

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E COMPUTAÇÃO

RODRIGO METELLO DE OLIVEIRA FILHO

**PAINEL DE VISUALIZAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS DE CONSUMO
DE ENERGIA ELÉTRICA NO PRÉDIO DA FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA, UTILIZANDO O POWERBI.**

Goiânia
2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio do Repositório Institucional (RI/UFG), regulamentado pela Resolução CEPEC no 1240/2014, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei no 9.610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo dos Trabalhos de Conclusão dos Cursos de Graduação disponibilizado no RI/UFG é de responsabilidade exclusiva dos autores. Ao encaminhar(em) o produto final, o(s) autor(a)(es)(as) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (TCCG)

Nome(s) completo(s) do(a)(s) autor(a)(es)(as): Rodrigo Metello de Oliveira Filho

Título do trabalho: Painel de Visualização e Análise de Dados de Consumo de Energia Elétrica no Prédio da Faculdade de Ciências e Tecnologia, utilizando o PowerBI

2. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador) Concorda com a liberação total do documento [X] SIM [] NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: a) consulta ao(à)(s) autor(a)(es)(as) e ao(à) orientador(a); b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo do TCCG. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro.

Obs.: Este termo deve ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Nunes Belchior, Professor do Magistério Superior**, em 09/12/2025, às 15:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Metello De Oliveira Filho, Discente**, em 09/12/2025, às 16:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5827447** e o código CRC **9D221137**.

RODRIGO METELLO DE OLIVEIRA FILHO

**PAINEL DE VISUALIZAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS DE CONSUMO
DE ENERGIA ELÉTRICA NO PRÉDIO DA FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA, UTILIZANDO O POWERBI.**

Projeto Final de Curso submetido à banca examinadora do Programa de Graduação da Escola de Engenharia Elétrica Mecânica e Computação (EMC) da Universidade Federal de Goiás (UFG), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Nunes Belchior.
Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Stehling de Castro

Goiânia
2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Oliveira Filho, Rodrigo Metello de
Painel de Visualização e Análise de Dados de Consumo de Energia Elétrica no Prédio da Faculdade de Ciências e Tecnologia, utilizando o PowerBI [manuscrito] / Rodrigo Metello de Oliveira Filho. - 2025.
LVIII, 58 f.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Nunes Belchior; co-orientador Dr. Marcelo Stehling de Castro.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação (EMC), Engenharia Elétrica, Goiânia, 2025.

Bibliografia.

Inclui siglas, fotografias, abreviaturas, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Gestão Energética. 2. Power BI. 3. Eficiência Energética. 4. Análise de Dados. 5. Monitoramento de Energia. I. Belchior, Fernando Nunes, orient. II. Título.

CDU 621.3



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ao(s) **09** dia(s) do mês de **dezembro** do ano de **2025** iniciou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “**Painel de Visualização e Análise de Dados de Consumo de Energia Elétrica no Prédio da Faculdade de Ciências e Tecnologia, utilizando o PowerBI**”, de autoria de **Rodrigo Metello de Oliveira Filho**, do curso de **Engenharia Elétrica, da Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação (EMC)** da UFG. Os trabalhos foram instalados pelo Prof. Dr. **Fernando Nunes Belchior – FCT/UFG** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Prof. Dr. **Antonio Melo de Oliveira – EMC/UFG**, Prof. Dr. **Marcelo Stehling de Castro – EMC/UFG** e Mestre **Josephy Dias Santos – EMC/UFG**. Após a apresentação, a banca examinadora realizou a arguição do(a) estudante. Posteriormente, de forma reservada, a Banca Examinadora atribuiu a nota final de **9,0 (nove vírgula zero)**, tendo sido o TCC considerado **APROVADO**.

Proclamados os resultados, os trabalhos foram encerrados e, para constar, lavrou-se a presente ata que segue assinada pelos Membros da Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Stehling De Castro, Professor do Magistério Superior**, em 09/12/2025, às 15:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Nunes Belchior, Professor do Magistério Superior**, em 09/12/2025, às 15:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Josephy Dias Santos, Técnico**, em 09/12/2025, às 16:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Antonio Melo De Oliveira, Professor do Magistério Superior**, em 09/12/2025, às 16:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5827443** e o código CRC **ACA5B454**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, que é a minha base inabalável. Aos meus pais, pelo amor incondicional, pelos sacrifícios realizados em prol da minha educação e por sempre acreditarem no meu potencial.

À minha namorada, Katarina, pelo companheirismo, pela paciência durante os momentos de ausência dedicados aos estudos e pelo incentivo constante. Obrigado por estar ao meu lado durante toda minha graduação, dividindo as angústias e celebrando cada pequena vitória desta jornada.

Aos meus professores, que compartilharam seus conhecimentos e contribuíram para minha formação não apenas técnica, mas também humana. Em especial, expresso minha profunda gratidão ao meu orientador, Prof. Dr. Fernando Nunes Belchior, e ao meu coorientador, Prof. Dr. Marcelo Stehling de Castro, pela confiança, pela orientação precisa e por todo o aprendizado proporcionado durante o desenvolvimento deste trabalho.

À Universidade Federal de Goiás (UFG) e à Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), pela excelência no ensino e pela infraestrutura disponibilizada. Estendo este agradecimento à sociedade brasileira, que viabiliza a existência da universidade pública e gratuita. Sou grato pela oportunidade de ter acesso a um ensino de qualidade e reafirmo meu compromisso de retribuir este investimento através do exercício ético e responsável da Engenharia Elétrica em prol do desenvolvimento do nosso país.

- Rodrigo Metello

RESUMO

A gestão eficiente da energia elétrica em instituições públicas é fundamental para a redução de custos e a promoção da sustentabilidade. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um painel de visualização e análise de dados de consumo de energia elétrica para o prédio da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Universidade Federal de Goiás (UFG), utilizando a ferramenta *Microsoft Power BI*. O estudo partiu da instalação de medidores de grandezas elétricas e seguiu uma metodologia estruturada de extração, transformação e carregamento (ETL) dos dados. Foi realizada uma análise comparativa entre as medições obtidas e as faturas emitidas pela concessionária, além da verificação de indicadores de qualidade e perfil de carga. Os resultados permitiram identificar padrões de consumo associados às rotinas acadêmicas e validar a eficácia das políticas de desligamento de sistemas de climatização. Diagnosticou-se um comportamento predominantemente capacitivo do fator de potência, indicando a necessidade de ajustes no banco de capacitores. A ferramenta desenvolvida demonstrou ser eficaz para o monitoramento contínuo, oferecendo suporte à tomada de decisão e modernizando a gestão energética da unidade.

Palavras-chave: Gestão Energética, Power BI, Eficiência Energética, Análise de Dados, Monitoramento de Energia.

ABSTRACT

Efficient electricity management in public institutions is essential for cost reduction and promoting sustainability. This work presents the development of a data visualization and analysis dashboard for electricity consumption at the Faculty of Science and Technology (FCT) of the Federal University of Goiás (UFG), using Microsoft Power BI. The study began with the installation of electrical parameter meters and followed a structured methodology of data extraction, transformation, and loading (ETL). A comparative analysis was performed between the obtained measurements and the invoices issued by the utility company, in addition to checking quality indicators and load profiles. The results allowed for the identification of consumption patterns associated with academic routines and validated the effectiveness of air conditioning shutdown policies. A predominantly capacitive power factor behavior was diagnosed, indicating the need for adjustments in the capacitor bank, and reading inconsistencies were detected during power interruption periods. The developed tool proved to be effective for continuous monitoring, supporting decision-making and modernizing the energy management of the unit.

Keywords: Energy Management, Power BI, Energy Efficiency, Data Analysis, Energy Monitoring.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Faixas de tensão em relação à de referência	14
Figura 2: Representação da interpretação geométrica da relação das potências – 60Hz	16
Figura 3: Representação dos componentes da TUSD	18
Figura 4: Representação dos componentes da TE	18
Figura 5: Exemplo de ultrapassagem de demanda	21
Figura 6: Imagem com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	27
Figura 7: Fluxograma da metodologia aplicada	29
Figura 8: Exemplo de diagrama trifilar de um quadro geral de distribuição	30
Figura 9: Diagrama trifilar com exemplos de instalação de 3 medidores	31
Figura 10: Exemplo de dados sendo expostos no Power Query	33
Figura 11: Imagem com exemplo de títulos de colunas não sendo reconhecidos automaticamente	34
Figura 12: Exemplo de lacunas nos dados importados ao Power BI	34
Figura 13: Exemplo de fatura com as informações que devem ser adquiridas	35
Figura 14: Fotografia das atuais instalações da FCT	38
Figura 15: Seção do diagrama unifilar do centro de aulas da FCT, contendo os pontos de medição	39
Figura 16: Foto do transformador de corrente instalado no painel	40
Figura 17: Foto do medidor de entrada do Quadro	40
Figura 18: Foto dos medidores instalados nos circuitos da Ala A e Ala B	41
Figura 19: Tela inicial do gerenciador CCK	42
Figura 20: Tela do navegador para seleção de medidor	43
Figura 21: Janela com dados em tempo real de um medidor	44
Figura 22: Janela de emissão de relatórios do Gerenciador CCK	44
Figura 23: Imagem de uma planilha exibindo alguns dados do medidor	45
Figura 24: Imagem dos dados expostos na ferramenta Power Query	46
Figura 25: Gráfico do consumo de energia ao longo do tempo durante o período de uma semana	46
Figura 26: Gráfico do consumo de energia ativa e reativa de um único dia letivo	48
Figura 27: Gráfico de energia ativa e reativa com uma redução repentina de consumo	48
Figura 28: Gráfico da tensão pelo tempo do dia 18/08/2025	49
Figura 29: Gráfico da corrente pelo tempo no dia 18/08/2025	50

Figura 30: Gráfico da corrente, tensão e energia ativa no medidor no dia 18/08/2025	50
Figura 31: Painel do fator de potência com os dados do mês de junho de 2025	51
Figura 32: Gráfico do fator de potência das alas A e B durante o dia 16/07/2025	52
Figura 33: Imagem do painel de visualização com as tabelas para comparação	53
Figura 34: Imagem do painel de visualização da tensão no dia 30/08/2025	54

SIGLAS E ABREVIATURAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

BI – *Business Intelligence*

CIP – Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública

COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

DAX – *Data Analysis Expressions*

DIC – Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora

DICRI – Duração da Interrupção Individual ocorrida em Dia Crítico

DMIC – Duração Máxima de Interrupção Contínua

ETL – *Extract, Transform, Load* (Extração, Transformação e Carregamento)

FCT – Faculdade de Ciências e Tecnologia

FIC – Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora

ICMS – Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços

IFES – Instituições Federais de Ensino Superior

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

PIS – Programa de Integração Social

PRODIST – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional

PRORET – Procedimentos de Regulação Tarifária

QEE – Qualidade da Energia Elétrica

QGF – Quadro Geral de Força

RMS – *Root Mean Square* (Valor Eficaz)

SaaS – *Software as a Service*

TC – Transformador de Corrente

TE – Tarifa de Energia

TUSD – Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição

UEG – Universidade Estadual de Goiás

UFG – Universidade Federal de Goiás

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1	CONSUMO DE ENERGIA	11
2.1.1	TENSÃO ELÉTRICA E CORRENTE ELÉTRICA	11
2.1.2	POTÊNCIA ELÉTRICA	13
2.1.3	DEMANDA	15
2.2	TARIFAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	15
2.2.1	ESTRUTURA TARIFÁRIA NO BRASIL	15
2.2.2	TARIFA DE USO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	16
2.2.3	TARIFA DE ENERGIA	16
2.2.4	POSTOS TARIFÁRIOS	17
2.2.5	GRUPOS E SUBGRUPOS	17
2.2.6	MODALIDADES TARIFÁRIAS	18
2.2.7	DEMANDA CONTRATADA E MEDIDA	19
2.2.8	REATIVO EXCEDENTE E FATOR DE POTÊNCIA	20
2.2.9	BANDEIRAS TARIFÁRIAS	22
2.2.10	ILUMINAÇÃO PÚBLICA	22
2.2.11	INDICADORES DE CONTINUIDADE	22
2.2.12	IMPOSTOS	23
2.3	MICROSOFT POWER BI	23
2.3.1	ARMAZENAMENTO DE DADOS	24
2.3.2	DAX	24
2.4	OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	25
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
3	METODOLOGIA	27
3.1	INSTALAÇÃO DOS MEDIDORES	28
3.1.1	DIAGRAMA UNIFILAR	28
3.1.2	DEFINIÇÃO DO LOCAL DE MEDIÇÃO	29
3.2	EXPORTAÇÃO DOS DADOS DOS MEDIDORES	30
3.3	IMPORTAÇÃO AO <i>POWER BI</i> E TRATAMENTO DOS DADOS	31
3.3.1	CONEXÃO E TRANSFORMAÇÃO COM <i>POWER QUERY</i>	31
3.3.2	TRATAMENTO DE ERROS COMUNS	32

3.3.3	MODELAGEM E CRIAÇÃO DE MEDIDAS COM DAX	33
3.4	AQUISIÇÃO DAS FATURAS DE ENERGIA E COLETA DE DADOS	33
3.5	ANÁLISE COMPARATIVA DOS DADOS OBTIDOS	34
3.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
4	ESTUDO DE CASO	35
4.1	CONTEXTO DO LOCAL	35
4.2	DIAGRAMA UNIFILAR E LOCAL DE MEDIÇÃO	37
4.3	INSTALAÇÃO DOS MEDIDORES	38
4.4	COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS	40
4.4.1	MONITORAMENTO EM TEMPO REAL E EMISSÃO DE RELATÓRIO VIA PORTAL	40
4.4.2	TRATAMENTO DOS DADOS	43
4.5	ANÁLISE DOS DADOS	45
4.5.1	ENERGIA ATIVA E REATIVA	45
4.5.2	CORRENTE E TENSÃO	48
4.5.3	FATOR DE POTÊNCIA	50
4.5.4	COMPARAÇÃO DE DADOS COM FATURA	51
4.5.5	ERROS DE LEITURA	52
4.6	SUGESTÕES	54
4.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
5	CONCLUSÕES	55
	REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um insumo fundamental para o funcionamento da sociedade moderna, sendo transversal a praticamente todas as atividades econômicas e sociais. No âmbito da administração pública, a gestão eficiente desse recurso transcende a mera necessidade de redução de despesas operacionais; trata-se de uma questão de responsabilidade fiscal e ambiental. O uso racional da energia e a otimização da demanda alinham-se aos princípios da eficiência administrativa e aos esforços globais para a promoção da sustentabilidade.

Entretanto, para que a eficiência energética seja alcançada, não basta apenas a instalação de equipamentos modernos, é imprescindível o monitoramento contínuo e a análise detalhada dos perfis de consumo. O advento de medidores eletrônicos gerou um grande volume de dados que, se não forem devidamente tratados e interpretados, oferecem pouco valor para a tomada de decisão. É neste cenário que ferramentas de *Business Intelligence* (BI), como o *Microsoft Power BI*, ganham destaque, permitindo transformar dados brutos em informações visuais estratégicas.

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um painel de visualização e análise de dados de consumo de energia elétrica para o prédio da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), localizado no Campus de Aparecida de Goiânia da Universidade Federal de Goiás (UFG). O estudo fundamenta-se na coleta de dados históricos provenientes de medidores instalados no local, visando avaliar os principais indicadores de qualidade e consumo, tais como tensão, corrente, fator de potência e demanda.

A motivação para esta pesquisa reside na necessidade de validar as informações cobradas nas faturas da concessionária de energia e identificar padrões de consumo que impactam os custos da instituição. Além disso, a exposição dos dados por meio de um painel interativo busca incentivar o uso consciente da energia elétrica por parte da comunidade acadêmica, promovendo uma cultura de sustentabilidade dentro da universidade.

O trabalho está estruturado da seguinte forma: no Capítulo 2, é apresentada a fundamentação teórica, abordando os conceitos de consumo de energia elétrica, as regras de distribuição e tarifação vigentes no Brasil, bem como as funcionalidades do software *Power BI*; o Capítulo 3 detalha a metodologia utilizada para a instalação dos medidores, coleta e tratamento dos dados; no Capítulo 4, é apresentado o estudo de caso na FCT, com a análise comparativa dos dados medidos frente aos faturados e a discussão dos resultados obtidos; por fim, no Capítulo 5, são apresentadas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para compreensão deste trabalho é necessário expor alguns conceitos e bases teóricas, dentre eles o consumo e tarifação de energia elétrica, assim como, o software *Power BI* utilizado para o desenvolvimento do painel de visualização de dados.

2.1 CONSUMO DE ENERGIA

O consumo de energia elétrica, corresponde à quantidade de energia efetivamente utilizada por uma unidade consumidora ao longo de um determinado intervalo de tempo, sendo obtido a partir da integração da potência elétrica no tempo e usualmente expresso em quilowatt-hora (kWh). Além disso, de modo obrigatório, deve-se ter conhecimento de alguns conceitos principais: corrente, tensão, potência elétrica e demanda.

2.1.1 Tensão Elétrica e Corrente Elétrica

Na análise de circuitos elétricos, a separação das cargas gera uma diferença de potencial elétrico, e seu movimento corresponde ao fluxo de corrente elétrica (NILSSON; RIEDEL, 2015). Como a tensão é a energia por unidade de carga criada pela separação, ela é expressa pela Eq. (1)

$$v = \frac{d\omega}{dq} \quad (1)$$

Onde:

v a tensão em volts (V);

ω é a energia em joules (J);

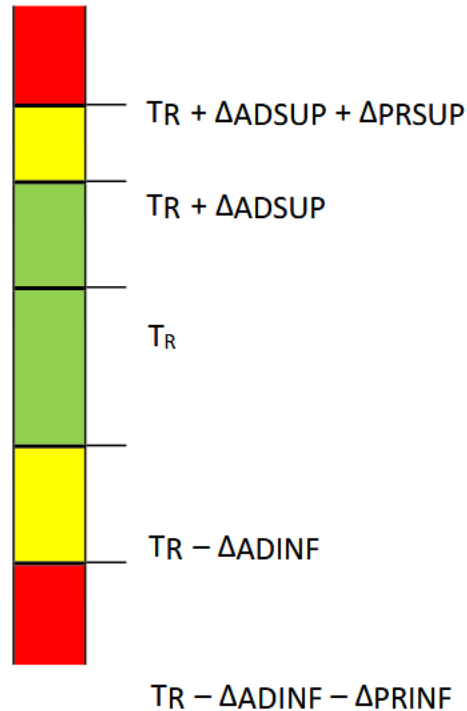
q a carga em coulombs (c).

A tensão é um indicador primordial da qualidade de energia fornecida pela concessionária e variações, mesmo que momentâneas, em seus níveis podem comprometer a operação e reduzir a vida útil dos equipamentos da instalação (ANEEL, 2022d). Logo, sua

visualização contínua permite detectar afundamentos ou elevações que se afastam dos níveis contratuais de fornecimento.

A classificação da tensão fornecida pela distribuidora se dá de acordo com a figura 1:

Figura 1: Faixas de tensão em relação à de referência



Fonte: (ANEEL, 2022b)

Sendo:

TR: Tensão de Referência;

Faixa Adequada de Tensão: intervalo entre $(TR - \Delta ADINF)$ e $(TR + \Delta ADSUP)$;

Faixas Precárias de Tensão: intervalo entre $(TR + \Delta ADSUP)$ e $(TR + \Delta ADSUP + \Delta PRSUP)$ ou intervalo entre $(TR - \Delta ADINF - \Delta PRINF)$ e $(TR - \Delta ADINF)$; e

Faixas Críticas de Tensão: valores acima de $(TR + \Delta ADSUP + \Delta PRSUP)$ ou abaixo de $(TR - \Delta ADINF - \Delta PRINF)$.

Para um cliente com uma tensão de alimentação entre 2,3kV e 69kV, por exemplo, a faixa de variação para tensão de atendimento é:

Tabela 1: Pontos de conexão em Tensão Nominal superior a 2,3 kV e inferior a 69 kV

Tensão de Atendimento	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (TL) em Relação à Tensão de Referência (TR)
-----------------------	--

Adequada	$0,93TR \leq TL \leq 1,05TR$
Precária	$0,90TR \leq TL < 0,93TR$
Crítica	$TL < 0,90TR$ ou $TL > 1,05TR$

Fonte: (ANEEL, 2022b)

A corrente elétrica é a mudança de carga decorrente da variação temporal (NILSSON; RIEDEL, 2015), expressa através da Eq. (2)

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (2)$$

Sendo:

i a corrente em ampères (A);

q a carga em coulombs (c);

t o tempo em segundos (s).

Ela é a representação direta da demanda de carga dos equipamentos em tempo real e a análise do seu gráfico, comumente conhecida como “Perfil de Carga”, possibilita um melhor entendimento sobre o comportamento da instalação.

2.1.2 Potência Elétrica

Segundo ALEXANDER; SADIKU, (2013) a potência elétrica é a velocidade com que se consome ou se absorve energia medida em watts (W). É possível expressar essa taxa através da Eq. (3)

$$p = \frac{d\omega}{dt} \quad (3)$$

Onde:

p é a potência em watts (W);

ω é a energia em joules (J);

t o tempo em segundos (s).

Em sistemas de corrente alternada, dominante na distribuição de energia elétrica no Brasil, ela pode ser caracterizada em diferentes categorias, dentre elas pode-se citar: potência ativa, potência reativa e potência aparente.

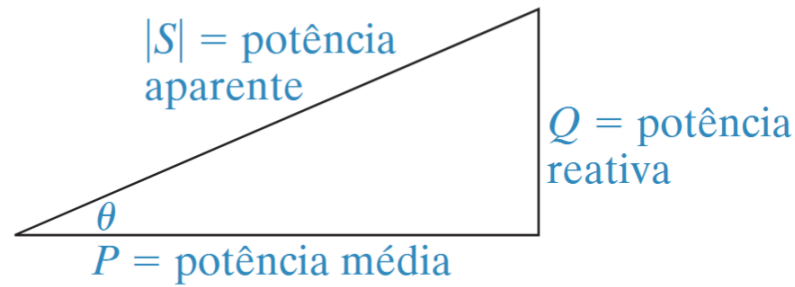
A potência ativa, segundo o PRODIST (ANEEL, 2022d), Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional, é definida como a quantidade de energia elétrica solicitada por unidade de tempo, expressa em quilowatts (kW), além disso, também é definido no mesmo documento a energia elétrica ativa, descrita como aquela que pode ser convertida em outra forma de energia, expressa em quilowatts-hora (kWh).

De modo semelhante, o PRODIST (ANEEL, 2022d) também define a potência reativa descrevendo-a como a raiz quadrada da diferença dos quadrados da potência aparente e da potência ativa, expressa em volt-ampères reativos (var) e seus múltiplos. A energia reativa é conceituada como aquela que circula continuamente entre os diversos campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada, sem produzir trabalho, expressa em quilovolt-ampère-reactivo-hora (kvarh).

A Potência Aparente corresponde ao produto entre tensão eficaz e corrente eficaz em um dipolo elétrico. Para sistemas bifásicos ou trifásicos, utiliza-se a composição entre as fases. (ANEEL, 2022d).

A relação entre as potências pode ser exposta através de um triângulo, popularmente conhecido como triângulo das potências, exposto na figura 2. É importante destacar que as definições clássicas de potência ativa, reativa e aparente, bem como a interpretação geométrica apresentada pelo triângulo de potências, são rigorosamente válidas apenas para sistemas senoidais, monofásicos ou trifásicos balanceados, operando em regime permanente. Em situações reais, porém, cargas não lineares e desequilíbrios de fase podem introduzir distorções harmônicas significativas nas formas de onda de tensão e corrente. Para esses casos, a IEEE Std 1459-2010 (IEEE, 2010) estabelece definições ampliadas para as quantidades de potência, distinguindo, por exemplo, potência fundamental (60 Hz), potência não fundamental, potência de distorção e fator de potência fundamental, dentre outras grandezas. Essas definições complementam e atualizam o modelo clássico, permitindo a quantificação correta do fluxo de energia elétrica em condições não senoidais ou desbalanceadas, conforme recomendado pela literatura técnica e por instrumentos modernos de medição.

Figura 2: Representação da interpretação geométrica da relação das potências



Fonte: (NILSSON; RIEDEL, 2015)

A relação entre as potências ativa e aparente é representada pelo fator de potência (FP), expresso pela Eq. (4). Pode-se descrever o fator de potência como o cosseno da diferença de fase entre tensão e corrente ou então como o cosseno do ângulo da impedância da carga (ALEXANDER; SADIKU, 2013).

$$FP = \frac{\text{Potência Ativa}}{\text{Potência Aparente}} = \cos(\theta_v - \theta_i) = \cos(\theta) \quad (4)$$

2.1.3 Demanda

A demanda, segundo o PRODIST (ANEEL, 2022d), é a média das potências elétricas ativas (kW) ou reativas (kvar), requerida pela carga ou injetada no sistema elétrico de distribuição, durante um intervalo de tempo especificado de 15 minutos

2.2 TARIFAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

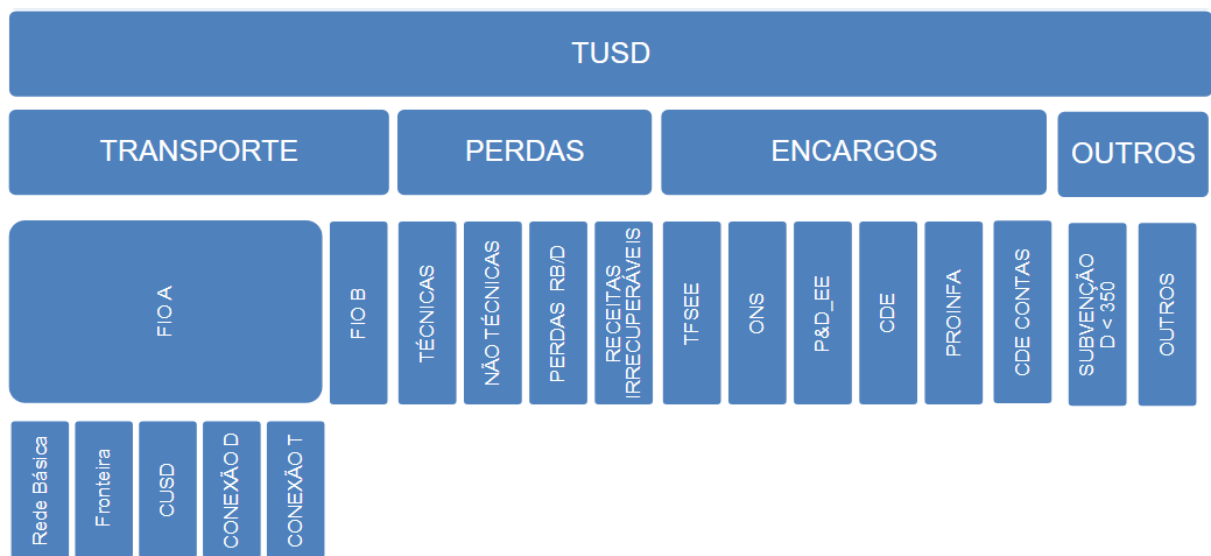
2.2.1 Estrutura Tarifária no Brasil

A Estrutura Tarifária é o conjunto de preços de energia elétrica, definidos para diferentes tipos de consumidores (como residencial, comercial ou industrial). Ela espelha como os custos da distribuidora variam conforme o perfil de consumo de cada grupo e o horário do dia (ANEEL, 2022c).

2.2.2 Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD)

De acordo com o PRORET (ANEEL, 2022a) Procedimentos de Regulação Tarifária, a TUSD, Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição é definida como valor monetário unitário determinado pela ANEEL, em R\$/MWh ou em R\$/kW, utilizado para efetuar o faturamento mensal de usuários do sistema de distribuição de energia elétrica pelo uso do sistema. Os componentes da TUSD podem ser observados na figura 3.

Figura 3: Representação dos componentes da TUSD

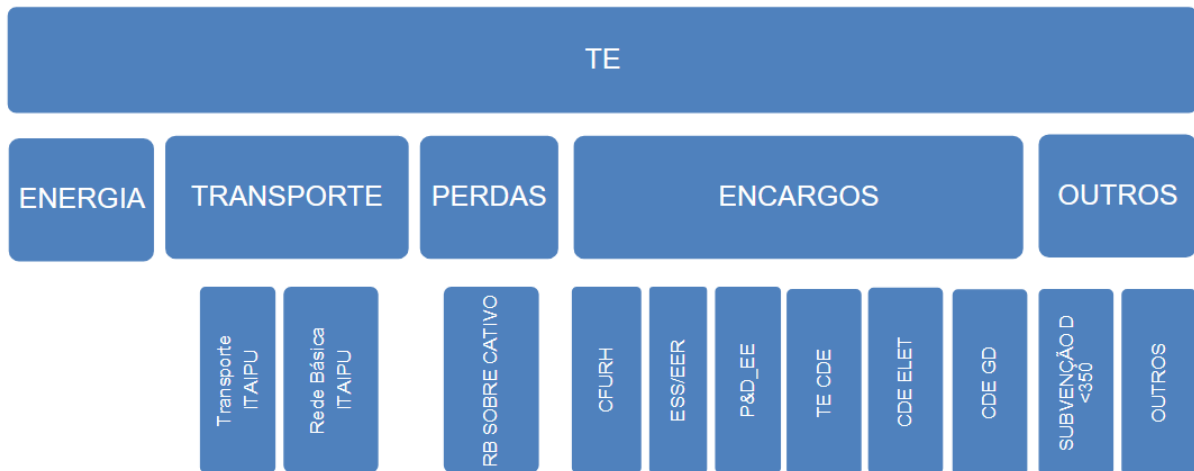


Fonte: (ANEEL, 2022a)

2.2.3 Tarifa de Energia

Segundo o PRORET (ANEEL, 2022a), a TE, Tarifa de Energia é o valor monetário unitário determinado pela ANEEL, em R\$/MWh, utilizado para efetuar o faturamento mensal pela distribuidora referente ao consumo de energia. A figura 4, exposta em sequência, exhibe os itens que compõem a TE.

Figura 4: Representação dos componentes da TE



Fonte: (ANEEL, 2022a)

2.2.4 Postos Tarifários

Segundo o PRODIST (ANEEL, 2022d), postos tarifários podem ser definidos como o período em horas para aplicação das tarifas de forma diferenciada ao longo do dia. Podendo-se dividir de acordo com as seguintes categorias:

Posto tarifário ponta: Período diário de três horas consecutivas, estabelecido pela distribuidora conforme a demanda de seu sistema e aprovado pela ANEEL. Válido para toda a área de concessão, exceto aos finais de semana e feriados (ANEEL, 2022a)

Posto tarifário intermediário: Intervalo de duas horas, dividido igualmente antes e depois do período de ponta (ANEEL, 2022a).

Posto tarifário fora de ponta: Período composto por todas as horas consecutivas do dia que não são classificadas como horário de ponta ou intermediário (ANEEL, 2022a).

2.2.5 Grupos e Subgrupos

Conforme o (ANEEL, 2022b) pode-se agrupar as unidades consumidoras de acordo com sua classe de tensão, sendo:

Grupo A: Agrupamento de unidades consumidoras ligadas em média tensão ($\geq 2,3$ kV) ou em baixa tensão subterrânea ($< 2,3$ kV), dividido nos seguintes subgrupos:

- Subgrupo A1 - tensão de fornecimento maior ou igual a 230 kV;

- Subgrupo A2 - tensão de conexão maior ou igual a 88 kV e menor ou igual a 138 kV;
- Subgrupo A3 - tensão de conexão igual a 69 kV;
- Subgrupo A3a - tensão de conexão maior ou igual a 30 kV e menor ou igual a 44 kV;
- Subgrupo A4 - tensão de conexão maior ou igual a 2,3 kV e menor ou igual a 25 kV; e
- Subgrupo AS - tensão de conexão menor que 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição.

Grupo B: Conjunto de unidades consumidoras ligadas na baixa tensão (menos de 2,3 kV), dividido nos seguintes subgrupos:

- Subgrupo B1 – residencial;
- Subgrupo B2 – rural;
- Subgrupo B3 – demais classes; e
- Subgrupo B4 – Iluminação Pública.

2.2.6 Modalidades Tarifárias

Existem diversas categorias de modalidade tarifário no Brasil, e sua definição, de acordo com a resolução normativa nº 1.000/2021 (ANEEL, 2021) é:

Modalidade Tarifária Convencional (Grupo B): Caracterizada pela ausência de segmentação horária, estabelecendo um custo uniforme para a energia consumida em qualquer período do dia.

Modalidade Tarifária Branca (Grupo B): Estabelece três patamares tarifários distintos conforme o horário: um valor mais elevado no horário de ponta, um valor reduzido no horário fora de ponta e um valor intermediário durante o período uma hora antes ou depois do horário de ponta.

Modalidade Tarifária Verde (Grupo A): O custo da demanda de potência é único, sem variação de horário. Já o consumo de energia em si tem dois preços diferentes: um mais alto no Horário de Ponta e outro, distinto, no Horário Fora de Ponta.

Modalidade Tarifária Azul (Grupo A): Tanto o custo da demanda de potência quanto o consumo de energia são segmentados por horário. Existem preços específicos para demanda

e para consumo, cada um com um valor para o horário de ponta e outro para o horário fora de ponta.

Modalidade Tarifária Pré-Pagamento: É a modalidade na qual o consumidor paga antecipadamente pelo crédito de energia, conforme regulamentado no sistema de faturamento pré-pago.

Modalidade Tarifária Geração: Aplicada a geradores e importadores de energia conectados à rede de distribuição, cobrando pelo pico de potência, independentemente do horário, também se aplica de forma complementar a unidades com micro ou minigeração distribuída, para os cálculos de crédito de energia (ressarcimento).

Modalidade Tarifária Distribuição: Aplicada quando uma distribuidora é cliente de outra distribuidora, com tarifas de demanda que variam conforme o horário e tarifa de consumo de energia.

2.2.7 Demanda Contratada e Medida


A demanda contratada é definida na resolução normativa nº 1.000 (ANEEL, 2021), como a demanda de potência ativa, em kW, a ser continuamente disponibilizada pela concessionária de energia, em caráter obrigatório, conforme valor e período fixados em contrato.

Exposta na fatura de energia, a demanda medida é a maior demanda de potência ativa exigida, ou injetada, do sistema elétrico de distribuição. Segundo a resolução normativa nº 1.000 (ANEEL, 2021), ela é obtida através da medição e integralizada em intervalos de 15 minutos durante o período de faturamento.

Caso a demanda medida ultrapasse a demanda contratada, há a demanda de ultrapassagem. Segundo o PRODIST (ANEEL, 2022d), sua definição formal é a parcela da demanda medida que excede o valor da demanda contratada, expressa em quilowatts (kW). No entanto, a ultrapassagem só se configura caso a maior demanda medida for maior que 105% da demanda contratada em caráter permanente relativa à unidade consumidora. A Figura 5 ilustra essa situação em uma fatura, onde a demanda contratada de 200 kW foi excedida pela demanda medida de 225.54 kW, resultando na cobrança de 25.54 kW de Demanda de Ultrapassagem.

Figura 5: Exemplo de ultrapassagem de demanda

DANFE - DOCUMENTO AUXILIAR DA NOTA FISCAL DE ENERGIA ELÉTRICA ELETRÔNICA




Equatorial Goiás Distribuidora de Energia S.A.
 CNPJ: 01.543.032/0001-04 - IE: 100.549.420
 Rua 2, Qd. A-37, N° 505 - Jardim Goiás - Goiânia-GO - CEP: 74.805-180

ENDEREÇO DE ENTREGA:
 AVENIDA SANTANA, Q. O. L. O. S/N. - CAMPUS APARECIDA DE GOIANIA
 POLO EMPRESARIAL GOIAS
 CEP: 74000000 APARECIDA DE GOIANIA GO BRASIL

Segunda via

Classificação: A A4 PODER PÚBLICO - FEDERAL THS_VERDE		Tipo de Fornecedor: TRIFÁSICO	
Tensão Nominal Disp: 13800 V Lim Min: 12.834 V Lim Max: 14.490 V			
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIAS CNPJ/CPF: 01567.601/0001-43 INSC. ESTADUAL: 102105901 AVENIDA SANTANA, Q. O. L. O. S/N. - CAMPUS APARECIDA DE GOIANIA POLO EMPRESARIAL GOIAS CEP: 74000000 APARECIDA DE GOIANIA GO BRASIL PERDAS DE TRANSFORMAÇÃO / RAMAL: 0 %		Parceiro de Negócio 99666	Unidade Consumidora 10038247982
Conta mês JAN/2025	Vencimento 05/03/2025	Total a pagar R\$*****18.561,14	

Data das Leituras	Leitura Anterior	Leitura Atual	Nº de Dias	Próxima Leitura
	30/11/2024	31/12/2024	31	31/01/2025



NOTA FISCAL Nº 131166154 - SÉRIE 0 / DATA DE EMISSÃO: 16/01/2025 17:47:53

Consulte pela Chave de Acesso em:
<https://dfe-portal.svrs.rs.gov.br/NF3e/consulta>
 chave de acesso:
 52250101543032000104660001311661541066859128
 Protocolo de autorização: 3522500001389046 - 16/01/2025 às 17:49:04
 CFOP 5258: Venda de energia elétrica para não contribuinte

INFORMAÇÕES PARA O CLIENTE

Itens de fatura	Unid.	Quant.	Preço unit (R\$) com tributos	Valor (R\$)	PIS/COFINS	Base Calc. ICMS (R\$)	Alíquota. ICMS (R\$)	ICMS	Tarifa unit. (R\$)	Tributo	Base (R\$)	Alíquota (%)	Valor (R\$)
FORNECIMENTO													
CONSUMO FP	kWh	14595	0.123132	1.797.11	26.97	1797.11	19%	341.45	0.097890	PIS/PASEP	16260.65	0.3299%	53.64
CONSUMO HR	kWh	2887.5	0.123132	355.54	5.34	355.54	19%	67.55	0.097890	ICMS	20074.87	19%	3814.23
CONSUMO P	kWh	1080.03	2.121173	2.290.93	24.38	2290.93	19%	435.28	1.686320	COFINS	16260.65	1.5227%	247.6
DEMANDA													
DEMANDA	kW	225.54	34.075721	7.685.44	115.33	7685.44	19%	1460.23	27.090000	Grandezas Contratadas			
DEMANDA ULTRAPASSAGEM	kW	25.54	68.151462	1.740.59	26.12	1740.59	19%	330.71	54.180000				
PARCELA TE FP	kWh	14595	0.322442	4.706.04	70.52	4706.04	19%	894.15	0.256340	DEMANDA - kW 200			
PARCELA TE HR	kWh	2887.5	0.322442	931.05	13.97	931.05	19%	176.9	0.256340				
PARCELA TE P	kWh	1080.03	0.526067	568.17	8.53	568.17	19%	107.95	0.418220				
ITENS FINANCEIROS													
COFINS (3.0%) LEI 9430(-)				-602.25									
CSLL (1.0%) LEI 9430(-)				-200.75									
IR LEI 9430(-)				-580.24									
PIS/PASEP (0.65 %LEI 9430(-)				-130.49									

Fonte: Autor

2.2.8 Reativo Excedente e Fator de Potência

Para unidades do grupo A, estabeleceu-se o fator de potência de referência, f_R , como tendo valor mínimo de 0,92, capacitivo ou indutivo, a Eq. 5 expõe como o fator de potência deve ser calculado, de acordo com a módulo 8 do PRODIST (ANEEL, 2022b), além disso, a concessionária de energia deve cobrar a quantidade de energia elétrica e demanda reativas excedentes, conforme as Eq. 6 e Eq. 7 (ANEEL, 2021).

$$f_P = \frac{EA}{\sqrt{EA^2 + ER^2}} \quad (5)$$

$$E_{RE} = \sum_{T=1}^n \left[EEAM_T \times \left(\frac{f_R}{f_T} - 1 \right) \right] \times VR_{ERE} \quad (6)$$

$$D_{RE}(p) = \left[\sum_{T=1}^n \text{MAX} \left(DAM_T \times \frac{f_R}{f_T} \right) - DAF(p) \right] \times VR_{DRE} \quad (7)$$

Onde:

EA = Energia Ativa

ER = Energia Reativa

E_{RE} = valor correspondente à energia elétrica reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência f_R , no período de faturamento, em Reais (R\$);

$EEAM_T$ = montante de energia elétrica ativa medida em cada intervalo de uma hora, durante o período de faturamento, em megawatt-hora (MWh);

f_R = fator de potência de referência igual a 0,92;

f_T = fator de potência da unidade consumidora, calculado em cada intervalo de uma hora, durante o período de faturamento.

VR_{ERE} = valor de referência equivalente à tarifa de energia “TE” da bandeira verde aplicável ao subgrupo B1, em Reais por megawatt-hora (R\$/MWh);

$D_{RE}(p)$ = valor, por posto tarifário “p”, correspondente à demanda de potência reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência f_R no período de faturamento, em Reais (R\$);

DAM_T = demanda de potência ativa medida no intervalo de integralização de uma hora, durante o período de faturamento, em quilowatt (kW);

$DAF(p)$ = demanda de potência ativa faturável, em cada posto tarifário “p” no período de faturamento, em quilowatt (kW);

VR_{DRE} = valor de referência, em Reais por quilowatt (R\$/kW), equivalente às tarifas de demanda de potência – para o posto tarifário fora de ponta – das tarifas aplicáveis aos subgrupos do grupo A para a modalidade tarifária horária azul;

MAX = função que identifica o valor máximo da equação, dentro dos parênteses correspondentes, em cada posto tarifário “p”;

T = intervalo de uma hora, no período de faturamento;

p = posto tarifário ponta ou fora de ponta para as modalidades tarifárias horárias;

n = número de intervalos de integralização “T”, por posto tarifário “p”, no período de faturamento.

Para consumidores do grupo B que não possuem fator de potência de referência, a concessionária de energia não tem permissão de cobrar pela energia elétrica reativa excedente (ANEEL, 2021).

2.2.9 Bandeiras Tarifárias

Bandeiras tarifárias são o sistema que tem como finalidade repassar os custos atuais da geração de energia elétrica ao consumidor por meio da tarifa de energia (ANEEL, 2021). O cálculo das bandeiras tarifárias na fatura deve ser feito de maneira proporcional, considerando a quantidade de dias de vigência de cada uma sobre o consumo medido.

Segundo o submódulo 6.8 do PRORET (ANEEL, 2022e). O sistema de Bandeiras Tarifárias é representado por:

- Bandeira Tarifária Verde;
- Bandeira Tarifária Amarela; e
- Bandeira Tarifária Vermelha, segregada em Patamar 1 e 2.

A bandeira verde sinaliza que a produção de energia está em uma situação favorável, portanto, não há cobrança extra na tarifa. Já as bandeiras amarela e vermelha alertam para situações difíceis ou muito críticas na geração de energia, o que resulta em um adicional cobrado sobre a tarifa de energia.

2.2.10 Iluminação Pública

A contribuição para o custeio, a expansão e a melhoria do serviço de iluminação pública e de sistemas de monitoramento, estabelecidos pelo município, deve ser cobrada pela distribuidora nas faturas de energia elétrica nas condições estabelecidas na resolução normativa nº 1.000 (ANEEL, 2021).

2.2.11 Indicadores de Continuidade

Os indicadores de continuidade garantem a capacidade de avaliar a qualidade do fornecimento de energia elétrica, assim como o desempenho do sistema. Conforme o módulo 8 do PRODIST (ANEEL, 2022b).

DIC: duração de interrupção individual por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expressa em horas e centésimos de hora;

FIC: frequência de interrupção individual por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expressa em número de interrupções;

DMIC: duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expressa em horas e centésimos de hora.

DICRI: duração da interrupção individual ocorrida em dia crítico por unidade consumidora ou ponto de conexão, expressa em horas e centésimos de hora.

2.2.12 Impostos

No âmbito dos tributos federais, destacam-se o Programa de Integração Social (PIS) e a Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS). Tais contribuições, de competência da União, possuem natureza parafiscal e se destinam primariamente ao custeio da Seguridade Social e ao financiamento de programas sociais governamentais, vinculando-se, portanto, a propósitos sociais e de apoio ao trabalhador.

A incidência estadual é materializada pelo Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS). A competência para a fixação de suas alíquotas é atribuída a cada unidade federativa e ao Distrito Federal. A concessionária de energia atua como substituta tributária, incumbida da obrigação legal de realizar a cobrança do ICMS diretamente na conta do consumidor, efetuando o subsequente repasse do montante arrecadado ao Tesouro Estadual (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2020).

Por fim, a esfera municipal é representada pela Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública (CIP), cuja fundamentação legal reside no artigo 149-A da Constituição Federal de 1988.

2.3 Microsoft Power BI

O *Power BI* é um conjunto de ferramentas desenvolvido pela *Microsoft* voltado à análise e visualização de dados. Trata-se de um ecossistema que engloba tanto um *software* de autoria, conhecido como *Power BI Desktop*, quanto uma plataforma em nuvem do tipo *Software as a Service* (denominada *Power BI Service*). Essa plataforma permite o armazenamento, o compartilhamento e a consulta de relatórios e conjuntos de dados de forma integrada e acessível a diferentes usuários.

O *Power BI Desktop* possibilita a coleta, o tratamento e a análise de dados provenientes de diversas fontes, permitindo a criação de relatórios e painéis interativos que auxiliam na identificação de padrões e na extração de informações estratégicas. Seu uso é amplamente

difundido em áreas como finanças, construção civil e varejo, em que é empregado para automatizar processos analíticos, identificar variações e apoiar a tomada de decisão (ARNOLD, 2022).

2.3.1 Armazenamento de Dados

O *VertiPaq* é o mecanismo de armazenamento utilizado pelo *Power BI*, responsável por processar e organizar os dados em uma estrutura colunar. Essa arquitetura, herdada do *SQL Server Analysis Services Tabular*, possibilita consultas mais rápidas e eficientes por meio da seleção e compressão de colunas inteiras, reduzindo significativamente o tamanho dos arquivos e otimizando o desempenho das análises.

Todo o modelo de dados é carregado na memória local, o que permite respostas quase instantâneas às consultas e à criação de visualizações. No entanto, essa abordagem implica que os dados armazenados se tornam imutáveis dentro do modelo, não sendo possível modificar células individuais, caso seja necessário realizar alterações nos valores elas deverão ser realizadas na etapa de transformação, por meio do *Power Query*, ou diretamente na fonte de dados, sendo posteriormente atualizadas no modelo (ARNOLD, 2022).

2.3.2 DAX

O mecanismo de fórmulas do *Power BI* é sustentado pela linguagem *Data Analysis Expressions* (DAX), desenvolvida pela *Microsoft* e utilizada também no *Analysis Services Tabular* e no *Power Pivot*. Trata-se de uma linguagem de consulta multifuncional voltada à criação de medidas, colunas e tabelas calculadas, permitindo que os usuários obtenham resultados analíticos específicos a partir dos dados modelados. Diferentemente do Excel, onde as operações são realizadas em nível de célula, o DAX atua em nível de coluna ou tabela, o que o torna mais eficiente para lidar com grandes volumes de dados estruturados de forma tabular (RUSSO; FERRARI, 2019).

No *Power BI*, as fórmulas DAX são processadas pelo mecanismo de cálculo interno, responsável por interpretar e executar as expressões de forma otimizada. O DAX é utilizado, por exemplo, para criar medidas, que são resultados de expressões que retornam um valor único e podem variar conforme o contexto de linha ou filtro aplicado às visualizações, ou então colunas calculadas que produzem resultados para cada linha de uma tabela, sendo úteis em

situações que exigem novos campos derivados dos dados originais. Já as tabelas calculadas geram novos conjuntos de dados a partir de expressões DAX, permitindo a criação de relações adicionais dentro do modelo e facilitando análises mais complexas (RUSSO; FERRARI, 2019).

Além disso, as funções DAX são organizadas em famílias que agrupam finalidades semelhantes, como funções de agregação, datas e tempo, filtros, estatísticas, relacionamentos, manipulação de texto e inteligência temporal, entre outras. Essa ampla gama de funções confere à linguagem grande flexibilidade analítica, tornando-a essencial para transformar modelos de dados em informações significativas e para garantir a precisão dos cálculos realizados nas visualizações do *Power BI*, fica exposto então como o DAX constitui um dos pilares da plataforma, pois é por meio dele que se viabiliza o acesso, o cálculo e a interpretação dos dados de forma eficiente e dinâmica (ARNOLD, 2022)

2.4 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Os 193 Estados membros da ONU, incluindo o Brasil, comprometeram-se a adotar a chamada Agenda Pós-2015, considerada uma das mais ambiciosas da história da diplomacia internacional. A partir dessa agenda, as nações se empenham em cumprir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que representam um plano de ação global voltado para eliminar a pobreza extrema e a fome, oferecer educação de qualidade ao longo da vida para todos, proteger o planeta e promover sociedades pacíficas e inclusivas até 2030 (UNICEF, 2015).

Os ODS estão fundamentados nos compromissos voltados às crianças e aos adolescentes nas áreas de pobreza, nutrição, saúde, educação, água, saneamento e igualdade de gênero, já presentes nos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. A Figura 6 traz os 17 ODS.

Figura 6: Imagem com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Fonte: (UNICEF, 2015)

Dentre os objetivos, aqueles que mais se relacionam com este trabalho são:

ODS 7.3: Até 2030, dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética.

ODS 8.4: Melhorar progressivamente, até 2030, a eficiência dos recursos globais no consumo e na produção, e empenhar-se para dissociar o crescimento econômico da degradação ambiental, de acordo com o Plano Decenal de Programas sobre Produção e Consumo Sustentáveis, com os países desenvolvidos assumindo a liderança.

ODS 12.2: Até 2030, alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais.

ODS 9.1: Desenvolver infraestrutura de qualidade, confiável, sustentável e resiliente, incluindo infraestrutura regional e transfronteiriça, para apoiar o desenvolvimento econômico e o bem-estar humano, com foco no acesso equitativo e a preços acessíveis para todos (NAÇÕES UNIDAS, 2015).

2.5 Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados os principais conceitos e fundamentos necessários para a compreensão do consumo e da tarifação de energia elétrica, bem como das ferramentas digitais utilizadas na análise e visualização de dados.

A exposição dos conceitos de tensão, corrente, potência e demanda permitiu contextualizar os parâmetros que influenciam diretamente o desempenho e o custo do fornecimento de energia elétrica, quando o mesmo é alimentado em sinais de tensão senoidal de 60Hz. Além disso, discutiu-se a estrutura tarifária vigente no Brasil, conforme regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), destacando-se a importância da compreensão das modalidades tarifárias, dos postos horários e da demanda contratada para uma gestão energética mais eficiente e economicamente viável.

A seção referente ao *Power BI* evidenciou como as ferramentas de *Business Intelligence* podem contribuir significativamente para o tratamento e a interpretação de dados energéticos, promovendo maior transparência e eficiência na gestão. Os recursos de armazenamento e modelagem de dados, aliados ao uso da linguagem DAX, possibilitam análises detalhadas e a criação de painéis interativos que auxiliam no acompanhamento de indicadores e no apoio à tomada de decisão.

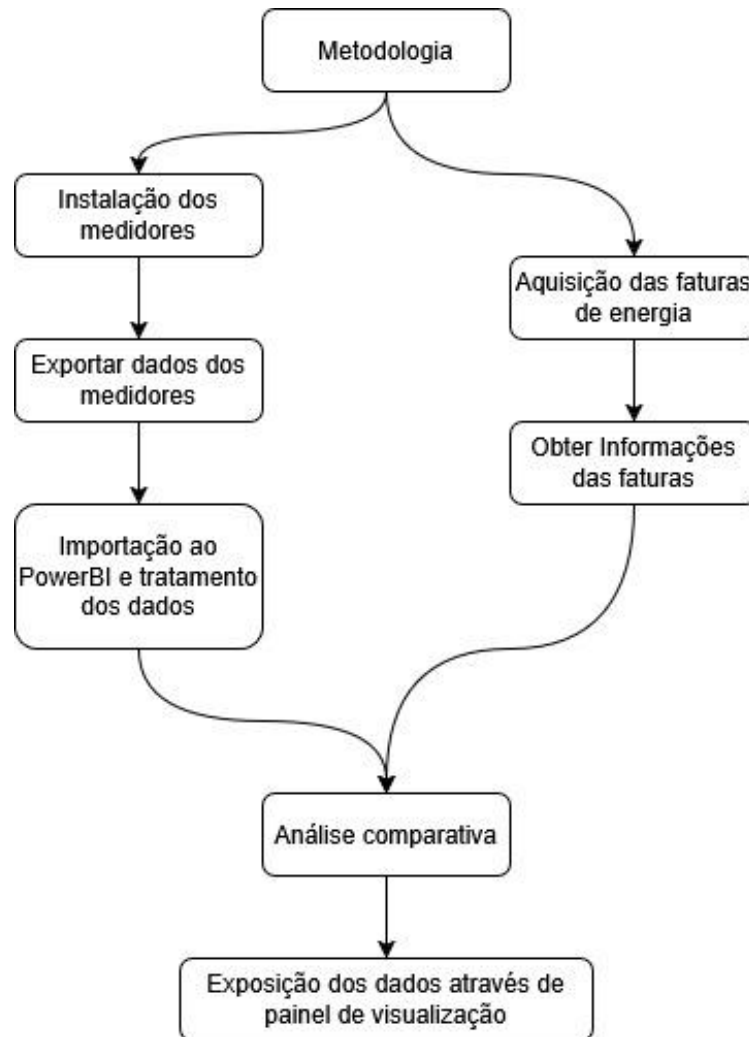
Por fim, ao relacionar o tema deste trabalho com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), ressalta-se a importância da eficiência energética e do uso racional dos recursos naturais, conforme metas propostas pela Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), alinhando a proposta do projeto à promoção da sustentabilidade e à modernização da gestão energética.

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia adotada para a análise do consumo de energia elétrica de uma instalação, por meio do *Power BI*, utilizando dados históricos obtidos de medidores instalados no local. A partir dessas informações, busca-se validar os resultados frente às faturas da concessionária, identificar padrões de demanda e propor melhorias que contribuam para a otimização do consumo e a redução de custos energéticos.

Exposto na figura 7 está o fluxograma da metodologia utilizada. Para garantir a confiabilidade e a rastreabilidade dos dados de Qualidade da Energia Elétrica (QEE), os equipamentos de medição empregados devem estar em conformidade com as exigências de norma técnica IEC61000-4-30 (2021), que estabelece os métodos de medição para os parâmetros de QEE. A aderência a esta norma, que é a referência recomendada pela ANEEL, é uma condição essencial para a aceitação de quaisquer questionamentos ou análises dos parâmetros de QEE.

Figura 7: Fluxograma da metodologia aplicada



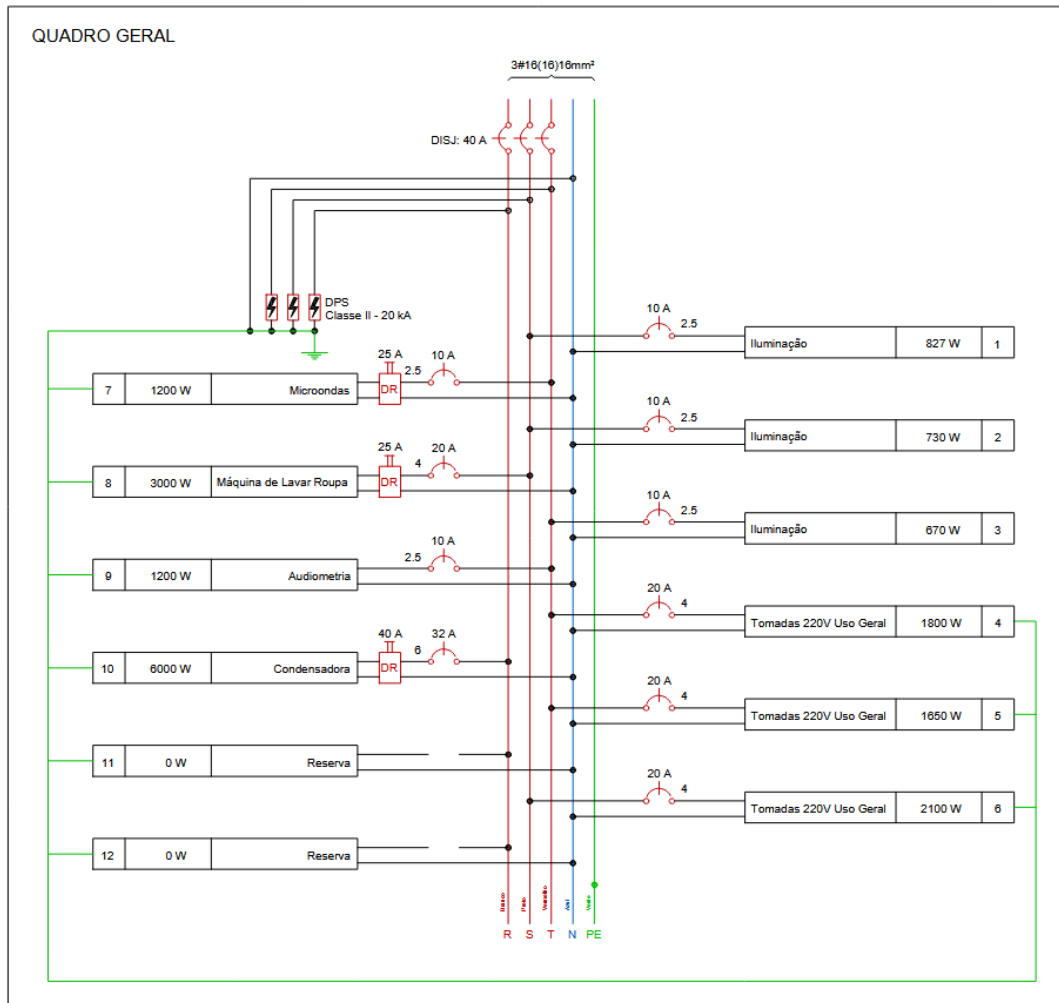
Fonte: Autor

3.1 Instalação dos Medidores

3.1.1 Diagrama Unifilar

Para dar início ao processo de coleta de dados, é de extrema importância a obtenção do diagrama unifilar ou trifilar da instalação. Este documento é crucial para compreender a arquitetura do sistema elétrico e identificar os pontos adequados para a medição, conforme o tipo e o escopo da análise a ser realizada. A Figura 8 apresenta um exemplo de diagrama trifilar de um quadro geral de distribuição de energia elétrica.

Figura 8: Exemplo de diagrama trifilar de um quadro geral de distribuição



Fonte: Autor

3.1.2 Definição do Local de Medição

A seleção do ponto de medição depende diretamente dos objetivos do estudo. A metodologia pode ser aplicada seguindo duas abordagens principais, que não são mutuamente excludentes:

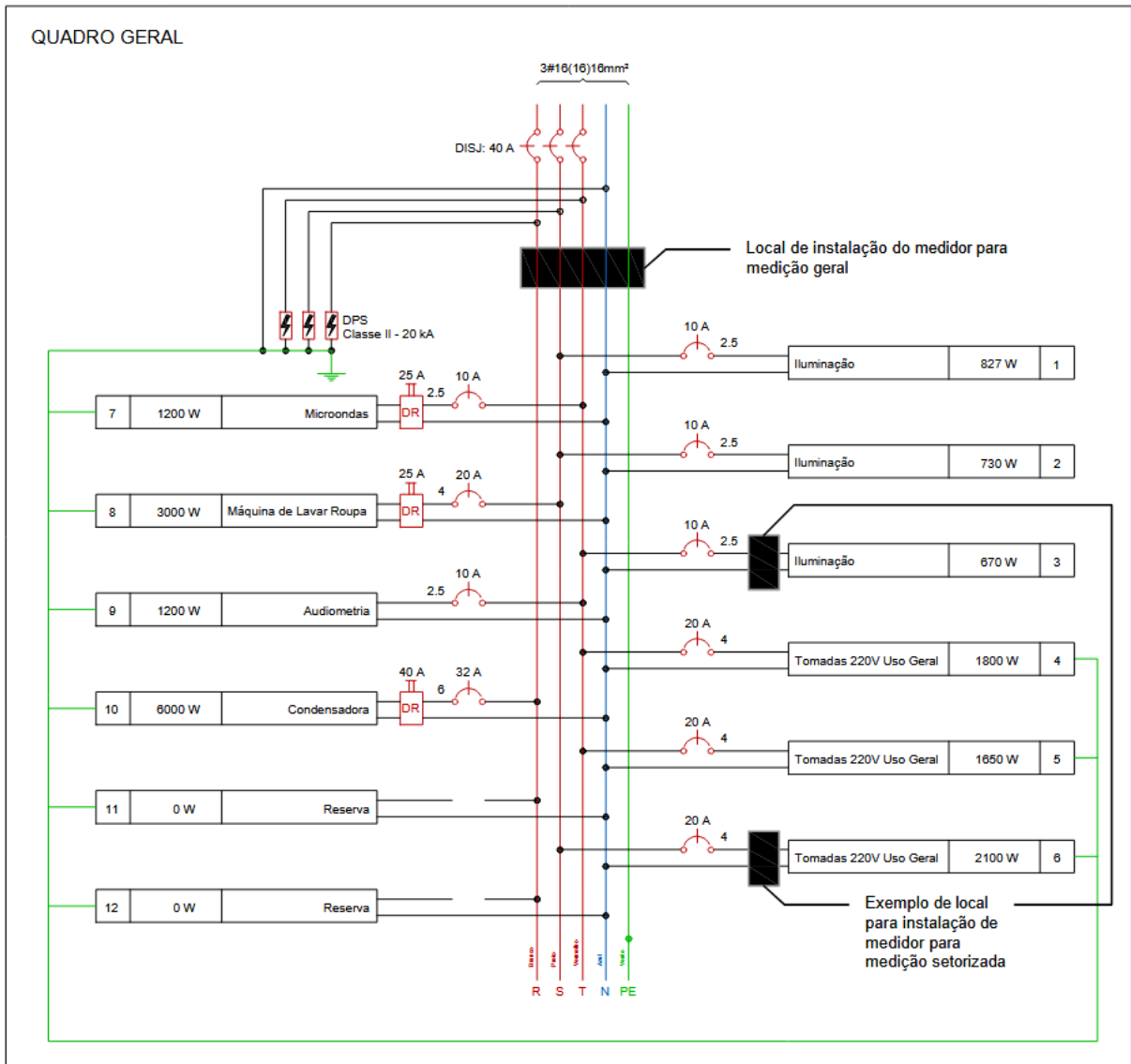
Medição Geral: Instala-se um único medidor na entrada principal de energia da instalação, geralmente no lado de baixa tensão do transformador. Essa abordagem permite uma visão macro do comportamento da unidade consumidora e é fundamental para a análise comparativa com os dados faturados pela concessionária.

Medição Setorizada: Instalam-se múltiplos medidores em circuitos secundários ou quadros de distribuição específicos. Esta abordagem permite uma análise granular,

possibilitando a identificação dos perfis de consumo de diferentes áreas (ex: iluminação, climatização, laboratórios, etc.).

A Figura 9 exibe um exemplo de diagrama trifilar que poderia ser encontrado em uma instalação.

Figura 9: Diagrama trifilar com exemplos de instalação de 3 medidores



Fonte: Autor

3.2 Exportação dos Dados dos Medidores

Após a instalação dos medidores e o período de medição, os dados armazenados na memória dos analisadores devem ser exportados. Este procedimento é realizado via *software*

específico do equipamento, extraindo os registros em um formato tabular estruturado, como .CSV ou .XLSX, compatível com ferramentas de análise de dados.

As grandezas elétricas essenciais para este estudo, a serem exportadas, geralmente incluem:

- Tensão (V) e corrente (A);
- Potências ativa (kW), reativa (kVAr) e aparente (kVA);
- Fator de potência;
- Demanda de potência ativa (kW).

Recomenda-se que o intervalo de agregação dos dados seja de 10 minutos para a demanda, em conformidade com o módulo 8 do PRODIST (ANEEL, 2022b).

3.3 Importação ao *Power BI* e Tratamento dos Dados

Esta etapa é o núcleo do processamento analítico, onde os dados brutos são transformados em informações estratégicas com o auxílio do *Power BI Desktop*.

3.3.1 Conexão e Transformação com *Power Query*

Os arquivos de dados exportados são conectados ao *Power BI*, e o ambiente *Power Query* é utilizado para a etapa de tratamento e transformação (ETL). Este processo envolve a limpeza dos dados, com a remoção de possíveis erros de leitura e o tratamento de valores ausentes, seguida da padronização e ajuste dos tipos de dados de cada coluna, como converter textos para formatos numéricos ou de data/hora.

A Figura 10 exibe umas das telas que o usuário do *Power BI* pode visualizar ao utilizar a ferramenta.

Figura 10: Exemplo de dados sendo expostos no Power Query

	Data	Hora	1.2 Dem.Ativa(kW)	1.2 Dem.Rest.(kVA)	1.2 Tensão(kV)	1.2 Corrente(A)	1.2 Fat.Pot.
1	30/01/2023	11:30:00	0	0	0	0	0 1,000
2	30/01/2023	11:35:00	0	0	0	0	0 1,000
3	30/01/2023	11:40:00	0	0	0	0	0 1,000
4	30/01/2023	11:45:00	0	0	0	0	0 1,000
5	30/01/2023	11:50:00	0	0	0	0	0 1,000
6	30/01/2023	11:55:00	0	0	0	0	0 1,000
7	30/01/2023	12:00:00	0	0	0	0	0 1,000
8	30/01/2023	12:05:00	0	0	0	0	0 1,000
9	30/01/2023	12:10:00	0	0	0	0	0 1,000
10	30/01/2023	12:15:00	0	0	0	0	0 1,000
11	30/01/2023	12:20:00	0	0	0	0	0 1,000
12	30/01/2023	12:25:00	0	0	0	0	0 1,000
13	30/01/2023	12:30:00	0	0	0	0	0 1,000
14	30/01/2023	12:35:00	0	0	0	0	0 1,000
15	30/01/2023	12:40:00	0	0	0	0	0 1,000
16	30/01/2023	12:45:00	0	0	0	0	0 1,000
17	30/01/2023	12:50:00	0,2	0	0,4	0,3	0,3 1,000
18	30/01/2023	12:55:00	0,2	0	0,4	0,3	0,3 1,000
19	30/01/2023	13:00:00	0,2	0	0,4	0,3	0,3 1,000
20	30/01/2023	13:05:00	6,4	-0,6	0,4	9,6	0,996c
21	30/01/2023	13:10:00	6,4	-0,6	0,4	9,6	0,996c
22	30/01/2023	13:15:00	6,4	-0,6	0,4	9,6	0,996c
23	30/01/2023	13:20:00	7,6	-0,6	0,4	11,4	0,997c
24	30/01/2023	13:25:00	7,6	-0,6	0,4	11,4	0,997c

Fonte: Autor

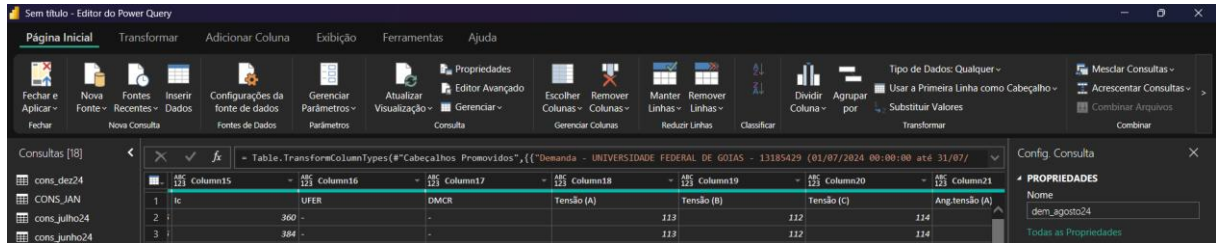
3.3.2 Tratamento de Erros Comuns

Dados brutos provenientes de medidores estão sujeitos a inconsistências que precisam ser tratadas para garantir a confiabilidade da análise. Dentro do *Power Query*, é fundamental inspecionar e corrigir erros. Um problema frequente na importação de arquivos tabulares é o não reconhecimento automático dos títulos, sendo necessário promover a primeira linha como cabeçalho das colunas.

Além disso, é preciso tratar inconsistências nos próprios dados, como valores vazios ou nulos, que podem surgir de falhas de comunicação, e valores extremos (*outliers*), que são leituras fisicamente implausíveis e podem distorcer as análises. Por fim, é preciso verificar a existência de registros com datas duplicadas, que podem ocorrer por falhas na exportação, sendo necessário remover as duplicatas para assegurar que cada intervalo de tempo possua uma única entrada de dados.

As Figuras 11 e 12 exibem como alguns erros comuns são expostos aos usuários da ferramenta Power BI.

Figura 11: Imagem com exemplo de títulos de colunas não sendo reconhecidos automaticamente



Fonte: Autor

Figura 12: Exemplo de lacunas nos dados importados ao Power BI

	UFER	DMCR	Tensão (A)	Tensão (B)	Tensão (C)	Ang.tensão (A)	Ang.tensã
1	360	-	-	113	112	114	0
2	384	-	-	113	112	114	0
3	360	-	-	-	-	-	-
4	384	0	0	-	-	-	-
5	372	-	-	-	-	-	-
6	336	-	-	-	-	-	-
7	348	-	-	-	-	-	-
8	342	0	0	113	112	114	0
9	366	-	-	114	112	114	0
10	342	-	-	113	113	114	0
11	342	-	-	114	113	114	0
12	354	0	0	113	112	114	0

Fonte: Autor

3.3.3 Modelagem e Criação de Medidas com DAX

Com os dados devidamente tratados, a próxima fase é a modelagem, onde se estabelecem os relacionamentos entre as tabelas, como a conexão com uma tabela calendário para viabilizar análises temporais. A linguagem DAX é então empregada para construir as métricas e os cálculos que darão base ao painel.

3.4 Aquisição das Faturas de Energia e Coleta de Dados

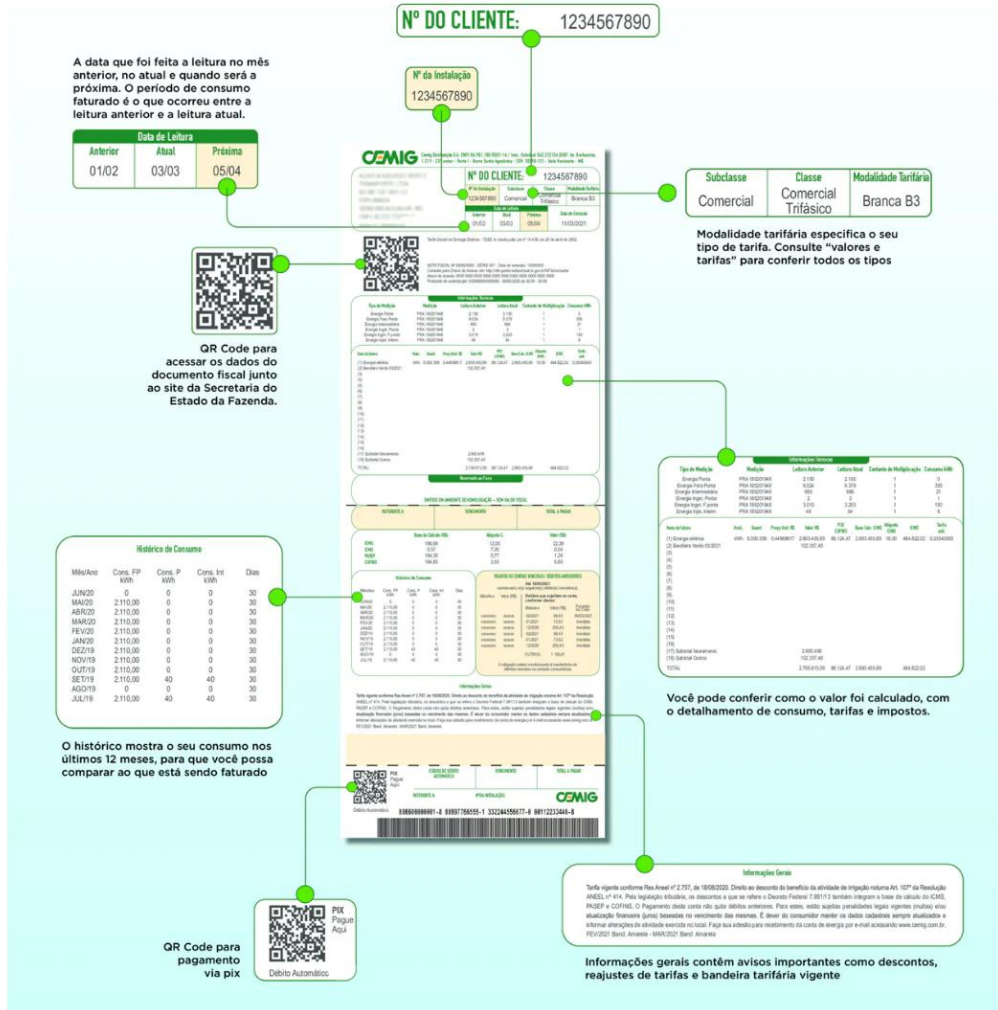
Para fins de validação, é necessário obter as faturas de energia elétrica emitidas pela concessionária, correspondentes ao mesmo período da medição. As seguintes informações devem ser coletadas sistematicamente das faturas:

- Demanda Contratada;
- Demanda Medida e Faturada;
- Consumo de Energia Ativa (kWh) faturado por posto tarifário;
- Valores das tarifas aplicadas (TE e TUSD);

- Valor total faturado.

Por meio da figura 13 pode-se observar como as diferentes informações são expostas ao cliente através de sua fatura de energia.

Figura 13: Exemplo de fatura com as informações que devem ser adquiridas



Fonte: (RODOLFO CORTEZ, 2024)

3.5 Análise Comparativa dos Dados Obtidos

Esta etapa é dedicada à validação do modelo analítico desenvolvido no *Power BI*. Realiza-se uma comparação direta entre os resultados calculados a partir dos dados medidos e os valores faturados pela concessionária. Os principais pontos de verificação são:

Consumo (kWh): Avaliar a aderência entre o consumo total medido e o consumo faturado.

Demanda (kW): Confrontar a demanda máxima registrada pelo medidor com a demanda medida apresentada na fatura.

Fator de Potência: Analisar os registros do medidor para identificar os períodos em que o fator de potência esteve abaixo do limite regulatório de 0,92, conforme estabelecido na resolução normativa nº 1.000 (ANEEL, 2021) e validar essa ocorrência com os dados de medição de reativo excedente presentes na fatura.

Divergências devem ser investigadas e podem indicar desde imprecisões no medidor até erros na aplicação das regras tarifárias no modelo.

3.6 Considerações Finais

Este capítulo detalhou a metodologia que se baseia em uma abordagem estruturada partindo da coleta de dados brutos de consumo elétrico até sua transformação em informações estratégicas por meio de uma ferramenta de *Business Intelligence*. O processo inicia-se com a instalação de medidores, orientada pelo diagrama unifilar da instalação, seguida pela extração dos dados e tratamento dos mesmos no ambiente Power Query para garantir sua integridade e corrigir erros comuns.

Posteriormente, a modelagem de dados e a criação de cálculos analíticos com a linguagem DAX permitem a estruturação de um modelo robusto, que é então validado por meio de uma análise comparativa com as faturas da concessionária, assegurando a fidedignidade das informações. A aplicação desta metodologia culminará no desenvolvimento de um painel de visualização interativo, idealizado como um expositor de dados e uma ferramenta de gestão que possibilita a identificação de padrões de consumo e o apoio à tomada de decisão voltada para a eficiência energética.

Dessa forma, a metodologia aqui descrita estabelece a base procedimental para a execução do projeto, garantindo que os resultados a serem apresentados no estudo de caso sejam replicáveis, verificáveis e alinhados aos objetivos propostos.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Contexto do Local

O presente estudo de caso foi desenvolvido na Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), unidade acadêmica da Universidade Federal de Goiás (UFG), localizada no Campus Aparecida de Goiânia, no bairro Fazenda Santo Antônio, município de Aparecida de Goiânia – GO.

A implantação do campus teve início em 2 de maio de 2012, a partir de um acordo firmado entre a UFG e a Diretoria de Desenvolvimento da Rede de IFES, vinculada ao Ministério da Educação. Essa iniciativa representou um marco para a comunidade aparecidense, proporcionando a oferta de ensino superior público, gratuito e de qualidade, e atendendo às demandas de formação técnica e científica da região, caracterizada por forte presença industrial e logística (FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA, 2024)

Em 2014, a então Unidade Acadêmica Especial de Ciências e Tecnologia iniciou suas atividades com o curso de Engenharia de Produção, em um espaço provisório cedido pela Universidade Estadual de Goiás (UEG). Em 2015, essa unidade foi oficialmente transformada em Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), consolidando sua estrutura administrativa e acadêmica.

As atividades da FCT foram transferidas para suas instalações definitivas em setembro de 2023, marcando o início de uma nova etapa na consolidação da unidade. O edifício principal da FCT conta com seis pavimentos e cerca de 7.400 m² de área construída, situado em um terreno de aproximadamente 500 mil metros quadrados, doado à UFG por empresários locais. Essa estrutura abriga salas de aula, laboratórios, setores administrativos e auditórios, além de uma segunda edificação destinada à área de convivência, alimentação e serviços de apoio (CARVALHO; SIQUEIRA, 2024). A figura 14 é uma fotografia das instalações atuais da FCT e o atual objeto do estudo de caso.

Figura 14: Fotografia das atuais instalações da FCT



Fonte: (FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA, 2024)

Atualmente, a FCT oferece os cursos de graduação em Engenharia de Materiais, Engenharia de Produção, Engenharia de Transportes e Geologia, além de programas de pós-graduação *stricto sensu*, como o Mestrado Profissional em Administração Pública (PROFIAP), o Mestrado Profissional em Engenharia de Produção (PPGEP) e o Mestrado em Geociências.

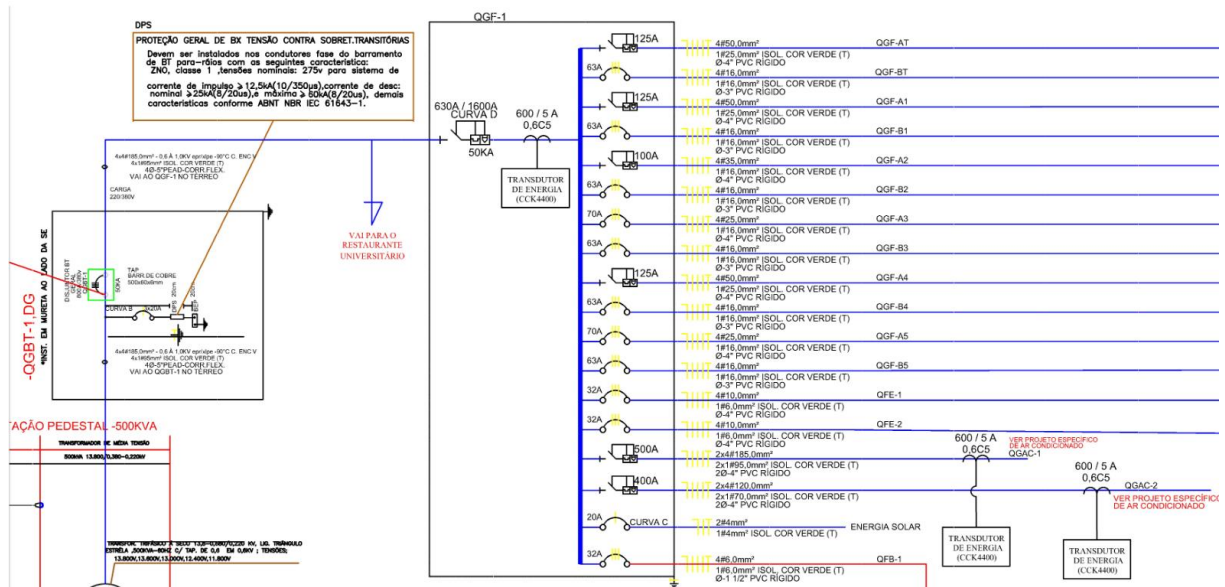
O novo campus foi inaugurado oficialmente em outubro de 2024, em cerimônia que contou com a presença de autoridades municipais, estaduais e federais, consolidando a ocupação definitiva do espaço pela comunidade acadêmica da UFG. O evento marcou a inauguração formal do Campus Aparecida de Goiânia e do prédio da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), reafirmando o compromisso institucional com o desenvolvimento científico, tecnológico e sustentável da região (FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA, 2024).

Dessa forma, a FCT/UFG se configura como um ambiente estratégico para estudos e pesquisas aplicadas, especialmente na área de eficiência energética e gestão do consumo elétrico, justificando a escolha da unidade como objeto deste estudo de caso.

4.2 Diagrama Unifilar e Local de Medição

Para a definição da estratégia de medição, procedeu-se à análise do diagrama unifilar das instalações elétricas do prédio. A Figura 15 ilustra uma seção do diagrama do quadro geral de distribuição, destacando os pontos selecionados para a instalação dos transdutores.

Figura 15: Seção do diagrama unifilar do centro de aulas da FCT, contendo os pontos de medição



Fonte: Seinfra, adaptado

Optou-se pela instalação de um medidor principal na entrada do Quadro Geral (QGF-1), visando capturar o perfil de consumo global da edificação. Adicionalmente, foram instrumentados dois circuitos terminais específicos, responsáveis pela alimentação dos sistemas de climatização das Alas A e B, permitindo uma análise setorial dessas cargas significativas.

É importante ressaltar, mediante a análise do diagrama, a existência de um ramal derivado a montante do medidor geral, destinado à alimentação do Restaurante Universitário. Consequentemente, as medições realizadas neste estudo não contabilizam o consumo dessa unidade, o que resulta em uma divergência natural em relação aos valores totalizados na fatura de energia emitida pela concessionária, a qual engloba todo o complexo.

4.3 Instalação dos Medidores

Para a realização deste estudo, a estratégia de coleta de dados baseou-se na implementação de uma infraestrutura fixa de monitoramento, utilizando transdutores de energia multi-grandezas da linha CCK 4400. Estes equipamentos operam com classe de exatidão de 0,5% e realizam a amostragem digital dos sinais de tensão e corrente utilizando a técnica *True RMS* (Valor Eficaz), o que assegura a precisão das leituras mesmo na presença de distorções harmônicas na rede, conforme o manual de operação e instalação do medidor (CCK AUTOMAÇÃO, 2013).

Para instalação dos medidores estão sendo utilizados transformadores de corrente (TCs) do tipo bipartido (janela móvel). Conforme ilustrado nas Figura 16, estes sensores possuem relação de transformação de 600/5A e permitem o acoplamento direto ao redor dos condutores fase, simplificando a adequação em quadros elétricos já operacionais.

Figura 16: Foto do transformador de corrente instalado no painel



Fonte: Autor

As figuras 17 e 18 são os medidores instalados atualmente no quadro da FCT.

Figura 17: Foto do medidor de entrada do Quadro



Fonte: Autor

Figura 18: Foto dos medidores instalados nos circuitos da Ala A e Ala B



Fonte: Autor

O armazenamento dos dados é realizado pela Memória de Massa interna dos transdutores, que registra continuamente as grandezas elétricas por um período de 35 dias. O intervalo de integração configurado para as médias de demanda, fator de potência e tensão média trifásica foi de 15 minutos, garantindo a resolução necessária para a análise proposta neste trabalho, conforme o manual de operação do transdutor de energia (CCK AUTOMAÇÃO, 2013).

4.4 Coleta e Tratamento dos Dados

A coleta e o monitoramento das grandezas elétricas foram realizados integralmente através da infraestrutura de rede implementada, utilizando softwares específicos para a supervisão em tempo real e para a extração dos dados históricos armazenados nos medidores.

4.4.1 Monitoramento em Tempo Real e Emissão de Relatório via Portal

O processo de coleta e monitoramento das grandezas elétricas foi realizado integralmente através da infraestrutura de rede implementada. Utilizou-se o *software* Gerenciador CCK para a supervisão em tempo real e para a extração dos dados históricos. A

interface web da ferramenta, apresentada na Figura 19, funcionou como um painel de supervisão, permitindo a verificação instantânea da integridade das medições e do estado operativo das cargas.

Figura 19: Tela inicial do gerenciador CCK



Fonte: Autor

Após selecionada a opção de supervisão, abre-se o navegador pelo qual o medidor a ser analisado é escolhido, conforme pode ser observado na figura 20.

Figura 20: Tela do navegador para seleção de medidor



Fonte: Autor

Por fim, após selecionar o medidor que se deseja inspecionar, é aberta uma janela com os dados do equipamento em tempo real, conforme pode ser visto na figura 20. A ferramenta apresenta um *dashboard* com indicadores analógicos e digitais, facilitando a leitura rápida dos principais parâmetros, é possível acompanhar a potência ativa total e o fator de potência instantâneo, permitindo identificar imediatamente o regime de carga da instalação no momento da consulta.

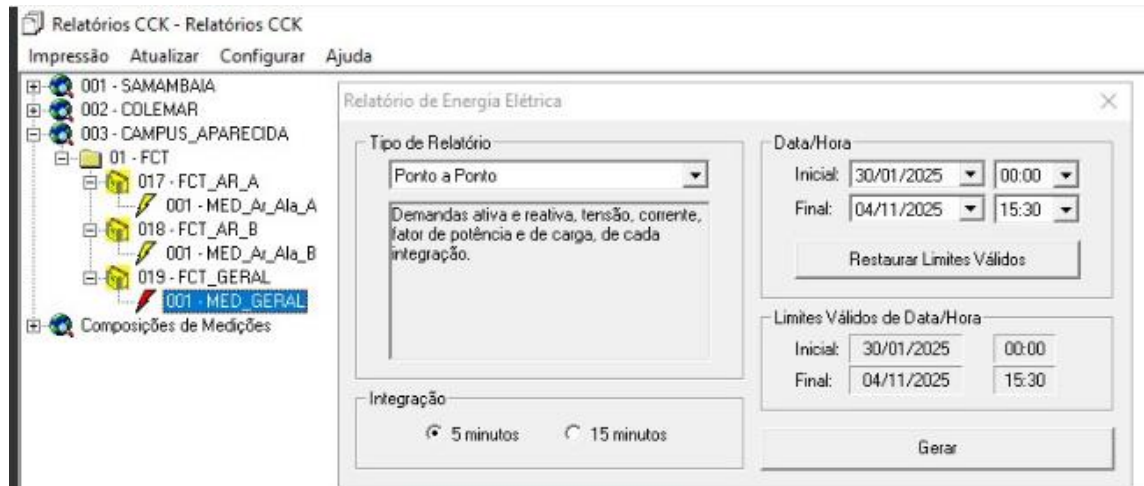
Figura 21: Janela com dados em tempo real de um medidor



Fonte: Autor

Para extrair os dados dos medidores CCK4400 instalados, através do gerenciador CCK foi selecionada a opção “Relatórios” dentro da aba de gerenciamento, a figura 22 exhibe a janela onde deve-se escolher os medidores de qual se deseja extrair os dados

Figura 22: Janela de emissão de relatórios do Gerenciador CCK



Fonte: Autor

4.4.2 Tratamento dos dados

A extração dos dados para análise foi realizada por meio da funcionalidade de relatórios do sistema, abrangendo o período de março a outubro de 2025. Os arquivos foram gerados em formato .XLS e posteriormente importados para o Google Planilhas, integrando-se ao Microsoft Power BI. A figura 23 exibe alguns dados expostos ainda na ferramenta da Google.

Figura 23: Imagem de uma planilha exibindo alguns dados do medidor

	A	B	C	D	E	F
1	Data;Hora;Dem.Ativa(kW);Dem.Reat.(kVAr);Tensão(kV);Corrente(A);Fat.Pot.;Fat.Carga(%)					
2	30/01/2025;11:30;	0,0;0,0;0,5;5,1;0,00;	0,1			
3	30/01/2025;11:35;	6,4;-2,1;0,4;	10,2;0,949c;	12,5		
4	30/01/2025;11:40;	6,4;-2,1;0,4;	10,2;0,949c;	12,5		
5	30/01/2025;11:45;	6,4;-2,1;0,4;	10,2;0,949c;	12,5		
6	30/01/2025;11:50;	38,9;-5,6;0,4;	58,1;0,990c;	76,2		
7	30/01/2025;11:55;	38,9;-5,6;0,4;	58,1;0,990c;	76,2		
8	30/01/2025;12:00;	38,9;-5,6;0,4;	58,1;0,990c;	76,2		
9	30/01/2025;12:05;	33,2;-5,5;0,4;	49,8;0,986c;	65,0		
10	30/01/2025;12:10;	33,2;-5,5;0,4;	49,8;0,986c;	65,0		
11	30/01/2025;12:15;	33,2;-5,5;0,4;	49,8;0,986c;	65,0		
12	30/01/2025;12:20;	30,7;-5,8;0,4;	46,3;0,983c;	60,1		
13	30/01/2025;12:25;	30,7;-5,8;0,4;	46,3;0,983c;	60,1		
14	30/01/2025;12:30;	30,7;-5,8;0,4;	46,3;0,983c;	60,1		
15	30/01/2025;12:35;	29,9;-6,1;0,4;	45,5;0,980c;	58,5		
16	30/01/2025;12:40;	29,9;-6,1;0,4;	45,5;0,980c;	58,5		
17	30/01/2025;12:45;	29,9;-6,1;0,4;	45,5;0,980c;	58,5		
18	30/01/2025;12:50;	29,3;-5,8;0,4;	44,5;0,981c;	57,3		
19	30/01/2025;12:55;	29,3;-5,8;0,4;	44,5;0,981c;	57,3		
20	30/01/2025;13:00;	29,3;-5,8;0,4;	44,5;0,981c;	57,3		
21	30/01/2025;13:05;	27,3;-6,2;0,4;	41,9;0,975c;	53,3		
22	30/01/2025;13:10;	27,3;-6,2;0,4;	41,9;0,975c;	53,3		
23	30/01/2025;13:15;	27,3;-6,2;0,4;	41,9;0,975c;	53,3		
24	30/01/2025;13:20;	28,8;-6,1;0,4;	44,5;0,978c;	56,3		
25	30/01/2025;13:25;	28,8;-6,1;0,4;	44,5;0,978c;	56,3		
26	30/01/2025;13:30;	28,8;-6,1;0,4;	44,5;0,978c;	56,3		
27	30/01/2025;13:35;	27,2;-6,4;0,4;	41,7;0,973c;	53,1		
28	30/01/2025;13:40;	27,2;-6,4;0,4;	41,7;0,973c;	53,1		
29	30/01/2025;13:45;	27,2;-6,4;0,4;	41,7;0,973c;	53,1		

Fonte: Autor

No ambiente do Power BI, procedeu-se à etapa de tratamento, que incluiu a padronização dos formatos de data e hora, a remoção de inconsistências e a categorização dos registros segundo os postos tarifários (ponta, fora de ponta e reservado). A Figura 24 exemplifica a estrutura dos dados após o tratamento inicial, prontos para a modelagem e criação dos painéis visuais.

Figura 24: Imagem dos dados expostos na ferramenta Power Query

The screenshot displays the Microsoft Power Query interface. The main window shows a table with the following columns: Data-hora, Dem.Ativa(kW), Dem.Reat.(kVA), Tensão(kV), Corrente(A), Fat.Pot., and Fat.Carga(%). The data is organized into rows, with the first row being the header. The right-hand pane shows the 'Config. Consulta' (Query Configuration) settings, including 'PROPRIEDADES' (Properties) and 'ETAPAS APLICADAS' (Applied Steps).

	Data-hora	Dem.Ativa(kW)	Dem.Reat.(kVA)	Tensão(kV)	Corrente(A)	Fat.Pot.	Fat.Carga(%)	Local
1	30/01/2025 11:30:00	0	0	0	5,5	1	0,1	Geral
2	30/01/2025 11:35:00	6,4	-2,1	0,4	10,2	0,949	12,5	Geral
3	30/01/2025 11:40:00	6,4	-2,1	0,4	10,2	0,949	12,5	Geral
4	30/01/2025 11:45:00	6,4	-2,1	0,4	10,2	0,949	12,5	Geral
5	30/01/2025 11:50:00	38,9	-5,6	0,4	58,1	0,99	76,2	Geral
6	30/01/2025 11:55:00	38,9	-5,6	0,4	58,1	0,99	76,2	Geral
7	30/01/2025 12:00:00	38,9	-5,6	0,4	58,1	0,99	76,2	Geral
8	30/01/2025 12:05:00	33,2	-5,5	0,4	49,8	0,986	65	Geral
9	30/01/2025 12:10:00	33,2	-5,5	0,4	49,8	0,986	65	Geral
10	30/01/2025 12:15:00	33,2	-5,5	0,4	49,8	0,986	65	Geral
11	30/01/2025 12:20:00	30,7	-5,8	0,4	46,3	0,983	60,1	Geral
12	30/01/2025 12:25:00	30,7	-5,8	0,4	46,3	0,983	60,1	Geral
13	30/01/2025 12:30:00	30,7	-5,8	0,4	46,3	0,983	60,1	Geral
14	30/01/2025 12:35:00	29,9	-6,1	0,4	45,5	0,98	58,5	Geral
15	30/01/2025 12:40:00	29,9	-6,1	0,4	45,5	0,98	58,5	Geral
16	30/01/2025 12:45:00	29,9	-6,1	0,4	45,5	0,98	58,5	Geral
17	30/01/2025 12:50:00	29,3	-5,8	0,4	44,5	0,981	57,3	Geral
18	30/01/2025 12:55:00	29,3	-5,8	0,4	44,5	0,981	57,3	Geral
19	30/01/2025 13:00:00	29,3	-5,8	0,4	44,5	0,981	57,3	Geral
20	30/01/2025 13:05:00	27,3	-6,2	0,4	41,9	0,975	53,3	Geral
21	30/01/2025 13:10:00	27,3	-6,2	0,4	41,9	0,975	53,3	Geral
22	30/01/2025 13:15:00	27,3	-6,2	0,4	41,9	0,975	53,3	Geral
23	30/01/2025 13:20:00	28,8	-6,1	0,4	44,5	0,978	56,3	Geral
24	30/01/2025 13:25:00	28,8	-6,1	0,4	44,5	0,978	56,3	Geral
25	30/01/2025 13:30:00	28,8	-6,1	0,4	44,5	0,978	56,3	Geral
26	30/01/2025 13:35:00	27,3	-6,4	0,4	41,7	0,972	53,3	Geral

Fonte: Autor

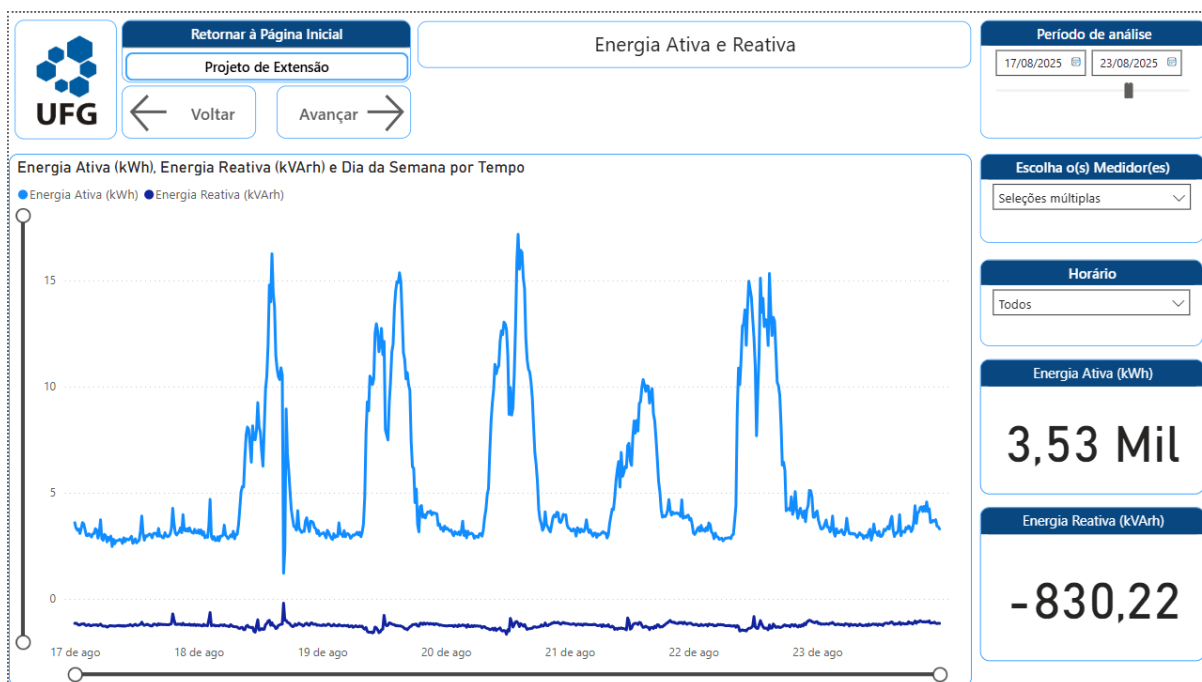
4.5 Análise Dos Dados

Com base nos dados tratados, desenvolveu-se um conjunto de visualizações gráficas que permitiu a análise do consumo sob diferentes perspectivas. O dashboard consolidado oferece ferramentas interativas para a exploração detalhada dos indicadores de desempenho energético da FCT.

4.5.1 Energia Ativa e Reativa

A análise do perfil de carga revelou padrões de consumo distintos entre dias letivos e finais de semana, conforme ilustrado na Figura 25. Observou-se uma correlação direta entre a demanda de energia ativa e as rotinas acadêmicas.

Figura 25: Gráfico do consumo de energia ao longo do tempo durante o período de uma semana



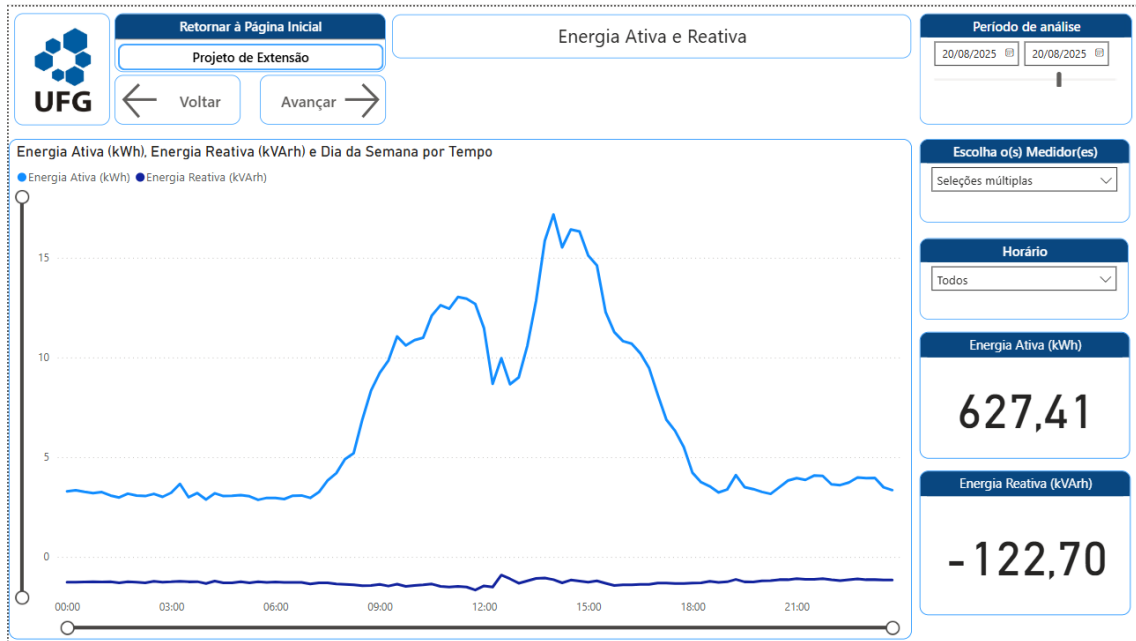
Fonte: Autor

Destaca-se a eficácia da política de eficiência energética adotada pela instituição, evidenciada pelas reduções de carga observadas nos horários de desligamento programado dos aparelhos de ar-condicionado, que corroboram o cumprimento das diretrizes de operação, garantindo que os equipamentos não permaneçam acionados desnecessariamente no período noturno. Os horários programados para desligamento automático são:

- 11:50 - desligamento dos aparelhos das salas de aula (Ala B);
- 17:30 - desligamento de todos os aparelhos (Alas A e B);
- 18:00 - desligamento de todos os aparelhos (Alas A e B).

O último comando para desativar os aparelhos existe como forma de reforço, caso a comunicação tenha sido falha no envio da instrução anterior, dessa forma garantido que nenhum aparelho esteja em operação durante a noite, período no qual não haveria benefício nenhum seu funcionamento contínuo. A figura 26 apresenta o gráfico de consumo de energia ativa e reativa do dia 20 de agosto de 2025.

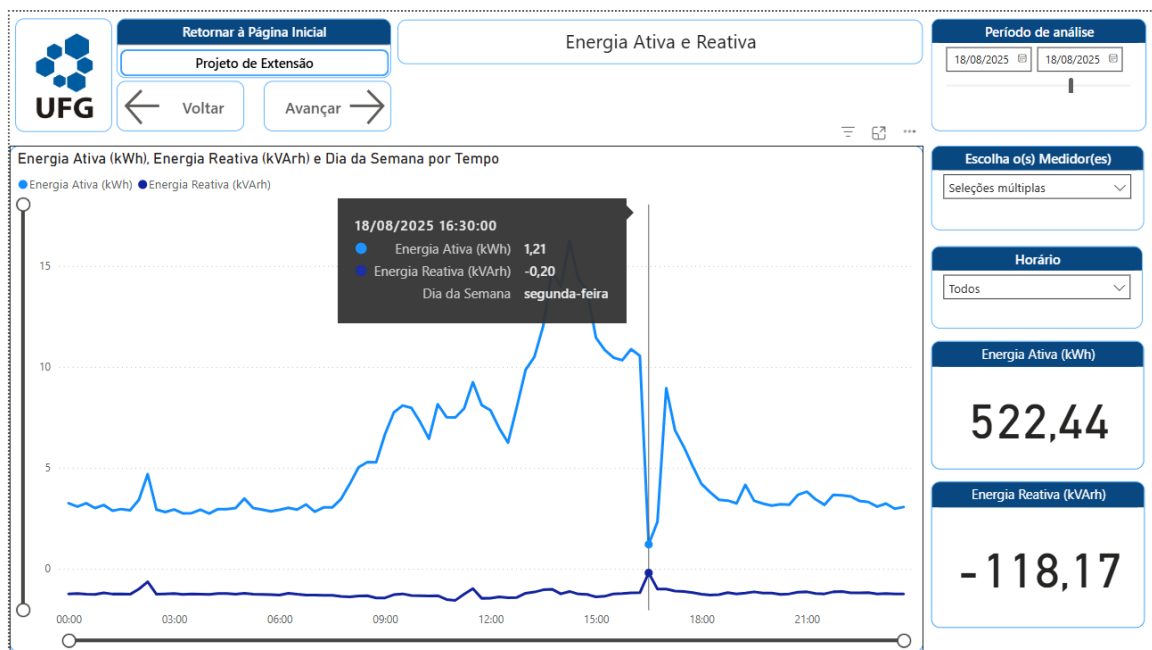
Figura 26: Gráfico do consumo de energia ativa e reativa de um único dia letivo



Fonte: Autor

Adicionalmente, foi possível identificar eventos atípicos, como a redução abrupta de consumo registrada no dia 18 de agosto que serviu de base para a investigação cruzada com outros parâmetros elétricos. A figura 27 é o gráfico de energia ativa e reativa durante o dia mencionado anteriormente.

Figura 27: Gráfico de energia ativa e reativa com uma redução repentina de consumo



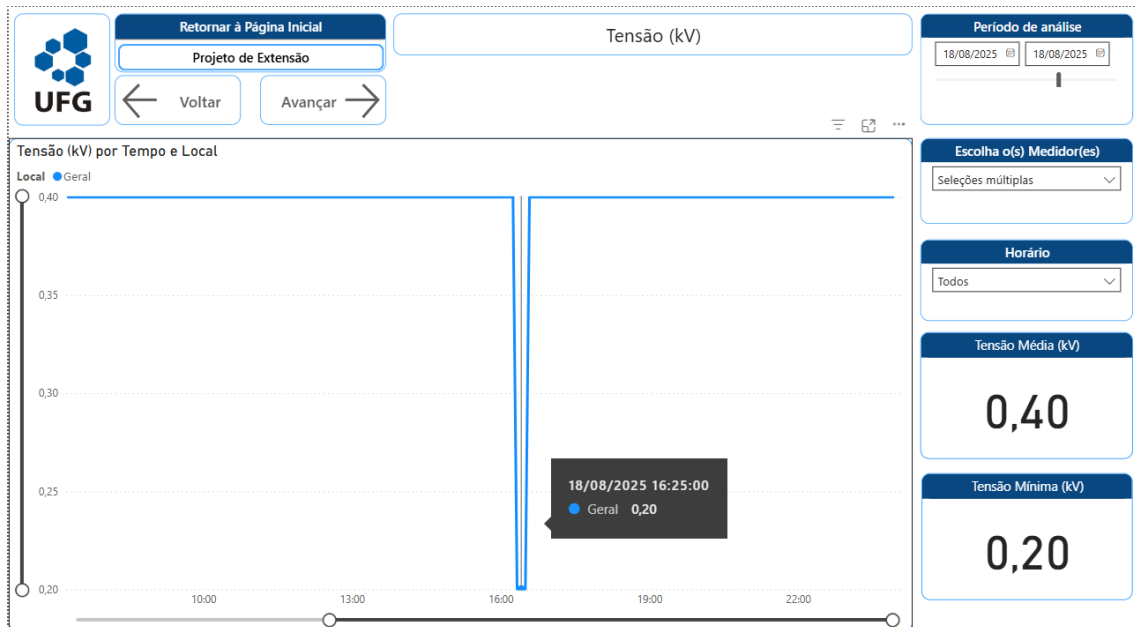
Fonte: Autor

4.5.2 Corrente e Tensão

Também foram elaborados gráficos que permitem a análise da corrente e tensão, ofertando assim, mais perspectivas sobre o consumo registrado no prédio.

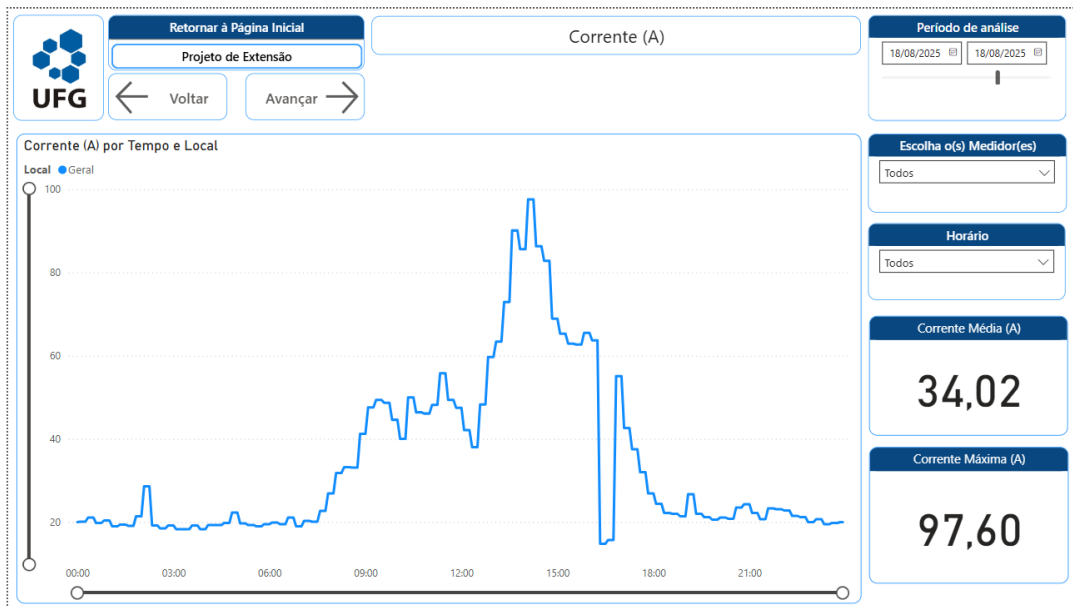
A análise conjunta das grandezas de tensão e corrente permitiu aprofundar o diagnóstico de eventos específicos. No caso supracitado do dia 18 de agosto, a verificação dos gráficos de tensão e corrente, expostos nas figuras 28 e 29, respectivamente, confirmou uma interrupção no fornecimento de energia entre 16h15 e 16h45.

Figura 28: Gráfico da tensão pelo tempo do dia 18/08/2025



Fonte: Autor

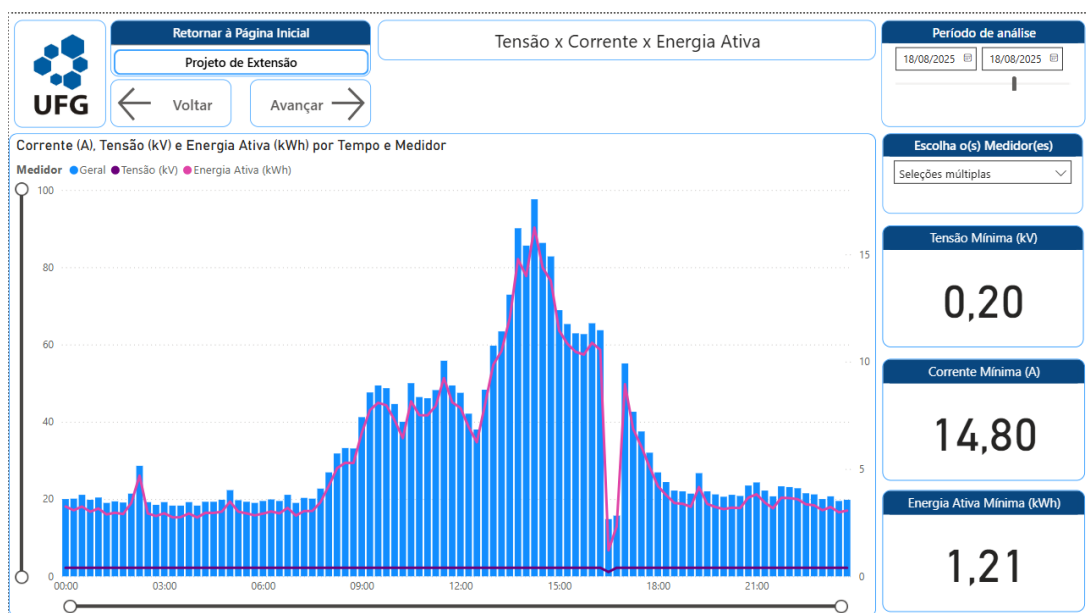
Figura 29: Gráfico da corrente pelo tempo no dia 18/08/2025



Fonte: Autor

A visualização integrada dessas variáveis demonstrou a consistência dos dados medidos, onde a ausência de tensão correlacionou-se perfeitamente com a queda da corrente e da potência ativa, validando a precisão do sistema de monitoramento na detecção de falhas de fornecimento. A figura 30 exibe simultaneamente os valores de energia ativa, tensão e corrente no dia 18 de agosto de 2025.

Figura 30: Gráfico da corrente, tensão e energia ativa no medidor no dia 18/08/2025

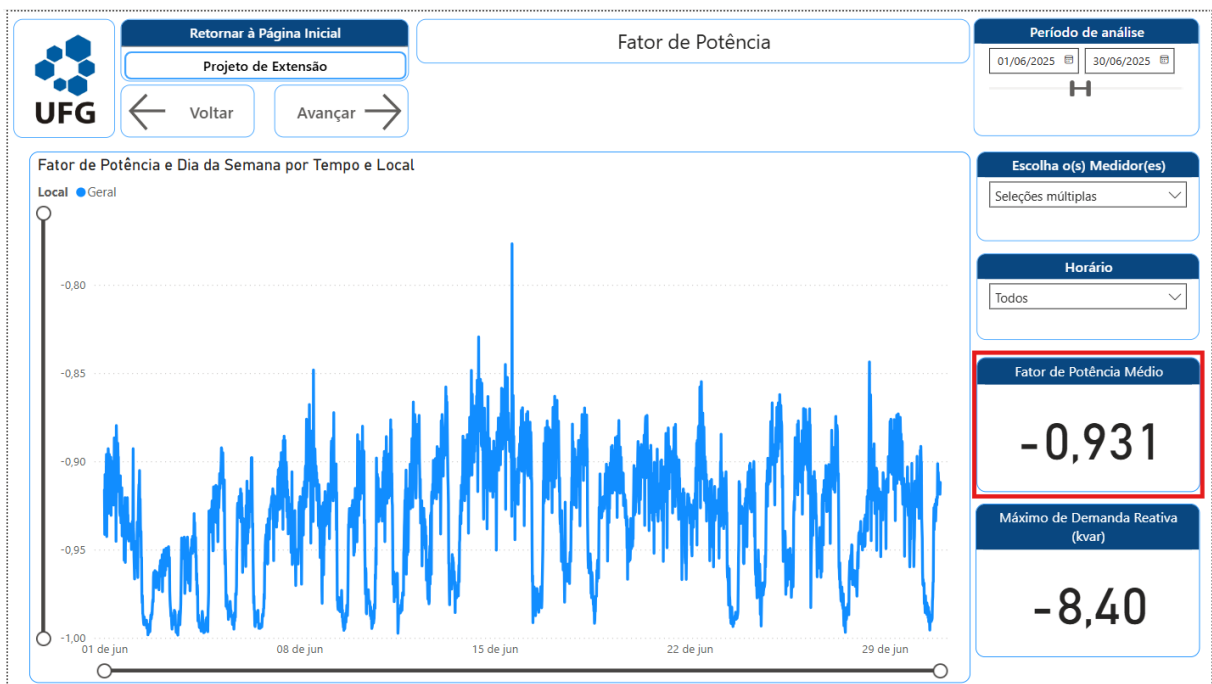


Fonte: Autor

4.5.3 Fator de Potência

O cálculo do fator de potência, realizado diretamente no Power BI a partir das energias ativa e reativa registradas, indicou um comportamento predominantemente capacitivo da instalação, com valor médio de 0,931, como pode ser observado na figura 31, a qual expõe o fator de potência registrado pelo medidor geral no mês de junho.

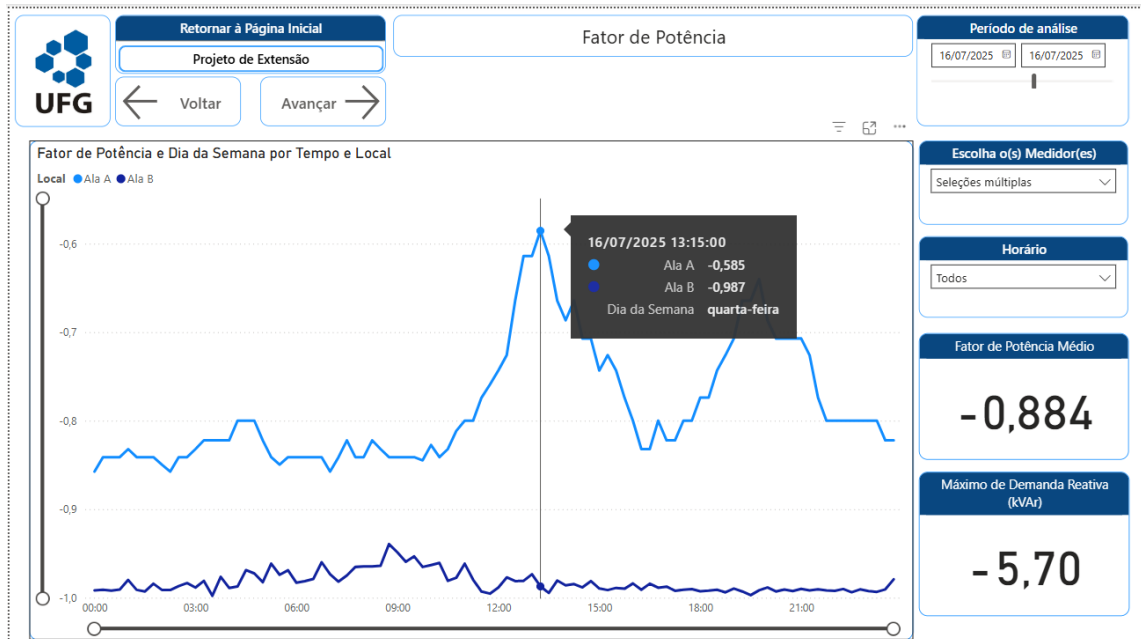
Figura 31: Painel do fator de potência com os dados do mês de junho de 2025



Fonte: Autor

Essa característica deve-se ao dimensionamento dos bancos de capacitores para a demanda nominal do sistema de refrigeração, resultando em uma potência reativa superior à ativa nos períodos de menor ocupação. Notou-se, contudo, que durante o horário de pico de atividades (13h00 às 17h00), a característica indutiva das cargas da edificação compensa o excedente capacitivo, elevando o fator de potência para valores próximos à unidade. A figura 32 exhibe as diferentes curvas do fator de potência das alas A e B durante o dia.

Figura 32: Gráfico do fator de potência das alas A e B durante o dia 16/07/2025

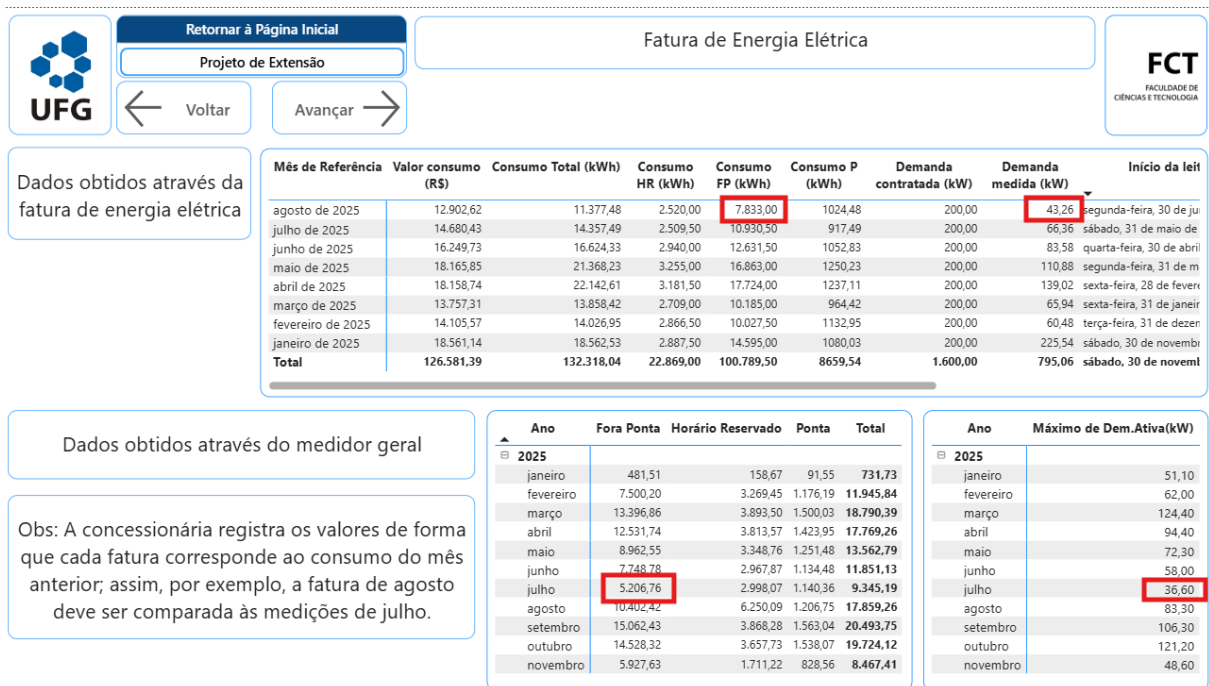


Fonte: Autor

4.5.4 Comparação de Dados com Fatura

A validação do modelo analítico foi realizada através do confronto entre os dados medidos e os valores faturados pela concessionária, como exposto na figura 33, a qual contém uma imagem do painel de visualização com as tabelas dos valores registrado pela medição própria e obtidos através da fatura de energia. No mês de julho, por exemplo, a medição interna registrou um consumo fora de ponta de 5.206,76 kWh e demanda de 36,60 kW, enquanto a fatura apresentou 7.833 kWh e 43,26 kW, respectivamente.

Figura 33: Imagem do painel de visualização com as tabelas para comparação



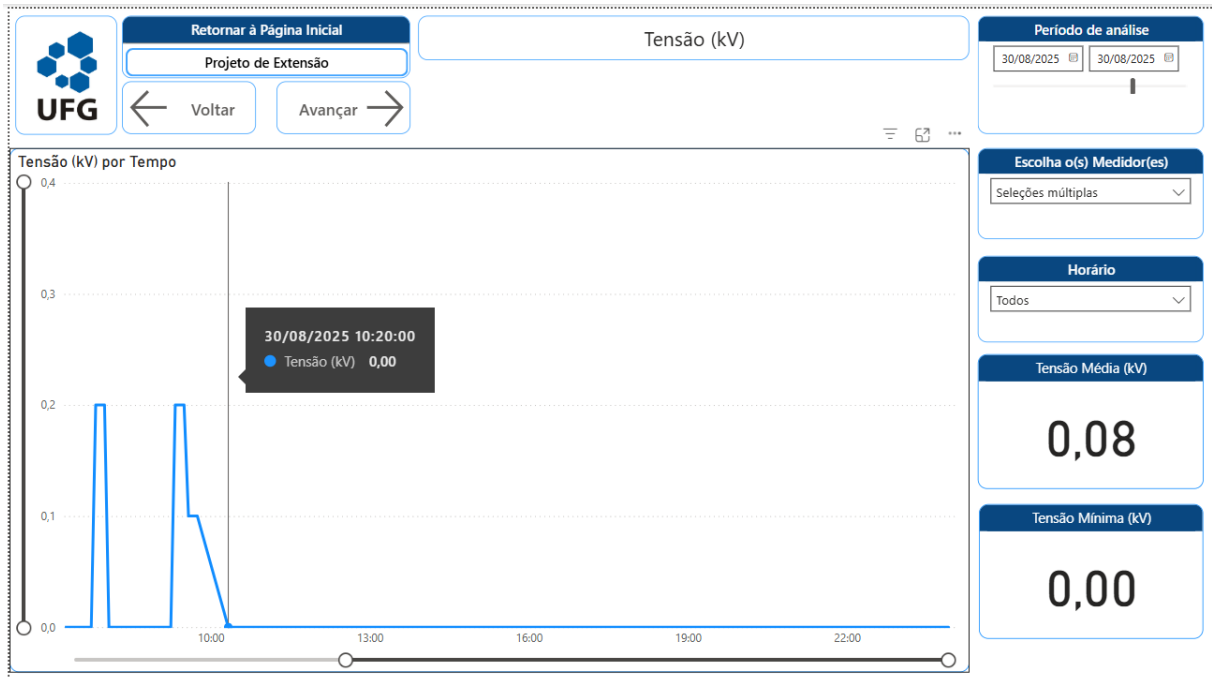
Fonte: Autor

Essas divergências são consistentes com a topologia da rede elétrica descrita na seção 4.2, confirmando que a medição da concessionária contempla cargas externas ao escopo deste estudo, como o canteiro de obras e as instalações do restaurante universitário.

4.5.5 Erros de Leitura

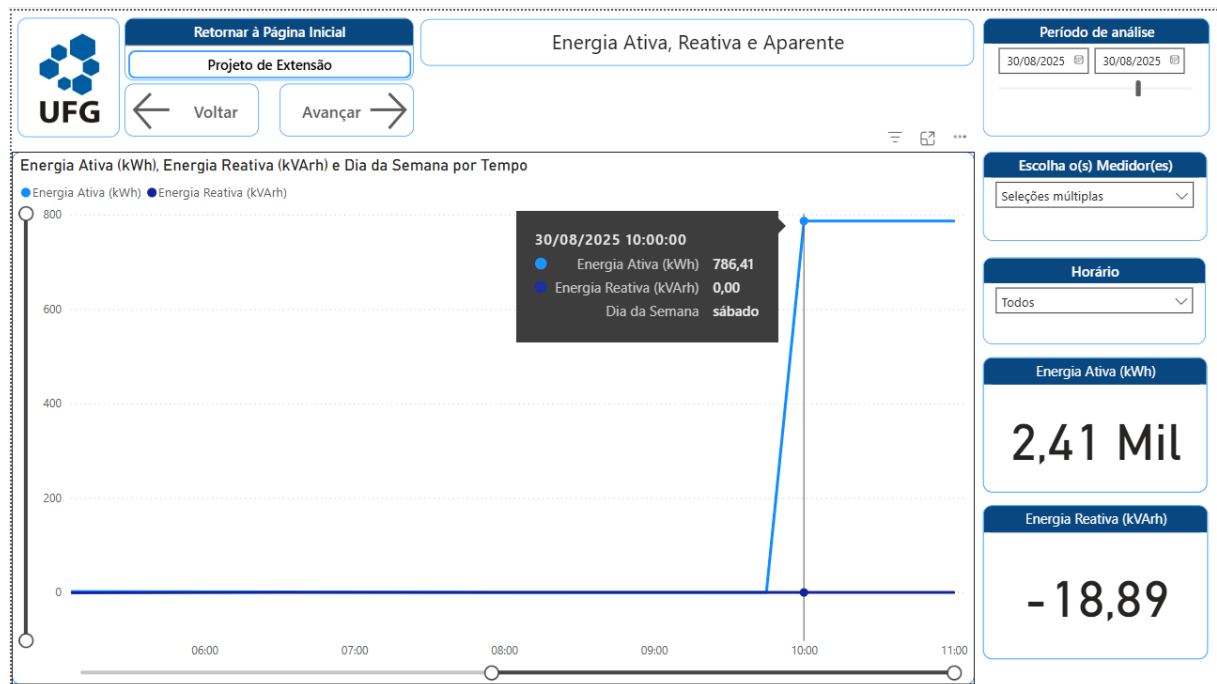
Durante a análise exploratória, foram identificadas inconsistências pontuais nos registros, notadamente em períodos de falha no fornecimento de energia. No dia 30 de agosto, o sistema registrou valores impossíveis de consumo de energia ativa, visto através da figura 35, que contém um gráfico elaborado com os dados de energia ativa no dia em questão, em momentos em que a tensão era nula, exposto na figura 34, a qual contém o um gráfico com os dados da tensão registrados no dia em análise. A detecção e o tratamento desses *outliers* foram fundamentais para evitar distorções nos indicadores acumulados de consumo.

Figura 34: Imagem do painel de visualização da tensão no dia 30/08/2025



Fonte: Autor

Figura 35: Imagem do painel de visualização do consumo de energia durante o dia 30/08/2025



Fonte: Autor

4.6 Sugestões

Com base nos diagnósticos realizados e nas limitações observadas durante o levantamento de dados, apresentam-se a seguir propostas de melhorias técnicas e operacionais visando o aprimoramento da eficiência energética e da precisão no monitoramento das instalações da FCT.

No que tange à infraestrutura de medição, recomenda-se a substituição gradual dos atuais transdutores por analisadores de qualidade de energia (QEE) mais robustos. A adoção de modelos com capacidade de comunicação avançada permitiria a exportação automática de relatórios e a integração direta com o banco de dados do *Power BI*, eliminando a etapa manual de tratamento de arquivos .XLS e mitigando erros humanos no processo de ETL. Além disso, é fundamental que esses novos equipamentos registrem dados detalhados por fase (monofásicos) e realizem a análise de espectro harmônico, permitindo um estudo aprofundado sobre a qualidade da energia e o impacto das cargas não lineares na instalação.

Por fim, para sanar as divergências observadas entre os dados medidos e os faturados pela concessionária, é imprescindível a instalação de medidores adicionais. A prioridade deve ser a instrumentação do ramal que alimenta o restaurante universitário, o que permitiria fechar o balanço energético da subestação. A setorização completa da medição proporcionará uma visão granular do consumo, facilitando a identificação de desperdícios e a gestão de custos por centro de responsabilidade.

4.7 Considerações Finais

O estudo de caso realizado na Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) evidenciou como a implementação de um painel de visualização de dados, fundamentado em ferramentas de *Business Intelligence* como o *Microsoft Power BI*, contribui para um entendimento abrangente do perfil de consumo energético e para a gestão eficiente da instalação.

Os resultados indicaram que o comportamento da demanda de energia ativa reflete fielmente as rotinas administrativas e acadêmicas da unidade. Foi possível constatar a eficácia da política de eficiência energética adotada pela instituição, uma vez que as reduções de carga observadas nos horários programados de 11:50, 17:30 e 18:00 coincidem com os desligamentos automáticos dos sistemas de climatização.

Quanto ao fator de potência, observou-se que o valor médio registrado foi de 0,931 com característica capacitiva. Esse comportamento deve-se, majoritariamente, Tal cenário deve-se ao dimensionamento do banco de capacitores para a operação do sistema de ar-condicionado próximo à sua potência nominal. Notou-se, contudo, que nos momentos de pico de consumo (entre 13h00 e 17h00), a própria carga indutiva da instalação atua na compensação, elevando o fator de potência para valores próximos à unidade.

A comparação entre os dados medidos e os valores faturados pela concessionária revelou divergências quantitativas, como no mês de julho, onde a medição própria registrou aproximadamente 5.206 kWh contra 7.833 kWh da fatura. Tais diferenças mostraram-se justificáveis pela topologia da rede elétrica local, visto que a medição da concessionária engloba cargas adicionais, como o Restaurante Universitário, que não foram contempladas pelos medidores instalados para este estudo.

Portanto, conclui-se que o painel de visualização desenvolvido desempenha um papel significativo na modernização da gestão energética da FCT. A ferramenta não apenas valida a conformidade com as normas vigentes, mas também oferece suporte à tomada de decisão, permitindo o monitoramento contínuo de indicadores de qualidade e a identificação de oportunidades para otimização do consumo.

5 CONCLUSÕES

O trabalho apresentou o desenvolvimento e a implementação de um painel de visualização de dados de consumo de energia elétrica, utilizando o software *Microsoft Power BI*, aplicado ao prédio da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT). Durante o processo de investigação, o aprendizado sobre os conceitos de tarifação de energia, estrutura tarifária e os indicadores de qualidade de energia estabelecidos pelo PRODIST mostrou-se fundamental para a correta interpretação dos dados coletados e para a modelagem eficaz das regras de negócio dentro da ferramenta de *Business Intelligence*.

O trabalho colaborou com o conhecimento e ações relativas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especificamente o ODS 7 (Energia Limpa e Acessível) e o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ao promover a eficiência energética e o uso racional de recursos por meio da modernização da gestão de dados.

O estudo também aprofundou o conhecimento sobre o perfil de carga da instalação, validando a eficácia das políticas institucionais de eficiência energética. A análise gráfica

permitiu confirmar que os desligamentos programados dos sistemas de climatização (às 11h50, 17h30 e 18h00) resultam em quedas efetivas na demanda, demonstrando a importância de alinhar rotinas operacionais com metas de redução de consumo.

A análise do fator de potência revelou um comportamento predominantemente capacitivo. Tal cenário deve-se ao dimensionamento do banco de capacitores para a operação do sistema de ar-condicionado próximo à sua potência nominal. Conseqüentemente, em períodos de baixa utilização (poucos aparelhos ligados), a potência ativa torna-se inferior à potência reativa da instalação, ocasionando a diminuição do fator de potência. Esse diagnóstico reforça a importância de um monitoramento contínuo para ajustes finos nos capacitores, evitando o excedente de reativos. Além disso, a identificação de inconsistências, como o registro de consumo durante interrupções de fornecimento, destacou a necessidade de tratamento rigoroso dos dados brutos para assegurar a confiabilidade das informações gerenciais.

Conclui-se que a ferramenta desenvolvida é de grande relevância para a administração da unidade e para a modernização da infraestrutura universitária, pois transforma dados dispersos em informações estratégicas, permitindo uma gestão proativa em vez de reativa. O painel finalizado encontra-se publicado e disponível para consulta online.¹

Adicionalmente, a realização deste trabalho representou uma etapa fundamental no meu desenvolvimento profissional, pois a necessidade de processar grandes volumes de dados impulsionou o aprimoramento das minhas habilidades em *Business Intelligence e Microsoft Power BI*, permitindo-me transpor a barreira teórica para a aplicação prática. Esse processo, aliado ao aprofundamento nas normativas do setor elétrico e à validação rigorosa dos resultados, expandiu minha capacidade analítica para interpretar perfis de consumo e identificar oportunidades de eficiência energética, consolidando uma visão crítica e investigativa essencial para enfrentar os desafios da gestão de utilidades na engenharia moderna.

¹ Disponível em

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYmExOGU1Y2UtZDA1My00ZGRILWFjMjQtYzBhYThlNGNjMmU0IiwidCI6ImIxY2E3YTgxLWFiZjgtNDJINS05OGM2LWYyZjJhOTMwYmEzNiJ9>. Acesso em 01/12/2025.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, Charles K.; SADIKU, Matthew N. O. *Fundamentos de Circuitos Elétricos*. 5th. ed. [S.l.]: AMGH, 2013. . Acesso em: 22 set 2025.

ANEEL. *Estrutura Tarifária das Concessionárias de Distribuição - Submódulo 7.1 - Procedimentos Gerais (PRORET)*. . Brasil: [s.n.] , 2022a

ANEEL. *Módulo 8 – Qualidade do Fornecimento de Energia Elétrica (PRODIST)*. . Brasil: [s.n.] , 2022b

ANEEL. *Permissionárias de Distribuição -Submódulo 8.3 - Estrutura Tarifária*. . Brasil: [s.n.] , 2022c

ANEEL. *Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – Prodist (Módulo 1)*. . Brasil: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/procedimentos-regulatorios/prodist>>. Acesso em: 22 set 2025d. , 2022

ANEEL. *Procedimentos de Regulação Tarifária - PRORET (Submódulo 6.8)*. . Brasil: [s.n.] , 2022e

ANEEL. *Resolução Normativa ANEEL no 1.000*. . Brasil: [s.n.], 7 Dez 2021.

ARNOLD, JEREMEY. *Learning Microsoft Power BI: Transforming Data Into Insights*. 1st. ed. [S.l.]: O'REILLY MEDIA, 2022.

CARVALHO, Versanna; SIQUEIRA, Carlos. *UFG inaugura câmpus e edifício de unidade acadêmica em Aparecida*. Disponível em: <<https://ufg.br/n/185042-ufg-inaugura-campus-e-edificio-de-unidade-academica-em-aparecida>>. Acesso em: 1 nov 2025.

CCK AUTOMAÇÃO. *CCK 4400 - Manual de Operação e Instalação*. . [S.l.: s.n.], 2013.

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA. *Faculdade de Ciências e Tecnologia*. Disponível em: <<https://fct.ufg.br/p/26859-faculdade-de-ciencias-e-tecnologia>>. Acesso em: 1 nov 2025.

IEC61000-4-30. *IEC 61000-4-30 - Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-30: Testing and measurement techniques - Power quality measurement methods*. . [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://webstore.iec.ch/en/publication/68642>>. Acesso em: 25 ago 2024. , 2021

IEEE. *IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions*. . Nova Iorque: [s.n.], 19 Mar 2010.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Tributos cobrados na conta de energia*.

NAÇÕES UNIDAS. *Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil*.

NILSSON, James W.; RIEDEL, Susan A. *Circuitos Elétricos*. 10th. ed. [S.l.]: Pearson, 2015.

RODOLFO CORTEZ. *Entendendo a fatura de energia - E4 Energias Renováveis e CRM Azume | Grupo E4*. Disponível em: <<https://grupoe4.com.br/entendendo-a-fatura-de-energia/>>. Acesso em: 14 out 2025.

RUSSO, Marco.; FERRARI, Alberto. *The definitive guide to DAX: business intelligence with Microsoft Power BI, SQL server analysis services, and Excel*. 2nd Edition ed. [S.l.]: Pearson Education, 2019.

UNICEF. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável* . Disponível em: <<https://www.unicef.org/brazil/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel>>. Acesso em: 5 out 2025.