumo dos Custos e Economia Acumulados das UCs

Unidades Consumidoras	Custo Anterior	Custo das Perdas	Custo Otimizado	% Redução
2001131798	R\$ 308.041,26	R\$ 173.204,22	R\$ 161.841,92	47,46%
0000047201	R\$ 35.032,44	R\$ 7.774,35	R\$ 30.609,46	12,63%
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 343.073,70</b>	<b>R\$ 180.978,57</b>	<b>R\$ 192.451,39</b>	<b>30,04%</b>

**Fonte:** Elaboração do Autor

As estratégias de ajuste de demanda contratada demonstraram-se eficazes na redução dos custos e, mesmo quando consideradas as penalidades por ultrapassagem e/ou demandas não utilizadas, a análise dos resultados comprovou que os gastos se mantêm inferiores aos cenários pré-correção, evidenciando a eficiência da abordagem adotada.

No próximo capítulo, serão apresentadas as conclusões finais da pesquisa, consolidando os resultados obtidos e discutindo as implicações práticas das otimizações realizadas. Também serão apontadas possíveis direções para futuras pesquisas e estratégias de gestão energética, reforçando a relevância de ajustes periódicos na demanda contratada para garantir eficiência e sustentabilidade no consumo de energia em instituições de ensino.

## 5. CONCLUSÃO

### 5.1. Considerações Finais do Capítulo

Durante o desenvolvimento deste estudo, abordaram-se conceitos fundamentais relacionados à gestão de energia elétrica, incluindo os diferentes tipos de demanda, os grupos e subgrupos tarifários e as modalidades de faturamento estabelecidas pela ANEEL. Esses conceitos são cruciais para compreender os desafios enfrentados por instituições de grande porte no contexto do setor elétrico.

A análise detalhada das faturas de energia das Unidades Consumidoras (UCs) da UFPA revelou discrepâncias significativas entre a demanda contratada e a demanda efetivamente utilizada ao longo do ano de 2024. A UC 2001131798 apresentou um superdimensionamento de demanda contratada, acarretando custos adicionais significativos, enquanto a UC 0000047201 enfrentou problemas de subdimensionamento, resultando em multas recorrentes por ultrapassagem de demanda. Essas inconsistências evidenciam a relevância de um planejamento criterioso e da adequação dos valores contratados, garantindo maior eficiência no uso dos recursos elétricos e redução das despesas operacionais.

A otimização dos custos operacionais com energia elétrica neste estudo foi viabilizada pela aplicação de ferramentas computacionais, destacando-se o uso da linguagem Python para o desenvolvimento de uma solução automatizada de extração e análise de faturas. Combinando bibliotecas como PyPDF2, Pandas e Regex, a ferramenta permitiu consolidar dados com precisão e agilidade, identificando padrões de consumo e oportunidades de ajuste contratual. Um dos maiores diferenciais observados foi a expressiva redução no tempo de processamento: enquanto o método manual descrito por Lima (2024) exigiu mais de uma semana para a extração e tratamento dos dados, a automação proposta realiza o mesmo processo em menos de um minuto. Esse ganho de eficiência não só reduziu o tempo de análise, como também garantiu maior padronização, minimização de erros e suporte estratégico para decisões voltadas à gestão energética institucional.

As estratégias de otimização sugeridas, que envolvem ajustes na demanda contratada de ambas as Unidades Consumidoras (UCs), têm o potencial de resultar em uma economia total de R\$ 150.622,31 durante o período de 12 meses analisados.

Os resultados obtidos neste estudo comprovam a eficácia das estratégias adotadas para otimização da demanda contratada, promovendo não apenas a redução de custos operacionais, mas também uma utilização mais racional da energia elétrica. Ao garantir uma gestão mais consciente dos recursos, essas medidas se

alinham aos princípios de sustentabilidade e responsabilidade financeira, reforçando o compromisso da instituição com práticas eficientes e econômica.

Além disso, a pesquisa destacou a importância de um monitoramento contínuo dos perfis de consumo das instituições de ensino, considerando fatores como períodos letivos, interrupções acadêmicas e sazonalidade da demanda. A análise dinâmica e constante desses parâmetros garante que a demanda contratada se mantenha sempre ajustada às reais necessidades de consumo, evitando desperdícios e penalidades financeiras.

## **5.2. Trabalhos futuros**

Para expandir os benefícios alcançados, é essencial ampliar o escopo da pesquisa para outras Unidades Consumidoras da Universidade, possibilitando uma compreensão mais abrangente das demandas energéticas da instituição. A análise conjunta de múltiplas UCs permitirá identificar padrões de consumo comuns, facilitando a implementação de estratégias de gestão energética que possam ser replicadas em diferentes contextos, contribuindo para uma gestão mais centralizada e eficiente de energia elétrica.

No que diz respeito ao aprimoramento da ferramenta desenvolvida em linguagem de programação Python, são sugeridas algumas melhorias que visam aumentar sua versatilidade e usabilidade. Uma das propostas é o refinamento da interface gráfica, permitindo que o usuário selecione quais dados específicos deseja extrair e visualizar, garantindo maior controle e personalização no processo de extração e análise. Além disso, é recomendada a integração com bancos de dados relacionais, como SQL, para o armazenamento e consulta histórica das informações extraídas, possibilitando análises comparativas ao longo do tempo e um acompanhamento mais preciso do comportamento das demandas. Isso não apenas facilitaria a gestão energética, mas também permitiria a criação de relatórios históricos e preditivos, aumentando o suporte à tomada de decisões estratégicas.

Sugere-se ainda a validação da ferramenta em outras instituições ou empresas, com o objetivo de verificar sua aplicabilidade e eficácia em diferentes contextos. Além disso, a implementação de funcionalidades que analisem o fator de potência, com o intuito de propor soluções para evitar custos com energia reativa, e a sugestão de alterações nos valores contratados de demanda ao longo do ano com base nas regras tarifárias, podem atestar ainda mais o impacto e eficácia deste estudo.

## 6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa Nº 1.000**, de 7 de dezembro de 2021. Estabelece as regras de prestação do serviço público de distribuição de energia elétrica e dá outras providências.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Homologatória Nº 3.243**, de 15 de agosto de 2023. Homologa o resultado da Revisão Tarifária Periódica – RTP de 2023 da Equatorial Pará Distribuidora de Energia S.A.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Procedimentos de Regulação Tarifária – PRORET: Submódulo 7.1 – Procedimentos Gerais**. Brasília: ANEEL, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimentos de Regulação Tarifária – PRORET: Submódulo 6.8 – Bandeiras Tarifárias**. Brasília: ANEEL, 2024.

EQUATORIAL ENERGIA. Norma Técnica NT.31.032 – Conexão de Clientes Livres e Especiais ao Sistema de Distribuição. Belém: Equatorial Energia, 2017.

HOLANDA NETO, José Moacir. **Ferramenta de otimização dos parâmetros contratuais das contas de energia elétrica de unidades consumidoras do governo do estado**. 2022. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

LIMA, A. C. C. **Análise e gestão das faturas de energia elétrica na UFPA: estratégias para eficiência energética e otimização de custos**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica e Biomédica, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2024.

LIMA, Thales Augusto Noal. **Desenvolvimento de ferramenta computacional para gestão energética**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2022.

LINHARES, F. C.; CASTELAR, L. I. M.; SIQUEIRA, M. L.; IRFFI, G. D. Previsão da demanda por energia elétrica para classes de consumo na região Nordeste, usando OLS dinâmico e mudança de regime. **Economia Aplicada**, v. 13, n. 1, p. 69-98, 2009.

MELO, F. V. S. (2009). **Segmentação do mercado de consumidores residenciais de energia elétrica**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará.

OLIVEIRA, A. **Desenvolvimento de programa em Python para análise de qualidade de energia elétrica: análise direcionada pelos procedimentos de rede do ONS**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2024.

PANDAS. **Pandas Documentation**. Disponível em: <https://pandas.pydata.org/docs/>. Acesso em: 17 mar. 2025.

PIL. **PIL Documentation**. Disponível em: <https://pillow.readthedocs.io/en/stable/>. Acesso em: 17 mar. 2025.

**PROAD/UFPA**. Projeto de gestão energética da UFPA promove economia de mais de R\$ 1,5 milhão em recursos da instituição. *Portal da UFPA*, Belém, 24 jul. 2023. Disponível em: <https://portal.ufpa.br/index.php/ultimas-noticias2/14207-projeto-de-gestaoenergetica-da-ufpa-promove-economia-de-mais-de-r-1-5-milhao-em-recursos-dainstituicao>. Acesso em: 17 mar. 2025

PYPDF2. **PyPDF2 Documentation**. Disponível em: <https://pypdf2.readthedocs.io/en/3.x/>. Acesso em: 17 mar. 2025.

REGEX (Regular Expressions). **Python Documentation**. Disponível em: <https://docs.python.org/3/library/re.html>. Acesso em: 17 mar. 2025.

ROSIK, Renato Georgiadis; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Redução de custos no gerenciamento de energia elétrica**: otimização da demanda contratada por unidades consumidoras de alta tensão. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SANTOS, Afonso Henriques Moreira et al. **Eficiência Energética**: Teoria & Prática. 1. ed. Itajubá: FUPAI, 2007.

SCARABELOT, Álvaro Garske. **Ferramenta de apoio à tomada de decisão de migração ao mercado livre para consumidores potencialmente livres**. 2009. Projeto de Diplomação (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

TKINTER. **Tkinter Documentation**. Disponível em: <https://docs.python.org/3/library/tkinter.html>. Acesso em: 17 mar. 2025.

VEJA. Saiba se compensa aderir à nova modalidade de cobrança de luz. 03 ago. 2017. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/economia/saiba-se-compensa-aderir-a-nova-modalidade-de-cobranca-de-luz/>. Acesso em: 10 Abr. 2025.