

DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE DA QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA

Maria Eduarda Formigari, John Jefferson Antunes Saldanha
Instituto Federal de Santa Catarina
Campus Jaraguá do Sul – Rau – Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica
e-mail: maria.f24@aluno.ifsc.edu.br, john.saldanha@ifsc.edu.br
Trabalho de Conclusão de Curso – TCC – 05/07/2022

Resumo – A preocupação com a qualidade da energia elétrica (QEE) é decorrente em parte da reformulação do setor elétrico. Nesse sentido, o consumidor necessita utilizar energia elétrica que apresente parâmetros adequados de qualidade ao custo mais baixo possível. Dessa forma, através da medição de energia é possível identificar possíveis problemas que podem afetar a eficiência de um sistema elétrico, por exemplo, desequilíbrios de corrente e tensão. No entanto, verificar todas as grandezas relacionadas a qualidade da energia elétrica em alguns casos pode ser extenso e trabalhoso. Dessa maneira, este artigo tem como objetivo o desenvolvimento de uma ferramenta computacional, capaz de apresentar de maneira simples e organizada, dados e gráficos baseados em conceitos da qualidade da energia elétrica. Como resultado tem-se a obtenção de um *dashboard* com uma síntese dos dados medidos, bem como a geração de um relatório de medição propondo possíveis melhorias no sistema, baseando-se em grandezas que estejam inadequadas.

Palavras-chave – Qualidade da energia, analisador Fluke 1738, ferramenta computacional, soluções para qualidade da energia.

DEVELOPMENT OF A COMPUTATIONAL TOOL FOR ANALYSIS OF ELECTRICAL ENERGY QUALITY

Abstract – The concern with the quality of electric energy (QEE) is due in part to the reformulation of the electric sector. In this sense, the consumer wants to use energy that presents adequate quality parameters at the lowest possible cost. In this way, through energy measurement it is possible to identify possible problems that can affect the efficiency of an electrical system, such as current and voltage imbalances. However, verifying all quantities related to electrical power quality in some cases can be extensive and laborious. Thus, this article aims to develop a computational tool, capable of presenting, in a simple and organized way, data and graphs based on electricity quality concepts. As a result, a *dashboard* with a summary of the measured data is obtained, as well as the generation of a measurement report proposing possible improvements in the system, based on inadequate quantities.

Keywords – Power Quality, Fluke 1738 Analyzer, Computer Tool, Power Quality Solutions.

I. INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica no Brasil tem crescido nos últimos anos devido, entre outros fatores, ao aumento populacional e a expansão das indústrias. Essas últimas vem utilizando progressivamente mais máquinas e equipamentos elétricos [1]. Conforme aponta [2], verifica-se que o consumo de energia elétrica no Brasil atingiu 500.209 GWh em 2021, crescimento de 5,2% quando comparado ao ano anterior.

Junto desse crescimento ocorre também o aumento de fatores que influenciam nas características e na qualidade da energia elétrica, como por exemplo as cargas não-lineares. Estas são um forte contribuinte e responsável pela grande maioria dos problemas de energia, gerando distorções harmônicas nas tensões e correntes dos sistemas elétricos [3].

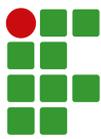
Além disso, as fontes de geração distribuída também podem causar a deterioração da qualidade da energia em um sistema elétrico, podendo trazer diversos impactos, tais como: elevação dos níveis de curto-circuito, alteração do fluxo de carga e a modificação do perfil de perdas elétricas [4].

Dessa maneira, questões que englobam a qualidade da energia elétrica (QEE) vem apresentando uma crescente importância no cenário mundial, visto que os equipamentos utilizados estão cada vez mais sensíveis às perturbações da rede elétrica [5]. Esses equipamentos são em sua grande maioria constituídos por microprocessadores e dispositivos eletrônicos, os quais sofrem uma grande redução em sua vida útil quando sujeitos às variações impostas pela forma de onda da tensão aplicada [6].

Com o intuito de garantir o fornecimento de energia elétrica adequada ao consumidor, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabelece, através dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), parâmetros de qualidade da energia elétrica [7].

Além disso, o PRODIST também fornece diretrizes indispensáveis para caracterizar fenômenos, estabelecer terminologias, parâmetros e valores de referência com objetivo de identificar os níveis de tensão e corrente aceitáveis, bem como níveis de distorção harmônica, fator de potência, entre outros.

Nesse contexto, com a finalidade de verificar as grandezas



elétricas, existem equipamentos denominados analisadores de qualidade da energia elétrica. Esses são utilizados para medir o fluxo de potência ativa em um sistema elétrico, bem como valores de tensão e corrente [8]. Em sua grande maioria, os mesmos são capazes de realizar cálculos como consumo e demanda de um sistema elétrico, determinação de níveis de tensão, corrente, potência, frequência, distorções harmônicas e fator de potência [9].

Com o uso destes equipamentos, o consumidor pode ter acesso às informações de qualidade da energia a dispor de sua instalação elétrica, e assim buscar soluções para possíveis problemas. Além disso, possíveis irregularidades existentes podem acarretar em um aumento nas tarifas de energia, visto que a eficiência energética é prejudicada pelas falhas no sistema elétrico [10].

Baseando-se nestas informações e buscando proporcionar uma leitura e análise mais intuitiva dos dados de qualidade da energia elétrica ao usuário, este trabalho tem como propósito o desenvolvimento de uma ferramenta computacional para gerar relatórios e painéis de controle e verificação (*dashboards*) com base em indicadores do PRODIST e propor soluções para problemas de QEE, através da importação de dados de analisadores de energia elétrica. A ferramenta é desenvolvida através da linguagem de programação *Visual Basic for Applications* (VBA), operada via Excel e utiliza da importação de dados gerados pelo analisador de energia elétrica da Fluke 1738.

Este trabalho divide-se em quatro seções. Na Seção II apresenta-se a fundamentação teórica, onde são abordados conceitos sobre qualidade da energia elétrica e demais temas relacionados ao desenvolvimento, a Seção III trata dos Materiais e Métodos. Na Seção IV, apresentam-se os resultados obtidos. Por fim, na Seção V as conclusões do trabalho são apresentadas.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção apresenta os principais conceitos relacionados à qualidade da energia elétrica, suas normas e soluções para os diversos fenômenos que afetam a mesma.

A. Módulo 8 do PRODIST

A energia elétrica entregue pelas distribuidoras deve ser de alta qualidade e dentro de parâmetros e normas regulamentadas pelo órgão responsável, principalmente no setor da indústria. No caso do Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é responsável pela regulamentação da qualidade da energia elétrica através dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) [7].

O PRODIST contempla 11 módulos elaborados pela ANEEL, os quais tem como finalidade regular as atividades em relação à geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica, estes normatizam e padronizam as atividades técnicas relacionadas ao desempenho e funcionamento dos sistemas de distribuição de energia elétrica, garantindo a segurança, eficiência, qualidade e confiabilidade dos sistemas [7].

Especificamente, o módulo 8 do PRODIST tem como principal objetivo estabelecer procedimentos relacionados à qualidade do produto (tensão) e a qualidade do serviço prestados pelas distribuidoras. Por meio deste, definem-se os conceitos e os parâmetros de mecanismos que possibilitam à ANEEL estabelecer referências para indicadores de qualidade da energia elétrica [7].

A qualidade do produto considera aspectos em regime permanente e transitório, sendo eles: tensão em regime permanente, fator de potência, harmônicos, desequilíbrio de tensão, flutuação de tensão, variações de tensão de curta duração e variação de frequência [7]. A partir disso, são estabelecidos critérios de amostragem, valores de referência e procedimentos a serem seguidos com intuito de avaliar essas características.

Já a qualidade do serviço estabelece os procedimentos relativos aos indicadores de continuidade e dos tempos de atendimento. Para tal finalidade, destacam-se os indicadores de continuidade coletivos (DEC e FEC) e os indicadores de continuidade individuais (DIC, FIC, DMIC e DICRI), todos definidos no Módulo 8. Dessa forma, por meio do monitoramento das interrupções, do cálculo e da divulgação dos indicadores de continuidade de serviço, as distribuidoras, os consumidores e a ANEEL podem avaliar a qualidade do serviço prestado e o desempenho do sistema elétrico [7].

B. Fenômenos em regime permanente

Nesta seção são descritos os principais fenômenos para análise da qualidade da energia elétrica em regime permanente, sendo eles: variações de tensão, fator de potência, distorções harmônicas, desequilíbrio de tensão, flutuação de tensão e variação de frequência.

1) Variação de tensão em regime permanente: As variações de tensão são caracterizadas como desvios no valor eficaz da tensão [11]. Esses desvios estão relacionados, entre outros, pelo comportamento da curva de carga dos consumidores.

O módulo 8 do PRODIST estabelece uma faixa de tensão normatizada que difere os seus valores a depender da tensão nominal contratada [7]. Dessa forma, quando uma tensão ultrapassa tanto de forma superior ou inferior essa faixa de referência considerada como tensão adequada, torna-se uma tensão precária e em casos graves é considerada como tensão crítica, conforme observado na Fig. 1.

As faixas adequada, precária e crítica são determinadas de acordo com o PRODIST. Por exemplo, para a tensão nominal de atendimento de 220 V, as faixas de variação são definidas conforme a Tabela I.

Já para o valor de tensão de atendimento de 138 kV, os limitantes estabelecidos pelo módulo 8 do PRODIST estão dispostos na Tabela II, dados em função da Tensão de Referência (TR), sendo 138 kV.

De acordo com [7], é necessário um registro de 1008 leituras em intervalos consecutivos (período de integralização) de 10 minutos para que sejam obtidos resultados válidos. Dessa forma,

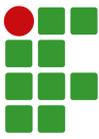


Fig. 1. Faixas de tensão em relação à de referência. Adaptada de [7].

TABELA I

Faixas de valores para tensão nominal de atendimento de 220 V.

Tensão de Atendimento	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (V)
Adequada	\$202 \leq TL \leq 231\$
Precária	\$191 \leq TL < 202\$ ou \$231 < TL \leq 233\$
Crítica	\$TL < 191\$ ou \$TL > 233\$

TABELA II

Faixas de valores para tensão nominal de atendimento de 138 kV.

Tensão de Atendimento	Faixa de Variação da Tensão de Leitura em Relação à de Referência (V)
Adequada	\$0,93TR \leq TL \leq 1,05TR\$
Precária	\$0,90TR \leq TL < 0,93TR\$
Crítica	\$TL < 0,90TR\$ ou \$TL > 1,05TR\$

é possível calcular os indicadores avaliativos de duração relativa da transgressão para tensão precária (DRP) e tensão crítica (DRC). O cálculo da duração de transgressão de tensão precária (DRP) é realizado conforme:

$$DRP = \frac{nlp}{1008} \cdot 100[\%] \quad (1)$$

Já para o cálculo da transgressão de tensão crítica (DRC) pode-se levar em consideração o mesmo critério adotado para a tensão precária, no entanto deve-se considerar os valores dentro da faixa crítica, conforme:

$$DRC = \frac{nlc}{1008} \cdot 100[\%] \quad (2)$$

onde nlp e nlc representam o maior valor entre as fases do número de leituras situadas nas faixas precária e crítica, respectivamente.

Para esses indicadores, o módulo 8 do PRODIST estabelece um limite aceitável para transgressões precárias de 3% e

para as transgressões críticas de 0,5%. Caso a medição ultrapasse esses valores, o consumidor pode ser compensado pela concessionária, enquanto os indicadores se mantiverem abaixo do limite permitido [7].

2) *Fator de potência*: O fator de potência é a relação entre a energia que é entregue na instalação, e a energia que realmente é convertida em trabalho útil [12]. Sendo proveniente da relação entre as potências elétricas, a Fig. 2 apresenta o triângulo de potências, a partir do qual é possível determinar o fator de potência. O triângulo possui três parâmetros denominados como potência aparente (S), que representa o módulo da potência complexa, potência reativa (Q) e a potência ativa (P) [13].

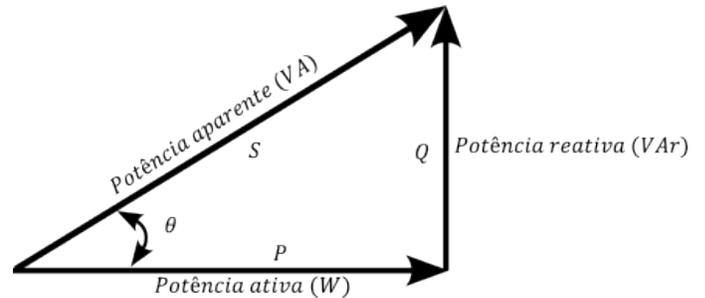


Fig. 2. Relação entre as diferentes potências de um circuito elétrico em corrente alternada.

Com isso, o fator de potência é determinado por:

$$FP = \cos \theta = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{EA}{\sqrt{EA^2 + ER^2}} \quad (3)$$

sendo: θ a defasagem angular entre a tensão e a corrente; EA a energia ativa e ER a energia reativa.

O valor do fator de potência pode variar entre 0 e 1. Em cargas consideradas puramente resistivas o fator de potência é unitário, já para cargas capacitivas ou indutivas considera-se o fator de potência adiantado ou atrasado, respectivamente, de acordo com a defasagem da corrente em relação a tensão [14].

De acordo com o módulo 8 do PRODIST, os valores de referência para uma unidade consumidora devem estar entre 0,92 e 1, podendo ser indutivo ou capacitivo conforme a regulamentação vigente [7].

3) *Distorções harmônicas*: As distorções harmônicas são fenômenos relacionados com deformações periódicas nas formas de onda das tensões e correntes em relação à onda senoidal da frequência fundamental. Na Fig. 3 pode-se observar um gráfico ilustrativo da influência das harmônicas na onda fundamental. Na qual a onda resultante é o somatório da onda fundamental e das harmônicas que a compõem.

Essa deformação é causada por cargas não-lineares e dispositivos sujeitos à saturação, o que pode acarretar problemas para a rede como sobreaquecimento, redução do rendimento de motores trifásicos, possíveis interferências no sistema de proteção, ressonância, entre outros [16].

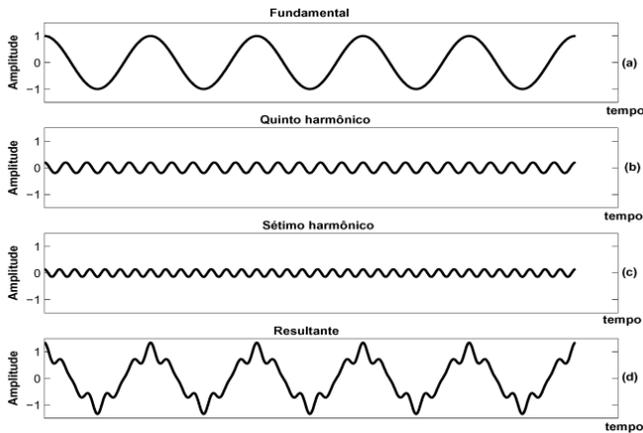
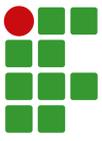


Fig. 3. Influência das distorções harmônicas [15].

O nível individual de uma das componentes que totalizam o espectro de frequências de um sinal distorcido, sendo uma das principais grandezas de distorção harmônica individual [7], pode ser calculado através de:

$$DIT_h\% = \frac{V_h}{V_1} \cdot 100 \quad (4)$$

onde V_h é a tensão harmônica de ordem h , V_1 é a tensão fundamental medida, e $DIT_h\%$ representa a distorção harmônica individual de tensão de ordem h .

A distorção harmônica total de tensão $DTT\%$ é utilizada para casos da ordem 2 até h_{max} , podendo ser calculada de acordo com:

$$DTT\% = \sqrt{\frac{\sum_{h=2}^{h_{max}} V_h^2}{V_1^2}} \quad (5)$$

onde h_{max} é a ordem harmônica máxima.

No caso de ordens harmônicas pares e não múltiplas de 3, a distorção harmônica total de tensão $DTT_p\%$ pode ser calculada através de:

$$DTT_p\% = \sqrt{\frac{\sum_{h=2}^{h_p} V_h^2}{V_1^2}} \quad (6)$$

onde h_p é a máxima ordem harmônica par, não múltipla de 3.

Seguindo o mesmo raciocínio, no entanto para harmônicas ímpares e não múltiplas de 3, a distorção harmônica total de tensão $DTT_i\%$ pode ser calculada conforme:

$$DTT_i\% = \sqrt{\frac{\sum_{h=3}^{h_i} V_h^2}{V_1^2}} \quad (7)$$

Por fim, a distorção harmônica de tensão total para as harmônicas múltiplas de 3, $DTT_3\%$, pode ser obtida através de:

$$DTT_3\% = \sqrt{\frac{\sum_{h=3}^{h_3} V_h^2}{V_1^2}} \quad (8)$$

onde h_3 é a máxima ordem harmônica múltipla de 3.

Determinados os valores de distorções harmônicas a partir de amostras de tensão, são obtidos os limites para as medições de energia. Para casos em que os limites ultrapassem o valor do indicador em 5% nas leituras válidas, as quais são definidas através das 1008 amostras de tensão, é necessária a comparação conforme a Tabela III.

TABELA III

Limites para distorção harmônica de acordo com o valor da tensão nominal.

Indicador	$V_n < 2,3 \text{ kV}$	$2,3 \text{ kV}$	69 kV
		$\leq V_n < 69 \text{ kV}$	$\leq V_n < 230 \text{ kV}$
$DTT_{95\%}$	10%	8,0%	5,0%
$DTT_p_{95\%}$	2,5%	2,0%	1,0%
$DTT_i_{95\%}$	7,5%	6,0%	4,0%
$DTT_3_{95\%}$	6,5%	5,0%	3,0%

4) *Desequilíbrio de tensão*: O desequilíbrio de tensão em um sistema elétrico é uma condição na qual as três fases apresentam diferentes valores de tensão, sendo em módulo e/ou defasagem angular entre fases diferente de 120° elétricos, conforme pode ser observado na Fig. 4, a diferença entre um sistema equilibrado e um desequilibrado.

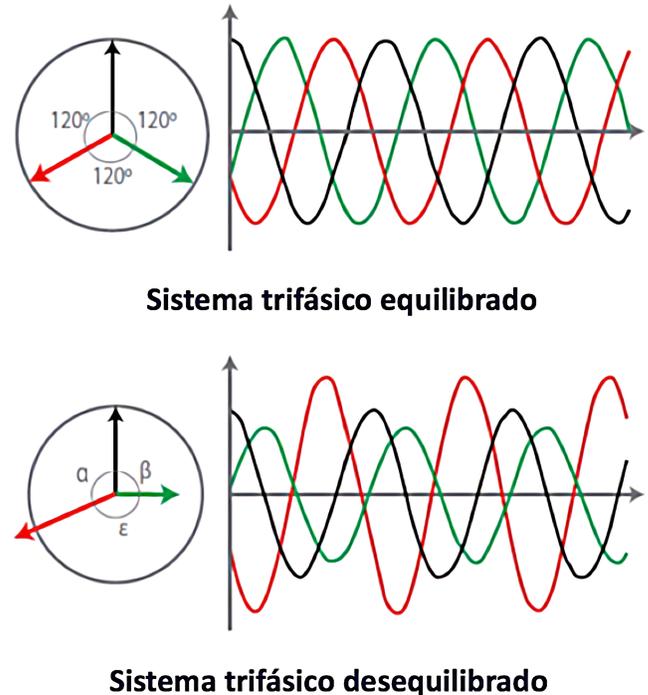
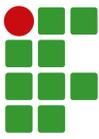


Fig. 4. Desequilíbrio de tensão em sistemas trifásicos [17].

As causas desses desequilíbrios geralmente estão presentes nos sistemas de distribuição, os quais possuem cargas



monofásicas distribuídas inadequadamente [18].

Originalmente, o cálculo do fator de desequilíbrio de tensão, FD , se dá através dos valores das magnitudes de tensão da sequência negativa e positiva [7]. Contudo, esses dados não são disponibilizados pelos medidores de energia convencionais. De forma alternativa, para cálculo do fator de desequilíbrio de tensão utiliza-se:

$$FD\% = 100 \cdot \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6\beta}}{1 + \sqrt{3 - 6\beta}}} \quad (9)$$

Onde o valor de β é obtido através de:

$$\beta = \frac{V_{ab}^4 + V_{bc}^4 + V_{ca}^4}{(V_{ab}^2 + V_{bc}^2 + V_{ca}^2)^2} \quad (10)$$

sendo V_{ab} , V_{bc} e V_{ca} as magnitudes das tensões eficazes de linha na frequência fundamental.

Para o sistema de distribuição, os valores máximos aceitáveis para o percentual de desequilíbrio são divididos em tensões inferiores e superiores a 2,3 kV como é demonstrado na Tabela IV.

TABELA IV

Valores limites de desequilíbrio de acordo com a tensão nominal.

Indicador	$V_n < 2,3 \text{ kV}$	$2,3 \text{ kV} \leq V_n < 230 \text{ kV}$
FD95%	3,0%	2,0%

5) *Flutuação de tensão*: As flutuações de tensão são consideradas variações sistemáticas no perfil da tensão ou uma série de variações aleatórias da magnitude da tensão, onde na maioria dos casos, não excedem o limite especificado de 95% até 105% [19]. Este fenômeno pode ser observado na Fig. 5.

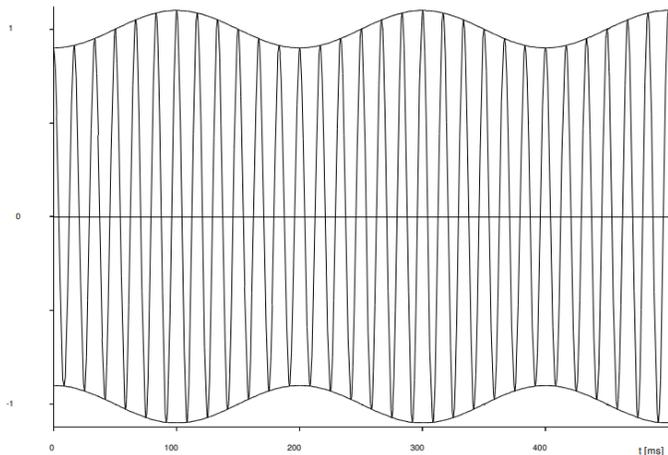


Fig. 5. Flutuação de tensão [20].

Assim, qualquer carga que apresente variação de corrente, principalmente da componente reativa, pode causar flutuação de

tensão.

Como principal efeito da flutuação de tensão, pode-se destacar o fenômeno *flicker*, ou em português, cintilação. O termo *flicker* é resultante do impacto que a flutuação de tensão, presente na fonte de alimentação das lâmpadas incandescentes [21] provoca nos olhos humanos [22]. No contexto de qualidade da tensão no sistema de distribuição, tem-se como escopo avaliar o incômodo causado pelo efeito da cintilação luminosa no consumidor [7].

Dessa maneira, os indicadores de flutuação de tensão são: o P_{st} , que representa a severidade dos níveis de cintilação luminosa, os quais estão associados à flutuação de tensão verificada em um período contínuo de 10 minutos; o P_{lt} , que representa o mesmo que o anterior, porém em um período de 2 horas; e o $P_{st95\%}$, que representa o valor do indicador P_{st} que foi superado em apenas 5% das 1008 leituras válidas [7].

Sendo assim, o cálculo do indicador P_{st} pode ser realizado conforme:

$$P_{st} = \sqrt{0,0314P_{0,1} + 0,0525P_1 + 0,0657P_3 + 0,28P_{10} + 0,08P_{50}} \quad (11)$$

onde P_i ($i = 0,1; 1; 3; 10; 50$), corresponde ao nível de flutuação de tensão que foi ultrapassado durante $i\%$ do tempo, obtido a partir da função de distribuição acumulada complementar.

A Tabela V. fornece os limites a serem utilizados para a avaliação do desempenho do sistema de distribuição quanto às flutuações de tensão.

TABELA V

Limites para flutuação de tensão de acordo com o valor da tensão nominal.

Indicador	$V_n < 2,3 \text{ kV}$	$2,3 \text{ kV} \leq V_n < 69 \text{ kV}$	$69 \text{ kV} \leq V_n < 230 \text{ kV}$
	$P_{st95\%}$	1,0 pu	1,5 pu

6) *Variação de frequência*: As variações de frequência podem ser definidas como todos os desvios comparados com a frequência nominal/fundamental do sistema elétrico. Esse fenômeno ocorre devido ao desbalanceamento dinâmico da quantidade de potência ativa gerada e a consumida pelas cargas em um sistema elétrico [22]. Na Fig. 6 pode-se verificar um exemplo de variação de frequência, a qual varia em torno de 60 Hz.

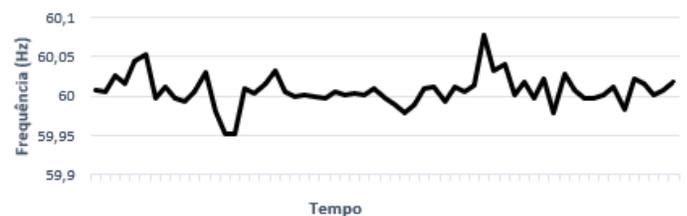
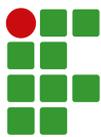


Fig. 6. Variação de frequência.



Os distúrbios de variação de frequência interferem na operação de equipamentos de potência, visto que essas variações alteram a frequência de rotação de motores elétricos, afetando também o seu consumo de potência ativa e reativa [23]. Já no sistema elétrico de potência, essas variações causam muitas vezes o aumento do consumo de potência reativa, acarretando no aumento do fluxo total de potência da rede, conseqüentemente gerando mais perdas de energia.

De acordo com [7], para o sistema de distribuição e as instalações de geração a ele conectadas, os limites de frequência são de 59,9 Hz e 60,1 Hz, considerando condições normais e regime permanente. Em casos de distúrbios, é permitido uma variação de até 30 segundos após a transgressão. Após esse intervalo de tempo, a frequência deve retornar à faixa de 59,5 Hz a 60,5 Hz para permitir a recuperação do equilíbrio entre carga e geração.

C. Soluções para problemas de qualidade da energia elétrica

A identificação de qual tipo de fenômeno que está afetando a qualidade da energia elétrica do sistema é de grande importância, pois dessa forma é possível atuar na solução/mitigação do problema. Nesse sentido, a seguir são apresentadas algumas possíveis soluções para diferentes distúrbios de energia elétrica.

1) Variação de tensão em regime permanente: Com intuito de averiguar a solução correta para problemas de variação de tensão, primeiramente deve-se verificar se a causa está localizada no sistema de distribuição ou no sistema elétrico da instalação em questão. Caso seja identificado que o problema está no sistema de distribuição, a responsabilidade é da distribuidora. Caso contrário, devem ser feitos testes e medições para identificar a causa do problema.

Para esse tipo de perturbação, existem alguns dispositivos capazes de proteger equipamentos eletrônicos de eventuais danos, como por exemplo, estabilizadores e *nobreaks*, utilizados na maioria das vezes em sistemas de baixa tensão. Por sua vez, o estabilizador busca regular a tensão às variações da rede elétrica, mantendo a saída o mais estável possível. Já o *nobreak* também denominado como UPS (*Uninterruptible Power Supply*) tem adicionada a função de manter um equipamento funcionando por um tempo limitado quando ocorre uma falta de energia elétrica, utilizando para isso baterias, internas e/ou externas [24].

Outra possível solução seria através da instalação de restauradores dinâmicos de tensão, ou ainda *dynamic voltage regulator* (DVR). Basicamente, o funcionamento do DVR consiste em injetar na rede tensões de correção com o propósito de anular o afundamento ou a elevação da tensão aplicada à carga [25].

De forma similar, pode ser utilizado o sistema *flywheel*, quando necessária uma alimentação durante um curto período de tempo. O princípio de funcionamento desse sistema é baseado na rotação de uma massa operando com elevado momento de inércia, assim acumulando energia cinética referente à sua rotação e convertendo esta energia cinética em energia elétrica

por meio de um gerador elétrico [26].

Ainda, outro equipamento que pode ser utilizado em sistemas de distribuição é o compensador estático de distribuição, ou ainda *distribution static compensator* (DSTATCOM). O mesmo é capaz de proporcionar a redução de afundamentos de tensão, realizando o controle da tensão de barramento através da injeção ou absorção de potência reativa [27].

2) Fator de potência: Com o propósito de corrigir a energia reativa indutiva podem ser utilizados bancos de capacitores, pois quando empregados de maneira correta, os mesmos mantêm o valor do fator de potência dentro dos limites estabelecidos pela concessionária. Isso é possível, pois o capacitor gera o reativo que é consumido pelas cargas indutivas, diminuindo a corrente eficaz que circula entre a concessionária e o consumidor [28].

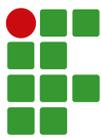
Outra maneira de corrigir o fator de potência seria através de um motor síncrono trifásico, superexcitado e funcionando sem carga. Essa configuração é conhecida como condensador síncrono e pode operar sob fator de potência adiantado, atrasado ou unitário. Dessa forma, quando o motor síncrono funciona em situação de sobreexcitação, a corrente principal é extraída da fonte, eliminando o componente e conseqüentemente melhorando o fator de potência. No entanto, é uma técnica mais avançada e possui alto custo, geralmente usada em grandes indústrias [29].

Um outro método é a partir da utilização de um excitador CA (corrente alternada), também conhecido como adiantador de fase. No entanto, esse equipamento só pode ser utilizado em motores de indução, pois os enrolamentos do estator consomem corrente de excitação, a qual se encontra atrasada 90° em relação à tensão de alimentação [29]. Sendo assim, o excitador CA é montado no eixo do rotor do motor e conectado ao circuito do rotor. Através disso, é fornecida força magnetomotriz extra para o motor durante o período de partida ou de baixa carga, tendo como resultado a melhora do fator de potência [30].

3) Distorções harmônicas: Uma forma de resolver problemas com harmônicas seria atuando no dimensionamento correto dos equipamentos. Levando em consideração que os efeitos negativos das correntes harmônicas aumentam com a impedância cumulativa de cabos e fontes, uma alternativa é limitar a impedância total, reduzindo a distorção da tensão e também o aumento da temperatura [31]. Isso pode ser realizado através do aumento das potências nominais de fontes e/ou a seção transversal dos cabos.

Outro método seria utilizando filtros ativos *shunt*, os quais funcionam medindo a corrente de carga, analisando as harmônicas e, em seguida, injetando harmônicas de contrafase para cancelar as harmônicas indesejadas. A possibilidade de ser uma solução de tamanho reduzido e que atende uma finalidade específica é a maior vantagem dessa configuração [32].

Diferente dos filtros ativos, os filtros passivos são sintonizados para a frequência da ordem harmônica que necessita ser eliminada. Eles são uma opção de baixo custo,



no entanto, têm um baixo fator de potência em cargas parciais e, portanto, correm o risco de causar ressonâncias dentro da rede [31].

4) *Desequilíbrio de tensão*: De forma a solucionar os efeitos do desequilíbrio de tensão, podem ser realizadas ações para redistribuir as cargas do sistema elétrico para torná-lo mais equilibrado. Em outras palavras, as cargas monofásicas devem ser uniformemente distribuídas no sistema trifásico [33].

A compensação de desbalanceamento no sistema elétrico de potência também pode ser obtida por meio de filtros de potência passivos. Estes equilibram a impedância da carga realizando o balanceamento da corrente através da adição de elementos reativos em paralelo à carga [34].

Outra maneira é através da substituição dos equipamentos perturbadores, ou seja, com reatância trifásica desequilibrada. No entanto, caso as cargas perturbadoras não possam ser substituídas ou reparadas, deve-se conectá-las no lado de alta tensão. Dessa forma, mantendo a perturbação controlada no lado de baixa tensão [33].

A seleção adequada de transformadores de distribuição também é muito importante na prevenção do desequilíbrio de tensão. Com foco no balanceamento de bancos de transformadores, visto que essas cargas com impedâncias desbalanceadas podem influenciar muito no balanceamento da tensão [35].

Do ponto de vista de uma instalação elétrica, todos os equipamentos sobrecarregados devem ser corrigidos. Além disso, filtros de energia passivos e compensadores VAR estáticos podem ser usados para compensação de desequilíbrio nas instalações elétricas do consumidor [36].

5) *Flutuação de tensão*: Atualmente existem diversas técnicas para reduzir a flutuação de tensão, mas duas possibilidades para a atenuação do efeito *flicker* são as mais utilizadas. A primeira consiste na redução do fluxo de potência, principalmente a componente reativa. Esta pode ser feita com a instalação de compensadores dinâmicos, usualmente conhecidos como estabilizadores dinâmicos. Nesse modelo de sistema a operação ocorre com o controle de tensão em malha fechada e com o controle rápido da corrente de excitação. Dessa forma, a correção da corrente reativa da máquina é executada rapidamente [37].

Já a segunda é baseada no aumento da potência de curto-circuito em relação a potência da carga. Este método é melhor empregado durante o projeto da instalação, pois seu custo é menor durante essa etapa. Desse modo, para obter o aumento da potência de curto-circuito podem ser empregadas as seguintes medidas: conectar a carga a um nível de tensão maior nominal, instalar capacitores em série, aumentar a potência nominal do transformador ou colocar outro transformador em paralelo [38].

Outra alternativa para reduzir a cintilação é através do uso de transformadores diferentes para fazer a separação da alimentação das cargas flutuantes da alimentação do sistema de

iluminação [38].

6) *Variação de frequência*: No sistema elétrico de potência, o controle da frequência está fortemente ligado ao controle de potência ativa [39]. Se em algum momento o sistema apresenta mais potência do que o necessário, a frequência aumenta. Caso contrário, quando não há potência suficiente para atender a demanda, a frequência diminui.

Dessa maneira, a solução se encontra no controle da geração, especificamente no gerador, buscando técnicas de compensação com desígnio de fornecer a potência mais exata possível ao que o sistema demanda.

D. Analisadores de qualidade da energia

Os analisadores de qualidade da energia são conduzidos por normas nacionais (PRODIST) e internacionais (IEC) para detecção e classificação de distúrbios no fornecimento de energia. Por meio desses equipamentos é possível realizar análises de qualidade da energia, uma vez que realizam medições e cálculos, armazenando estas grandezas em sua memória.

Esses são capazes de medir com precisão os principais parâmetros de consumo da energia elétrica, como formas de onda de tensão e corrente. E baseado nesses sinais, são obtidos através de cálculos realizados por meio de um processador embarcado no equipamento, as demais grandezas elétricas, sendo elas: potência ativa, potência reativa, fator de potência, distorções harmônicas, defasagem entre fases, frequência, etc.

Apesar da semelhança no modo de funcionamento, cada analisador de qualidade da energia tem suas especificações. Ou seja, nem todos podem ser aplicados a todas as demandas, sendo necessário escolher um equipamento que corresponda ao nível de tensão do sistema. Dessa maneira, é necessário saber se o sistema elétrico é de baixa, média ou alta tensão, e monofásico ou trifásico.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção são apresentados os procedimentos e considerações utilizadas para o desenvolvimento da ferramenta computacional, bem como informações sobre o analisador de qualidade da energia utilizado para obtenção dos dados a serem trabalhados.

O funcionamento da ferramenta computacional se dá a partir do recebimento de dados de medição de um multimedidor, através da leitura de diferentes grandezas elétricas de uma determinada instalação de interesse. A ferramenta programada em VBA, possui uma interface que possibilita a sua execução. A partir dos dados inseridos adequadamente e da correta execução da ferramenta, a mesma gera um relatório com diferentes informações referentes à qualidade da energia elétrica. A seguir, apresentam-se mais detalhes sobre sua aplicação e utilização no diagrama da Fig. 7.

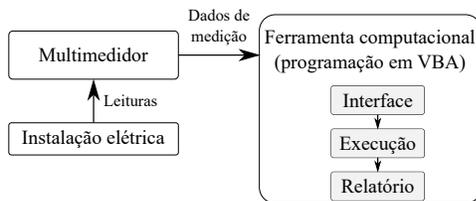


Fig. 7. Diagrama de aplicação e utilização da ferramenta.

A. Multimedidor Fluke 1738

Para a obtenção de dados trifásicos em uma rede elétrica, utilizou-se o analisador de qualidade da energia Fluke 1738, conforme apresentado na Fig. 8. Essa escolha foi realizada pelo fato do equipamento possuir uma interface do usuário otimizada, sondas de corrente flexíveis e uma função de verificação de medição inteligente. Dessa forma, permitindo reduzir erros e incertezas da medição.



Fig. 8. Multimedidor de energia trifásico Fluke 1738 [40].

Além disso, a alimentação do instrumento é feita de forma prática, diretamente no circuito medido. Ainda, esse registrador de energia permite capturar e registrar automaticamente mais de 500 parâmetros, além de acessar os dados remotamente por meio do aplicativo Fluke Connect®, possibilitando manter distâncias de trabalho mais seguras.

B. Linguagem de programação

Para o desenvolvimento da ferramenta computacional utilizou-se a linguagem de programação *Visual Basic for Applications* (VBA). A escolha está atrelada ao fato dos principais analisadores de energia, inclusive o utilizado, possuírem o recurso de exportação dos dados medidos para arquivos CSV, TXT e do software Microsoft Excel (como XLSX), visto que através da utilização do VBA é possível a fácil leitura e manipulação desses arquivos.

Além de ser uma linguagem de programação incorporada no *software* Microsoft Excel, a vantagem de usar essa plataforma como ambiente de desenvolvimento se dá pelo fato da mesma fornecer recursos que permitem a manipulação e análise dos dados. Em adição, também possibilita a criação de gráficos, proporcionando uma visualização dos resultados de forma

facilitada.

Em suma, o VBA é uma linguagem orientada a eventos que permite o desenvolvimento de aplicações e funções avançadas no Excel. Dessa forma, é possível criar desde *macros* simples que irão automatizar a maioria das tarefas de rotina até funções e processos avançados. Com isso, ainda é possível realizar o monitoramento de eventos e automatizar a tomada de decisões executando as devidas ações definidas pelo código programado.

Uma *macro* corresponde a um conjunto de instruções dispostas de uma forma lógica com a finalidade de automatizar tarefas ou ações do Excel. Dessa forma, uma *macro* é uma sequência de comandos e funções, armazenados em um módulo de código do VBA.

As *macros* podem ser: funções definidas pelo usuário, as quais recebem argumentos externos, processam e retornam um resultado; sub-rotinas, as quais permitem a execução de uma sequência de ações como resposta; e *macros* gravadas, onde as ações realizadas manualmente são transformadas em código-fonte, gerando uma sub-rotina.

No desenvolvimento da ferramenta, foram utilizadas *macros* para manipulação de gráficos e cópia de dados entre planilhas e tabelas, principalmente no processo de tratamento e coleta dos dados presentes no arquivo gerado pelo analisador. Dessa forma, o algoritmo desenvolvido encontra-se no Anexo 2.

C. Funcionamento da ferramenta

Tendo em vista que o principal propósito da ferramenta é apresentar de forma organizada e sintetizada os dados coletados, decide-se pela utilização de gráficos em função do tempo para exibição de grandezas como: corrente, potência, fator de potência, frequência, média das tensões medidas, desequilíbrio de tensão, flutuação de tensão, distorção harmônica de tensão e corrente nos instantes de medição, além de valores para indicadores como P_{st} e DTT95%.

Também são apresentados dados gerais do sistema, como: consumo e valores médios de potência ativa, tensão, corrente e ocorrências de tensão precária e crítica, as quais são obtidas através dos dados de medição. Os valores médios dispostos ao longo da ferramenta são calculados através de média simples, ou seja, realizando a soma dos valores lidos e dividindo pela quantidade de amostras.

Vale ressaltar que a análise de dados coletados se baseia em todo o tempo mensurado pelo analisador, não possuindo a opção de escolher um intervalo de tempo.

Dessa forma, as etapas para a geração do *dashboard* e relatório de medição foram divididas conforme o fluxograma apresentado na Fig. 9.

1) *Interface do usuário*: A plataforma desenvolvida apresenta uma interface simples e de fácil entendimento ao usuário. Ao iniciar a ferramenta são exibidas caixas de diálogo, através da função *MsgBox*, com orientações para a correta utilização da mesma, conforme Fig. 10.

Para execução das ações orientadas, utilizam-se “Botões”.

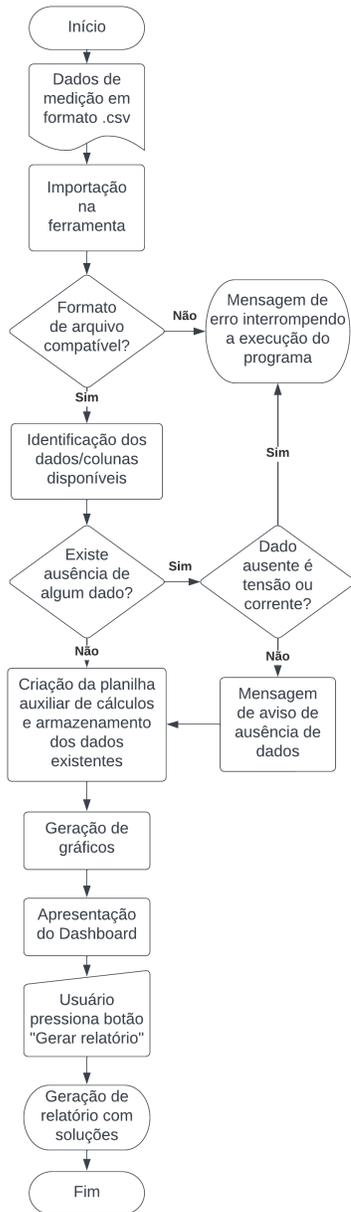
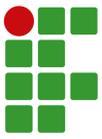


Fig. 9. Fluxograma do funcionamento da ferramenta.

Esses são objetos de controle os quais tornam possível a atribuição de ações ou rotinas a serem realizadas toda vez que seja executado um clique.

Desse modo, são utilizados três botões para realizar a interface com o usuário, conforme apresentados na Fig. 11.

O botão “Importar arquivo CSV” abre a janela para escolha do arquivo a ser importado. Ao ser selecionado, é realizada a verificação da primeira célula do arquivo CSV, buscando averiguar se o mesmo corresponde a um arquivo de dados do analisador Fluke 1738. Caso contrário, a ferramenta exibirá uma mensagem de erro, interrompendo o processo e informando ao

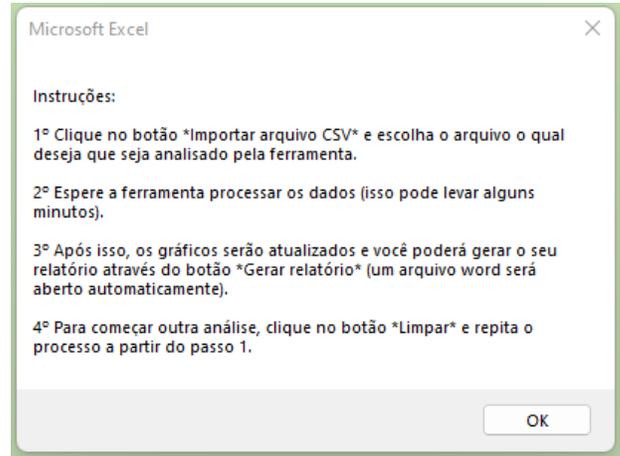


Fig. 10. Caixa de diálogo com instruções de utilização da ferramenta.



Fig. 11. Botões de interface com o usuário.

usuário, conforme apresentada na Fig. 12.

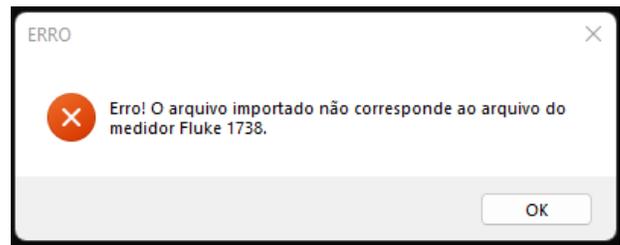
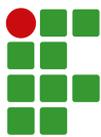


Fig. 12. Mensagem de arquivo incorreto.

Caso o arquivo esteja correto, o programa é executado normalmente, apresentando o *dashboard* ao fim de seu processamento. Após isso, o usuário tem a alternativa de clicar no botão “Gerar Relatório”, para prosseguir com a criação de um relatório de medição, ou então, através do botão “Limpar” para zerar os dados e realizar a importação de um novo arquivo CSV.

Além disso, também são criadas barras de rolagem, para possibilitar a variação de *Zoom* e o intervalo de tempo utilizado nos diversos gráficos a serem exibidos.



2) *Execução do programa*: Após ser validado o formato correto do arquivo selecionado, inicia-se um processo de varredura através das colunas do arquivo de dados. Esse processo é realizado buscando identificar as colunas que possuem os vetores com dados de horário de medição, tensão e corrente médias, potência ativa total, fator de potência total, frequência, harmônicas de tensão, harmônicas de corrente e flutuação de tensão.

Caso não sejam encontrados dados de medição de tensão ou corrente, a execução é interrompida, apresentando uma mensagem de aviso ao usuário. Já para a ausência de algum dos demais dados, os gráficos e informações do *dashboard* são gerados normalmente, porém emitindo um aviso ao final da execução informando a ausência de determinada medição. A Fig. 13 apresenta um exemplo desses avisos com o caso de ausência de medição de tensão.

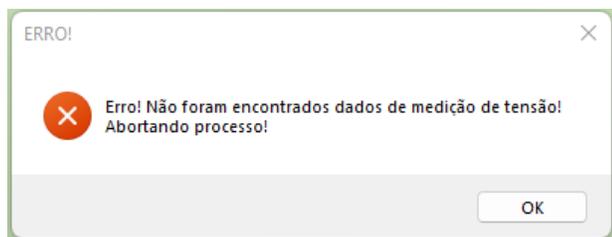


Fig. 13. Mensagem de ausência de dados de medição de tensão.

Uma vez identificados os dados existentes e suas respectivas posições, estes são transferidos para uma planilha auxiliar a qual organiza os mesmos para serem utilizados nos passos seguintes. Por exemplo, cálculos como média da tensão entre fases, média da corrente de fase e também a porcentagem de desequilíbrio de tensão.

Também é realizada a identificação dos instantes de medição que apresentam ocorrências de tensão críticas e precárias. Esta identificação é efetuada baseando-se no nível da tensão nominal do sistema medido, podendo ser 138 kV ou 220 V.

Caso os valores de medição de tensão se encontrem numa faixa de 150 à 300 V, considera-se 220 V como tensão nominal do sistema. Caso contrário, considera-se um sistema com tensão nominal de 138 kV.

Realizada a identificação dos instantes de tensão precária e crítica, são calculados os indicadores DRP e DRC, baseados nas Eqs. (1) e (2). Porém, neste cenário optou-se por calcular a porcentagem de ocorrências mesmo caso não haja o mínimo de 1008 leituras válidas, apresentando dessa maneira a porcentagem de ocorrências com base no número total de amostras disponíveis.

Caso encontrados, os instantes de medição de tensão precária e crítica são exibidos em formato de tabela no *dashboard*, junto dos valores de DRP e DRC equivalentes.

3) *Relatório de medição*: Finalizada a geração do *dashboard*, o usuário possui a opção de realizar o preenchimento automático de um relatório predefinido. Este é gerado através de um arquivo

Word e utiliza as informações obtidas através da ferramenta. Esse arquivo Word nomeado de “Modelo de Relatório” deve estar na mesma pasta que o arquivo Excel.

Ao pressionar o botão “Gerar Relatório”, o programa inicia a busca pelo arquivo do software Microsoft Word (DOCX). Encontrado o arquivo, o algoritmo inicia a coleta e nomeação dos gráficos existentes. Em seguida, é realizada uma varredura pelo documento de texto e identificado as palavras-chaves para inserção dos gráficos e demais valores calculados e apresentados no *dashboard*.

Ao final do relatório, é criado um capítulo com possíveis soluções para os problemas e irregularidades encontradas conforme as medições realizadas pelo analisador de energia. Essas soluções são baseadas na Seção II, subseção C, e são informadas nos seguintes casos:

- Variação de tensão: indicador DRP superior a 3% ou DRC maior que 0,5%;
- Fator de potência abaixo de 0,92;
- Distorções harmônicas: indicador DTT95% ultrapassando os limites informados na Tabela III, conforme a tensão nominal do sistema;
- Desequilíbrio de tensão: indicador FD95% ultrapassando os limites informados na Tabela IV, conforme a tensão nominal do sistema;
- Flutuação de tensão: indicador P_{st} ultrapassando os limites informados na Tabela V, conforme a tensão nominal do sistema;
- Variação de frequência: medição superior a 60,1 Hz e inferior a 59,9 Hz.

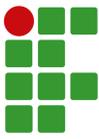
IV. RESULTADOS

Para validar a ferramenta, utilizou-se um arquivo de medição de um sistema trifásico de tensão nominal de 138 kV, o qual foi obtido através do multimetro Fluke 1738.

Este arquivo de medição apresenta 59 amostras em intervalos de 10 minutos, totalizando um período de medição de 9 horas e 40 minutos. O arquivo contém dados de tensão e correntes eficazes, frequência, potência ativa, potência reativa, fator de potência, distorções harmônicas de tensão e corrente, bem como harmônicas de até 50ª ordem e também índices de flutuação de tensão P_{st} e P_{It} .

Alguns valores das amostras foram alterados manualmente, com o propósito de apresentar diferentes casos para verificação das funcionalidades da ferramenta e visando gerar sugestões de possíveis soluções no relatório de medição. Por exemplo, valores abaixo de 0,92 para o fator de potência em algum instante de medição. Também modificaram-se alguns valores de medição das tensões, objetivando o surgimento de ocorrências precárias e críticas.

Dessa forma, utilizando os dados conforme explanado, obtém-se a tabela de informações do *dashboard* conforme a Fig. 14.



Ocorrências Precárias:		Ocorrências Críticas:		Valores de medição	
Tensão (V)	Registro	Tensão (V)	Registro	Potência Ativa Média (MW)	
127,999	16:39:16,634	123,998	19:39:16,634	100,22	
				Consumo (MWh)	1.436,42
				Tensão Média (kV)	139,52
				Corrente Média (A)	424,17
				Fator de Potência Médio	0,96
				Total Precárias	1
				DRP Total	1,69%
				Total Críticas	1
				DRC Total	1,69%

Fig. 14. Tabela de ocorrências e informações gerais.

Esta tabela da ferramenta informa caso sejam identificadas ocorrências precárias e/ou críticas no período de medição, apresentando os valores de tensão e também o instante de medição que foi identificado o registro. À direita são dispostos os valores de medição para as grandezas de potência ativa média, consumo, tensão, corrente e fator de potência médios, bem como a quantidade total de ocorrências precárias e críticas.

Ao lado são informados os índices DRP e DRC baseando-se na porcentagem com relação à quantidade total de amostras, nesse caso sendo de 59 amostras. Se porventura os limites estabelecidos pelo PRODIST forem extrapolados, é atribuída a cor vermelha à célula de valor excedente.

A Fig. 15 apresenta o gráfico da média das tensões eficazes no tempo. Esta leva em consideração as tensões entre fases, junto dos valores limites para consideração de nível de tensão precária e crítica, representados pelas linhas de cor laranja e vermelha, respectivamente. Neste gráfico, pode-se perceber os instantes em que o nível de tensão ultrapassa os limitantes, conforme também apresentado na tabela de ocorrências presente na Fig. 14.

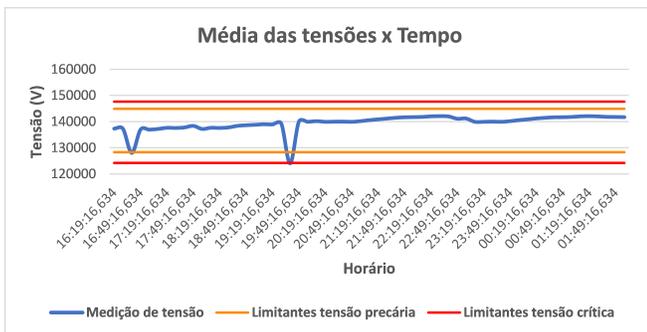


Fig. 15. Gráfico da média das tensões eficazes no tempo com valores limites de tensão.

Também é apresentado graficamente o desequilíbrio de tensão no tempo, através da Fig. 16. O mesmo representa o indicador FD95%, o qual indica a intensidade do desequilíbrio entre as fases analisadas. Nota-se que este apresenta um comportamento e valores abaixo do valor limite de 2,0%, conforme estabelecido pelo PRODIST para a tensão nominal em questão.

Na sequência, é possível observar o gráfico de flutuação de tensão no tempo, conforme a Fig. 17. Este apresenta os valores do indicador P_{st} para a fase selecionada no próprio gráfico, sendo

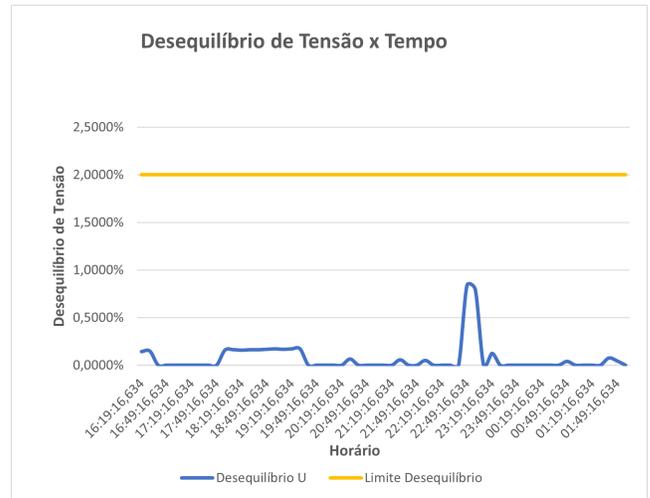


Fig. 16. Gráfico de desequilíbrio de tensão no tempo (indicador FD95%).

determinadas por “PstA”, “PstB” ou “PstC”. Neste também é indicado o valor limite de 2,0% para o nível de tensão, o qual é amplamente respeitado em todo o período de medição avaliado.

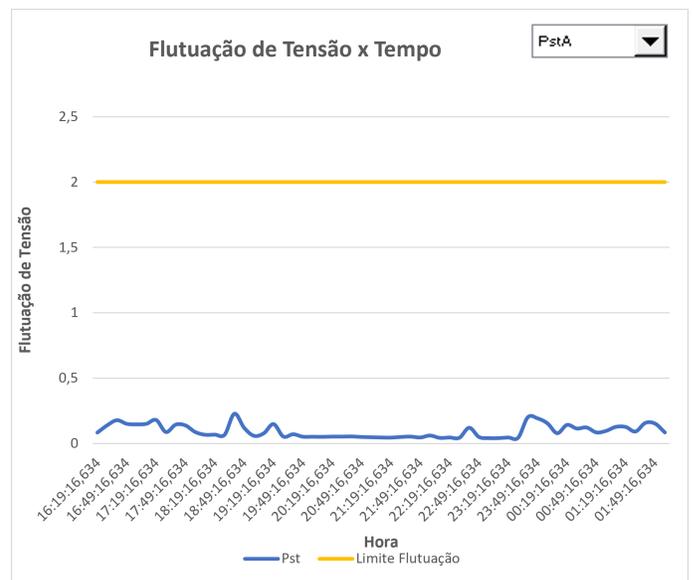
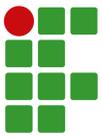


Fig. 17. Gráfico individual de flutuação de tensão no tempo (indicador P_{st}).

Além disso, é apresentando um gráfico composto pelos índices de flutuação de tensão para as três fases, para fins de comparação entre eles, conforme apresentado na Fig. 18.

As distorções harmônicas de tensão são apresentadas de diferentes maneiras através de dois gráficos, bem como as distorções harmônicas de corrente. O gráfico da Fig. 19 apresenta o comportamento das distorções harmônicas totais de tensão (DTT) registradas para o período de medição. Este apresenta as três fases e o limite estabelecido pelo PRODIST, sendo de 5% para este caso, o qual é atendido visto que as



distorções harmônicas medidas estão abaixo de 1%.

De forma análoga, o gráfico da Fig. 20 apresenta o comportamento das distorções harmônicas totais de corrente (DHTI) registradas para o período de medição. Constata-se que não há apresentação de valor limite, uma vez que o PRODIST não o estipula para distorções harmônicas de corrente. Além disso, o objetivo da distribuidora é monitorar a distorção de tensão e não de corrente, visto que ela não tem controle sobre essa grandeza elétrica.

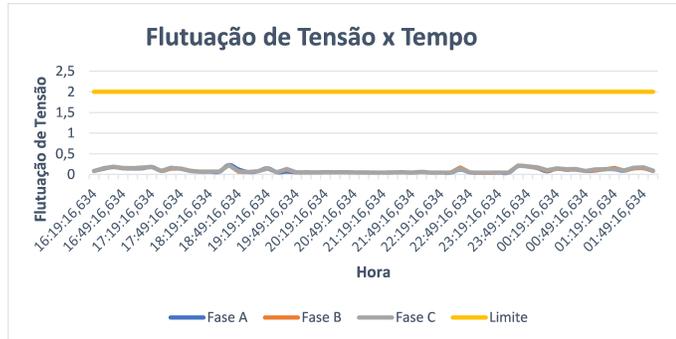


Fig. 18. Gráfico de flutuação de tensão no tempo (Indicador P_{st}) para as três fases.

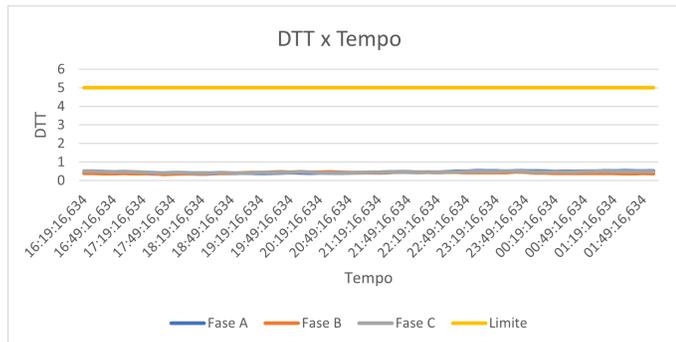


Fig. 19. Gráfico de comportamento das distorções harmônicas totais de tensão para as três fases.

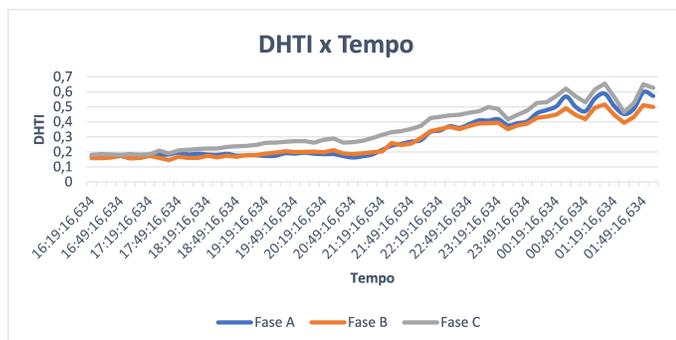


Fig. 20. Gráfico de comportamento das distorções harmônicas totais de corrente para as três fases.

Já a Fig. 21 apresenta a participação das harmônicas de tensão

de ordem 1 a 21 para o intervalo de percentil 95%, ou seja, o maior valor encontrado com exceção dos 5% maiores valores do período medido. Neste gráfico apresentam-se também os valores limites, os quais são respeitados.

De forma semelhante, a Fig. 22 apresenta a participação das harmônicas de corrente de ordem 1 a 21 para o intervalo de percentil 95%. Pode-se notar que as mesmas situam-se em um valor abaixo de 0,2%.

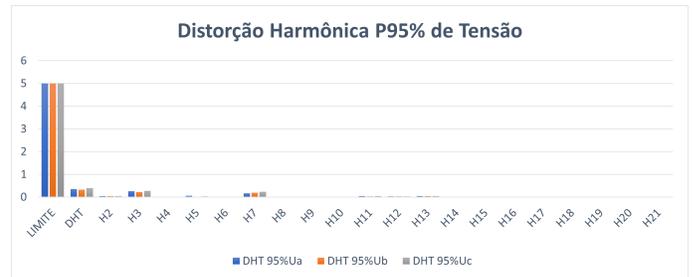


Fig. 21. Gráfico de participações das harmônicas de tensão para o percentil de 95% das medições.

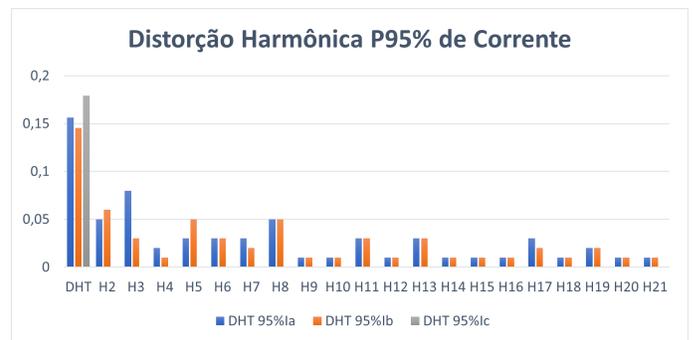


Fig. 22. Gráfico de participações das harmônicas de corrente para o percentil de 95% das medições.

Também são apresentados os valores medidos no tempo para as grandezas de corrente eficaz, potência ativa trifásica, fator de potência e frequência elétrica, conforme apresentado nos gráficos das Figs. 23 à 26.

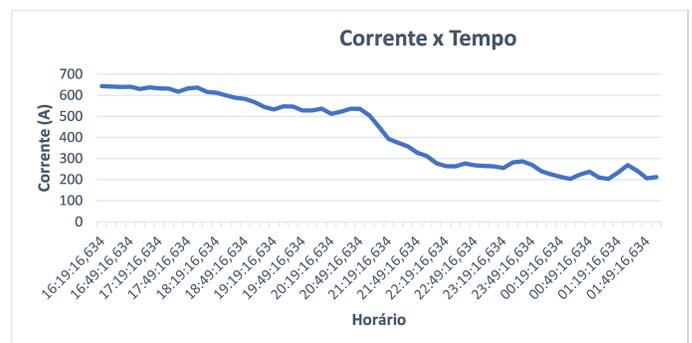


Fig. 23. Gráfico de corrente elétrica eficaz no tempo.

Estas quatro grandezas são apresentadas em um mesmo

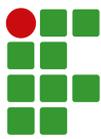


Fig. 24. Gráfico de potência ativa trifásica no tempo.



Fig. 25. Gráfico de fator de potência no tempo.

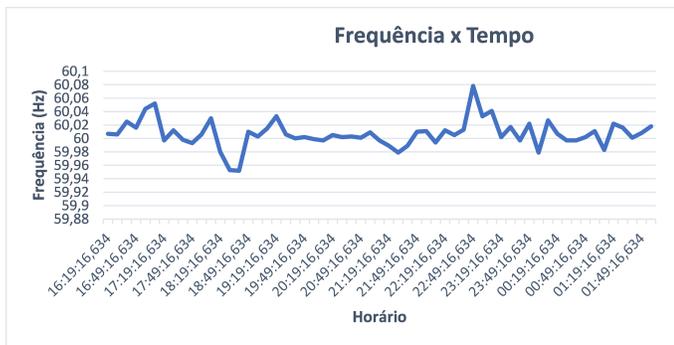


Fig. 26. Gráfico de frequência elétrica no tempo.

gráfico do *dashboard*, onde o usuário é capaz de selecionar qual das grandezas é exibida através de uma caixa de seleção. Enquanto que no relatório, as mesmas são apresentadas individualmente.

Por fim, o modelo de relatório predefinido, o qual se encontra no Anexo 1 deste artigo, apresenta algumas informações sobre as grandezas e definições contempladas no relatório. Bem como informações sobre o analisador de energia utilizado para realização das medições e na sequência dados referentes aos limites estabelecidos pelo PRODIST. Em seguida, são apresentadas as informações obtidas através da ferramenta, como ocorrências precárias e críticas, gráficos das grandezas conforme já apresentados e informações com valores máximos, mínimos e referente ao percentil de 95%.

Assim, na condição de algum valor excedente dos limites estabelecidos pelo PRODIST, essa condição é informada ao usuário e são apresentadas possíveis soluções, as mesmas retratadas na Seção II, subseção C, para o respectivo problema de qualidade da energia elétrica presente no sistema onde foi realizada a medição e utilizada a ferramenta.

V. CONCLUSÃO

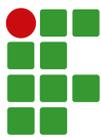
A qualidade da energia elétrica abrange diversos pontos importantes para o consumidor, sendo dividida majoritariamente em qualidade do produto e qualidade do serviço. Apesar da existência de equipamentos capazes de analisarem a energia elétrica, muitas vezes estes não proporcionam uma leitura simples e facilitada dos resultados apresentados. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo o desenvolvimento de uma ferramenta computacional para análise da qualidade da energia elétrica com base em indicadores do PRODIST, a qual foi desenvolvida com o uso da linguagem de programação *Visual Basic for Applications*.

Através da ferramenta é possível gerar relatórios e *dashboards* com informações disponibilizadas de maneira intuitiva, didática e eficiente, permitindo uma visualização mais prática dos dados ao usuário.

A análise é realizada com base em arquivos de medição exportados pelo analisador de energia Fluke 1738. O analisador fornece dados a respeito de diversas grandezas elétricas, tais como: tensão e correntes eficazes, desequilíbrio de tensão, flutuação de tensão, distorções harmônicas de tensão e corrente, potência ativa, fator de potência e frequência elétrica. Dessa maneira, a ferramenta desenvolvida é capaz de disponibilizar as informações do circuito elétrico analisado de maneira direta e de forma organizada.

Além disso, junto da determinação de alguns indicadores de qualidade da energia elétrica, são apresentadas situações em que os valores identificados no circuito medido não atendem aos limites estabelecidos pelo PRODIST. Nesse caso, são disponibilizadas também possíveis soluções ao consumidor, com o propósito de nortear a tomada de decisão para a resolução destes problemas. Além de que a obtenção dos dados das análises do fornecimento de energia permite a assertividade no investimento em recursos que tenham por fim a redução de custos financeiros.

Como sugestões para trabalhos futuros, pode-se desenvolver uma plataforma dedicada através de um *software* individual, onde a importação dos dados e geração de gráficos e relatórios não dependa da plataforma Excel. Além disso, dando ainda mais versatilidade ao sistema e possibilitando análises ainda mais completas. Pode-se também realizar o desenvolvimento de uma ferramenta que realize o mesmo processo para diferentes analisadores de energia, não se prendendo a um único padrão.



VI. AGRADECIMENTOS

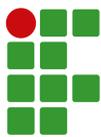
A Deus, pela minha vida e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados durante todos os meus anos de estudos. Aos meus pais, Marilene e Arcangelo, que são a minha maior inspiração, por me incentivarem nos momentos difíceis e sempre acreditarem no meu potencial. Sem vocês a realização desse sonho não seria possível. Ao meu noivo, Douglas, que ao longo desses anos de engenharia me deu não só força, mas apoio e dedicação para vencer essa etapa da vida acadêmica. Sou grata ao IFSC e a todos os professores que contribuíram com a minha trajetória, especialmente ao John Saldanha, responsável pela orientação do meu projeto. Obrigada por sua confiança e dedicação.

REFERÊNCIAS

- [1] ABIMAQ - Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos, “Indústria de máquinas fecha 2021 com alta de 21,6% na receita líquida”, Online; Acesso em 23 de Maio de 2022, 2022, URL: <https://abimaq.org.br/blogmaq/773/industria-de-maquinas-fecha-2021-com-alta-de-216-na-receita-liquida>.
- [2] Empresa de Pesquisa Energética - EPE, “Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica - Janeiro 2022 (Base Dezembro 2021)”, Online; Acesso em 28 de Maio de 2022, 2022, URL: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-153/topico-624/Resenha%20Mensal%20-%20Janeiro%202022%20\(base%20Dezembro\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-153/topico-624/Resenha%20Mensal%20-%20Janeiro%202022%20(base%20Dezembro).pdf).
- [3] L. L. RAVAGNANI, *Sistemas híbridos para mitigação de harmônicos: modelagem e estudos experimentais*, Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, 2008.
- [4] T. E. C. d. OLIVEIRA, *Estudo da Capacidade de Hospedagem de Fontes de Geração Distribuída no Sistema Elétrico de um Campus Universitário*, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Itajubá, 2015.
- [5] D. L. DA SILVA¹, F. J. C. ARAÚJO, “PERTURBAÇÕES EM UMA REDE ELÉTRICA HOSPITALAR”, *Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC*, 2019.
- [6] A. F. d. M. Marques, “Estudo da Qualidade da Energia Elétrica fornecida ao IFBA - Campus de Paulo Afonso”, pp. 1–59, 2018.
- [7] Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, “Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, Módulo 8- Qualidade da Energia Elétrica”, pp. 1–68, 2008.
- [8] HBM, “Definição de um analisador de energia”, Online; Acesso em 29 de Março de 2022, 2022, URL: <https://www.hbm.com/pt/8099/analizador-de-energia-principio-de-operacao/>.
- [9] J. M. d. S. Barbosa, *Analisador de Energia Elétrica*, B.S. thesis, Universidade de Aveiro, 2012.
- [10] Instrutemp, “Analisador de energia: qual a utilidade desse equipamento?”, Online; Acesso em 03 de Abril de 2022, 2022, URL: <https://instrutemp.com.br/analizador-de-energia-qual-a-utilidade-desse-equipamento/analizador-de-energia/:text=0s%20analisadore s%20podem%20ser%20empregados,meio%20do%20analizador%20de%20energia>.
- [11] L. A. N. Sued, “Análise da qualidade de energia em uma unidade industrial”, *Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, 2017.
- [12] P. H. G. Camargo, *Implementação de compensador de reativos para microgeração de energia elétrica usando máquinas assíncronas*, B.S. thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.
- [13] N. J. W., R. S. A., *Circuito Elétricos*, vol. 10, Editora Pearson, 2015.
- [14] C. K. Alexander, M. N. Sadiku, *Fundamentos de circuitos elétricos*, AMGH Editora, 2013.
- [15] I. S. Torres, F. SOUSA, T. V. Ferreira, B. A. Luciano, “Lâmpadas fluorescentes e distorções harmônicas: eficiência energética e qualidade de energia elétrica”, in *Anais do VIII CBQEE-Conferência Brasileira sobre Qualidade de Energia Elétrica*, Blumenau, 2009.
- [16] J. E. Rocha, “Qualidade de Energia Elétrica”, *Universidade Tecnológica Federal do Paraná*, 2016.
- [17] IMSE, “Desequilíbrios de corrente y tensión en sistemas trifásicos”, Online; Acesso em 18 de Junho de 2022, 2020, URL: <http://imseingenieria.blogspot.com/2020/05/desequilibrios-de-corriente-y-tension.html>.
- [18] G. Paulilo, “Capítulo III Desequilíbrios de tensão”, *Revista O Setor Elétrico*, no. 86, pp. 42–48, 2013.
- [19] J. V. Padilla, “Qualidade de energia elétrica”, *O setor Elétrico*, p. 93, 2008.
- [20] USP, “Flutuação de Tensão”, Online; Acesso em 18 de Junho de 2022, 2022, URL: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5787264/mod_esource/content/1/Aula%20%238.pdf.
- [21] A. Frago, M. Z. Fortes, D. A. Moraes, A. P. Lopes, A. M. Pereira, “Análise do Efeito Flicker em Lâmpadas Domésticas do Mercado Brasileiro”, *Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos-SBSE*, vol. 1, no. 1, 2020.
- [22] R. C. Dugan, *Electrical Power Systems Quality*, McGraw Hill, 2012.
- [23] I. Diahovchenko, N. Sushchenko, A. Shulumei, O. Stokin, “Influence of supply voltage and frequency variations on the electrical equipment and power consumption in LV and MV distribution networks”, *Energetika*, vol. 65, no. 4, 2019.



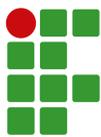
- [24] IFRS - Instituto Federal do Rio Grande do Sul, “Estabilizador de Tensão”, Online; Acesso em 23 de Maio de 2022, URL: <http://eletrotecnica.ibiruba.ifrs.edu.br/index.php/2020/01/16/estabilizador-de-tensao-a-protexao-muitas-vezes-desnecessaria-ou-a-te-inutil/: :text=0s%20estabilizadores%20podem%20ser%20utilizados,constantes%20e%20de%20maiores%20amplitudes>.
- [25] B. A. Ferrari, *Projeto de controlador robusto para rastreamento de tensão aplicado a um restaurador dinâmico de tensão (DVR)*., Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo.
- [26] A. J. C. Madeiras, *Utilização de uma flywheel como sistema de armazenamento de energia para veículos elétricos/híbridos*, Tese de Doutorado, 2015.
- [27] M. A. Kallon, G. N. Nyakoe, C. M. Muriithi, “DSTATCOM Application for Distribution Network Power Quality Enhancement: A Review”, *2021 IEEE PES/IAS PowerAfrica*, pp. 1–5, 2021.
- [28] J. C. S. d. Reis, G. T. Kikuchi, *Banco de Capacitores para Correção de Fator de Potência em Indústria*, Tese de Doutorado, Universidade do Vale do Paraíba, 2015.
- [29] S. Mane, R. Sapat, P. Kor, J. Shelar, R. Kulkarni, J. Mundkar, “Microcontroller based Automatic Power Factor Correction System for Power Quality Improvement”, in *2020 International Conference for Emerging Technology (INCET)*, pp. 1–6, IEEE, 2020.
- [30] B. Theraja, *A textbook of electrical technology*, S. Chand Publishing, 2008.
- [31] A. Merkle, *Análise da qualidade de energia*, Dissertação de Mestrado, Centro Universitário UNIFACVEST, 2018.
- [32] J. Persson, “Comparing harmonics mitigation techniques”, *Comsys AB, Lund*, vol. 6, 2014.
- [33] C. Yung, “Stopping a costly leak: The effects of unbalanced voltage on the life and efficiency of three-phase electric motors”, *US Department of Energy website: http://www.oit.doe.gov/bestpractices/energymatters-wint2005_motors.shtml*, Winter, 2005.
- [34] A. Campos, G. Joos, P. D. Ziogas, J. F. Lindsay, “Analysis and design of a series voltage unbalance compensator based on a three-phase VSI operating with unbalanced switching functions”, *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 9, no. 3, pp. 269–274, 1994.
- [35] A. Von Jouanne, B. Banerjee, “Assessment of voltage unbalance”, *IEEE transactions on power delivery*, vol. 16, no. 4, pp. 782–790, 2001.
- [36] T. J. E. Miller, *et al.*, *Reactive power control in electric systems*, vol. 2, Wiley New York, 1982.
- [37] C. M. d. Sousa Neto, *Estabilizador de sistema de potência para máquinas síncronas de polos salientes utilizando a transformada Wavelet*, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2013.
- [38] J. E. Rocha, “Qualidade de Energia”, *Universidade Tecnológica Federal do Paraná*, 2016.
- [39] P. Kundur, “Power system stability”, *Power system stability and control*, vol. 10, 2007.
- [40] FLUKE, “Registadores de Qualidade de Energia Trifásica Fluke 1736 e 1738”, Online; Acesso em 23 de Maio de 2022, URL: <https://www.fluke.com/pt-br/produto/teste-e-letrico/analísadores-da-qualidade-de-energia/1736-1738>.
- [41] C. Schroeder, J. P. Soler, *Desenvolvimento de ferramenta computacional para análise de qualidade de energia de diferentes medidores de energia*, Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal do Paraná, 2021.



ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau	Relatório de Medição	Data de emissão: 09/07/2022 19:08	Página Página 1 de 27
---	-----------------------------	--	--

Objetivo	Esse tópico deve ser preenchido pelo usuário. O mesmo deve informar o que foi medido e o objetivo do relatório de medição.
Autor	Este tópico deve ser preenchido com o nome do usuário.

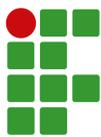


ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau	<h2>Relatório de Medição</h2>	Data de emissão: 09/07/2022 19:08	Página Página 2 de 27
---	-------------------------------	--	--

Sumário

1. INTRODUÇÃO	3
2. MEDIDOR DE ENERGIA UTILIZADO	4
3. LIMITES PARA TRANSGRESSÕES DE TENSÃO CRÍTICA E PRECÁRIA	5
4. LIMITES PARA O DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO	7
5. LIMITES PARA A FLUTUAÇÃO DE TENSÃO	8
6. LIMITES PARA AS DISTORÇÕES HARMÔNICAS	9
7. MEDIÇÕES	12
7.1 Período de monitoramento	12
7.1.1 Tensões Eficazes	12
7.1.2 Desequilíbrio de tensão	14
7.1.3 Flutuação de tensão	15
7.1.4 Distorções Harmônicas totais de tensão	16
7.1.5 Correntes Eficazes	17
7.1.6 Distorções Harmônicas Totais de Corrente	18
7.1.7 Análise das Potências	19
7.1.7.1 Potência Ativa	19
7.1.7.2 Fator de Potência	20
7.1.8 Frequência Elétrica	21
8 CONCLUSÕES	22
8.1 Possibilidades de Melhorias	22
8.2 Avaliação Geral	27



ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 <p>INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau</p>	<h1>Relatório de Medição</h1>	Data de emissão: 09/07/2022 19:08	Página Página 3 de 27
---	-------------------------------	--	--

1. INTRODUÇÃO

As grandezas a serem explanadas ao longo desse relatório, são:

- Tensões e correntes eficazes;
- Desequilíbrio de tensão;
- Flutuação de tensão;
- Distorções harmônicas totais de tensão e corrente;
- Potência ativa e fator de potência;
- Frequência elétrica.

São extraídos valores máximos, mínimos, P95% e médios para os perfis apresentados, sendo estes:

- Valor máximo: referente ao maior registro encontrado durante o período de monitoração;
- Valor mínimo: referente ao menor registro encontrado durante o período de monitoração;
- P95%: referente ao valor máximo encontrado durante o período de monitoração, exceto para 5% dos maiores valores;
- Valor médio: referente ao valor médio encontrado durante o período de monitoração.

Os resultados obtidos e analisados ao longo deste relatório estão em conformidade com os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, Revisão 12, aprovada pela Resolução Normativa ANEEL N° 863, de 11 de Janeiro de 2022.

ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 <p>INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau</p>	<h2>Relatório de Medição</h2>	Data de emissão: 09/07/2022 19:08	Página Página 4 de 27
---	-------------------------------	--	--

2. MEDIDOR DE ENERGIA UTILIZADO

Para a obtenção de dados trifásicos em uma rede elétrica, utilizou-se o analisador de qualidade da energia Fluke 1738, conforme apresentado na Figura 1. Essa escolha foi realizada pelo fato do equipamento possuir uma interface do usuário otimizada, sondas de corrente flexíveis e uma função de verificação de medição inteligente. Dessa forma, permitindo reduzir erros e incertezas da medição.

Além disso, a alimentação do instrumento é feita de forma prática, diretamente no circuito medido. Ainda, esse registrador de energia permite capturar e registrar automaticamente mais de 500 parâmetros, além de acessar os dados remotamente por meio do aplicativo Fluke Connect®, possibilitando manter distâncias de trabalho mais seguras.



Figura 1: Medidor de energia Fluke 1738 (Fluke, 2022).

ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 <p>INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau</p>	<h2>Relatório de Medição</h2>	<p>Data de emissão: 09/07/2022 19:08</p>	<p>Página Página 5 de 27</p>
---	-------------------------------	---	---

3. LIMITES PARA TRANSGRESSÕES DE TENSÃO CRÍTICA E PRECÁRIA

As variações de tensão em regime permanente são caracterizadas como desvios no valor eficaz da tensão (SUED, 2017). Esses desvios estão relacionados, entre outros, pelo comportamento da curva de carga dos consumidores.

O módulo 8 do PRODIST estabelece uma faixa de tensão normatizada que difere os seus valores a depender da tensão nominal contratada. Dessa forma, quando uma tensão ultrapassa tanto de forma superior ou inferior essa faixa de referência considerada como tensão adequada, torna-se uma tensão precária e em casos graves é considerada como tensão crítica, conforme observado na Figura 2.

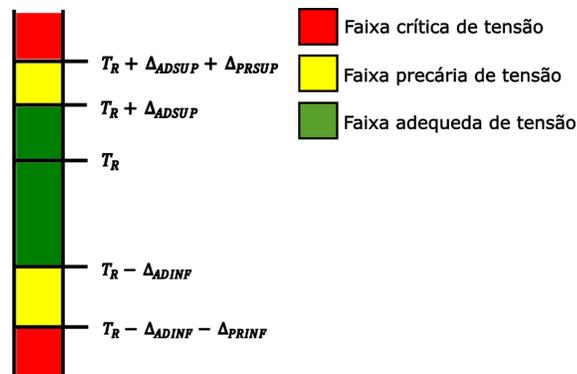
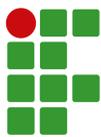


Figura 2: Faixas de Tensão em Relação à de Referência.

Os valores para classificação do nível e tensão são apresentados na Tabela 1, variando conforme a sua tensão de referência.

Tensão de Referência ≥ 230 kV	Distorção Harmônica Total de Tensão [pu]
Adequada	$0,95 \leq TL \leq 1,05$
Precária	$0,93 \leq T < 0,95$ ou $1,05 < TL \leq 1,07$
Crítica	$TL < 0,93$ ou $TL > 1,07$



ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau	<h2>Relatório de Medição</h2>	Data de emissão:	Página
		09/07/2022 19:08	Página 6 de 27

69 kV ≤ Tensão de Referência < 230 kV	
Adequada	0,95 ≤ TL ≤ 1,05
Precária	0,90 ≤ TL < 0,95 ou 1,05 < TL ≤ 1,07
Crítica	TL < 0,90 ou TL > 1,07
2,3 kV ≤ Tensão de Referência < 69 kV	
Adequada	0,93 ≤ TL ≤ 1,05
Precária	0,90 ≤ TL < 0,93
Crítica	TL < 0,90 ou TL > 1,05
Tensão de Referência 220 V	Distorção Harmônica Total de Tensão [V]
Adequada	202 ≤ TL ≤ 231
Precária	191 ≤ TL < 202 ou 231 < TL ≤ 233
Crítica	TL < 191 ou TL > 233

Tabela 1: Valores de referência globais do desequilíbrio de tensão baseado na fundamental.

De acordo com PRODIST, é necessário um registro de 1008 leituras válidas em intervalos consecutivos (período de integralização) de 10 minutos para que sejam obtidos resultados válidos. Dessa forma, é possível calcular os indicadores avaliativos de duração relativa da transgressão para tensão precária (DRP) e tensão crítica (DRC). O cálculo da duração de transgressão de tensão precária (DRP) é realizado conforme:

$$DRP = \frac{nlp}{1008} \cdot 100 [\%]$$

Já para o cálculo da transgressão de tensão crítica (DRC) pode-se levar em consideração o mesmo critério adotado para a tensão precária, no entanto deve-se considerar os valores dentro da faixa crítica, conforme:

$$DRC = \frac{nlc}{1008} \cdot 100 [\%]$$

Onde *nlp* e *nlc* representam o maior valor entre as fases do número de leituras situadas nas faixas precária e crítica, respectivamente.

ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 <p>INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau</p>	<h2>Relatório de Medição</h2>	<p>Data de emissão: 09/07/2022 19:08</p>	<p>Página Página 7 de 27</p>
---	-------------------------------	---	---

Para esses indicadores, o módulo 8 do PRODIST estabelece um limite aceitável para transgressões precárias de 3% e para as transgressões críticas de 0,5%. Caso a medição ultrapasse esses valores, o consumidor pode ser compensado pela concessionária, enquanto os indicadores se mantiverem abaixo do limite permitido.

4. LIMITES PARA O DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO

O desequilíbrio de tensão em um sistema elétrico é uma condição na qual as três fases apresentam diferentes valores de tensão, sendo em módulo e/ou defasagem angular entre fases diferente de 120° elétricos, conforme pode ser observado na Figura 3, a diferença entre um sistema equilibrado e um desequilibrado.

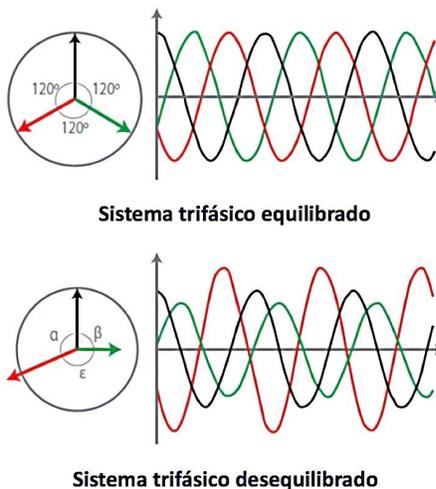
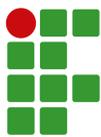


Figura 3: Desequilíbrio de tensão em sistemas trifásicos.

Para o sistema de distribuição, os valores máximos aceitáveis para o percentual de desequilíbrio são divididos em tensões inferiores e superiores a 2,3 kV como é demonstrado na Tabela 2.



ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau	<h2>Relatório de Medição</h2>	Data de emissão:	Página
		09/07/2022 19:08	Página 8 de 27

Tensão Nominal do Barramento	Desequilíbrio de Tensão [%]
$V_N \leq 2,3 \text{ kV}$	3,0
$2,3 \text{ kV} < V_N \leq 230 \text{ kV}$	2,0

Tabela 2: Valores de referência globais do desequilíbrio de tensão (em porcentagem da tensão fundamental).

Originalmente, o cálculo do fator de desequilíbrio de tensão FD , se dá através dos valores das magnitudes de tensão da sequência negativa e positiva. Contudo, esses dados não são disponibilizados pelos medidores de energia convencionais. De forma alternativa, para cálculo do fator de desequilíbrio de tensão, utiliza-se:

$$FD\% = 100 * \frac{\sqrt{1 - \sqrt{3 - 6\beta}}}{\sqrt{1 + \sqrt{3 - 6\beta}}}$$

Onde FD é o fator de desequilíbrio de tensão; V_{nm} a tensão entre as fases n e m ; e β o fator de desbalanceamento. No qual o valor de β é obtido através de:

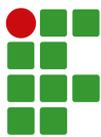
$$\beta = \frac{V_{ab}^4 + V_{bc}^4 + V_{ca}^4}{(V_{ab}^2 + V_{bc}^2 + V_{ca}^2)^2}$$

Sendo V_{ab} , V_{bc} e V_{ca} as magnitudes das tensões eficazes de linha na frequência fundamental.

5. LIMITES PARA A FLUTUAÇÃO DE TENSÃO

As flutuações de tensão são consideradas variações sistemáticas no perfil da tensão ou uma série de variações aleatórias da magnitude da tensão, onde na maioria dos casos, não excedem o limite especificado de 95% até 105%.

Dessa maneira, os indicadores de flutuação de tensão são: o P_{st} , que representa a severidade dos níveis de cintilação luminosa, os quais estão associados à flutuação de tensão verificada em um período contínuo de 10 minutos; o P_{lt} , que representa o



ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 <p>INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau</p>	<h2>Relatório de Medição</h2>	<p>Data de emissão: 09/07/2022 19:08</p>	<p>Página Página 9 de 27</p>
---	-------------------------------	---	---

mesmo que o anterior, porém em um período de 2 horas; e o $P_{st}95\%$, que representa o valor do indicador P_{st} que foi superado em apenas 5% das 1008 leituras válidas.

Sendo assim, o cálculo do indicador P_{st} pode ser realizado conforme:

$$P_{st} = \sqrt{0,0314P_{0,1} + 0,0525P_1 + 0,0657P_3 + 0,28P_{10} + 0,08P_{50}}$$

Onde P_i ($i = 0,1; 1; 3; 10; 50$), corresponde ao nível de flutuação de tensão que foi ultrapassado durante $i\%$ do tempo, obtido a partir da função de distribuição acumulada complementar.

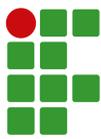
A Tabela 3 fornece os limites a serem utilizados para a avaliação do desempenho do sistema de distribuição quanto às flutuações de tensão.

Tensão Nominal do Barramento	Limite para flutuação de tensão [pu]
VN ≤ 2,3 kV	1
2,3 kV < VN ≤ 69 kV	1,5
69 kV < VN ≤ 230 kV	2

Tabela 3: Limites para flutuação de tensão de acordo com o valor da tensão nominal.

6. LIMITES PARA AS DISTORÇÕES HARMÔNICAS

As distorções harmônicas são fenômenos relacionados com deformações periódicas nas formas de onda das tensões e correntes em relação à onda senoidal da frequência fundamental. Na Figura 4, pode-se observar um gráfico ilustrativo da influência das harmônicas na onda fundamental, na qual a onda resultante é o somatório da onda fundamental e das harmônicas que a compõem.



ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau	<h2>Relatório de Medição</h2>	Data de emissão: 09/07/2022 19:08	Página Página 10 de 27

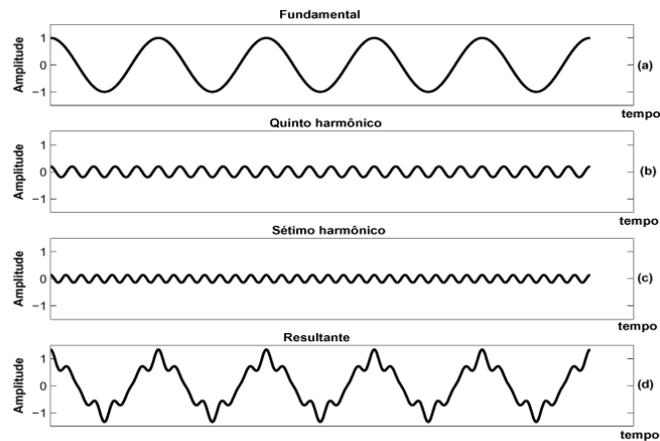
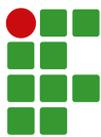


Figura 4: Influência das distorções harmônicas.

De acordo com o Módulo 8 do PRODIST, existem diferentes indicadores para classificar as distorções harmônicas de tensão, dispostos na Tabela 4:

Descrição	Símbolo
Distorção harmônica individual de tensão de ordem h	$DTT_h\%$
Distorção harmônica total de tensão	$DTT\%$
Distorção harmônica total de tensão para as componentes pares não múltiplas de 3	$DTT_p\%$
Distorção harmônica total de tensão para as componentes ímpares não múltiplas de 3	$DTT_i\%$
Distorção harmônica total de tensão para as componentes múltiplas de 3	$DTT_3\%$
Valor do indicador $DTT\%$ que foi superado em apenas 5% das 1.008 leituras válidas	$DTT_{95\%}$
Valor do indicador $DTT_p\%$ que foi superado em apenas 5% das 1.008 leituras válidas	$DTT_{p,95\%}$
Valor do indicador $DTT_i\%$ que foi superado em apenas 5% das 1.008 leituras válidas	$DTT_{i,95\%}$
Valor do indicador $DTT_3\%$ que foi superado em apenas 5% das 1.008 leituras válidas	$DTT_{3,95\%}$

Tabela 4: Valores de referência globais das distorções harmônicas totais (em porcentagem da tensão fundamental).



ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau	<h2>Relatório de Medição</h2>	Data de emissão: 09/07/2022 19:08	Página Página 11 de 27
---	-------------------------------	--	--

Neste relatório de medição, serão apresentados os valores para distorções harmônicas totais de tensão e também para o percentil de 95%, sendo representadas pelos indicadores $DTT\%$ e $DTT95\%$.

Dessa forma, de acordo com o PRODIST, a tensão de referência para a análise das distorções harmônicas é a tensão nominal do barramento, devendo-se então considerar a tensão de fornecimento para estas análises. Assim, a Tabela 5 apresenta os valores limites de distorções harmônicas totais de tensão para o indicador $DTT95\%$.

Tensão Nominal	Distorção Harmônica Total de Tensão [%]
$V_N < 2,3 \text{ kV}$	10
$2,3 \text{ kV} \leq V_N < 69 \text{ kV}$	8
$69 \text{ kV} \leq V_N < 230 \text{ kV}$	6

Tabela 5: Valores de referência globais das distorções harmônicas totais (em porcentagem da tensão fundamental).

Os níveis de distorção total e individual de tensão são calculados conforme as equações abaixo, conforme o PRODIST:

$$DTT\% = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} V_h^2}}{V_1} \times 100[\%]$$

$$DIT_h\% = \frac{V_h}{V_1} \times 100[\%]$$

Onde:

$DTT\%$: distorção harmônica total de tensão;

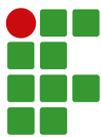
$DIT_h\%$: distorção harmônica individual de tensão de ordem h ;

V_h : tensão harmônica de ordem h ;

h : ordem harmônicas (de 2 até h_{max} no caso da distorção harmônica total);

V_1 : tensão fundamental medida.

Para realização do cálculo das distorções harmônicas de corrente, são utilizadas as mesmas equações de forma semelhante, substituindo as tensões pelas respectivas



ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 <p>INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau</p>	<h1>Relatório de Medição</h1>	Data de emissão: 09/07/2022 19:08	Página Página 12 de 27
---	-------------------------------	--	--

correntes. Contudo, ressalta-se que o documento do PRODIST não faz menção ou apresenta níveis de referências para as distorções harmônicas totais ou individuais de corrente.

7. MEDIÇÕES

Uma vez apresentadas as grandezas a serem mensuradas e analisadas, bem como os limites estabelecidos pelo órgão de monitoração da qualidade da energia elétrica, são apresentados neste capítulo os resultados das medições.

Para isso, são apresentados os dados de medição, bem como gráficos e valores médios, máximos, mínimos e referentes ao percentil de 95% para as grandezas elétricas monitoradas. Estas correspondem à valores eficazes de tensão e corrente,

As grandezas elétricas monitoradas correspondem aos valores eficazes da tensão, corrente, potência ativa, fator de potência, além das distorções harmônicas de tensão e corrente, flutuação de tensão, desequilíbrio de tensão e índices DRP e DRC.

7.1 Período de monitoramento

O monitoramento se deu ao longo de um período de aproximadamente 9:40 horas, através de amostras com um intervalo de integração de 10 minutos.

7.1.1 Tensões Eficazes

A Figura 5 apresenta o comportamento da média das tensões eficazes registradas para o período, levando em consideração tensões fase-fase.

ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau	<h2>Relatório de Medição</h2>	Data de emissão:	Página
		09/07/2022 19:08	Página 13 de 27

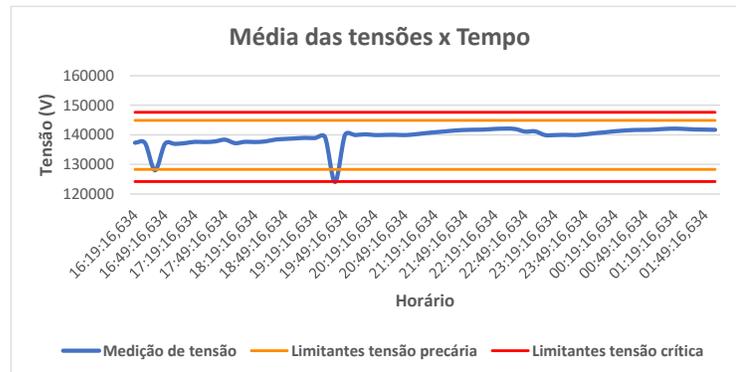


Figura 5: Gráfico das tensões eficazes no tempo.

A Tabela 6, apresenta as ocorrências e índices DRP e DRC em todo período de monitoração.

Ocorrências Precárias:		Ocorrências Críticas:		
Tensão (V)	Registro	Tensão (V)	Registro	
127998,55467934	16:39:16,634	123997,517313856	19:39:16,634	
				Índice DRP total
				1,69%
				Índice DRC total
				1,69%

Tabela 6: Ocorrências e índices DRP e DRC.

ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau	<h2>Relatório de Medição</h2>	Data de emissão: 09/07/2022 19:08	Página Página 14 de 27
---	-------------------------------	--	----------------------------------

7.1.2 Desequilíbrio de tensão

A Figura 6 representa o comportamento do desequilíbrio de tensão calculado a partir das tensões de fase registradas durante o período de medição.

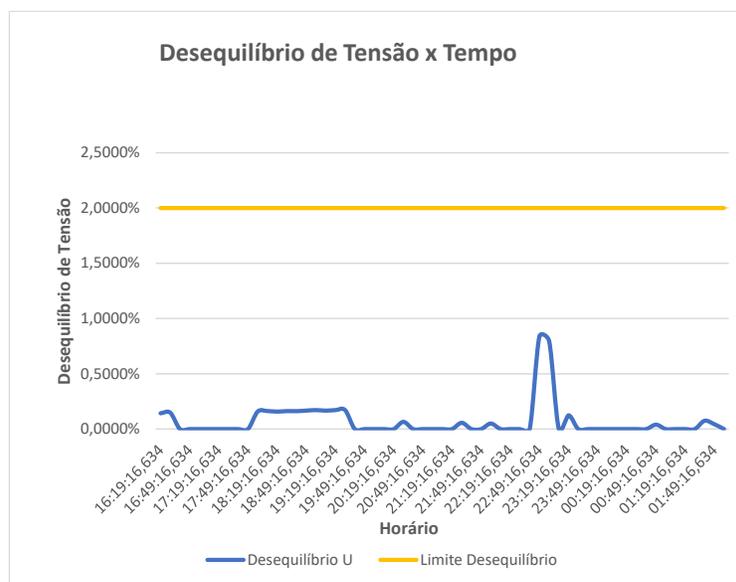
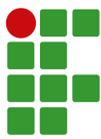


Figura 6: Gráfico do desequilíbrio entre as tensões das fases no tempo.

Na Tabela 7, encontram-se os principais valores de desequilíbrio de tensão analisados durante o período.

Desequilíbrio de tensão [%]	
Máximo	0,84
Mínimo	0
P95%	2,1

Tabela 7: Valores máximos, mínimos e P95% do desequilíbrio entre as tensões durante o período de medição.



ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau	<h2>Relatório de Medição</h2>	Data de emissão:	Página
		09/07/2022 19:08	Página 15 de 27

7.1.3 Flutuação de tensão

A Figura 7 representa o comportamento das flutuações de tensão registradas durante o período de medição.

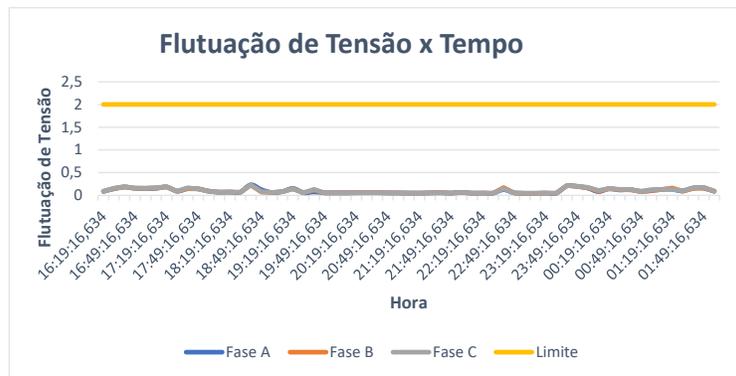


Figura 7: Gráfico de flutuação de tensão no tempo.

Na Tabela 8, encontram-se os principais valores da flutuação de tensão analisados durante o período.

Flutuação de tensão			
Indicadores	Fase “a”	Fase “b”	Fase “c”
Máximo	0,229	0,226	0,229
Mínimo	0,041	0,041	0,043
P95%	0,193	0,193	0,2

Tabela 8: Valores máximos, mínimos e P95% da flutuação de tensão registrados durante o período de medição.

ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau	<h2>Relatório de Medição</h2>	Data de emissão: 09/07/2022 19:08	Página Página 16 de 27
---	-------------------------------	--	--

7.1.4 Distorções Harmônicas totais de tensão

A Figura 8 apresenta o comportamento das distorções harmônicas totais de tensão registradas para o período de medição.

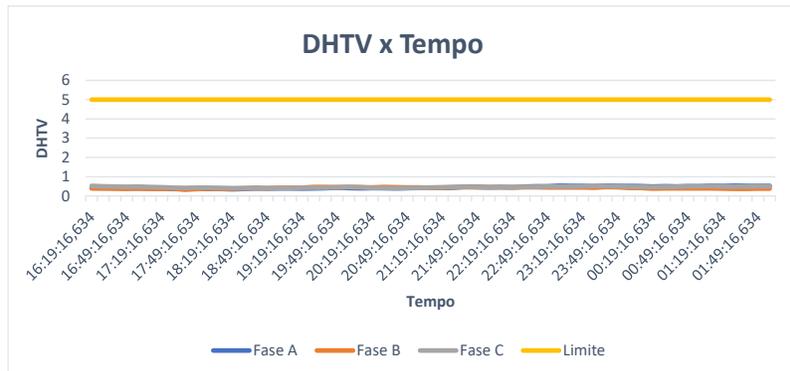


Figura 8: Gráfico das distorções harmônicas totais das tensões.

Na Tabela 9, diferentemente do que se encontra no PRODIST, foi o utilizado o termo DHTV para especificar as distorções harmônicas totais de tensão. Esta substituição justifica-se principalmente por ser uma nomenclatura mais usual. Então, DHTV representa o DTT do PRODIST.

DHTV	DHTV _A [%]	DHTV _B [%]	DHTV _C [%]
Máximo	0,527	0,465	0,519
Mínimo	0,351	0,325	0,399
P95%	5,1	0,464	0,508

Tabela 9: Valores máximos, mínimos e P95% das distorções totais das tensões durante o período de medição.

A Figura 9 representa a participação das harmônicas 1 a 21 para o momento de P95%.

ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

	<h2>Relatório de Medição</h2>	Data de emissão: 09/07/2022 19:08	Página Página 17 de 27

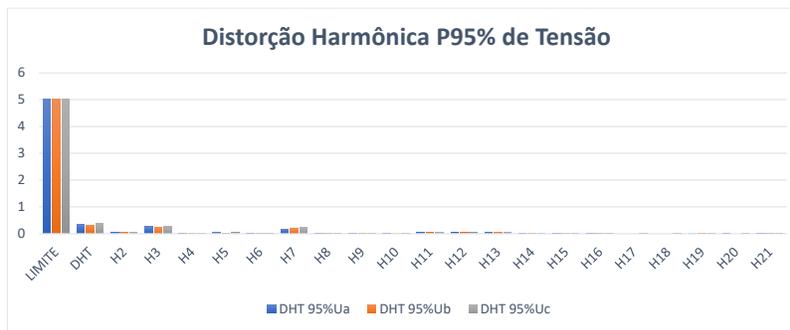


Figura 9: Participações das harmônicas de tensão para o percentil de 95%.

7.1.5 Correntes Eficazes

A Figura 10 apresenta o comportamento das correntes eficazes registradas para o período de medição.

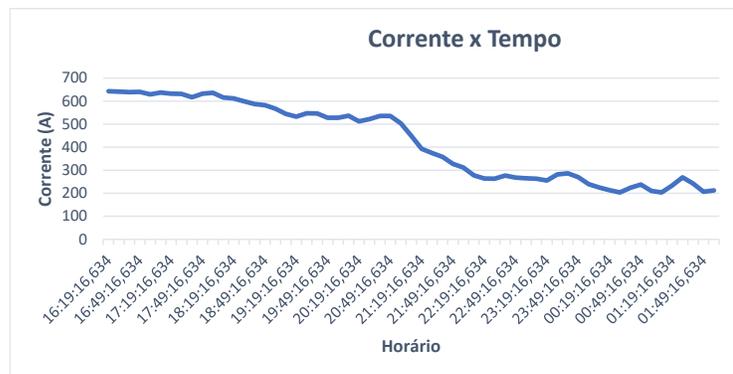
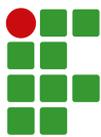


Figura 10: Gráfico das correntes eficazes no tempo.

A Tabela 10 abaixo sintetiza as principais informações da monitoração, como os valores máximos, mínimos e médios das correntes eficazes encontradas para cada fase monitorada. Vale comentar que para o cálculo das correntes mínimas e médias foram expurgados todos os pontos onde a corrente foi nula.



ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau	<h2>Relatório de Medição</h2>	Data de emissão:	Página
		09/07/2022 19:08	Página 18 de 27

I _{RMS}	I _A	I _B	I _C
Máximo	645,75 A	645,75 A	645,75 A
Mínimo	203,75 A	203,75 A	203,75 A
Médio	425,71 A	425,71 A	425,71 A

Tabela 10: Valores máximos, mínimos e médio das correntes eficazes durante o período de medição.

7.1.6 Distorções Harmônicas Totais de Corrente

A Figura 11 apresenta o comportamento das distorções harmônicas totais de corrente registradas no período de medição.

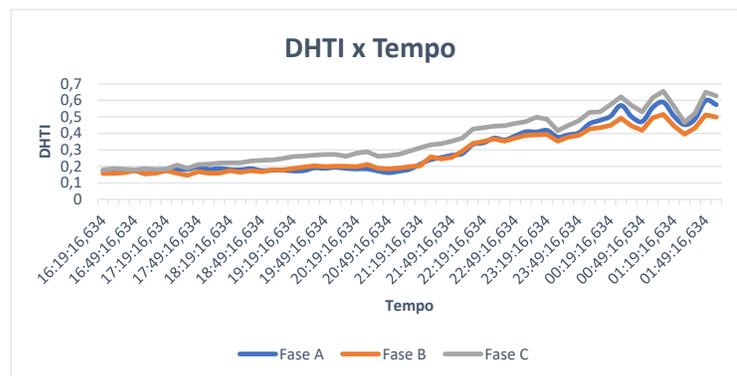
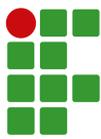


Figura 11: Gráfico das distorções harmônicas totais de corrente.

A Tabela 11 resume as distorções harmônicas totais durante período de medição.



ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau	<h2>Relatório de Medição</h2>	Data de emissão:	Página
		09/07/2022 19:08	Página 19 de 27

DHTI	DHTI _A [%]	DHTI _B [%]	DHTI _C [%]
Máximo	0,598	0,515	0,655
Mínimo	0,157	0,146	0,179
P95%	0,573	0,499	0,627

Tabela 11: Valores máximos, mínimos e P95% das distorções totais de corrente durante o período de medição.

A Figura 12 representa a participação das harmônicas 1 a 21 para o momento de P95%.

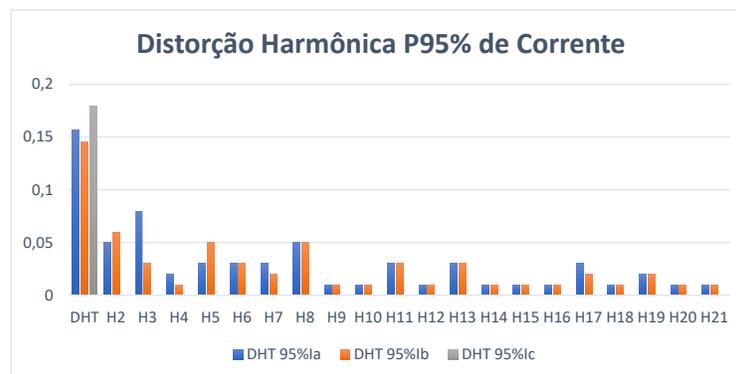
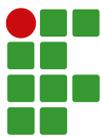


Figura 12: Participações das harmônicas de corrente para o percentil de 95%.

7.1.7 Análise das Potências

7.1.7.1 Potência Ativa

Através da Figura 13 pode-se observar o comportamento da potência ativa trifásica durante o período da medição. Além disso, na Tabela 12 são apresentados os principais dados do comportamento da potência ativa, como os valores máximos, mínimos, P95% e médios das potências ativas.



ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau	<h2>Relatório de Medição</h2>	Data de emissão: 09/07/2022 19:08	Página Página 20 de 27
---	-------------------------------	--	----------------------------------

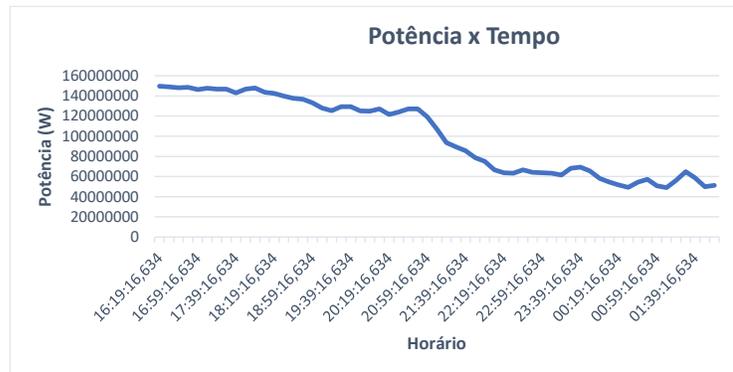


Figura 13: Gráfico de comportamento da potência ativa trifásica no tempo.

P	P _{3φ} [kW]
Máximo	149,7 MW
Mínimo	48,9 MW
P95%	148,5 MW
Médio	100,215 MW

Tabela 12: Valores máximos, mínimos, P95% e médios das potências ativas durante o período de medição.

7.1.7.2 Fator de Potência

Por meio da Figura 14 é possível verificar o comportamento do fator de potência.

ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau	<h2>Relatório de Medição</h2>	Data de emissão: 09/07/2022 19:08	Página Página 21 de 27
---	-------------------------------	--	----------------------------------



Figura 14: Gráfico de comportamento do fator de potência trifásico no tempo.

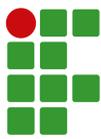
E através da Tabela 13 pode-se verificar de forma mais precisa os valores máximos e mínimos do fator de potência.

FP	FP _{3φ}
Máximo	0,98
Mínimo	0,91

Tabela 4 Valores máximos, mínimos do fator de potência durante o período de medição.

7.1.8 Frequência Elétrica

A Figura 15 apresenta o comportamento da frequência elétrica ao longo do período de medição.



ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau	<h2>Relatório de Medição</h2>	Data de emissão:	Página
		09/07/2022 19:08	Página 22 de 27

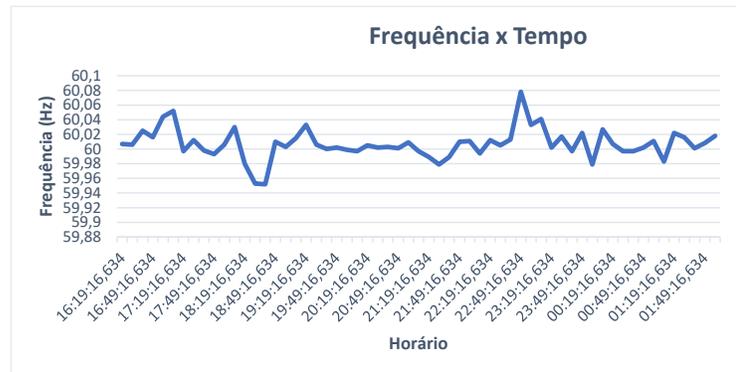


Figura 15: Gráfico de comportamento da frequência elétrica no tempo.

Através da Tabela 14 pode-se verificar de forma mais precisa os valores máximos e mínimos para a frequência elétrica.

Frequência elétrica [Hz]	
Máximo	60,11
Mínimo	59,952

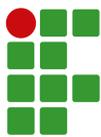
Tabela 5 Valores máximos, mínimos do fator de potência durante o período de medição.

8 CONCLUSÕES

8.1 Possibilidades de Melhorias

8.1.1 Correção do Fator de Potência

Foi identificada uma medição de fator de potência abaixo de 0,92, valor este que implica na Cobrança de Consumo de Energia Reativa Excedente, conforme definido pela ANEEL. Além disso, pode estar sendo prejudicial para o(s) equipamento(s) elétrico(s) a qual se aplica a medição, visto o baixo aproveitamento da energia.



ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 <p>INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau</p>	<h1>Relatório de Medição</h1>	Data de emissão: 09/07/2022 19:08	Página Página 23 de 27
--	-------------------------------	--	----------------------------------

Para ter o controle do fator de potência podem ser utilizados bancos de capacitores, pois quando empregados de maneira correta, os mesmos mantêm o valor do fator de potência dentro dos limites estabelecidos pela concessionária. Uma vez que o capacitor gera o reativo que é consumido pelas cargas indutivas, diminuindo a corrente eficaz que circula entre a concessionária e o consumidor.

Outra maneira de corrigir o fator de potência seria através de um motor síncrono trifásico, superexcitado e funcionando sem carga. Essa configuração é conhecida como condensador síncrono e pode operar sob fator de potência adiantado, atrasado ou unitário. Dessa forma, quando o motor síncrono funciona em situação de sobreexcitação, a corrente principal é extraída da fonte, eliminando o componente e conseqüentemente melhorando o fator de potência. No entanto, é uma técnica mais avançada e possui alto custo, geralmente usada em grandes indústrias.

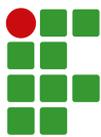
O último método seria usando um excitador CA, também conhecido como adiantador de fase. No entanto, esse equipamento só pode ser utilizado em motores de indução, pois os enrolamentos do estator consomem corrente de excitação, a qual se encontra atrasada 90° em relação à tensão de alimentação. Sendo assim, o excitador CA é montado no eixo do rotor do motor e conectado ao circuito do rotor. Através disso, é fornecida força magnetomotriz extra para o motor durante o período de partida ou de baixa carga, tendo como resultado a melhora do fator de potência.

8.1.2 Possíveis soluções para variações de tensão em regime permanente

Foi identificada a existência de ocorrências de variação de tensão, as quais ultrapassam os limites estabelecidos pelo PRODIST, sendo de 3% para ocorrências precárias e 0,5% para ocorrências críticas.

Dessa maneira, em caso das variações serem originadas no sistema de fornecimento de energia, esteja ciente que a distribuidora deve compensar as unidades consumidoras submetidas a estas transgressões de tensão.

Com objetivo de averiguar a solução correta para problemas de variação de tensão, primeiramente deve-se verificar se a causa está localizada no sistema de distribuição ou no sistema elétrico da instalação em questão. Caso seja identificado que o problema está no sistema de distribuição, a responsabilidade é da concessionária. Caso contrário, devem ser feitos testes e medições para identificar a causa do problema.



ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 <p>INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau</p>	<h1>Relatório de Medição</h1>	Data de emissão: 09/07/2022 19:08	Página Página 24 de 27
---	-------------------------------	--	--

Para esse tipo de perturbação, existem alguns dispositivos capazes de proteger equipamentos eletrônicos de eventuais danos, como por exemplo, estabilizadores e nobreaks, utilizados na maioria das vezes em sistemas de baixa tensão. Por sua vez, o estabilizador busca somente regular a tensão às variações da rede elétrica, mantendo a saída o mais estável possível. Já o nobreak tem adicionada a função de manter um equipamento funcionando por um tempo limitado quando ocorre uma falta de energia, utilizando para isso baterias, internas e/ou externas.

Outra possível solução seria através da instalação de restauradores dinâmicos de tensão, ou ainda Dynamic Voltage Regulator (DVR). Basicamente, o funcionamento do DVR consiste em injetar na rede tensões de correção com o propósito de anular o afundamento ou a elevação da tensão aplicada à carga.

De forma similar, pode ser utilizado o sistema Flywheel, quando necessária uma alimentação durante um curto período de tempo. O princípio de funcionamento desse sistema é baseado na rotação de uma massa operando com elevado momento de inércia, assim acumulando energia cinética referente à sua rotação e convertendo esta energia cinética em energia elétrica por meio de um gerador elétrico.

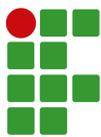
Ainda, outro equipamento que pode ser utilizado em sistemas de distribuição é o Compensador Estático de Distribuição, ou ainda Distribution Static Compensator (DSTATCOM). O mesmo é capaz de proporcionar a redução de afundamentos de tensão, realizando o controle da tensão de barramento através da injeção ou absorção de potência reativa.

8.1.3 Possíveis soluções para distorções harmônicas

Foi identificada a existência de distorções harmônicas totais de tensão superiores aos limites estabelecidos pelo PRODIST.

Uma forma de resolver problemas com harmônicas seria atuando no dimensionamento correto dos equipamentos. Levando em consideração que os efeitos negativos das correntes harmônicas aumentam com a impedância cumulativa de cabos e fontes, uma alternativa é limitar a impedância total, reduzindo a distorção da tensão e também o aumento da temperatura. Isso pode ser realizado através do aumento das potências nominais de fontes e/ou a seção transversal dos cabos.

Outro método seria utilizando filtros ativos, os quais funcionam medindo a corrente de carga, analisando as harmônicas e, em seguida, injetando harmônicas de



ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 <p>INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau</p>	<h1>Relatório de Medição</h1>	Data de emissão: 09/07/2022 19:08	Página Página 25 de 27
---	-------------------------------	--	--

contrafase para cancelar as harmônicas indesejadas. A possibilidade de ser uma solução de tamanho reduzido e que atende uma finalidade específica é a maior vantagem dessa configuração.

Diferente dos filtros ativos, os filtros passivos são sintonizados para a frequência da ordem harmônica que necessita ser eliminada. Eles são uma opção de baixo custo, no entanto, têm um baixo fator de potência em cargas parciais e, portanto, correm o risco de causar ressonâncias dentro da rede.

8.1.4 Possíveis soluções para desequilíbrio de tensão

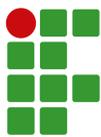
Foram identificadas medições de desequilíbrio de tensão, onde o indicador FD95% ultrapassa os limites estabelecidos pelo PRODIST. De forma a solucionar os efeitos do desequilíbrio de tensão, podem ser realizadas ações para redistribuir as cargas do sistema elétrico para torná-lo mais equilibrado. Em outras palavras, as cargas monofásicas devem ser uniformemente distribuídas no sistema trifásico.

A compensação de desbalanceamento no sistema elétrico de potência também pode ser obtida por meio de filtros de potência passivos. Estes equilibram a impedância da carga realizando o balanceamento da corrente através da adição de elementos reativos em paralelo à carga.

Outra maneira é através da substituição dos equipamentos perturbadores, ou seja, com reatância trifásica desequilibrada. No entanto, caso as cargas perturbadoras não possam ser substituídas ou reparadas, deve-se conectá-las no lado de alta tensão. Dessa forma, mantendo a perturbação controlada no lado de baixa tensão.

A seleção adequada de transformadores de distribuição também é muito importante na prevenção do desequilíbrio de tensão. Com foco no balanceamento de bancos de transformadores, visto que essas cargas com impedâncias desbalanceadas podem influenciar muito no balanceamento da tensão.

Do ponto de vista de uma instalação elétrica, todos os equipamentos sobrecarregados devem ser corrigidos. Além disso, filtros de energia passivos e compensadores VAR estáticos podem ser usados para compensação de desequilíbrio nas instalações elétricas do consumidor.



ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 <p>INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau</p>	<h1>Relatório de Medição</h1>	Data de emissão: 09/07/2022 19:08	Página Página 26 de 27
---	-------------------------------	--	--

8.1.5 Possíveis soluções para flutuação de tensão

Foram identificadas medições de flutuação de tensão que excedem os limites estabelecidos pelo PRODIST para o nível de tensão analisado. Atualmente existem diversas técnicas para reduzir a flutuação de tensão, mas duas possibilidades para a atenuação do efeito flicker são as mais utilizadas.

A primeira consiste na redução do fluxo de potência, principalmente a componente reativa. Esta pode ser feita com a instalação de compensadores dinâmicos, usualmente conhecidos como estabilizadores dinâmicos. Nesse modelo de sistema a operação ocorre com o controle de tensão em malha fechada e com o controle rápido da corrente de excitação. Dessa forma, a correção da corrente reativa da máquina é executada rapidamente.

Já a segunda é baseada no aumento da potência de curto-circuito em relação a potência da carga. Este método é melhor empregado durante o projeto da instalação, pois seu custo é menor durante essa etapa. Desse modo, para obter o aumento da potência de curto-circuito podem ser empregadas as seguintes medidas: conectar a carga a um nível de tensão maior nominal, instalar capacitores em série, aumentar a potência nominal do transformador ou colocar outro transformador em paralelo.

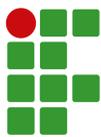
Outra alternativa para reduzir a cintilação é através do uso de transformadores diferentes para fazer a separação da alimentação das cargas flutuantes da alimentação do sistema de iluminação.

8.1.6 Possíveis soluções para variação de frequência

Foi identificada a existência de ao menos um instante de medição em que o valor da frequência ultrapassou os limites estabelecidos pelo PRODIST.

No sistema elétrico de potência, o controle da frequência está fortemente ligado ao controle de potência ativa. Se em algum momento o sistema apresenta mais potência do que o necessário, a frequência aumenta. Caso contrário, quando não há potência suficiente para atender a demanda, a frequência diminui.

Dessa maneira, a solução se encontra no controle da geração, especificamente no gerador, buscando técnicas de compensação com objetivo de fornecer a potência mais exata possível ao que o sistema demanda.

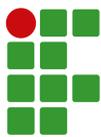


ANEXO 1 - RELATÓRIO DE MEDIÇÃO PREDEFINIDO

 <p>INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina Câmpus Jaraguá do Sul - Rau</p>	<h2>Relatório de Medição</h2>	Data de emissão: 09/07/2022 19:08	Página Página 27 de 27
---	-------------------------------	--	--

8.2 Avaliação Geral

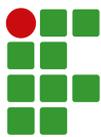
[ESPAÇO PARA O USUÁRIO DEFINIR AS CONCLUSÕES DAS MEDIÇÕES EFETUADAS]



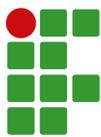
ANEXO 2 - ALGORITMO DA FERRAMENTA COMPUTACIONAL. ADAPTADO DE [41]

Visual Basic for Applications

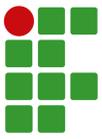
```
1 ' --- Declaracao das variaveis ---
3
5 Option Explicit
7 Public wsOrigem As Worksheet
7 Public wsDestino As Worksheet
9 Public wsDash As Worksheet
9 Public colUa As Long
11 Public colUb As Long
11 Public colUc As Long
13 Public colAa As Long
13 Public colAb As Long
15 Public colAc As Long
15 Public colP As Long
17 Public colFP As Long
17 Public colF As Long
19 Public colT As Long
19 Public lindados As Long
21 Public lin As Long
21 Public linorg As Long
23 Public caminho As String
23 Public contc As Integer
25 Public contp As Integer
25 Public ChartTudo As Chart
27 Public ChartU As Chart
27 Public ChartFlut As Chart
29 Public ChartHUP As Chart
29 Public ChartHAP As Chart
31 Public ChartDHTV As Chart
31 Public ChartDHTA As Chart
33 Public ChartDESE As Chart
35 Public Fname As String
35 Public MHAR As Integer
37 Public ColHar As Long
37 Public ColHarIa As Long
39 Public Coluna As Long
39 Public COLHARORIG As Long
41 Public ColFlut As Long
41 Public TituloRelatorio As Integer
43
45 Private Sub Workbook_Open()
45 ' --- Exibe mensagens ao abrir o Excel ---
45 MsgBox ("Bem-Vindo(a) a ferramenta computacional para analise de qualidade da energia.")
45 MsgBox ("Instrucoes:" & Chr(13) & Chr(13) & "1) Clique no botao *Importar arquivo CSV* e escolha o arquivo o
45 qual deseja que seja analisado pela ferramenta." & Chr(13) & Chr(13) & "2) Espere a ferramenta processar
45 os dados (isso pode levar alguns minutos)." & Chr(13) & Chr(13) & "3) Ap s isso, os graficos serao
45 atualizados e voce podera gerar o seu relatorio atraves do bot o *Gerar relatorio* (um arquivo word sera
45 aberto automaticamente)." & Chr(13) & Chr(13) & "4) Para come ar outra analise, clique no botao *Limpar*
45 e repita o processo a partir do passo 1.")
47
49 End Sub
49 Public Sub PassaDados ()
51 ' --- Rotina de copia dos dados das planilhas csv e transferencia para a base de dados do dashboard ---
53 MHAR = 0
53 With Application.FileDialog(msoFileDialogFilePicker)
55 .Show
55 If .SelectedItems.Count > 0 Then ' Verifica se foi selecionado algum arquivo
57 caminho = .SelectedItems(1)
59 Else
59 Exit Sub
59
```



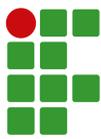
```
End If
61
End With
63 Application.ScreenUpdating = False
65
Workbooks.Open Filename:=caminho
Set wsOrigem = Workbooks(2).Worksheets(1)
67 Set wsDestino = ThisWorkbook.Sheets("BaseDeDados")
Set wsDash = ThisWorkbook.Sheets("Dashboard")
69
71 ' Direciona para a funcao que verifica o arquivo e identifica as colunas
identifica
73
Sheets("Calculo").Visible = True
75 ThisWorkbook.Sheets("BaseDeDados").Visible = True
ThisWorkbook.Sheets("BaseDeDados").Activate
77
79 lindados = 3
linorg = lin
81
' --- Inicio da copia dos dados para a planilha de base de dados ---
83 Do Until wsOrigem.Cells(lin, colT) = ""
wsOrigem.Cells(lin, colT).Copy
85 wsDestino.Cells(lindados, 3).PasteSpecial xlValue
lin = lin + 1
87 lindados = lindados + 1
Loop
89
wsDestino.Cells(10, 2) = wsDestino.Cells(lindados - 1, 3)
91 lin = linorg
lindados = 3
93
Range("B10").Select
95 selection.Replace What:=".", Replacement:="," , LookAt:=xlPart, _
SearchOrder:=xlByRows, MatchCase:=False, SearchFormat:=False, _
97 ReplaceFormat:=False, FormulaVersion:=xlReplaceFormula2
Range("C3").Select
99 Range(selection, selection.End(xlDown)).Select
Range(selection, selection.End(xlDown)).Select
101 selection.Replace What:=".", Replacement:="," , LookAt:=xlPart, _
SearchOrder:=xlByRows, MatchCase:=False, SearchFormat:=False, _
103 ReplaceFormat:=False, FormulaVersion:=xlReplaceFormula2
105
' --- Calculos de medicao de tensao ---
107 If colUa <> 1500 Then ' ColUa diferente de 1500 quer dizer que encontrou a coluna de tens o
109 ' Cria as linhas dos limitantes de tensao precaria e critica no grafico de tensao
Do Until wsOrigem.Cells(lin, colUa) = ""
111 If wsOrigem.Cells(4, colUa).Value < 300 And wsOrigem.Cells(4, colUa).Value > 150 Then ' Tensao
de referencia de 220 V
wsOrigem.Cells(lin, colUa).Copy Destination:=wsDestino.Cells(lindados, 16) ' Preenche
coluna Uab
113 wsDestino.Cells(lindados, 10).Value = 231
wsDestino.Cells(lindados, 11).Value = 202
115 wsDestino.Cells(lindados, 12).Value = 233
wsDestino.Cells(lindados, 13).Value = 191
117 wsDestino.Cells(lindados, 24).Value = 0.03
Else
119 wsDestino.Cells(lindados, 16) = wsOrigem.Cells(lin, colUa) * 1.73205080756888 ' Preenche
coluna Uab para Tensao de referencia de 138 kV
121 wsDestino.Cells(lindados, 10).Value = 144900
wsDestino.Cells(lindados, 11).Value = 128340
123 wsDestino.Cells(lindados, 12).Value = 147660
wsDestino.Cells(lindados, 13).Value = 124200
```



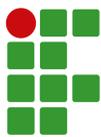
```
125     wsDestino.Cells(lindados , 24).Value = 0.02
126     End If
127
128     wsDestino.Cells(lindados , 4).Select
129     ActiveCell.FormulaR1C1 = "=AVERAGE(RC[12]:RC[14])"           ' Calcula Media da tensao
130     fase=fase para plotar no Grafico 1
131     wsDestino.Cells(lindados , 6).Select
132     ActiveCell.FormulaR1C1 = "=AVERAGE(RC[13]:RC[15])"         ' Media da corrente de
133     fase
134     wsDestino.Cells(lindados , 23).Select
135     ActiveCell.FormulaR1C1 = "=SQRT((1-SQRT(3-6*RC[-1]))/(1+SQRT(3-6*RC[-1])))" ' Porcentagem de
136     Desequilíbrio de tensao
137
138     lin = lin + 1
139     lindados = lindados + 1
140     Loop
141 ' -- Ub --
142
143     lin = linorg
144     lindados = 3
145
146     If wsOrigem.Cells(4, colUa).Value < 300 And wsOrigem.Cells(4, colUa).Value > 150 Then
147     Do Until wsOrigem.Cells(lin, colUb) = ""
148         wsOrigem.Cells(lin, colUb).Copy Destination:=wsDestino.Cells(lindados, 17) ' Preenche coluna
149         Ubc 220V
150         lin = lin + 1
151         lindados = lindados + 1
152     Loop
153     Else
154     Do Until wsOrigem.Cells(lin, colUb) = ""
155         wsDestino.Cells(lindados, 17) = wsOrigem.Cells(lin, colUb) * 1.73205080756888 ' Preenche coluna
156         Ubc 138 kV
157         lin = lin + 1
158         lindados = lindados + 1
159     Loop
160     End If
161 ' -- Uc --
162
163     lin = linorg
164     lindados = 3
165
166     If wsOrigem.Cells(4, colUa).Value < 300 And wsOrigem.Cells(4, colUa).Value > 150 Then
167     Do Until wsOrigem.Cells(lin, colUc) = ""
168         wsOrigem.Cells(lin, colUc).Copy Destination:=wsDestino.Cells(lindados, 18) ' Preenche coluna
169         Uca 220 V
170         lin = lin + 1
171         lindados = lindados + 1
172     Loop
173     Else
174     Do Until wsOrigem.Cells(lin, colUc) = ""
175         wsDestino.Cells(lindados, 18) = wsOrigem.Cells(lin, colUc) * 1.73205080756888 ' Preenche coluna
176         Uca 138 kV
177         lin = lin + 1
178         lindados = lindados + 1
179     Loop
180     End If
181 ' --- Checagem de valores de tensao precaria e critica ---
182
183     lin = linorg
184     lindados = 3
185     contc = 13
186     contp = 13
187 ' Checa valores de tensao precaria ou critica e insere na tabela
```



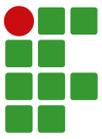
```
185 If wsOrigem.Cells(4, colUa).Value < 300 And wsOrigem.Cells(4, colUa).Value > 150 Then ' Tensao de
referencia de 220 V
187 ThisWorkbook.Sheets("C lculo").Cells(3, 2).Value = 10
188 ThisWorkbook.Sheets("C lculo").Cells(4, 2).Value = 10
189 ThisWorkbook.Sheets("C lculo").Cells(7, 2).Value = 10
190 ThisWorkbook.Sheets("C lculo").Cells(8, 2).Value = 10
191 ThisWorkbook.Sheets("C lculo").Cells(11, 2).Value = 10
192 ThisWorkbook.Sheets("C lculo").Cells(12, 2).Value = 10
193 ThisWorkbook.Sheets("Dashboard").Activate
194 ActiveSheet.ChartObjects("Grafico 1").Activate
195 ActiveChart.Axes(xlValue).Select
196 ActiveChart.Axes(xlValue).MinimumScale = 180
197 ActiveChart.Axes(xlValue).MaximumScale = 240
198 Application.CommandBars("Format Object").Visible = False
199
200 Do Until wsDestino.Cells(lindados, 4) = ""
201 If wsDestino.Cells(lindados, 4).Value < 191 Or wsDestino.Cells(lindados, 4).Value > 233 Then
'Critica 220V
202 wsDash.Cells(contc, 4).Value = wsDestino.Cells(lindados, 3).Value
203 wsDash.Cells(contc, 3).Value = wsDestino.Cells(lindados, 4).Value
204 contc = contc + 1
205
206 ElseIf wsDestino.Cells(lindados, 4).Value < 202 Or wsDestino.Cells(lindados, 4).Value > 231
Then 'Precaria 220V
207 wsDash.Cells(contp, 2).Value = wsDestino.Cells(lindados, 3)
208 wsDash.Cells(contp, 1).Value = wsDestino.Cells(lindados, 4)
209 contp = contp + 1
210
211 End If
212 lindados = lindados + 1
213 Loop
214
215 Else ' Tensao de referencia de
138 kV
216 ThisWorkbook.Sheets("Calculo").Cells(3, 2).Value = 5
217 ThisWorkbook.Sheets("Calculo").Cells(4, 2).Value = 5
218 ThisWorkbook.Sheets("Calculo").Cells(7, 2).Value = 5
219 ThisWorkbook.Sheets("Calculo").Cells(8, 2).Value = 5
220 ThisWorkbook.Sheets("Calculo").Cells(11, 2).Value = 5
221 ThisWorkbook.Sheets("Calculo").Cells(12, 2).Value = 5
222 ThisWorkbook.Sheets("Dashboard").Activate
223 ActiveSheet.ChartObjects("Grafico 1").Activate
224 ActiveChart.Axes(xlValue).Select
225 ActiveChart.Axes(xlValue).MinimumScale = 120000
226 ActiveChart.Axes(xlValue).MaximumScale = 160000
227 Application.CommandBars("Format Object").Visible = False
228
229 Do Until wsDestino.Cells(lindados, 4) = ""
230 If wsDestino.Cells(lindados, 4).Value < 124200 Or wsDestino.Cells(lindados, 4).Value > 147660 Then
'Critica 138 kV
231 wsDash.Cells(contc, 4).Value = wsDestino.Cells(lindados, 3).Value
232 wsDash.Cells(contc, 3).Value = wsDestino.Cells(lindados, 4).Value
233 contc = contc + 1
234
235 ElseIf wsDestino.Cells(lindados, 4).Value < 128340 Or wsDestino.Cells(lindados, 4).Value > 144900
Then 'Precaria 138 kV
236 wsDash.Cells(contp, 2).Value = wsDestino.Cells(lindados, 3)
237 wsDash.Cells(contp, 1).Value = wsDestino.Cells(lindados, 4)
238 contp = contp + 1
239
240 End If
241 lindados = lindados + 1
242 Loop
243 End If
244
245 Else
```



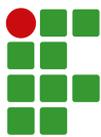
```
247 DataNotFound      ' Direciona para casos de ausencia de dados
249 End If
251 ' --- Calculos de medicao de corrente ---
253 If colAa <> 1500 Then      ' ColAa diferente de 1500 -> encontrou a coluna de corrente
255     lin = linorg
257     lindados = 3
259     Do Until wsOrigem.Cells(lin , colAa) = ""
261         wsOrigem.Cells(lin , colAa).Copy Destination:=wsDestino.Cells(lindados , 19)
263         lin = lin + 1
265         lindados = lindados + 1
267     Loop
269     lin = linorg
271     lindados = 3
273     Do Until wsOrigem.Cells(lin , colAb) = ""
275         wsOrigem.Cells(lin , colAb).Copy Destination:=wsDestino.Cells(lindados , 20)
277         lin = lin + 1
279         lindados = lindados + 1
281     Loop
283     lin = linorg
285     lindados = 3
287     Do Until wsOrigem.Cells(lin , colAc) = ""
289         wsOrigem.Cells(lin , colAc).Copy Destination:=wsDestino.Cells(lindados , 21)
291         lin = lin + 1
293         lindados = lindados + 1
295     Loop
297 Else
299 DataNotFound
301 End If
303 ' --- Calculos de potencia ---
305 lin = linorg
307 lindados = 3
309 If colP <> 1500 Then      ' Verifica se encontrou coluna de Potencia
311     Do Until wsOrigem.Cells(lin , colP) = ""
313         wsOrigem.Cells(lin , colP).Copy Destination:=wsDestino.Cells(lindados , 7)
315         lin = lin + 1
317         lindados = lindados + 1
319     Loop
321 Else      'Se nao encontrou coluna de P, considera zerado e preenche ate a linha que possui dados de hora
323     Do Until wsOrigem.Cells(lin , colT) = ""
325         wsDestino.Cells(lindados , 7) = 0
327         lin = lin + 1
329         lindados = lindados + 1
331     Loop
333 End If
335 ' --- Calculos de Fator de Potencia ---
337 lin = linorg
339 lindados = 3
341 If colFP <> 1500 Then      ' Verifica se encontrou coluna de FP
343     Do Until wsOrigem.Cells(lin , colFP) = ""
```



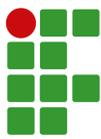
```
315     wsOrigem.Cells(lin , colFP).Copy Destination:=wsDestino.Cells(lindados , 8)
316     lin = lin + 1
317     lindados = lindados + 1
318     Loop
319 Else 'Se nao encontrou coluna de FP, considera zerado e preenche ate a linha que possui dados de hora
320 Do Until wsOrigem.Cells(lin , colT) = ""
321     wsDestino.Cells(lindados , 8) = 0
322     lin = lin + 1
323     lindados = lindados + 1
324     Loop
325 End If
326
327 ' --- Calculos de frequencia ---
328
329 lin = linorg
330 lindados = 3
331 If colF <> 1500 Then ' Verifica se encontrou coluna de Frequencia
332
333     Do Until wsOrigem.Cells(lin , colF) = ""
334         wsOrigem.Cells(lin , colF).Copy Destination:=wsDestino.Cells(lindados , 9)
335         lin = lin + 1
336         lindados = lindados + 1
337     Loop
338 Else 'Se nao encontrou coluna de Frequencia, considera zerado e preenche ate a linha que possui dados de
339 hora
340 Do Until wsOrigem.Cells(lin , colT) = ""
341     wsDestino.Cells(lindados , 9) = 0
342     lin = lin + 1
343     lindados = lindados + 1
344     Loop
345 End If
346
347 ' --- Calculos de flutuacao ---
348
349 lin = linorg
350 lindados = 3
351 If ColFlut <> 1500 Then ' Verifica se encontrou coluna de flutuacao
352
353     If ColFlut > 1 Then
354         Do Until wsOrigem.Cells(lin , ColFlut) = ""
355             wsOrigem.Cells(lin , ColFlut).Copy Destination:=wsDestino.Cells(lindados , 321)
356             wsOrigem.Cells(lin , ColFlut + 1).Copy Destination:=wsDestino.Cells(lindados , 322)
357             wsOrigem.Cells(lin , ColFlut + 2).Copy Destination:=wsDestino.Cells(lindados , 323)
358             wsDestino.Cells(lindados , 324) = 2
359             lin = lin + 1
360             lindados = lindados + 1
361         Loop
362     End If
363 Else 'Se nao encontrou coluna de flutuacao, preenche com valor zerado
364 Do Until wsOrigem.Cells(lin , colT) = ""
365     wsDestino.Cells(lindados , 321) = 0
366     wsDestino.Cells(lindados , 322) = 0
367     wsDestino.Cells(lindados , 323) = 0
368     wsDestino.Cells(lindados , 324) = 0
369     lin = lin + 1
370     lindados = lindados + 1
371     Loop
372 End If
373
374 ' --- Calculos de harmonicas ---
375
376 lin = linorg
377 lindados = 3
378
379 If MHAR = 1 Then
380     Coluna = 27
```



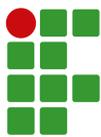
```
383 Do Until wsOrigem.Cells(lin , ColHar) = ""
385 Do Until Coluna > 55
387 wsOrigem.Cells(lin , ColHar).Copy Destination:=wsDestino.Cells(lindados , Coluna)
389 ColHar = ColHar + 2
391 Coluna = Coluna + 1
393 Loop
395 Coluna = 27
397 ColHar = ColHar - 58
399 lin = lin + 1
401 lindados = lindados + 1
403 Loop
405 lin = linorg
407 lindados = 3
409 Coluna = 174
411 Do Until wsOrigem.Cells(lin , ColHarIa) = ""
413 Do Until Coluna > 202
415 wsOrigem.Cells(lin , ColHarIa).Copy Destination:=wsDestino.Cells(lindados , Coluna)
417 ColHarIa = ColHarIa + 2
419 Coluna = Coluna + 1
421 Loop
423 Coluna = 174
425 ColHarIa = ColHarIa - 58
427 lin = lin + 1
429 lindados = lindados + 1
431 Loop
433 ElseIf MHAR = 3 Then
435 Coluna = 27
437 COLHARORIG = ColHar
439 Do Until wsOrigem.Cells(lin , ColHar) = ""
441 Do Until Coluna > 75
443 wsOrigem.Cells(lin , ColHar).Copy Destination:=wsDestino.Cells(lindados , Coluna)
445 ColHar = ColHar + 3
447 wsOrigem.Cells(lin , ColHar).Copy Destination:=wsDestino.Cells(lindados , Coluna + 49)
449 ColHar = ColHar + 3
451 wsOrigem.Cells(lin , ColHar).Copy Destination:=wsDestino.Cells(lindados , Coluna + 49 * 2)
453 ColHar = ColHar + 6
455 Coluna = Coluna + 1
457 Loop
459 Coluna = 27
461 ColHar = COLHARORIG
463 lin = lin + 1
465 lindados = lindados + 1
467 Loop
469 lin = linorg
471 lindados = 3
473 Coluna = 174
475 COLHARORIG = ColHarIa
477 Do Until wsOrigem.Cells(lin , ColHarIa) = ""
479 Do Until Coluna > 222
481 wsOrigem.Cells(lin , ColHarIa).Copy Destination:=wsDestino.Cells(lindados , Coluna)
483 ColHarIa = ColHarIa + 3
485 wsOrigem.Cells(lin , ColHarIa).Copy Destination:=wsDestino.Cells(lindados , Coluna + 49)
487 ColHarIa = ColHarIa + 3
489 wsOrigem.Cells(lin , ColHarIa).Copy Destination:=wsDestino.Cells(lindados , Coluna + 49 * 2)
491 Coluna = Coluna + 1
493 ColHarIa = ColHarIa + 6
495 Loop
497 Coluna = 174
499 ColHarIa = COLHARORIG
501 lin = lin + 1
503 lindados = lindados + 1
505 Loop
```



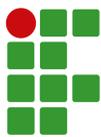
```
End If
451
453
455 Sheets("Dashboard").Select
ActiveSheet.Shapes.Range(Array("Scroll Bar 23")).Select
    With selection
457         .Value = 1
         .Min = 1
459         .Max = wsDestino.Range("B4")
         .SmallChange = 1
461         .LargeChange = 10
         .LinkedCell = "BaseDeDados!$B$17"
463         .Display3DShading = True
    End With
465 ActiveSheet.Shapes.Range(Array("ScrollBar2")).Select
    With selection
467         .Value = 15
         .Min = 15
469         .Max = wsDestino.Range("B4")
         .SmallChange = 15
471         .LargeChange = 15
         .LinkedCell = "BaseDeDados!$B$3"
473         .Display3DShading = True
    End With
475
wsDestino.Cells(24, 2).Value = MHAR
477 Workbooks(2).Close SaveChanges:=False
Application.ScreenUpdating = True
479 ThisWorkbook.Sheets("BaseDeDados").Visible = False
Sheets("Calculo").Visible = False
481
' Avisos caso falte algum dado/coluna no arquivo
483 DataNotFound
485
End Sub
487
Public Sub DataNotFound()
489 ' --- Avisos e erros para ausencia de dados ---
491 If colUa = 1500 Then ' Nao encontrou coluna de tensao
    Limpar
493 MsgBox "Erro! Nao foram encontrados dados de medicao de tensao! Abortando processo!", vbCritical, "ERRO!"
    Workbooks(2).Close SaveChanges:=False
495 Application.ScreenUpdating = False
    ThisWorkbook.Sheets("BaseDeDados").Visible = False
497 Sheets("Calculo").Visible = False
    End
499 End If
501
If colAa = 1500 Then ' Nao encontrou coluna de corrente
    Limpar
503 MsgBox "Erro! Nao foram encontrados dados de medicao de corrente! Abortando processo!", vbCritical, "ERRO!"
    Workbooks(2).Close SaveChanges:=False
505 Application.ScreenUpdating = False
    ThisWorkbook.Sheets("BaseDeDados").Visible = False
507 Sheets("Calculo").Visible = False
    End
509 End If
511
If colP = 1500 Then ' Nao encontrou coluna de potencia
    MsgBox "Atencao! Nao foram encontrados dados de medicao de potencia!", vbCritical, "AVISO!"
513 End If
515
If colFP = 1500 Then ' Nao encontrou coluna de fator de potencia
    MsgBox "Atencao! Nao foram encontrados dados de medicao de fator de potencia!", vbCritical, "AVISO!"
```



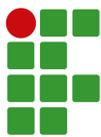
```
517 End If
519 If colF = 1500 Then      ' Nao encontrou coluna de frequencia
    MsgBox "Aten ao! Nao foram encontrados dados de medicao de frequencia!", vbCritical, "AVISO!"
521 End If
523 If ColFlut = 1500 Then  ' Nao encontrou colunas de flutuacao
    MsgBox "Atencao! N o foram encontrados dados de medicao de flutuacao de tensao!", vbCritical, "AVISO!"
525 End If
527 If ColHar = 1500 Then  ' Nao encontrou colunas de harmonicas de tensao
    MsgBox "Atencao! N o foram encontrados dados de medicao de harmonicas de tensao!", vbCritical, "AVISO!"
529 End If
531 If ColHarIa = 1500 Then ' Nao encontrou colunas de harmonicas de tensao
    MsgBox "Atencao! Nao foram encontrados dados de medicao de harmonicas de corrente!", vbCritical, "AVISO!"
533 End If
535 End Sub
537 Public Sub identifica ()
539 If wsOrigem.Cells(1, 1) = "Data" Then
    Fluke
541 Else
    MsgBox "Erro! O arquivo importado nao corresponde ao arquivo do medidor Fluke 1738.", vbCritical, "ERRO"
543 Workbooks(2).Close SaveChanges:=False
    End
545 End If
547 End Sub
549
551 Public Sub Fluke ()
553 wsDestino.Cells(25, 2).Value = "Fluke"
555 MHAR = 3
557 colUa = 1
559 colUb = 1
561 colUc = 1
563 colAa = 1
565 colAb = 1
567 colAc = 1
569 colP = 1
571 colFP = 1
573 colF = 1
575 colT = 2
577 ColHar = 1
579 ColHarIa = 1
581 ColFlut = 1
583 lin = 2
585
587 Do Until wsOrigem.Cells(1, colT) = "Hora"
589     colUa = colUa + 1
591 Loop
593
595 ' --- Busca dados de tensao ---
597 Do Until wsOrigem.Cells(1, colUa) = "Vrms ph-n AN Med."
599     colUa = colUa + 1
601
603     If colUa > 1400 Then      'Se colUa > 1400 quer dizer que nao encontrou a coluna Vrms med
605         colUa = 1500
607         Exit Do
609     End If
```



```
585 Loop
587 If colUa = 1500 Then           'Se nao encontrou a Vrms med A, tambem descarta as outras
    colUb = 1500
    colUc = 1500
589 Else
591     colUb = colUa + 3
    colUc = colUb + 3
593 End If
595 ' --- Busca dados de corrente ---
597 Do Until wsOrigem.Cells(1, colAa) = "Corrente A Med."
    colAa = colAa + 1
599     If colAa > 1400 Then       'Se colAa > 1400 quer dizer que nao encontrou a coluna Corrente A Med.
        colAa = 1500
        Exit Do
603     End If
605 Loop
607 If colAa = 1500 Then           'Se nao encontrou a Corrente A Med, tambem descarta as outras
    colAb = 1500
    colAc = 1500
609 Else
611     colAb = colAa + 3
    colAc = colAb + 3
613 End If
615 ' --- Busca dados de potencia ---
617 Do Until wsOrigem.Cells(1, colP) = "Potencia Ativa Total Med."
    colP = colP + 1
619     If colP > 1400 Then       ' Se colP > 1400 quer dizer que nao encontrou a coluna de potencia
        colP = 1500
        Exit Do
623     End If
625 Loop
627 ' --- Busca dados de Fator de potencia ---
629 Do Until wsOrigem.Cells(1, colFP) = "Fator de Potencia Total Med."
    colFP = colFP + 1
631     If colFP > 1400 Then      ' Se colFP > 1400 quer dizer que nao encontrou a coluna de FP
        colFP = 1500
        Exit Do
635     End If
637 Loop
639 ' --- Busca dados de frequencia ---
641 Do Until wsOrigem.Cells(1, colF) = "Frequencia Med."
    colF = colF + 1
643     If colF > 1400 Then      ' Se colF > 1400 quer dizer que nao encontrou a coluna de frequencia
        colF = 1500
        Exit Do
645     End If
647 Loop
649 ' --- Busca dados de harmonicas e flutuacao ---
651 Do Until wsOrigem.Cells(1, ColHar) = "Harmonicas de Tensao2 AN Med."
```



```
653 ColHar = ColHar + 1
655 If ColHar > 1400 Then          ' Se colHar > 1400 quer dizer que nao encontrou a coluna de harmonicas de
        tensao
        ColHar = 1500
657 Exit Do
End If
659
Loop
661 Do Until wsOrigem.Cells(1, ColHarIa) = "Harmonicas de Corrente2 A Med."
663 ColHarIa = ColHarIa + 1
665 If ColHarIa > 1400 Then          ' Se colHarIa > 1400 quer dizer que nao encontrou a coluna de harmonicas de
        corrente
        ColHarIa = 1500
667 Exit Do
End If
669
Loop
671 Do Until wsOrigem.Cells(1, ColFlut) = "Pst AN"
673 ColFlut = ColFlut + 1
675 If ColFlut > 1400 Then          ' Se colFlut > 1400 quer dizer que nao encontrou a coluna de flutuacao PST
        ColFlut = 1500
677 Exit Do
End If
679
Loop
681
End Sub
683 Public Sub DrpDrc ()
685 ' --- Calculo dos indicadores DRP e DRC ---
687 Dim i As Integer
688 Dim s As Integer
689 Dim Contdr As Integer
690 Dim a As Integer
691 Contdr = 3
692 lindados = 3
693 contc = 0
694 contp = 0
695 a = 0
696 i = 0
697
698 Set wsDestino = ThisWorkbook.Sheets("BaseDeDados")
699 Set wsDash = ThisWorkbook.Sheets("Dashboard")
701
702 Do Until i > 1009
703 If wsDestino.Cells(lindados, 4) = "" Then
704 a = i
705 i = 1009
706 ElseIf wsDestino.Cells(lindados, 4).Value < 191 Or wsDestino.Cells(lindados, 4).Value > 233 Then
707 contc = contc + 1
709 ElseIf wsDestino.Cells(lindados, 4).Value < 202 Or wsDestino.Cells(lindados, 4).Value > 231 Then
710 contp = contp + 1
711 End If
713 i = i + 1
714 lindados = lindados + 1
715 If i = 1009 And wsDestino.Cells(lindados, 4) <> "" Then
716 i = 1
717 wsDestino.Cells(Contdr, 14) = contp / 1008
718 wsDestino.Cells(Contdr, 15) = contc / 1008
```



```
719 Contdr = Contdr + 1
    contp = 0
721 contc = 0
    End If
723 Loop
    wsDestino.Cells(Contdr, 14) = contp / a
725 wsDestino.Cells(Contdr, 15) = contc / a

727
End Sub
729 Public Sub GeraRelatorio ()

731 ' --- Geracao/preenchimento do modelo de relatorio ---

733 Dim Word As Word.Application
Dim Pagina As Word.Document
735 Dim selection
Dim i As Integer
737 Dim cont As Integer
Dim MHAR As Integer

739
i = 0
741 cont = 13

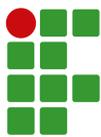
743 Set wsDash = ThisWorkbook.Sheets("Dashboard")
Set wsDestino = ThisWorkbook.Sheets("BaseDeDados")
745 Set Word = CreateObject("Word.Application")
Word.Visible = True
747 Set Pagina = Word.Documents.Open(ThisWorkbook.Path & "\Modelo de Relatorio.docx")
With Pagina

749 MHAR = wsDestino.Cells(24, 2).Value

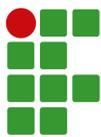
751
Set ChartU = wsDash.ChartObjects(1).Chart
753 ChartU.Parent.Width = 396
ChartU.Parent.Height = 198
755 Set ChartTudo = wsDash.ChartObjects(2).Chart
ChartTudo.Parent.Width = 396
757 ChartTudo.Parent.Height = 198
Set ChartFlut = wsDash.ChartObjects(7).Chart
759 ChartU.Parent.Width = 396
ChartU.Parent.Height = 198
761 Set ChartHUP = wsDash.ChartObjects(8).Chart
ChartU.Parent.Width = 396
763 ChartU.Parent.Height = 198
Set ChartHAP = wsDash.ChartObjects(9).Chart
765 ChartU.Parent.Width = 396
ChartU.Parent.Height = 198
767 Set ChartDHTV = wsDash.ChartObjects(10).Chart
ChartU.Parent.Width = 396
769 ChartU.Parent.Height = 198
Set ChartDHHTA = wsDash.ChartObjects(11).Chart
771 ChartU.Parent.Width = 396
ChartU.Parent.Height = 198
773 Set ChartDESE = wsDash.ChartObjects(4).Chart
ChartU.Parent.Width = 396
775 ChartU.Parent.Height = 198

777 If MHAR < 3 Then
    .Application.selection.Find.Text = "SAG devido ao termo"
779 .Application.selection.Find.Execute
    .Bookmarks("\Page").Range.Delete
781 End If

783 If MHAR < 1 Then
    .Application.selection.Find.Text = "LIMITES PARA AS DISTORCOES HARMONICAS"
785 .Application.selection.Find.Execute
    .Bookmarks("\Page").Range.Delete
```



```
787 .Application.selection.Find.Text = "Tensao fundamental medida"
788 .Application.selection.Find.Execute
789 .Bookmarks("\Page").Range.Delete
790 End If
791
792 If MHAR = 0 Then
793 .Application.selection.Find.Text = "alem das distorcoes harmonicas de tensao e corrente , flutuacao de tensao
794 , , , "
795 .Application.selection.Find.Execute
796 .Application.selection.Range = ""
797 End If
798 If MHAR = 1 Then
799 .Application.selection.Find.Text = "flutuacao de tensao , , , "
800 .Application.selection.Find.Execute
801 .Application.selection.Range = ""
802 End If
803 If MHAR = 3 Then
804 .Application.selection.Find.Text = " , , , "
805 .Application.selection.Find.Execute
806 .Application.selection.Range = ""
807 End If
808
809 .Application.selection.Find.Text = "#INTEGRACAO"
810 .Application.selection.Find.Execute
811 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(89, 2).Value
812 .Application.selection.Range = ":"
813 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(88, 2).Value
814
815 .Application.selection.Find.Text = "#TEMPOTOTAL"
816 .Application.selection.Find.Execute
817 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(14, 2).Value
818 .Application.selection.Range = ":"
819 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(13, 2).Value
820
821 .Application.selection.Find.Text = "#MEDI"
822 .Application.selection.Find.Execute
823 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(87, 2).Value
824 .Application.selection.Range = ":"
825 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(86, 2).Value
826
827 .Application.selection.Find.Text = "#MEDF"
828 .Application.selection.Find.Execute
829 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(85, 2).Value
830 .Application.selection.Range = ":"
831 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(84, 2).Value
832
833 .Application.selection.Find.Text = "#GRAFICOTEN" ' Grafico de tensao
834 .Application.selection.Find.Execute
835 ActiveSheet.ChartObjects("Grafico 1").Activate
836 ActiveChart.CopyPicture
837 .Application.selection.Paste
838
839 ' --- Ocorrencias e indices DRP e DRC ---
840
841 Do Until i >= wsDash.Cells(23, 5).Value And i >= wsDash.Cells(25, 5)
842
843 ActiveDocument.Tables(7).Cell(i + 3, 1).Select
844 .Application.selection.Range = wsDash.Cells(i + 13, 1).Value
845
846 ActiveDocument.Tables(7).Cell(i + 3, 2).Select
847 .Application.selection.Range = wsDash.Cells(i + 13, 2).Text
848
849 ActiveDocument.Tables(7).Cell(i + 3, 3).Select
850 .Application.selection.Range = wsDash.Cells(i + 13, 3).Value
851
852 ActiveDocument.Tables(7).Cell(i + 3, 4).Select
853 .Application.selection.Range = wsDash.Cells(i + 13, 4).Text
```



```
i = i + 1
855 Loop

857 .Application.selection.Find.Text = "#INDICEPRE"
      .Application.selection.Find.Execute
859 .Application.selection.Range = wsDash.Cells(23, 8).Text

861 .Application.selection.Find.Text = "#INDICEC"
      .Application.selection.Find.Execute
863 .Application.selection.Range = wsDash.Cells(25, 8).Text

865 .Application.selection.Find.Text = "#GR FICODESE"           ' Grafico disequilibrio
      .Application.selection.Find.Execute
867 ActiveSheet.ChartObjects("Grafico 4").Activate
      ActiveChart.CopyPicture
869 .Application.selection.Paste

871 .Application.selection.Find.Text = "#DESEMAX"
      .Application.selection.Find.Execute
873 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(26, 2).Value

875 .Application.selection.Find.Text = "#DESEMIN"
      .Application.selection.Find.Execute
877 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(27, 2).Value

879 .Application.selection.Find.Text = "#DESE95"
      .Application.selection.Find.Execute
881 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(28, 2).Value

883 If MHAR < 3 Then
      .Application.selection.Find.Text = "#GR FICOFLUT"
885 .Application.selection.Find.Execute
      .Bookmarks("\Page").Range.Delete
887
      Else
889 .Application.selection.Find.Text = "#GR FICOFLUT"           ' Grafico flutuacao
      .Application.selection.Find.Execute
891 ActiveSheet.ChartObjects("Grafico 7").Activate
      ActiveChart.CopyPicture
893 .Application.selection.Paste

895 .Application.selection.Find.Text = "#FLUTMAXA"
      .Application.selection.Find.Execute
897 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(29, 2).Value

899 .Application.selection.Find.Text = "#FLUTMAXB"
      .Application.selection.Find.Execute
901 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(32, 2).Value

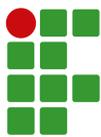
903 .Application.selection.Find.Text = "#FLUTMAXC"
      .Application.selection.Find.Execute
905 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(35, 2).Value

907 .Application.selection.Find.Text = "#FLUTMINA"
      .Application.selection.Find.Execute
909 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(30, 2).Value

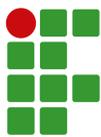
911 .Application.selection.Find.Text = "#FLUTMINB"
      .Application.selection.Find.Execute
913 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(33, 2).Value

915 .Application.selection.Find.Text = "#FLUTMINC"
      .Application.selection.Find.Execute
917 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(36, 2).Value

919 .Application.selection.Find.Text = "#FLUT95A"
      .Application.selection.Find.Execute
921 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(31, 2).Value
```



```
923 .Application.selection.Find.Text = "#FLUT95B"  
.Application.selection.Find.Execute  
925 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(34, 2).Value  
  
927 .Application.selection.Find.Text = "#FLUT95C"  
.Application.selection.Find.Execute  
929 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(37, 2).Value  
  
931 End If  
  
933 If MHAR < 1 Then  
.Application.selection.Find.Text = "#GRFICOHARMU"  
935 .Application.selection.Find.Execute  
.Bookmarks("\Page").Range.Delete  
  
937 Else  
939 .Application.selection.Find.Text = "#GRFICOHARMU" ' Gr fico Harm nicas  
.Application.selection.Find.Execute  
941 ActiveSheet.ChartObjects("Grafico 10").Activate  
ActiveChart.CopyPicture  
943 .Application.selection.Paste  
  
945 .Application.selection.Find.Text = "#DHTVMAXA"  
.Application.selection.Find.Execute  
947 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(38, 2).Value  
  
949 .Application.selection.Find.Text = "#DHTVMAXB"  
.Application.selection.Find.Execute  
951 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(41, 2).Value  
  
953 .Application.selection.Find.Text = "#DHTVMAXC"  
.Application.selection.Find.Execute  
955 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(44, 2).Value  
  
957 .Application.selection.Find.Text = "#DHTVMINA"  
.Application.selection.Find.Execute  
959 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(39, 2).Value  
  
961 .Application.selection.Find.Text = "#DHTVMINB"  
.Application.selection.Find.Execute  
963 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(42, 2).Value  
  
965 .Application.selection.Find.Text = "#DHTVMINC"  
.Application.selection.Find.Execute  
967 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(45, 2).Value  
  
969 .Application.selection.Find.Text = "#DHTV95A"  
.Application.selection.Find.Execute  
971 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(40, 2).Value  
  
973 .Application.selection.Find.Text = "#DHTV95B"  
.Application.selection.Find.Execute  
975 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(43, 2).Value  
  
977 .Application.selection.Find.Text = "#DHTV95C"  
.Application.selection.Find.Execute  
979 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(46, 2).Value  
  
981 .Application.selection.Find.Text = "#GRFICOHAR95U"  
.Application.selection.Find.Execute  
983 ActiveSheet.ChartObjects("Grafico 8").Activate  
ActiveChart.CopyPicture  
985 .Application.selection.Paste  
  
987 End If  
  
989
```



```
wsDestino.Cells(5, 2).Value = 1
991 wsDestino.Cells(3, 2).Value = wsDestino.Cells(4, 2).Value
.Application.selection.Find.Text = "#GR FICOI"
993 .Application.selection.Find.Execute
ActiveSheet.ChartObjects("Gráfico 2").Activate
995 ActiveChart.ChartTitle.Text = "Corrente x Tempo "
.ActiveChart.CopyPicture
997 .Application.selection.Paste

999 .Application.selection.Find.Text = "#IMAXA"
.Application.selection.Find.Execute
1001 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(56, 2).Value

1003 .Application.selection.Find.Text = "#IMAXB"
.Application.selection.Find.Execute
1005 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(59, 2).Value

1007 .Application.selection.Find.Text = "#IMAXC"
.Application.selection.Find.Execute
1009 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(62, 2).Value

1011 .Application.selection.Find.Text = "#IMINA"
.Application.selection.Find.Execute
1013 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(57, 2).Value

1015 .Application.selection.Find.Text = "#IMINB"
.Application.selection.Find.Execute
1017 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(60, 2).Value

1019 .Application.selection.Find.Text = "#IMINC"
.Application.selection.Find.Execute
1021 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(63, 2).Value

1023 .Application.selection.Find.Text = "#IMEDA"
.Application.selection.Find.Execute
1025 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(58, 2).Value

1027 .Application.selection.Find.Text = "#IMEDB"
.Application.selection.Find.Execute
1029 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(61, 2).Value

1031 .Application.selection.Find.Text = "#IMEDC"
.Application.selection.Find.Execute
1033 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(64, 2).Value

1035
If MHAR < 1 Then
1037 .Application.selection.Find.Text = "#GR FICOHARI"
.Application.selection.Find.Execute
1039 .Bookmarks("\Page").Range.Delete

1041 Else
.Application.selection.Find.Text = "#GR FICOHARI"
1043 .Application.selection.Find.Execute
ActiveSheet.ChartObjects("Gráfico 11").Activate
1045 ActiveChart.CopyPicture
.Application.selection.Paste

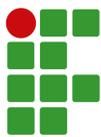
1047 .Application.selection.Find.Text = "#DHTIMAXA"
1049 .Application.selection.Find.Execute
.Application.selection.Range = wsDestino.Cells(65, 2).Value

1051 .Application.selection.Find.Text = "#DHTIMAXB"
1053 .Application.selection.Find.Execute
.Application.selection.Range = wsDestino.Cells(68, 2).Value

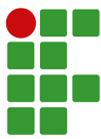
1055 .Application.selection.Find.Text = "#DHTIMAXC"
1057 .Application.selection.Find.Execute
```

' Gráfico de corrente no tempo

' Gráfico de harmônicas de corrente



```
1059 . Application . selection . Range = wsDestino . Cells (71 , 2) . Value
1061 . Application . selection . Find . Text = "#DHTIMINA"
1061 . Application . selection . Find . Execute
1063 . Application . selection . Range = wsDestino . Cells (66 , 2) . Value
1065 . Application . selection . Find . Text = "#DHTIMINB"
1065 . Application . selection . Find . Execute
1067 . Application . selection . Range = wsDestino . Cells (69 , 2) . Value
1069 . Application . selection . Find . Text = "#DHTIMINC"
1069 . Application . selection . Find . Execute
1071 . Application . selection . Range = wsDestino . Cells (72 , 2) . Value
1073 . Application . selection . Find . Text = "#DHTI95A"
1073 . Application . selection . Find . Execute
1075 . Application . selection . Range = wsDestino . Cells (67 , 2) . Value
1077 . Application . selection . Find . Text = "#DHTI95B"
1077 . Application . selection . Find . Execute
1079 . Application . selection . Range = wsDestino . Cells (70 , 2) . Value
1081 . Application . selection . Find . Text = "#DHTI95C"
1081 . Application . selection . Find . Execute
1083 . Application . selection . Range = wsDestino . Cells (73 , 2) . Value
1085 . Application . selection . Find . Text = "#GR FICOHAR95I"
1085 . Application . selection . Find . Execute
1087 ActiveSheet . ChartObjects (" Grafico 9" ) . Activate
1087 ActiveChart . CopyPicture
1089 . Application . selection . Paste
1091 End If
1093 wsDestino . Cells (5 , 2) . Value = 2 ' Grafico de potencia no tempo
1093 . Application . selection . Find . Text = "#GR FICOPOT"
1095 . Application . selection . Find . Execute
1095 ActiveSheet . ChartObjects (" Grafico 2" ) . Activate
1097 ActiveChart . ChartTitle . Text = "Potencia x Tempo "
1097 ActiveChart . CopyPicture
1099 . Application . selection . Paste
1101 . Application . selection . Find . Text = "#PM X"
1101 . Application . selection . Find . Execute
1103 . Application . selection . Range = wsDestino . Cells (78 , 2) . Value
1105 . Application . selection . Find . Text = "#PMIN"
1105 . Application . selection . Find . Execute
1107 . Application . selection . Range = wsDestino . Cells (79 , 2) . Value
1109 . Application . selection . Find . Text = "#P95"
1109 . Application . selection . Find . Execute
1111 . Application . selection . Range = wsDestino . Cells (80 , 2) . Value
1113 . Application . selection . Find . Text = "#PM D"
1113 . Application . selection . Find . Execute
1115 . Application . selection . Range = wsDestino . Cells (81 , 2) . Value
1117 wsDestino . Cells (5 , 2) . Value = 3 ' Grafico de FP no tempo
1117 . Application . selection . Find . Text = "#GR FICOFATPOT"
1119 . Application . selection . Find . Execute
1119 ActiveSheet . ChartObjects (" Grafico 2" ) . Activate
1121 ActiveChart . ChartTitle . Text = "FP x Tempo "
1121 ActiveChart . CopyPicture
1123 . Application . selection . Paste
1123 ActiveChart . ChartTitle . Text = " x Tempo "
1125 . Application . selection . Find . Text = "#FPMAX"
```



```
1127 .Application.selection.Find.Execute
1127 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(82, 2).Value

1129 .Application.selection.Find.Text = "#FPMIN"
1129 .Application.selection.Find.Execute
1131 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(83, 2).Value

1133 .Application.selection.GoTo wdGoToPage, wdGoToAbsolute, 1

1135 wsDestino.Cells(5, 2).Value = 4 ' Grafico de frequencia no tempo
1135 .Application.selection.Find.Text = "#GR FICOFREQ"
1137 .Application.selection.Find.Execute
ActiveSheet.ChartObjects("Grafico 2").Activate
1139 ActiveChart.ChartTitle.Text = "Frequencia x Tempo "
ActiveChart.CopyPicture
1141 .Application.selection.Paste
ActiveChart.ChartTitle.Text = " x Tempo "

1143
1145 .Application.selection.Find.Text = "#FREQMAX"
1145 .Application.selection.Find.Execute
1147 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(93, 2).Value

1149 .Application.selection.Find.Text = "#FREQMIN"
1149 .Application.selection.Find.Execute
1151 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(94, 2).Value

1153 .Application.selection.GoTo wdGoToPage, wdGoToAbsolute, 1
1153 ' Avisos e possiveis solucoes
1155 TituloRelatorio = 1
1157 ' -- Fator de potencia abaixo de 0,92 --
1159 If wsDestino.Cells(83, 2).Value < 0.92 Then
1161 .Application.selection.Find.Text = "#CAPACITORITITULO"
1163 .Application.selection.Find.Execute
1165 .Application.selection.Range = "8.1." & TituloRelatorio & " Correcao do Fator de Potencia"
TituloRelatorio = TituloRelatorio + 1

1167 .Application.selection.Find.Text = "#CAPACITORI1"
1169 .Application.selection.Find.Execute
1169 .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(99, 2).Value

1171 Else
1173 .Application.selection.Find.Text = "#CAPACITORITITULO"
1175 .Application.selection.Find.Execute
1175 .Application.selection.Range = ""

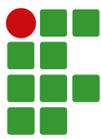
1177 .Application.selection.Find.Text = "#CAPACITORI1"
1179 .Application.selection.Find.Execute
1179 .Application.selection.Range = ""

1181 End If

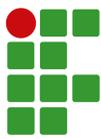
1183 ' -- Variacao de tensao: DRP > 3% ou DRC > 0,5% --
1185 If wsDestino.Cells(91, 2).Value > 0.03 Or wsDestino.Cells(92, 2).Value > 0.005 Then

1187 .Application.selection.Find.Text = "#VARTENSAOTITULO"
1189 .Application.selection.Find.Execute
1189 .Application.selection.Range = "8.1." & TituloRelatorio & " Possiveis solucoes para variacoes de tensao"
TituloRelatorio = TituloRelatorio + 1

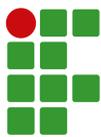
1191 .Application.selection.Find.Text = "#VARTENSAO1"
1193 .Application.selection.Find.Execute
```



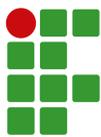
```
1195 . Application . selection . Range = wsDestino . Cells (102, 2) . Value
1196
1197 Else
1198
1199 . Application . selection . Find . Text = "#VARTENSAOTITULO"
1200 . Application . selection . Find . Execute
1201 . Application . selection . Range = ""
1202
1203 . Application . selection . Find . Text = "#VARTENSAOI"
1204 . Application . selection . Find . Execute
1205 . Application . selection . Range = ""
1206
1207 End If
1208
1209 ' -- Distorcao harmonica: DTT95 --
1210
1211 ' -- Verifica nivel da tensao: 220V ou 138 kV --
1212
1213 If wsDash . Cells (17, 6) . Value > 69000 Then ' Maior que 69 kV DTT95 deve ser menor que 5% (138 kV)
1214
1215     If wsDestino . Cells (40, 2) . Value > 5 Or wsDestino . Cells (43, 2) . Value > 5 Or wsDestino . Cells (46, 2) . Value >
1216         5 Then
1217
1218         . Application . selection . Find . Text = "#TITULODTT"
1219         . Application . selection . Find . Execute
1220         . Application . selection . Range = "8.1." & TituloRelatorio & " Possiveis solucoes para distorcoes
1221             harmonicas"
1222         TituloRelatorio = TituloRelatorio + 1
1223
1224         . Application . selection . Find . Text = "#DTTI"
1225         . Application . selection . Find . Execute
1226         . Application . selection . Range = wsDestino . Cells (103, 2) . Value
1227
1228     Else
1229
1230         . Application . selection . Find . Text = "#TITULODTT"
1231         . Application . selection . Find . Execute
1232         . Application . selection . Range = ""
1233
1234         . Application . selection . Find . Text = "#DTTI"
1235         . Application . selection . Find . Execute
1236         . Application . selection . Range = ""
1237
1238     End If
1239
1240 Else ' -- Se for abaixo, limite dtt = 10%
1241
1242     If wsDestino . Cells (40, 2) . Value > 10 Or wsDestino . Cells (43, 2) . Value > 10 Or wsDestino . Cells (46, 2) . Value
1243         > 10 Then
1244
1245         . Application . selection . Find . Text = "#TITULODTT"
1246         . Application . selection . Find . Execute
1247         . Application . selection . Range = "8.1." & TituloRelatorio & " Possiveis solucoes para distorcoes
1248             harmonicas"
1249         TituloRelatorio = TituloRelatorio + 1
1250
1251         . Application . selection . Find . Text = "#DTTI"
1252         . Application . selection . Find . Execute
1253         . Application . selection . Range = wsDestino . Cells (103, 2) . Value
1254
1255     Else
1256
1257         . Application . selection . Find . Text = "#TITULODTT"
1258         . Application . selection . Find . Execute
1259         . Application . selection . Range = ""
1260
1261         . Application . selection . Find . Text = "#DTTI"
```



```
1259 .Application.selection.Find.Execute
1259 .Application.selection.Range = ""
1261 End If
1263 ' -- Desequilibrio de tensao FD95 --
1265 ' -- Verifica nivel da tensao: 220V ou 138 kV --
1267 If wsDash.Cells(17, 6).Value > 2300 Then ' Maior que 2,3kV FD95 deve ser menor que 2% (138 kV)
1269     If wsDestino.Cells(28, 2).Value > 2 Then
1271         .Application.selection.Find.Text = "#TITULOFD95"
1273         .Application.selection.Find.Execute
1273         .Application.selection.Range = "8.1." & TituloRelatorio & " Possiveis solucoes para desequilibrio de
1275         tensao"
1275         TituloRelatorio = TituloRelatorio + 1
1277         .Application.selection.Find.Text = "#FD95"
1277         .Application.selection.Find.Execute
1279         .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(104, 2).Value
1281     Else
1283         .Application.selection.Find.Text = "#TITULOFD95"
1283         .Application.selection.Find.Execute
1285         .Application.selection.Range = ""
1287         .Application.selection.Find.Text = "#FD95"
1287         .Application.selection.Find.Execute
1289         .Application.selection.Range = ""
1291     End If
1293 Else ' -- Se for abaixo, limite FD95 = 3%
1295     If wsDestino.Cells(28, 2).Value > 3 Then
1297         .Application.selection.Find.Text = "#TITULOFD95"
1297         .Application.selection.Find.Execute
1299         .Application.selection.Range = "8.1." & TituloRelatorio & " Possiveis solucoes para desequilibrio de
1301         tensao"
1301         TituloRelatorio = TituloRelatorio + 1
1303         .Application.selection.Find.Text = "#FD95"
1303         .Application.selection.Find.Execute
1305         .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(104, 2).Value
1307     Else
1309         .Application.selection.Find.Text = "#TITULOFD95"
1309         .Application.selection.Find.Execute
1311         .Application.selection.Range = ""
1313         .Application.selection.Find.Text = "#FD95"
1313         .Application.selection.Find.Execute
1315         .Application.selection.Range = ""
1317     End If
1317 End If
1319 ' -- Flutuacao de tensao Pst --
1321 ' -- Verifica nivel da tensao: 220V ou 138 kV --
1323 If wsDash.Cells(17, 6).Value > 2300 Then ' Maior que 2,3kV PST deve ser menor que 2pu (138 kV)
```



```
1325 If wsDestino.Cells(20, 2).Value > 2 Or wsDestino.Cells(21, 2).Value > 2 Or wsDestino.Cells(22, 2).Value >
1326     2 Then
1327     .Application.selection.Find.Text = "#TITULOPST"
1328     .Application.selection.Find.Execute
1329     .Application.selection.Range = "8.1." & TituloRelatorio & " Possiveis solucoes para flutuacao de
1330         tensao"
1331     TituloRelatorio = TituloRelatorio + 1
1332     .Application.selection.Find.Text = "#PST"
1333     .Application.selection.Find.Execute
1334     .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(105, 2).Value
1335
1336 Else
1337     .Application.selection.Find.Text = "#TITULOPST"
1338     .Application.selection.Find.Execute
1339     .Application.selection.Range = ""
1340     .Application.selection.Find.Text = "#PST"
1341     .Application.selection.Find.Execute
1342     .Application.selection.Range = ""
1343
1344 End If
1345
1346 Else ' -- Se for abaixo, limite PST = 1pu
1347
1348 If wsDestino.Cells(20, 2).Value > 1 Or wsDestino.Cells(21, 2).Value > 1 Or wsDestino.Cells(22, 2).Value >
1349     1 Then
1350     .Application.selection.Find.Text = "#TITULOPST"
1351     .Application.selection.Find.Execute
1352     .Application.selection.Range = "8.1." & TituloRelatorio & " Possiveis solucoes para flutuacao de
1353         tensao"
1354     TituloRelatorio = TituloRelatorio + 1
1355     .Application.selection.Find.Text = "#PST"
1356     .Application.selection.Find.Execute
1357     .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(105, 2).Value
1358
1359 Else
1360     .Application.selection.Find.Text = "#TITULOPST"
1361     .Application.selection.Find.Execute
1362     .Application.selection.Range = ""
1363     .Application.selection.Find.Text = "#PST"
1364     .Application.selection.Find.Execute
1365     .Application.selection.Range = ""
1366
1367 End If
1368 End If
1369
1370 ' -- Frequencia acima de 60.1 ou abaixo de 59.9 Hz --
1371
1372 If wsDestino.Cells(93, 2).Value > 60.1 Or wsDestino.Cells(94, 2).Value < 59.9 Then
1373     .Application.selection.Find.Text = "#FREQTITULO"
1374     .Application.selection.Find.Execute
1375     .Application.selection.Range = "8.1." & TituloRelatorio & " Correcao do Fator de Potencia"
1376     TituloRelatorio = TituloRelatorio + 1
1377     .Application.selection.Find.Text = "#FREQ"
1378     .Application.selection.Find.Execute
1379     .Application.selection.Range = wsDestino.Cells(106, 2).Value
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
```



```
Else
1389     .Application.selection.Find.Text = "#FREQTITULO"
1391     .Application.selection.Find.Execute
1393     .Application.selection.Range = ""

1395     .Application.selection.Find.Text = "#FREQ"
1397     .Application.selection.Find.Execute
1399     .Application.selection.Range = ""
End If

End With
End Sub

1403 Public Sub Limpar() ' Rotina para resetar o dashboard

1405     Range("A13:D25").Select ' Selecciona tabela de registros precarios e criticos para limpar
1407     selection.ClearContents
1409     Sheets("BaseDeDados").Visible = True
1411     Sheets("BaseDeDados").Select
1413     Range("F3:U3").Select
1415     Range(selection, selection.End(xlDown)).Select
1417     Range(selection, selection.End(xlDown)).Select
1419     selection.ClearContents
1421     Range("W3:X3").Select ' Selecciona desequilibrio de tensao para limpar
1423     Range(selection, selection.End(xlDown)).Select
1425     Range(selection, selection.End(xlDown)).Select
1427     selection.ClearContents
1429     Range("AA3:LL3").Select ' Selecciona harmonicas para limpar
1431     Range(selection, selection.End(xlDown)).Select
1433     Range(selection, selection.End(xlDown)).Select
1435     selection.ClearContents
1437     Range("C3:D3").Select
1439     Range(selection, selection.End(xlDown)).Select ' Selecciona hora e medicao de tensao media (grafico 1)
1441     para limpar
1443     Range(selection, selection.End(xlDown)).Select
1445     selection.ClearContents
1447     Sheets("BaseDeDados").Visible = False
1449     Sheets("Dashboard").Select
1451     Range("P8").Select

End Sub
```

MARIA EDUARDA FORMIGARI

**DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE DA
QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA.**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Bacharel em Engenharia Elétrica, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo indicada.

Jaraguá do Sul, 05 de julho de 2022.

Prof. Msc John Jefferson Antunes Saldanha
Orientador
IFSC – Campus Jaraguá do Sul – Rau

Prof. Dr. Giovani Guarienti Pozzebon
Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA

Prof. MSc Jefferson William Zanotti
IFSC – Campus Jaraguá do Sul – Rau



Datas e horários baseados no fuso horário (GMT -3:00) em Brasília, Brasil
Sincronizado com o NTP.br e Observatório Nacional (ON)
Certificado de assinatura gerado em 05/07/2022 às 22:29:33 (GMT -3:00)

TermoDeAprovacao_TCC_EngEletrica_IFSC_JGS_RAU_05072022_MARIA
EDUARDA FORMIGARI

 ID única do documento: #cd1541f8-7e7d-40d9-9b57-a192bec69552

Hash do documento original (SHA256): 20da286d2677e9708e09dab800cbea107d2cc6b127d966476806cf1d7b2f9012

Este Log é exclusivo ao documento número #cd1541f8-7e7d-40d9-9b57-a192bec69552 e deve ser considerado parte do mesmo, com os efeitos prescritos nos Termos de Uso.

Assinaturas (3)

- ✓ **Giovani Guarienti Pozzebon (Participante)**
Assinou em 06/07/2022 às 22:28:38 (GMT -3:00)
- ✓ **John Jefferson Antunes Saldanha (Participante)**
Assinou em 05/07/2022 às 19:30:17 (GMT -3:00)
- ✓ **Jefferson William Zanotti (Participante)**
Assinou em 06/07/2022 às 09:18:12 (GMT -3:00)

Histórico completo

Data e hora

05/07/2022 às 22:29:33
(GMT -3:00)

05/07/2022 às 22:30:17
(GMT -3:00)

Evento

John Jefferson solicitou as assinaturas.

John Jefferson Antunes Saldanha (Autenticação: e-mail john.saldanha@ifsc.edu.br; IP: 131.100.95.33) assinou. Autenticidade deste documento poderá ser verificada em <https://verificador.contraktor.com.br>. Assinatura com validade jurídica conforme MP 2.200-2/01, Art. 10º, §2.

Data e hora

06/07/2022 às 12:18:12
(GMT -3:00)

Evento

Jefferson William Zanotti (Autenticação: e-mail jefferson.zanotti@ifsc.edu.br; IP: 189.40.71.20) assinou. Autenticidade deste documento poderá ser verificada em <https://verificador.contraktor.com.br>. Assinatura com validade jurídica conforme MP 2.200-2/01, Art. 10o, §2.

07/07/2022 às 01:28:38
(GMT -3:00)

Giovani Guarienti Pozzebon (Autenticação: e-mail giovanipozzebon@unipampa.edu.br; IP: 186.251.195.159) assinou. Autenticidade deste documento poderá ser verificada em <https://verificador.contraktor.com.br>. Assinatura com validade jurídica conforme MP 2.200-2/01, Art. 10o, §2.