



INSTITUTO FEDERAL

Paraíba

Campus João Pessoa

CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

JERFFERSON CRISTOVAO DA SILVA JUNIOR

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**AVALIAÇÃO DA TENSÃO DE FORNECIMENTO DE EDIFÍCIO
COMERCIAL: UM ESTUDO DE CASO COM BASE NOS CRITÉRIOS
DO PRODIST**

João Pessoa – PB

2026

JERFFERSON CRISTOVAO DA SILVA JUNIOR

AVALIAÇÃO DA TENSÃO DE FORNECIMENTO DE EDIFÍCIO COMERCIAL: UM ESTUDO DE CASO
COM BASE NOS CRITÉRIOS DO PRODIST

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso Superior de Bacharelado
em Engenharia Elétrica do Instituto Federal da
Paraíba como parte dos requisitos necessários
para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Elétrica.*

Orientador:

Alan Mélo Nóbrega, Dr.

João Pessoa – PB
2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP
Biblioteca Nilo Peçanha – IFPB, *campus* João Pessoa

S586a Silva Junior, Jerfferson Cristovao da.
Avaliação da tensão de fornecimento de edifício comercial :
um estudo de caso com base nos critérios do PRODIST /
Jerfferson Cristovao da Silva Junior. – 2026.
50 f. : il.

TCC (Graduação em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB /
Coordenação de Engenharia Elétrica.
Orientador : Alan Mélo Nóbrega, Dr.

1. Qualidade de energia elétrica. 2. PRODIST. 3. Queda de
tensão. I. Título.

CDU 621.317

JERFFERSON CRISTOVÃO DA SILVA JUNIOR

AVALIAÇÃO DA TENSÃO DE FORNECIMENTO DE EDIFÍCIO COMERCIAL: UM ESTUDO DE
CASO COM BASE NOS CRITÉRIOS DO PRODIST

*Trabalho de Conclusão de Curso
Supervisionado submetido à Coordenação do
Curso Superior de Bacharelado em Engenharia
Elétrica do Instituto Federal da Paraíba como
parte dos requisitos necessários para a obtenção
do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.*

Trabalho Aprovado em ____ / ____ / ____ pela banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 FRANKLIN MARTINS PEREIRA PAMPLONA
Data: 20/02/2026 08:21:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Franklin Martins Pereira Pamplona, Dr.
Examinador(a), IFPB

Documento assinado digitalmente
 GILVAN VIEIRA DE ANDRADE JUNIOR
Data: 19/02/2026 23:10:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Gilvan Vieira de Andrade Junior, Dr.
Examinador(a), IFPB

Documento assinado digitalmente
 ALAN MELO NOBREGA
Data: 19/02/2026 13:55:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Alan Mélo Nobrega, Dr.
Orientador(a), IFPB

João Pessoa – PB
2026

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso sobre a avaliação da qualidade de fornecimento de energia elétrica em um edifício comercial em João Pessoa - PB. O objetivo é analisar os níveis de tensão no ponto de consumo frente aos critérios do PRODIST Módulo 8 da ANEEL. A metodologia baseou-se em medições de campo utilizando o analisador de energia Fluke 435. Os resultados indicam que, embora os níveis de tensão estejam em conformidade regulatória, persistem falhas operacionais e danos a equipamentos. Conclui-se que as anomalias podem estar associadas à infraestrutura da rede.

Palavras-chave: Qualidade de energia elétrica, PRODIST, queda de tensão.

ABSTRACT

This work presents a case study on the evaluation of power supply quality in a commercial building in João Pessoa - PB. The objective is to analyze the voltage levels at the point of consumption against the criteria established by ANEEL's PRODIST Module 8. The methodology was based on field measurements using a Fluke 435 power quality analyzer. The results indicate that, although voltage levels are in regulatory compliance, operational failures and equipment damage persist. It is concluded that the anomalies may be associated with the grid infrastructure.

Keywords: Power Quality, Voltage Sag, PRODIST, Voltage Drop.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relé de proteção contra subtensão	10
Figura 2: Queda de Tensão Admissível.....	13
Figura 3: Analisador De Energia Trifásico Fluke 435	17
Figura 4: Minipa ET-3200.....	18
Figura 5: Medição no Barramento.....	19
Figura 6: Contagem de lotes através do google maps	20
Figura 7: Disposição da rede Média tensão e Baixa tensão	21
Figura 8: Diagrama unifilar	22
Figura 9: Parâmetros gerais das medições.....	23
Figura 10: Instalação do analisador de qualidade de energia no Quadro	24
Figura 11: Histograma da Tensão elétrica.....	27
Figura 12: Transformador 112,5 kVA.....	30
Figura 13: Distância do transformador à unidade consumidora.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Definição das faixas de atendimento para Tensão Nominal igual ou inferior a 2,3 kV (380/220)	15
Tabela 2: Limites de Variações	16
Tabela 3: Valores de Tensões Mínimas Apuradas	26
Tabela 4: Valores de Tensões Média apuradas	26
Tabela 5: Valores de Tensões Apuradas em carta resposta da concessionária local Fase R	28
Tabela 6: Valores de Tensões Apuradas em carta resposta da concessionária local Fase S	28
Tabela 7: Demanda de Loteamentos Abertos (kVA)	31
Tabela A1: Tensões médias apuradas.....	36
Tabela A2: Tensões médias apuradas.....	42

SUMÁRIO

1	Introdução	9
2	Embasamento Teórico	11
2.1	A Regulamentação da ANEEL: O PRODIST Módulo 8	14
3	Metodologia	17
3.1	Equipamentos utilizados.....	17
3.2	Histórico e Caracterização do Problema	18
3.3	Procedimentos da Pesquisa.....	21
3.3.1	Análise Documental	21
3.3.2	Medição de Campo Independente	22
4	Resultados obtidos	26
4.1	Resultados da concessionária local.....	27
5	Análise dos Dados	29
5.1	Análise do transformador	30
6	Conclusão.....	33
	Referências	34
7	Apêndice A	36
	ANEXO A	43

1 INTRODUÇÃO

A crescente eletrificação da sociedade moderna, aliada à proliferação de cargas cada vez mais sensíveis a distúrbios na rede, tornou a Qualidade da Energia Elétrica (QEE) muito importante para a competitividade e sustentabilidade de empreendimentos comerciais. Fontes de alimentação, inversores de frequência e equipamentos de tecnologia da informação, por exemplo, exigem um fornecimento de energia estável, e falhas nesse quesito podem acarretar danos permanentes e prejuízos. A estabilidade da tensão, em particular, é um dos parâmetros mais críticos da QEE, cuja não conformidade pode paralisar operações e afetar diretamente a viabilidade de um negócio.

O presente trabalho foca em um estudo de caso: um edifício comercial em João Pessoa-PB, cujos locatários enfrentam perdas financeiras e de credibilidade devido a falhas constantes em equipamentos sensíveis. Relatos indicam a queima de fontes e a necessidade de custos adicionais para contornar a situação, como a aquisição de estabilizadores e nobreaks. A credibilidade das empresas instaladas é diretamente afetada, pois em certos horários seus clientes não podem desfrutar totalmente dos serviços oferecidos. Um exemplo notório ocorre em uma academia localizada no empresarial, onde as esteiras são frequentemente desarmadas por seus próprios sistemas de proteção contra subtensão, diante disso, foram adicionados relés de proteção para monitoramento e controle da proteção como podemos ver na Figura 1.

Mesmo com o uso de estabilizadores para tentar corrigir o problema, a situação se agrava em dias de maior demanda, como em períodos mais frios. Medições informais realizadas no local registraram níveis de tensão críticos, atingindo valores tão baixos quanto 169 V. Este cenário levanta a suspeita de que a causa raiz do problema pode ser uma condição crônica de subdimensionamento da infraestrutura da rede secundária de distribuição de energia, visto que a concessionária atende aproximadamente 279 unidades consumidoras locais com um único transformador de 112,5 kVA, equipamento que se torna incapaz de suportar a demanda solicitada da região.

Diante dos fatos citados acima, surgiu a necessidade de se realizar um estudo técnico. Para tanto, este trabalho propõe uma análise da tensão a luz da PRODIST Módulo 8.

Figura 1: Relé de proteção contra subtensão



Fonte: Própria.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

A energia elétrica é um insumo muito importante para o desenvolvimento econômico, e sua disponibilidade contínua é essencial para sociedade moderna. Contudo, a mera disponibilidade não é mais suficiente. A crescente sofisticação dos equipamentos eletroeletrônicos, que incorporam componentes sensíveis como microprocessadores, fontes de alimentação chaveadas e inversores de frequência, tornou a QEE um fator de importante para operações residenciais, comerciais e industriais.

Segundo Dugan et al. (2004), um problema de QEE é definido por ‘Qualquer problema manifestado na tensão, corrente ou desvio de frequência, que resulte em falha ou má operação dos equipamentos e consumidores. Desvios desses padrões ideais são classificados como distúrbios de QEE, que podem se manifestar de diversas formas, como distorções harmônicas, transientes ou, como foco deste trabalho, variações nos níveis de tensão.

As variações de tensão representam os desvios do valor eficaz (RMS) da tensão em relação ao seu valor nominal, sendo um dos distúrbios mais comuns e perceptíveis. Para uma análise técnica e precisa, é imperativo diferenciar os termos associados:

Afundamento de Tensão (*Voltage Sag*): segundo Dugan et al. (2004), o afundamento de tensão corresponde à redução temporária do valor eficaz da tensão elétrica, situando-se entre 10% e 90% do valor nominal, com duração de meio ciclo até um minuto. Esse fenômeno é geralmente causado por curtos-circuitos, partidas de grandes motores ou sobrecargas momentâneas.

Elevação de Tensão (*Voltage Swell*): de acordo com Dugan et al. (2004), a elevação de tensão é caracterizada pelo aumento temporário da tensão eficaz para valores entre 110% e 180% da tensão nominal, durante períodos de meio ciclo até um minuto. Costuma ocorrer devido à desconexão súbita de grandes cargas ou falhas em equipamentos de compensação reativa.

Interrupção de Tensão (*Voltage Interruption*): Dugan et al. (2004) considera interrupção de tensão a redução do valor eficaz para níveis inferiores a 10% da tensão nominal, com duração de até um minuto, geralmente resultante de faltas no sistema elétrico ou da atuação de dispositivos de proteção.

Harmônicos (*Harmonics*): Dugan et al. (2004) define harmônicos como componentes senoidais de tensão ou corrente cuja frequência é um múltiplo inteiro da frequência fundamental. Esses componentes distorcem a forma de onda, causam

aquecimento excessivo em transformadores e motores, e podem gerar interferências em sistemas eletrônicos e de comunicação.

Desequilíbrio de Tensão (*Voltage Unbalance*): segundo Dugan et al. (2004), o desequilíbrio de tensão ocorre quando as magnitudes ou os ângulos de fase das tensões trifásicas diferem entre si, ocasionando correntes desbalanceadas e aquecimento em máquinas elétricas, além de reduzir o rendimento de motores trifásicos.

Transitórios Elétricos (*Transients*): conforme Dugan et al. (2004), os transitórios elétricos são perturbações de curta duração e alta frequência que alteram temporariamente a forma de onda da tensão, geralmente associadas a manobras de chaveamento, descargas atmosféricas ou partida de cargas indutivas.

Além disso temos as definições das classificações das variações de Tensão do próprio PRODIST 8.

Esses fenômenos costumam estar relacionados a sobrecargas persistentes ou falhas na regulação de tensão.

Queda de Tensão: É um fenômeno físico inerente a qualquer circuito elétrico, correspondendo à redução do potencial elétrico ao longo de um condutor devido à sua impedância ($\Delta V = I \times Z$). Embora seja uma causa física, não deve ser confundida com os eventos de qualidade medidos no ponto de entrega.

Segundo a NBR 5410:2004 (item 6.2.7), a queda de tensão verificada em qualquer ponto de utilização da instalação, em relação ao valor da tensão nominal, não deve ser superior aos seguintes valores:

- 7% para instalações alimentadas a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT ou dos terminais de saída do gerador, nos casos em que o transformador ou grupo gerador seja de propriedade da unidade consumidora ou da empresa distribuidora.
- 5% para instalações alimentadas diretamente a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição (ramal de baixa tensão).

A queda de tensão percentual é dada pela seguinte expressão, para circuitos monofásicos e trifásicos respectivamente:

$$\Delta V\% = 2 \cdot \frac{\rho \cdot \Sigma(Lc \cdot Ic)}{Sc \cdot Vff} \cdot 100\%$$

Já para circuitos a 3 condutores, o fator 2 é substituído por raiz de 3, ficando:

$$\Delta V\% = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot \Sigma(Lc \cdot Ic)}{Sc \cdot Vff} \cdot 100\%$$

Onde ρ é a resistividade do condutor ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$);

L é o comprimento do condutor em (m);

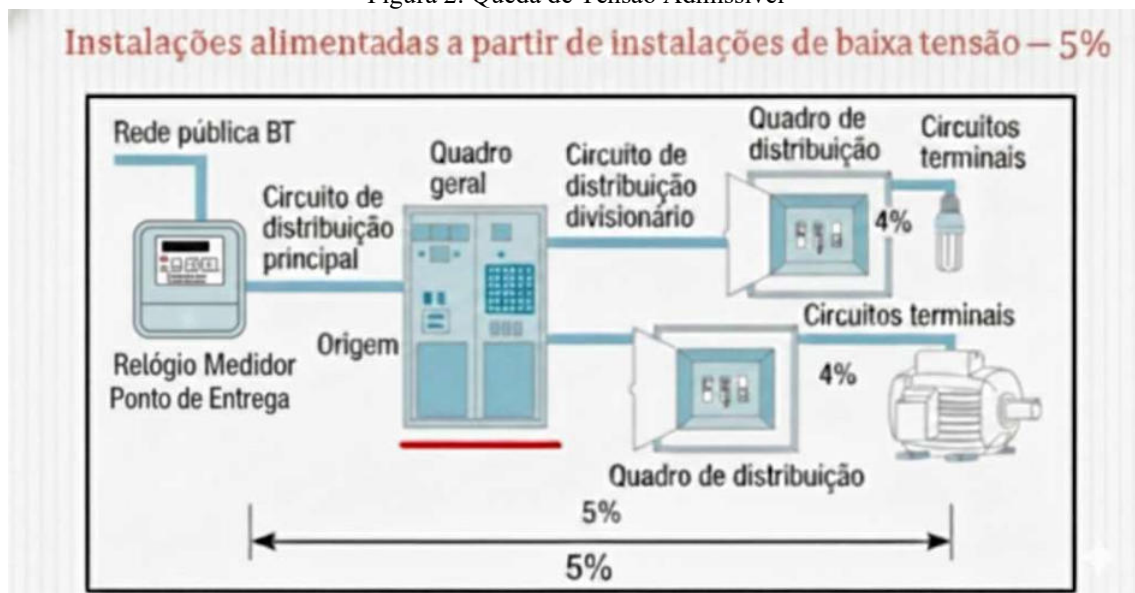
Sc a seção nominal do condutor (mm^2);

Vf é a tensão de linha (V);

Vff é a tensão de fase (V);

A seguir podemos ver na Figura 2, o esquema de queda de tensão admissível, para instalações alimentadas a partir do secundário do transformador.

Figura 2: Queda de Tensão Admissível



Fonte: Adaptado Prysmian. "Manual Prysmian de instalações elétricas". 2010.

Subtensão (*Undervoltage*): Caracteriza-se por uma condição de longa duração, na qual a tensão RMS permanece abaixo do limite inferior estabelecido por um período superior a um minuto. É frequentemente o resultado de uma sobrecarga contínua no sistema de distribuição, onde a rede não consegue suprir a demanda de potência reativa e

ativa, levando a um rebaixamento geral do perfil de tensão. As consequências da subtensão incluem desde o mau funcionamento até a queima de equipamentos, como o desarme de proteções em inversores e danos a fontes de alimentação.

O fenômeno da queda de tensão possui grande impacto sobre as cargas, especialmente em motores de indução. Isso se deve ao fato de que o torque elétrico desses motores varia proporcionalmente ao quadrado da tensão. Durante um afundamento de tensão, a redução do torque faz com que motores de baixa inércia, como os compressores de ar-condicionado, percam velocidade rapidamente e se tornem propensos a estolar (prone to stall) (Agili, 2008).

Quando a tensão cai para menos de 60% do valor nominal por um período superior a cinco ciclos, esses motores podem entrar em modo de estolamento (stall mode), independentemente do tempo de eliminação da falta. Uma vez estolados, a impedância de carga do motor de ar-condicionado cai significativamente, para cerca de 20% a 25 % do normal, resultando em uma demanda de corrente que pode ser até cinco vezes a corrente nominal (Agili, 2008).

Esta alta demanda de corrente pelos motores estolados nas linhas sadias (não faltosas) é a principal causa do fenômeno de desarme simpático (sympathetic tripping). A tentativa de religamento simultâneo e a alta corrente podem acionar os dispositivos de proteção de sobrecorrente (relés) nos alimentadores sadios, causando desligamentos indesejados e atrasando a recuperação da tensão do sistema. O estolamento desses motores é reconhecido como uma das principais causas do atraso na recuperação de tensão (delayed voltage recovery) após a eliminação da falta (Agili, 2008). Além disso, motores que operam em condição de estolamento tendem a ter sua vida útil reduzida.

2.1 A REGULAMENTAÇÃO DA ANEEL: O PRODIST MÓDULO 8

No Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabelece os padrões e Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST). O PRODIST é subdividido em módulos que são:

Módulo 1 - Glossário de Termos Técnicos do PRODIST

- Módulo 2 - Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição
- Módulo 3 - Conexão ao Sistema de Distribuição de Energia Elétrica
- Módulo 4 - Procedimentos Operativos do Sistema de Distribuição
- Módulo 5 - Sistemas de Medição e Procedimentos de Leitura
- Módulo 6 - Informações Requeridas e Obrigações
- Módulo 7 - Cálculo de Perdas na Distribuição
- Módulo 8 - Qualidade do Fornecimento de Energia Elétrica
- Módulo 9 - Ressarcimento de Danos Elétricos
- Módulo 10 - Sistema de Informação Geográfica Regulatório
- Módulo 11 - Fatura de Energia Elétrica e Informações Suplementares

O presente trabalho se debruçou no módulo 8 - Qualidade do Fornecimento de Energia Elétrica, este módulo define os limites e indicadores para a tensão em regime permanente.

Conforme a tensão nominal contratada de 220 V, a ANEEL por meio do PRODIST define as seguintes faixas:

Faixa Adequada: Tensão entre 202 V e 231 V. O fornecimento é considerado conforme se a tensão permanecer dentro desta faixa na maior parte do tempo.

Faixa Precária: Tensão que se encontra fora da faixa adequada, mas dentro de limites mais toleráveis, conforme apresentado na tabela 1. A permanência prolongada nesta faixa indica má qualidade.

Faixa Crítica: Tensão que viola até mesmo os limites da faixa precária, representando risco iminente aos equipamentos do consumidor.

Tabela 1: Definição das faixas de atendimento para Tensão Nominal igual ou inferior a 2,3 kV (380/220)

Tensão de Atendimento	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (Volts)
Adequada	$(350 \leq TL \leq 399)/(202 \leq TL \leq 231)$
Precária	$(331 \leq TL < 350 \text{ ou } 399 < TL \leq 403)/$ $(191 \leq TL < 202 \text{ ou } 231 < TL \leq 233)$
Crítica	$(TL < 331 \text{ ou } TL > 403)/(TL < 191 \text{ ou } TL > 233)$

Fonte: PRODIST – módulo 8.

Para quantificar a conformidade, o PRODIST utiliza dois indicadores principais, calculados sobre um período de medição de 168 horas (7 dias) com intervalo de integração a cada 10 minutos:

DRP (Duração Relativa da Transgressão na Faixa Precária): Corresponde ao percentual de tempo em que a tensão esteve na faixa precária. O limite máximo permitido para este indicador é de 3%.

DRC (Duração Relativa da Transgressão na Faixa Crítica): Corresponde ao percentual de tempo em que a tensão esteve na faixa crítica. O limite máximo permitido é de 0,5%, como podemos notar na tabela 2:

Tabela 2: Limites de Variações

Limites definidos pela ANEEL - Prodinst - Módulo 8					
Tensão Mínima Permitida (Volts)	Tensão Máxima Permitida (Volts)	Número Permitido de Leituras Fora dos Limites de Tensão		Indicadores de Conformidade de Tensão	
		Faixa Precária	Faixa Crítica	% DRP *	% DRC **
202	231	30	5	3	0,5

* DRP - Duração Relativa da Transgressão de Tensão Precária

** DRC - Duração Relativa da Transgressão de Tensão Crítica

Fonte: Carta resposta – Carta Medição- Concessionária local.

Segundo a orientação do PRODIST, após a coleta das leituras válidas, devem ser calculados os indicadores DRP e DRC, de acordo com as seguintes equações:

$$DRP = \frac{nlp}{1008} \times 100\%$$

$$DRC = \frac{nlc}{1008} \times 100\%$$

Onde temos que:

nlp é o número de leituras precárias na fase analisada.

nlc é o número de leituras críticas na fase analisada.

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada fundamentou-se em um estudo de caso, utilizando instrumentos de medição de qualidade de energia elétrica instalados no ponto de consumo. As medições ocorreram em períodos representativos de operação, seguidas pela análise técnica dos dados registrados. Os resultados foram confrontados com os critérios estabelecidos pelo PRODIST Módulo 8, permitindo a identificação de eventuais transgressões nos níveis de tensão.

3.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Os principais equipamentos utilizados neste trabalho foram o analisador Fluke 435, que pode ser observado na Figura 3, e o multímetro ET-3200, conforme a Figura 4.

Figura 3: Analisador De Energia Trifásico Fluke 435



Fonte: Fluke.

Figura 4: Minipa ET-3200



Fonte: Minipa

3.2 HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O ponto de partida para esta investigação foi uma série de problemas operacionais na edificação, como falhas em equipamentos e interrupções de serviço, atribuídos a uma qualidade de energia deficiente. Diante disso, o responsável pela unidade consumidora buscou soluções junto à concessionária de energia, porém as ações iniciais da empresa não foram conclusivas.

As equipes da concessionária realizavam medições pontuais em horários de baixa carga, como entre 05h e 06h da manhã, não representando o período de maior demanda da região em questão, que ocorre no início da noite. Em uma das vistorias acompanhadas, ao se conectar cargas que totalizavam uma corrente de 35 A, foi registrado um afundamento de tensão para 174 V no ponto de entrega da edificação, valor documentado por fotografia conforme podemos ver na Figura 5, foi utilizado multímetro (modelo ET-3200) do próprio agente da concessionária.

Figura 5: Medição no Barramento



Fonte: Própria.

Após reclamações formais na ouvidoria e na ANEEL, a concessionária instalou um analisador de qualidade de energia. Uma medição informal foi realizada durante o final de semana por sugestão do responsável da área; contudo, não houve retorno sobre os resultados. Posteriormente, uma nova medição formal foi programada, mas acabou invalidada sob a justificativa de que uma das garras do medidor não foi conectada corretamente, depois disso foram realizadas novamente medições durante 7 dias. Durante este período, medições independentes realizadas com um multímetro Minipa ET-3200 registraram tensões na faixa de 170 V a 192 V principalmente nos horários entre 19h e 21h, além disso, foram instalados relés de subtensão, que protegem equipamentos sensíveis, ocasionando desarmes em horários mais críticos, conforme ilustrado na Figura 1, em dias chuvosos, a queda de tensão se intensifica, pois acontece o aumento de utilização de chuveiros elétricos na vizinhança.

O levantamento preliminar em campo identificou cerca de 248 lotes físicos, sendo confirmada depois por imagens de satélite, conforme ilustrado na Figura 6, além disso, através de visitas em campo, foi feita a disposição de rede que o transformador atende, que pode ser vista na Figura 7. Dados extraoficiais da rede de distribuição apontam para

o atendimento de 279 unidades consumidoras atendidas pelo mesmo transformador, essa informação de 279 unidades justifica-se pela verticalização e subdivisão de lotes, como por exemplo o próprio edifício comercial citado no estudo de caso e demais residências multifamiliares.

A visita *in loco* constatou que o transformador que atende a localidade possui uma potência de 112,5 kVA para atender a essa demanda, o que indica um cenário de subdimensionamento.

Figura 6: Contagem de lotes através do google maps



Fonte: Própria.

Figura 7: Disposição da rede Média tensão e Baixa tensão



Fonte: Própria.

3.3 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

Para a execução deste trabalho, foram adotados os seguintes procedimentos técnicos detalhados nos subtópicos a seguir.

3.3.1 ANÁLISE DOCUMENTAL

Foi realizada a análise das cartas-resposta emitidas pela concessionária, focando na verificação dos parâmetros de tensão e nos indicadores de conformidade apresentados, a fim de verificar os dados informados, que serviram como base para este estudo.

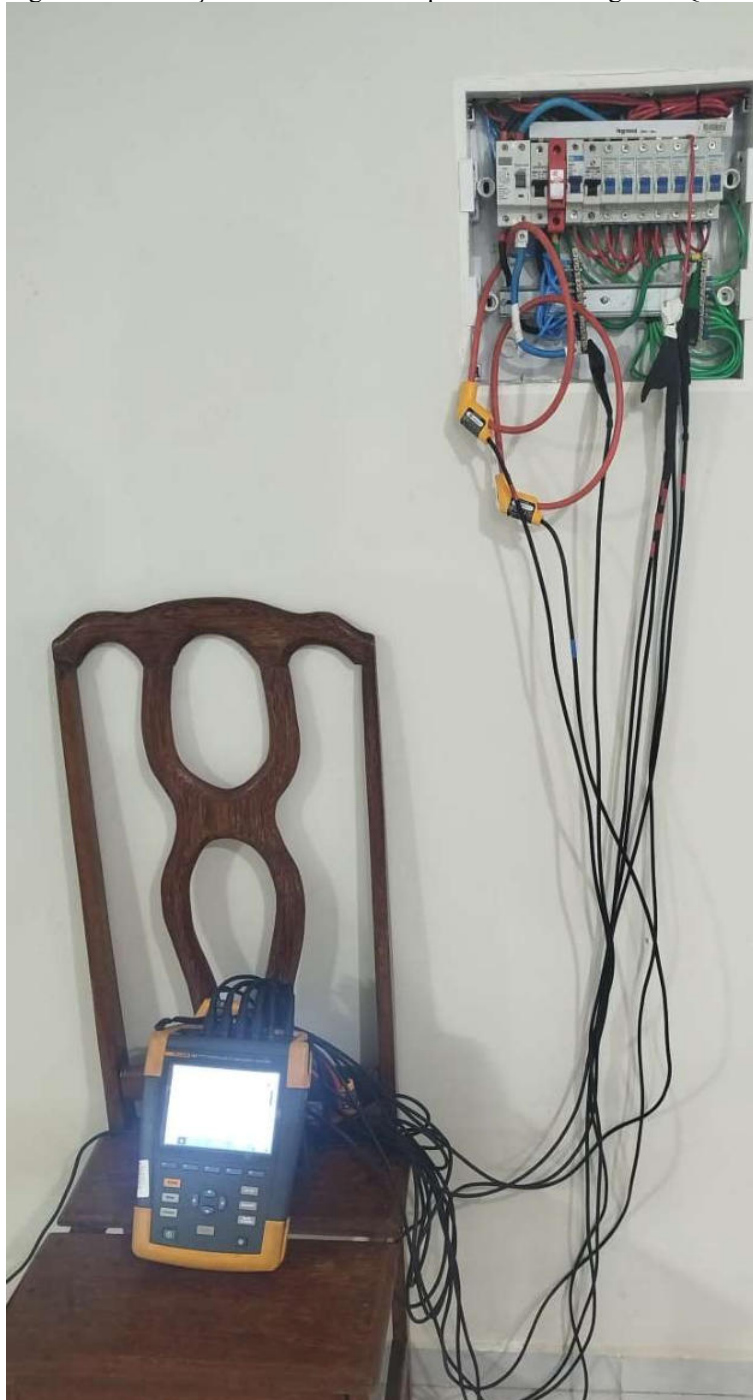
Figura 9: Parâmetros gerais das medições

Resumo da medição	
Topologia de medição	Fase única com modo nêutro
Modo de aplicação	Logger (Registrador)
Primeiro registro	20/10/2025 13:34:30 658msec
Último registro	27/10/2025 13:34:10 111msec
Intervalo de registro	0h 10m 0s 0msec
Tensão Nominal	220 V
Corrente Nominal	300 A
Frequência Nominal	60 Hz
Hora inicial do arquivo	20/10/2025 13:34:10 111msec
Hora final do arquivo	27/10/2025 13:34:10 111msec
Duração	7d 0h 0m 0s 0msec
Número de eventos	Normal: 1492 Detalhado: 1704
Eventos baixados	Sim
Número de telas	0
Download das Telas terminado	Sim
Método de medição de potência	Unificado
Tipo de cabo	Copper
Escala harmônica	%H1
Modo THD	THD 40
Modo DPF/CosPhi	DPF

Fonte: Própria

Ponto de Medição: O analisador foi instalado no quadro de distribuição da unidade consumidora (ver Figura 10). Embora o local ideal de instalação fosse o barramento do ponto de entrega, optou-se, por questões de segurança, pela instalação no quadro. Esta configuração permite avaliar a qualidade da energia entregue pela concessionária.

Figura 10: Instalação do analisador de qualidade de energia no Quadro



Fonte: Própria

Duração e Período: Em conformidade com os Procedimentos de Distribuição (PRODIST) da ANEEL, a medição foi realizada por um período contínuo de 168 horas

(7 dias), abrangendo dias úteis e de fim de semana, para registrar o perfil de tensão sob diferentes condições de carga.

4 RESULTADOS OBTIDOS

A seguir, são detalhados os dados obtidos durante o monitoramento. A tabela 3 apresenta os valores de tensão mínima apurados na coleta independente, enquanto a tabela 4 mostra os valores de tensão média e os limites de conformidade, conforme os parâmetros estabelecidos pela ANEEL (PRODIST Módulo 8).

Tabela 3: Valores de Tensões Mínimas Apuradas

Valores de Tensão Mínimos Apurados						
Fase	Tensão Mínima	Tensão Máxima	Número de Leituras		Indicadores de	
	Registrada	Registrada	Fora dos Limites de Tensão		Conformidade de Tensão	
	(Volts)	(Volts)	Faixa Precária	Faixa Crítica	% DRP	% DRC
A	182,19	227,2	256	9	25,40%	1%

Fonte: Própria.

Tabela 4: Valores de Tensões Média apuradas

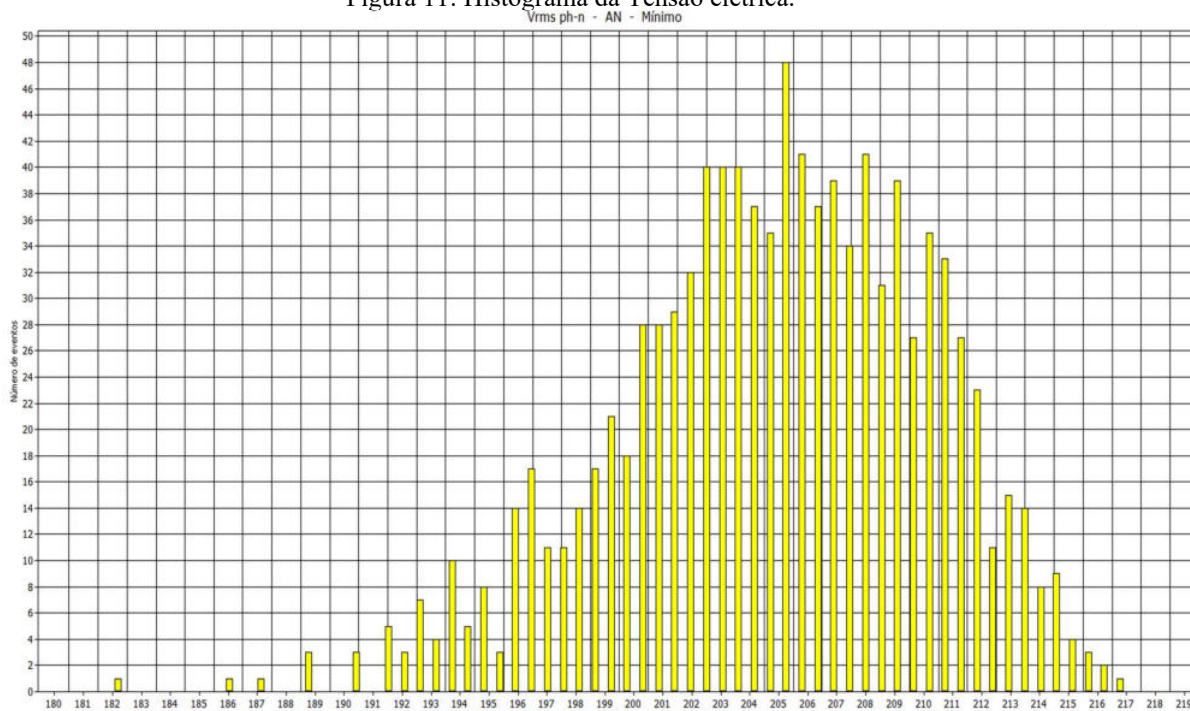
Valores de Tensão Média Apurados						
Fase	Tensão Mínima	Tensão Máxima	Número Permitidos de Leituras		Indicadores de	
	Registrada	Registrada	Fora dos Limites de Tensão		Conformidade de Tensão	
	(Volts)	(Volts)	Faixa Precária	Faixa Crítica	% DRP	% DRC
A	197,08	222,2	16	0	1,59%	0%

Fonte: Própria.

Conforme observado na Figura 11, há uma predominância de registros situados na faixa abaixo de 215 V. Tal comportamento corrobora o diagnóstico de subtensão, considerando o desvio em relação à tensão nominal de 220 V.

A análise comparativa entre os resultados revela um número expressivo de transgressões aos limites de conformidade. É importante destacar que os dados coletados representados pela tabela 3 de valores mínimos, demonstram um DRP de 25,40%, ou seja, uma inconformidade de mais de 8x os valores máximos estabelecidos, isso indica que um quarto do período analisado, esteve em faixa precária, submetendo as cargas a um estresse

Figura 11: Histograma da Tensão elétrica.



4.1 RESULTADOS DA CONCESSIONÁRIA LOCAL

As Tabelas 5 e 6 reproduzem as cartas-resposta emitidas pela concessionária local referentes às fases R e S, respectivamente. A partir da análise comparativa desses documentos, observam-se inconsistências nos dados apresentados pela distribuidora. Nota-se que os valores registrados para ambas as fases são idênticos, o que denota uma possível anomalia técnica baseada nos seguintes fundamentos:

- **Desequilíbrio de Carga:** As fases alimentam circuitos distintos. Devido à natureza dinâmica das cargas residenciais e comerciais, é esperado que o perfil de consumo varie entre as fases, ocasionando quedas de tensão diferenciadas e, consequentemente, leituras distintas de tensão, tendo em vista que a queda de tensão é proporcional a carga.
- **Incerteza Metrológica:** Todo instrumento de medição possui uma margem de incerteza e resolução. Sendo improvável que medições de duas fases distintas resultem em valores máximos, mínimos e contagens de eventos exatamente iguais ao longo de todo o período de amostragem de 7 dias.

Tabela 5: Valores de Tensões Apuradas em carta resposta da concessionária local Fase R

Valores Apurados						
Fase	Tensão Mínima Registrada (Volts)	Tensão Máxima Registrada (Volts)	Número Obtido de Leituras Fora dos Limites de Tensão			
			Faixa Precária	Faixa Crítica	% DRP	% DRC
A	192,27	225,75	29	0	2,87 %	0
B	—	—	—	—	—	—
C	—	—	—	—	—	—

Fonte: Concessionária local.

Tabela 6: Valores de Tensões Apuradas em carta resposta da concessionária local Fase S

Valores Apurados						
Fase	Tensão Mínima Registrada (Volts)	Tensão Máxima Registrada (Volts)	Número Obtido de Leituras Fora dos Limites de Tensão			
			Faixa Precária	Faixa Crítica	% DRP	% DRC
A	192,27	225,75	29	0	2,87 %	0
B	—	—	—	—	—	—
C	—	—	—	—	—	—

Fonte: Concessionária local.

5 ANÁLISE DOS DADOS

Após a conclusão da medição de campo, os dados coletados foram extraídos e analisados com o software do fabricante do analisador. A análise foi focada em:

Determinar os indicadores DRP (Duração Relativa da Transgressão na Faixa Precária) e DRC (Duração Relativa da Transgressão na Faixa Crítica), conforme as fórmulas do PRODIST.

Identificar os valores mínimos e médios de tensão durante todo o período.

Realizar uma análise comparativa entre os dados obtidos na medição independente, os limites estabelecidos pelo PRODIST Módulo 8 e os valores reportados nos laudos da concessionária.

A análise cronológica dos registros de tensão mínimas registradas, revela uma correlação direta entre os afundamentos de tensão e os horários das 18 às 21 horas, sendo observado 47,5% dos registros de tensão mínimas registradas, ou seja, 126 registros. Nestes períodos, o aumento simultâneo da demanda residencial na vizinhança agrava a queda de tensão, confirmando que a infraestrutura de distribuição local não suporta a simultaneidade das cargas instaladas, durante o período das 18 às 00:00, está concentrado cerca de 95% dos afundamentos de tensão, sendo 252 registros de um total de 265, a tabela com dados em inconformidade de tensão mínimas será colocada no apêndice A.

Adicionalmente, é possível descartar a hipótese de que a queda de tensão seja originada por problemas na instalação interna. Conforme demonstrado pela equação de queda de tensão, este fenômeno é proporcional ao produto da corrente pela distância; ou seja, correntes elevadas deveriam ser observadas para justificar quedas acentuadas internamente. Contudo, a análise dos dados revela o oposto: dos 265 registros de tensão mínima, 222 ocorreram com correntes inferiores a 5 A, apresentando uma média de apenas 1,78 A. A média geral de corrente durante os eventos críticos foi de 2,9 A, oscilando entre 0,3 A e 17,1 A. Esses valores de corrente, por serem baixos, evidenciam que a queda de tensão já chega acentuada do ponto de entrega, não sendo provocada pelo consumo interno da unidade monitorada.

5.1 ANÁLISE DO TRANSFORMADOR

Como podemos ver, na Figura 12, o transformador que atende a região é de 112,5 kVA, analisando a região atendida pelo transformador, levando em consideração que temos 279 unidades consumidoras, e que os lotes em sua maioria são de 200 m² podemos consultar a Normas de distribuição Unificada (NDU) 006 - Critérios Básicos para Elaboração de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas, com ela podemos dimensionar o atendimento a demanda utilizando a Tabela 7, que trata de loteamentos abertos.

Figura 12: Transformador 112,5 kVA



Fonte: Própria

Tabela 7: Demanda de Loteamentos Abertos (kVA)

Áreas dos Lotes(m²)	Demanda Diversificada por kVA								
	Quantidade de Lotes por Circuitos/Transformador.								
	1 a 5	6 a 10	11 a 15	16 a 20	21 a 25	26 a 30	31 a 35	36 a 40	41 ou mais
≤ 150	0,83	0,82	0,8	0,79	0,77	0,76	0,75	0,73	0,72
150 < Área ≤ 250	1,19	1,17	1,15	1,12	1,1	1,08	1,06	1,04	1,02
250 < Área ≤ 360	1,55	1,52	1,49	1,47	1,44	1,41	1,39	1,36	1,33
Área > 350	1,9	1,87	1,84	1,8	1,77	1,73	1,7	1,67	1,64

Fonte: NDU 006 – Energisa.

Diante disto, podemos concluir que a demanda apenas dos lotes será de:

$$D = 279 * 1,02$$

$$D = 284,58 \text{ kVA}$$

Levando em consideração que a área tem aproximadamente 48 postes de iluminação pública, sendo atendidos por esse transformador, teremos uma demanda de 0,1 kVA, por poste, assim temos que:

$$Dil = 48 * 0,100 \text{ kVA}$$

$$Dil = 4,8 \text{ kVA}$$

Onde Dil é a demanda de iluminação pública.

Utilizando os parâmetros da normativa técnica da própria concessionária teremos que a demanda total será de 289,38 kVA, sendo assim o transformador para atender essa demanda seria de 300 kVA, sendo subdividida a área em 3 partes, sendo 2 transformadores de 112,5 kVA e mais um de 75 kVA, para melhor distribuição, e evitar queda tensão, pois como visto anteriormente na equação de queda de tensão, ela é resultado do produto da distância pela corrente, quanto maior a distância e a corrente, maior será a queda de tensão.

De acordo com a NDU 002 “O dimensionamento do(s) transformador (es) deverá ser tal que a demanda máxima da instalação consumidora não seja superior à potência nominal de transformação instalada.”

Além disso é possível medir a distância do transformador para a unidade consumidora, através da ferramenta do google maps, chegamos à distância de

aproximadamente de 370,14 m conforme podemos ver na Figura 13, de acordo com a Norma de Distribuição Unificada (NDU) 006, é estabelecido um limite de 3% para a queda de tensão na rede de distribuição.

Figura 13: Distância do transformador à unidade consumidora



Fonte: Própria.

Além disso, a rede possui topologia em anel. Nessa configuração, a corrente flui pelo caminho de menor impedância, o que resulta em uma distribuição de carga mais eficiente e na redução da queda de tensão. A Figura 7 ilustra as conexões desse sistema.

6 CONCLUSÃO

O estudo de caso realizado confirmou a existência de não conformidades no fornecimento de energia elétrica ao edifício comercial.

A medição independente de 168 horas, realizada com analisador de qualidade de energia classe A, registrou uma tensão mínima de 182,19 V, valor classificado como crítico e muito abaixo do limite inferior adequado de 202 V. O indicador de Duração Relativa da Transgressão na Faixa Precária (DRP) atingiu 25,40% se considerarmos as tensões mínimas registradas, superando em mais de oito vezes o limite máximo de 3% estabelecido pelo PRODIST Módulo 8 2021. Isso comprova que durante um quarto do tempo de operação, os equipamentos do condomínio e da região são submetidos a uma subtensão severa, o que justifica as queimas e falhas relatadas.

A análise da infraestrutura identificou a causa do problema como sendo o subdimensionamento do sistema de distribuição local. O transformador atual de 112,5 kVA, responsável por atender 279 unidades consumidoras, opera aquém da demanda calculada neste trabalho, que estimou uma carga necessária de aproximadamente 289,38 kVA. Além da sobrecarga do transformador, a distância de 370 metros entre o transformador e a unidade consumidora contribui para a queda de tensão devido à impedância da linha, situação agravada nos horários de maior demanda.

Diante do exposto, conclui-se que a solução para os distúrbios não reside em adequações internas na unidade consumidora, mas sim na reestruturação da rede de distribuição. Recomenda-se a divisão da área atendida pelo transformador atual por dois equipamentos de potência comercial de 112,5 kVA mais um de 75 kVA, conforme diretrizes da norma NDU 006.

REFERÊNCIAS

ABNT. (2002). **NBR 10520 - Informação e documentação - Citações em documentos - Apresentação.** *Associação Brasileira de Normas Técnicas* (p. 7). ABNT.

ABNT. (2002). **NBR 6023 - Informação e documentação - Referências - Elaboração.** *Associação Brasileira de Normas Técnicas* (p. 24). ABNT.

ABNT. (2003). **NBR 6028 - Informação e documentação - Resumo - Apresentação.** (p. 2). *Associação Brasileira de Normas Técnicas*.

ABNT. (2004) **NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão.** Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ANEEL (2021). **Procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional (PRODIST): módulo 8: qualidade da energia elétrica.** Revisão 12. Brasília: ANEEL, 2021. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 7 dez. 2025.

AGILI, Boker. **Sympathetic Tripping Phenomena Analysis and Solutions.** In: 6th International Energy Conversion Engineering Conference, 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/305304652>. Acesso em: 27 jan. 2026.

DUGAN, Roger C. et al. **Electrical Power Systems Quality.** 2. ed. [S. l.]: McGraw-Hill, 2004.

ENERGISA (2019). **NDU 002: fornecimento de energia elétrica em tensão primária.** Acesso em: 7 dez. 2025 Disponível em Energisa: <https://www.energisa.com.br/sites/energisa/files/media/documents/2025-02/NDU%20002%20-%20Fornecimento%20de%20energia%20el%C3%A9trica%20em%20tens%C3%A3o%20prim%C3%A1ria.pdf>.

ENERGISA (2025). **NDU 003: Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária e Secundária a Agrupamentos ou Edificações de Múltiplas Unidades Consumidoras**. Acesso em: 7 dez. 2025 Disponível em Energisa:

<https://www.energisa.com.br/sites/energisa/files/media/documents/2025-10/NDU%20003%20-%20FORNECIMENTO%20DE%20ENERGIA%20EL%C3%89TRICA%20EM%20TENS%C3%83O%20PRIM%C3%81RIA%20E%20SECUND%C3%81RIA%20A%20AGRUPAMENTOS%20OU%20EDIFICA%C3%87%C3%95ES%20DE%20M%C3%9ALTIPLAS%20UNIDADES%20CONSUMIDORAS.pdf>

ENERGISA (2024). **NDU 006: Critérios Básicos para Elaboração de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas**. Acesso em: 7 dez. 2025 Disponível em Energisa:

<https://www.energisa.com.br/sites/energisa/files/media/documents/2025-11/NDU%20006%20-%20Crit%C3%A9rios%20b%C3%A1sicos%20para%20elabora%C3%A7%C3%A3o%20de%20projetos%20de%20redes%20de%20distribui%C3%A7%C3%A3o%20a%C3%A9reas%20urbanas.pdf>

7 APÊNDICE A

Tabela A1: Tensões médias apuradas

Medições	Data	Hora	Vrms AN Mín	Vrms NG Méd.	A Méd.
4	20/10/2025	14:14:10.111	197,32	4,68	2,5
6	20/10/2025	14:34:10.111	196,32	3,38	1,2
7	20/10/2025	14:44:10.111	201,01	3,11	1,2
13	20/10/2025	15:44:10.111	198,44	3,01	1,2
16	20/10/2025	16:14:10.111	200,83	2,91	1,2
18	20/10/2025	16:34:10.111	200,38	2,78	1,2
24	20/10/2025	17:34:10.111	201,9	2,47	1
25	20/10/2025	17:44:10.111	200,21	2,28	1,9
32	20/10/2025	18:54:10.111	200,64	3,15	1,7
33	20/10/2025	19:04:10.111	198,61	3,37	1,6
34	20/10/2025	19:14:10.111	200,01	2,92	1,6
38	20/10/2025	19:54:10.111	201	2,92	1,5
44	20/10/2025	20:54:10.111	198,77	4,01	1,9
51	20/10/2025	22:04:10.111	194,01	5,99	1,5
52	20/10/2025	22:14:10.111	193,25	5,82	1,4
53	20/10/2025	22:24:10.111	192,95	5,37	1,4
54	20/10/2025	22:34:10.111	200,61	5,09	1,8
57	20/10/2025	23:04:10.111	200,75	5,28	1,4
58	20/10/2025	23:14:10.111	200,26	5,17	1,3
59	20/10/2025	23:24:10.111	199,07	5,14	1,3
62	20/10/2025	23:54:10.111	198,84	5,29	1,3
63	21/10/2025	00:04:10.111	201,99	4,99	1,3
64	21/10/2025	00:14:10.111	200,66	4,52	1,3
101	21/10/2025	06:24:10.111	198,58	3,62	10,8
102	21/10/2025	06:34:10.111	201,03	3,46	15,5
109	21/10/2025	07:44:10.111	196,36	2,34	0,3
112	21/10/2025	08:14:10.111	196,15	2,3	0,3
120	21/10/2025	09:34:10.111	199,24	3,06	0,8
121	21/10/2025	09:44:10.111	196,24	3,37	0,8
123	21/10/2025	10:04:10.111	197,78	3,5	0,4
132	21/10/2025	11:34:10.111	201,42	2,58	0,8
137	21/10/2025	12:24:10.111	201,66	3,51	0,3
142	21/10/2025	13:14:10.111	196,6	2,57	0,9
143	21/10/2025	13:24:10.111	196,65	2,58	0,9
144	21/10/2025	13:34:10.111	192,56	3,34	1,1
148	21/10/2025	14:14:10.111	201,86	2,31	0,9
157	21/10/2025	15:44:10.111	199	3,07	1

162	21/10/2025	16:34:10.111	199,96	2,68	1,7
164	21/10/2025	16:54:10.111	198,4	2,79	1,8
176	21/10/2025	18:54:10.111	201,68	3,09	6,3
177	21/10/2025	19:04:10.111	200,75	3,47	7,9
178	21/10/2025	19:14:10.111	194,55	4,46	10,4
181	21/10/2025	19:44:10.111	193,23	3,03	8,6
189	21/10/2025	21:04:10.111	196,46	2,61	6,1
191	21/10/2025	21:24:10.111	200,5	3	2
198	21/10/2025	22:34:10.111	201,93	5,5	1,7
199	21/10/2025	22:44:10.111	193,04	6,53	1,7
200	21/10/2025	22:54:10.111	193,97	6,32	2
201	21/10/2025	23:04:10.111	198,29	5,85	2,1
202	21/10/2025	23:14:10.111	192,23	5,5	2,3
203	21/10/2025	23:24:10.111	196,95	6,08	2,5
204	21/10/2025	23:34:10.111	191,72	6,55	2,5
205	21/10/2025	23:44:10.111	193,61	6,04	2,1
206	21/10/2025	23:54:10.111	197,51	5,6	2,3
207	22/10/2025	00:04:10.111	199,14	6,02	2,3
208	22/10/2025	00:14:10.111	198,57	5,79	2,2
209	22/10/2025	00:24:10.111	197,57	5,58	2,2
210	22/10/2025	00:34:10.111	201,74	5,44	2,2
213	22/10/2025	01:04:10.111	200,89	6,1	2,1
220	22/10/2025	02:14:10.111	200,87	5,16	1,7
221	22/10/2025	02:24:10.111	201,71	5,5	1,8
222	22/10/2025	02:34:10.111	200,82	5,18	2
223	22/10/2025	02:44:10.111	200,84	4,85	2,1
230	22/10/2025	03:54:10.111	201,88	4,79	1,7
248	22/10/2025	06:54:10.111	196,68	2,86	12,4
251	22/10/2025	07:24:10.111	201,25	2,77	12,2
254	22/10/2025	07:54:10.111	200,32	2,55	1,7
261	22/10/2025	09:04:10.111	193,39	2,8	1,3
264	22/10/2025	09:34:10.111	199,71	2,84	1,8
266	22/10/2025	09:54:10.111	196,43	3,07	1,7
268	22/10/2025	10:14:10.111	198,5	2,82	2
272	22/10/2025	10:54:10.111	198,45	3,14	1,8
285	22/10/2025	13:04:10.111	199,86	2,74	1,3
286	22/10/2025	13:14:10.111	191,66	2,8	1,3
287	22/10/2025	13:24:10.111	193,08	2,64	1,3
288	22/10/2025	13:34:10.111	198,99	2,64	1,7
291	22/10/2025	14:04:10.111	197,56	2,97	1,7
294	22/10/2025	14:34:10.111	197,75	2,69	1,7
295	22/10/2025	14:44:10.111	197,81	2,42	1,7
297	22/10/2025	15:04:10.111	200,42	2,83	1,4
299	22/10/2025	15:24:10.111	186,22	3,01	1,3
300	22/10/2025	15:34:10.111	196,11	2,89	1,3

305	22/10/2025	16:24:10.111	198,37	3,49	1
306	22/10/2025	16:34:10.111	200,11	2,31	1
324	22/10/2025	19:34:10.111	195,78	2,93	3,3
325	22/10/2025	19:44:10.111	196	4,27	6,4
336	22/10/2025	21:34:10.111	197,09	3,28	1,6
338	22/10/2025	21:54:10.111	200,84	3,26	1,6
339	22/10/2025	22:04:10.111	200,22	3,78	1,5
341	22/10/2025	22:24:10.111	190,76	4,03	4,7
342	22/10/2025	22:34:10.111	190,95	4,91	8
343	22/10/2025	22:44:10.111	200,44	4,75	0,9
344	22/10/2025	22:54:10.111	195,58	4,57	0,8
345	22/10/2025	23:04:10.111	198,79	4,06	0,8
346	22/10/2025	23:14:10.111	192,86	4,32	1,2
347	22/10/2025	23:24:10.111	196,86	4,03	1,4
348	22/10/2025	23:34:10.111	199,43	2,38	1,3
349	22/10/2025	23:44:10.111	197,81	1,6	1,3
350	22/10/2025	23:54:10.111	199,72	1,79	1,3
351	23/10/2025	00:04:10.111	196,59	3,84	1,3
352	23/10/2025	00:14:10.111	192,71	4,09	1,3
353	23/10/2025	00:24:10.111	200,5	1,61	1,3
354	23/10/2025	00:34:10.111	199,55	1,44	1,3
355	23/10/2025	00:44:10.111	199,21	1,11	1
356	23/10/2025	00:54:10.111	199,49	1,03	0,9
357	23/10/2025	01:04:10.111	200,09	1,21	0,9
360	23/10/2025	01:34:10.111	198,87	1,3	0,9
361	23/10/2025	01:44:10.111	201,98	1,38	1,4
363	23/10/2025	02:04:10.111	201,12	1,25	1,4
395	23/10/2025	07:24:10.111	199,51	7,49	6,2
397	23/10/2025	07:44:10.111	201,18	5,66	2,4
400	23/10/2025	08:14:10.111	192,9	5,77	2,2
407	23/10/2025	09:24:10.111	193,95	6,36	2
412	23/10/2025	10:14:10.111	191,86	6,64	1,6
417	23/10/2025	11:04:10.111	194,21	6,68	2
418	23/10/2025	11:14:10.111	189,2	5,4	2
419	23/10/2025	11:24:10.111	199,88	6,18	2
421	23/10/2025	11:44:10.111	201,13	5,25	2
430	23/10/2025	13:14:10.111	199,71	6,62	1,6
433	23/10/2025	13:44:10.111	198,1	6,53	1,5
441	23/10/2025	15:04:10.111	196,86	5,92	1,9
445	23/10/2025	15:44:10.111	189,15	7,57	9,4
448	23/10/2025	16:14:10.111	198,28	7,97	2,2
450	23/10/2025	16:34:10.111	201,44	6,5	1,9
452	23/10/2025	16:54:10.111	196,9	6,06	1,8
460	23/10/2025	18:14:10.111	199,88	7,91	2,4
463	23/10/2025	18:44:10.111	201,14	5,66	2,4

464	23/10/2025	18:54:10.111	199,39	5,17	1,8
468	23/10/2025	19:34:10.111	198,93	5,55	2,9
469	23/10/2025	19:44:10.111	200	6,46	2,9
470	23/10/2025	19:54:10.111	197,85	6,44	2,7
471	23/10/2025	20:04:10.111	200,53	6,29	2,9
476	23/10/2025	20:54:10.111	201,71	8,42	2,6
478	23/10/2025	21:14:10.111	201,1	7,4	2,4
479	23/10/2025	21:24:10.111	194,62	5,97	2,8
480	23/10/2025	21:34:10.111	196,3	6,26	2,9
481	23/10/2025	21:44:10.111	197,17	5,16	2,2
482	23/10/2025	21:54:10.111	191,72	4,18	1,5
483	23/10/2025	22:04:10.111	195,23	3,52	1,4
485	23/10/2025	22:24:10.111	193,75	2,95	1,3
487	23/10/2025	22:44:10.111	192,38	4,08	7,2
488	23/10/2025	22:54:10.111	197,02	2,33	1,9
489	23/10/2025	23:04:10.111	195,29	1,82	2,4
490	23/10/2025	23:14:10.111	197,23	2,05	2,2
491	23/10/2025	23:24:10.111	193,94	1,58	2,4
492	23/10/2025	23:34:10.111	193,99	1,88	1,7
493	23/10/2025	23:44:10.111	182,19	2,03	8,3
494	23/10/2025	23:54:10.111	195,24	1,14	1,4
495	24/10/2025	00:04:10.111	198,2	1,69	1,4
496	24/10/2025	00:14:10.111	194,95	1,12	1,4
497	24/10/2025	00:24:10.111	196,29	1,05	1,4
498	24/10/2025	00:34:10.111	195,31	1,66	1,5
499	24/10/2025	00:44:10.111	199,54	2,02	1,4
500	24/10/2025	00:54:10.111	201,07	1,77	1,3
501	24/10/2025	01:04:10.111	198,95	1,38	0,9
502	24/10/2025	01:14:10.111	200,64	1,65	0,9
503	24/10/2025	01:24:10.111	201,34	1,64	0,9
507	24/10/2025	02:04:10.111	201,84	2,02	1,4
509	24/10/2025	02:24:10.111	201,97	2,22	1,3
519	24/10/2025	04:04:10.111	198,84	1,57	1,1
536	24/10/2025	06:54:10.111	197,28	5,47	17,1
538	24/10/2025	07:14:10.111	201,5	5,57	6,5
551	24/10/2025	09:24:10.111	197,74	7,31	0,3
554	24/10/2025	09:54:10.111	199,59	5,07	0,8
562	24/10/2025	11:14:10.111	199,13	7,54	0,4
565	24/10/2025	11:44:10.111	199,91	6,39	0,4
576	24/10/2025	13:34:10.111	196,18	5,14	0,4
586	24/10/2025	15:14:10.111	196,87	4,49	1,6
589	24/10/2025	15:44:10.111	200,67	4,77	1,3
609	24/10/2025	19:04:10.111	201,51	5,01	3,3
625	24/10/2025	21:44:10.111	201,12	4,45	1,2
627	24/10/2025	22:04:10.111	200,51	3,58	4,9

628	24/10/2025	22:14:10.111	194,31	5,23	6,4
638	24/10/2025	23:54:10.111	199,49	2,11	1,5
639	25/10/2025	00:04:10.111	200,2	2,05	1,5
693	25/10/2025	09:04:10.111	201,4	3,72	6,5
716	25/10/2025	12:54:10.111	201,17	2,95	9,3
718	25/10/2025	13:14:10.111	200,67	2,61	2
721	25/10/2025	13:44:10.111	196,45	3	9,2
722	25/10/2025	13:54:10.111	196,47	2,7	12,7
746	25/10/2025	17:54:10.111	199,35	1,71	2,1
747	25/10/2025	18:04:10.111	201,73	2,27	2,4
748	25/10/2025	18:14:10.111	198,48	1,76	3
750	25/10/2025	18:34:10.111	201,47	2,63	2,8
753	25/10/2025	19:04:10.111	201,67	2,21	2,9
756	25/10/2025	19:34:10.111	201,4	2,22	2,3
762	25/10/2025	20:34:10.111	196,89	2,42	9,9
763	25/10/2025	20:44:10.111	200,68	2,32	11,3
767	25/10/2025	21:24:10.111	199,63	2,27	6,6
768	25/10/2025	21:34:10.111	197,27	2,64	6,9
769	25/10/2025	21:44:10.111	199,72	2	5,7
770	25/10/2025	21:54:10.111	198,5	2,96	10,2
771	25/10/2025	22:04:10.111	197,66	2,69	9,1
772	25/10/2025	22:14:10.111	201,7	1,67	3,7
774	25/10/2025	22:34:10.111	201,31	1,66	1,4
775	25/10/2025	22:44:10.111	197,61	1,78	1,4
776	25/10/2025	22:54:10.111	195,22	1,62	1,4
778	25/10/2025	23:14:10.111	201,51	1,42	1,4
783	26/10/2025	00:04:10.111	201,95	1,23	1,4
784	26/10/2025	00:14:10.111	201,8	1,74	1,4
785	26/10/2025	00:24:10.111	201,26	1,25	1,4
787	26/10/2025	00:44:10.111	201	1,33	1,4
788	26/10/2025	00:54:10.111	201,41	1,22	1,4
820	26/10/2025	06:14:10.111	200,61	1,9	8,4
821	26/10/2025	06:24:10.111	201,03	1,7	6,5
841	26/10/2025	09:44:10.111	201,02	2,34	1,7
842	26/10/2025	09:54:10.111	190,5	2,42	8,6
843	26/10/2025	10:04:10.111	201,17	2,31	1,9
849	26/10/2025	11:04:10.111	200,26	2,47	2,1
850	26/10/2025	11:14:10.111	199,68	2,78	3,9
851	26/10/2025	11:24:10.111	196,72	2,15	3
852	26/10/2025	11:34:10.111	201,16	2,9	3,8
854	26/10/2025	11:54:10.111	200,44	1,99	1,2
855	26/10/2025	12:04:10.111	199,26	1,87	0,7
864	26/10/2025	13:34:10.111	201	3,1	1,9
869	26/10/2025	14:24:10.111	192,96	2,59	5,4
870	26/10/2025	14:34:10.111	189,3	2,04	9,5

892	26/10/2025	18:14:10.111	198,77	2,66	1
894	26/10/2025	18:34:10.111	201,46	2,85	0,8
897	26/10/2025	19:04:10.111	200,79	2,46	3,7
898	26/10/2025	19:14:10.111	196,9	1,98	6
899	26/10/2025	19:24:10.111	201,8	2,34	6
900	26/10/2025	19:34:10.111	200,4	2,06	5,9
901	26/10/2025	19:44:10.111	195,94	1,93	7,8
902	26/10/2025	19:54:10.111	199,94	1,75	6,3
903	26/10/2025	20:04:10.111	198,99	1,89	3,1
904	26/10/2025	20:14:10.111	201,08	1,5	5,5
905	26/10/2025	20:24:10.111	196,09	2,03	6,8
906	26/10/2025	20:34:10.111	194,5	1,79	4,8
907	26/10/2025	20:44:10.111	187,42	1,7	8,5
908	26/10/2025	20:54:10.111	194,2	1,52	8,4
909	26/10/2025	21:04:10.111	196,47	1,45	2,7
910	26/10/2025	21:14:10.111	198,5	1,44	2,6
911	26/10/2025	21:24:10.111	199,62	1,35	2,6
912	26/10/2025	21:34:10.111	196,54	1,67	6,7
913	26/10/2025	21:44:10.111	193,93	2,11	7,5
914	26/10/2025	21:54:10.111	195,13	1,5	3,6
915	26/10/2025	22:04:10.111	196,6	1,54	2,1
916	26/10/2025	22:14:10.111	200,63	1,22	2
917	26/10/2025	22:24:10.111	195,84	1,52	2
918	26/10/2025	22:34:10.111	193,94	1,7	2,1
919	26/10/2025	22:44:10.111	199,25	1,11	2,9
920	26/10/2025	22:54:10.111	199,05	1,39	1,4
921	26/10/2025	23:04:10.111	199,85	1,23	1,4
922	26/10/2025	23:14:10.111	201,49	1,33	1,4
923	26/10/2025	23:24:10.111	201,28	1,43	1,4
924	26/10/2025	23:34:10.111	197	1,58	1,3
925	26/10/2025	23:44:10.111	201,16	1,52	0,9
929	27/10/2025	00:24:10.111	199,52	1,41	1
930	27/10/2025	00:34:10.111	201,73	1,18	1,4
932	27/10/2025	00:54:10.111	201,78	1,03	1,3
933	27/10/2025	01:04:10.111	200,81	0,99	1,7
935	27/10/2025	01:24:10.111	199,8	1,29	1,3
937	27/10/2025	01:44:10.111	201,88	1,06	1,4
938	27/10/2025	01:54:10.111	200,18	1,08	1,4
969	27/10/2025	07:04:10.111	199,12	5,17	12,1
970	27/10/2025	07:14:10.111	194,56	3,69	12,3
972	27/10/2025	07:34:10.111	198,66	3,74	3,6
974	27/10/2025	07:54:10.111	200,83	4,1	1,6
978	27/10/2025	08:34:10.111	191,99	4,45	0,3
979	27/10/2025	08:44:10.111	197,1	4,64	0,3
990	27/10/2025	10:34:10.111	194,85	4,33	0,6

993	27/10/2025	11:04:10.111	197,02	6,06	0,4
996	27/10/2025	11:34:10.111	197,9	6,14	0,8
1007	27/10/2025	13:24:10.111	201,83	4,15	0,9

Fonte: Própria.

Tabela A2: Tensões médias apuradas

Medições	Data	Hora	Vrms AN Mín	Vrms AN Méd.	Vrms NG Méd.	A Méd.	N Méd.
178	21/10/2025	19:14:10.111	194,55	201,83	4,46	10,4	10,3
202	21/10/2025	23:14:10.111	192,23	199,99	5,5	2,3	2,3
203	21/10/2025	23:24:10.111	196,95	200,44	6,08	2,5	2,5
204	21/10/2025	23:34:10.111	191,72	198,51	6,55	2,5	2,5
346	22/10/2025	23:14:10.111	192,86	201,46	4,32	1,2	1,2
351	23/10/2025	00:04:10.111	196,59	201,91	3,84	1,3	1,4
352	23/10/2025	00:14:10.111	192,71	201,05	4,09	1,3	1,4
489	23/10/2025	23:04:10.111	195,29	201,29	1,82	2,4	2,4
491	23/10/2025	23:24:10.111	193,94	200,04	1,58	2,4	2,4
492	23/10/2025	23:34:10.111	193,99	200,39	1,88	1,7	1,8
493	23/10/2025	23:44:10.111	182,19	197,08	2,03	8,3	8,2
494	23/10/2025	23:54:10.111	195,24	198,67	1,14	1,4	1,5
495	24/10/2025	00:04:10.111	198,2	201,31	1,69	1,4	1,5
496	24/10/2025	00:14:10.111	194,95	200,46	1,12	1,4	1,4
497	24/10/2025	00:24:10.111	196,29	200,28	1,05	1,4	1,5
498	24/10/2025	00:34:10.111	195,31	201,08	1,66	1,5	1,5
912	26/10/2025	21:34:10.111	196,54	201,34	1,67	6,7	6,7
913	26/10/2025	21:44:10.111	193,93	200,52	2,11	7,5	7,5
918	26/10/2025	22:34:10.111	193,94	201,36	1,7	2,1	2,2

Fonte: Própria.

ANEXO A

Especificações: Analisadores de Energia e de Qualidade de Energia Fluke 434-II e 435-II

Volt				
	Modelo	Faixa de medição	Resolução	Exatidão
Vrms (CA+CC)	434-II	1 V até 1.000 V, fase para o neutro	0,1 V	± 0,1% de tensão nominal ¹
	435-II	1 V até 1.000 V, fase para o neutro	0,01 V	± 0,1% de tensão nominal ¹
Vpk		1 Vpk até 1.400 Vpk	1 V	5% da tensão nominal
Fator de Crista (CF) de Tensão		1,0 > 2,8	0,01	±5%
Vrms ^{1/2}	434-II	1 V até 1.000 V, fase para o neutro	0,1 V	± 1% da tensão nominal
	434-II e 435-II		0,1 V	± 0,2% da tensão nominal
Vfund	434-II	1 V até 1.000 V, fase para o neutro	0,1 V	± 0,5 % da tensão nominal
	435-II		0,1 V	± 0,1 % da tensão nominal

Amperes (precisão excluindo a precisão da sonda)				
Amperes (CA+CC)	i430-Flex 1x	5 A até 6.000 A	1 A	±0,5% ±5 contagens
	i430-Flex 10x	0,5 A até 600 A	0,1 A	±0,5% ±5 contagens
	1mV/A 1x	5 A até 2000 A	1 A	±0,5% ±5 contagens
	1mV/A 10x	0,5 A até 200 A (somente CA)	0,1 A	±0,5% ±5 contagens
Apk	i430-Flex	8400 Apk	1 Arms	±5%
	1 mV/A	5500 Apk	1 Arms	±5%
Fator de Crista (CF) Corrente		1 até 10	0,01	±5%
Amperes ^{1/2}	i430-Flex 1x	5 A até 6.000 A	1 A	±1% ±10 contagens
	i430-Flex 10x	0,5 A até 600 A	0,1 A	±1% ±10 contagens
	1mV/A 1x	5 A até 2000 A	1 A	±1% ±10 contagens
	1mV/A 10x	0,5 A até 200 A (somente CA)	0,1 A	±1% ±10 contagens
Afund	i430-Flex 1x	5 A até 6.000 A	1 A	±0,5% ±5 contagens
	i430-Flex 10x	0,5 A até 600 A	0,1 A	±0,5% ±5 contagens

	1mV/A 1x	5 A até 2000 A	1 A	±0,5% ±5 contagens
	1mV/A 10x	0,5 A até 200 A (somente CA)	0,1 A	±0,5% ±5 contagens
Hz				
Hz	Fluke 434 em 50 Hz nominal	42,50 Hz a 57,50 Hz	0,01 Hz	±0,01 Hz
	Fluke 434 em 60 Hz nominal	51,00 Hz a 69,00 Hz	0,01 Hz	±0,01 Hz
	Fluke 435 em 50 Hz nominal	42,500 Hz até 57,500 Hz	0,001 Hz	±0,01 Hz
	Fluke 435 em 60 Hz nominal	51,00 Hz até 69,00 Hz	0,001 Hz	±0,01 Hz
Energia				
Watts (VA, var)	i430- Flex	máx. 6.000 MW	0,1 W até 1 MW	±1% ±10 contagens
	1 mV/A	máx. 2.000 MW	0,1 W até 1 MW	±1% ±10 contagens
Fator de Potência (Cos ϕ /DPF)		0 até 1	0,001	± 0,1% em condições de carga nominal
Energia				
kWh (kVAh, kvarh)	i430- Flex 10x	Depende da escala da sonda de corrente e tensão nominal		±1% ±10 contagens

Perda de energia	i430-Flex 10x	Depende da escala da sonda de corrente e tensão nominal		Contagens ± 1% ± 10 Excluindo a precisão da resistência de linha
Harmônicas				
Ordem de Harmônicas (n)		CC, 1 até 50 agrupamentos: Grupos de harmônicas de acordo com a norma IEC 61000-4-7		
Ordem de Inter-harmônica (n)		DESLIGADO, 1 até 50 agrupamentos: Subgrupos de Harmônicas e Inter-harmônicas de acordo com a norma IEC 61000-4-7		
Volts %	f	0,0% a 100%	0,10%	± 0,1% ± n x 0,1%
	r	0,0% a 100%	0,10%	± 0,1% ± n x 0,4%
	Absoluto	0,0 a 1.000 V	0,1 V	±5% ¹
	THD	0,0% a 100%	0,10%	±2,5%
Amps %	f	0,0% a 100%	0,10%	± 0,1% ± n x 0,1%
	r	0,0% a 100%	0,10%	± 0,1% ± n x 0,4%
	Absoluto	0,0 até 600 A	0,1 A	±5% ±5 contagens
	THD	0,0% a 100%	0,10%	±2,5%
Watts %	f ou r	0,0% a 100%	0,10%	± n x 2%

	Absoluto	Depende da escala da sonda de corrente e tensão nominal	—	$\pm 5\% \pm n \times 2\% \pm 10$ contagens
	THD	0,0% a 100%	0,10%	$\pm 5\%$
Ângulo de fase		-360° a +0°	1°	$\pm n \times 1^\circ$
Flicker				
Plt, Pst, Pst(1 min) Pinst		0,00 até 20,00	0,01	$\pm 5\%$
Desequilíbrio				
Volts %		0,0% a 20,0%	0,10%	$\pm 0,1\%$
Amps %		0,0% a 20,0%	0,10%	$\pm 1\%$
Sinalização da Rede de Distribuição de Energia				
Níveis de Limites		Limiares, limites e duração de sinalização são programáveis para duas frequências de sinalização	—	—
Frequência de Sinalização		60 Hz a 3.000 Hz	0,1 Hz	
V% relativa		0% a 100%	0,10%	$\pm 0,4\%$
V3s absoluto (3 segundos em média)		0,0 V a 1000 V	0,1 V	$\pm 5\%$ da tensão nominal
Especificações Gerais				

Mala	Projeto à prova de choque robusto, com capa protetora integrada à prova de gotejamento e de poeira IP51 de acordo com a IEC60529 quando usado na posição inclinada de Impacto e Impacto de vibração 30 g, vibração: 3 g senóide, aleatório 0,03 g 2/Hz de acordo com a MIL-PRF-28800F Classe 2
Visor	Brilho: 200 cd/m ² comum usando adaptador de energia, 90 cd/m ² comum usando a energia da bateria Tamanho: 127 mm x 88 mm (153 mm/6,0 em diagonal) Resolução do LCD: 320 x 240 pixels Contraste e brilho: ajustável pelo usuário, compensados pela temperatura
Memória	Cartão SD 8GB (compatível com SDHC, formatado FAT32), até 32GB opcionalmente. Proteção de tela e várias memórias de dados para o armazenamento, incluindo registros (dependendo do tamanho da memória).
Relógio em Tempo Real	Carimbo de hora e data para o modo Tendência, Exibir transiente, Monitor do sistema e captura de eventos
Características Ambientais	
Temperatura de Funcionamento	0 °C ~ +40 °C; +40 °C ~ +50 °C excl. pilha
Temperatura de Armazenamento	-20°C a +60°C
Umidade	+10°C ~ +30°C: 95% de umidade relativa sem condensação +30 °C ~ +40 °C: 75% de umidade relativa sem condensação +40°C ~ +50°C: 45% de umidade relativa sem condensação
Altitude de Funcionamento Máxima	Até 2.000 m (6.666 pés) para 600 V CAT IV, 1.000 V Até 3.000 m (10.000 pés) para 600 V CAT III, 1.000 V CAT II

	Altitude máxima de armazenamento 12 km (40.000 pés)
Compatibilidade Eletromagnética (EMC)	EN 61326 (2005-12) para emissão e imunidade
Interfaces	Mini-USB-B, porta USB isolada, para conectividade ao slot da placa do PC acessível por trás da bateria do instrumento
Garantia	Três anos (peças e mão de obra) do instrumento principal, um ano para os acessórios
Veja todas as especificações da família »	
1. $\pm 5\%$ se $\geq 1\%$ da tensão nominal $\pm 0,05\%$ da tensão nominal se $< 1\%$ da tensão nominal 2. Frequência nominal de 50/60 Hz, de acordo com a IEC 61000-4-30	

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus João Pessoa - Código INEP: 25096850
	Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, CEP 58015-435, João Pessoa (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0002-56 - Telefone: (83) 3612.1200

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Trabalho de conclusão assinado e compactado

Assunto:	Trabalho de conclusão assinado e compactado
Assinado por:	Jerfferson Junior
Tipo do Documento:	Anexo
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Jerfferson Cristovao da Silva Junior, DISCENTE (20241610040) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - JOÃO PESSOA, em 25/02/2026 08:26:43.

Este documento foi armazenado no SUAP em 25/02/2026. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1778080
Código de Autenticação: 1c0b42328a

