
ANÁLISE DA QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA DO PRÉDIO DE SALAS DE AULA DA UFVJM – CAMPUS JANAÚBA

Cleiton Rocha Sudré (USP) E-mail: cleiton.sudre@usp.br
Ellen Cristina Pereira Lopes (UFVJM) E-mail: ellen.lopes@ufvjm.edu.br
Émilly Gabriele de Oliveira Silva (USP) E-mail: emilly.gabriele@usp.br
João Vitor Gomes de Araújo (USP) E-mail: jv.araujo@usp.br
Thaís de Fatima Araújo Silva (UFVJM) E-mail: thais.araujo@ufvjm.edu.br
Jáder Fernando Dias Breda (UFVJM) E-mail: jader.breda@ufvjm.edu.br

Resumo: O presente artigo teve como objetivo avaliar a qualidade de energia elétrica de uma instalação elétrica de baixa tensão da UFVJM na cidade de Janaúba/MG. Para a avaliação, foi utilizado o aparelho analisador de qualidade de energia MAR-722 disponibilizado pela UFVJM - Campus Diamantina, utilizando os parâmetros descritos e regulamentados pelo módulo 8 do Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no sistema elétrico nacional (PRODIST), da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Foram feitas medições na rede elétrica no período de sete dias no quadro de distribuição situado no pavilhão de aulas. Os dados elétricos analisados mostraram alterações de tensão consideradas precária e crítica, a frequência por vez ultrapassa ou não chega nos limites estabelecidos pelo PRODIST e as distorções harmônicas de tensão elétrica registradas pelo analisador de qualidade da MAR-722 estiveram dentro dos parâmetros aceitos. Após os dados serem tratados, foram comparados com os valores de referência de qualidade de energia elétrica, comprovando a existência de possíveis anormalidades na rede elétrica do prédio de aula, causadas por equipamentos elétricos e eletrônicos, considerados cargas não-lineares, que injetam altas taxas de distorções elétrica ou que requerem muita carga para o seu acionamento.

Palavras-chave: PRODIST, UFVJM, Qualidade de Energia Elétrica, MAR-722, Distúrbios.

ANALYSIS OF THE POWER QUALITY IN THE CLASSROOM BUILDING OF UFVJM – CAMPUS JANAÚBA

Abstract: This article aimed to evaluate the power quality in a low voltage electrical installation at UFVJM in the city of Janaúba/MG. For the evaluation, the MAR-722 power quality analyzer device made available by UFVJM - Campus Diamantina was used, using the parameters described and regulated by module 8 of the Electric Energy Distribution Procedures in the national electrical system (PRODIST), from the National Agency of Electric Energy (ANEEL). Measurements were made on the electrical network over a period of seven days at the distribution board located in the classroom pavilion. The electrical data analyzed showed voltage changes considered precarious and critical, the frequency sometimes exceeded or did not reach the limits established by PRODIST and the harmonic distortions of electrical voltage recorded by the MAR-722 power quality analyzer were within the accepted parameters. After the data was processed, they were compared with reference values for power quality, proving the existence of possible abnormalities in the classroom building's electrical network, caused by electrical and electronic equipment, considered non-linear loads, which inject high rates of electrical distortions or require a lot of load to activate them.

Keywords: PRODIST, UFVJM, Power Quality, MAR-722, Disorders.

1. Introdução

Segundo Poll (2013), a preocupação com a qualidade de energia elétrica sempre foi um assunto muito discutido entre concessionárias de energia elétrica e consumidores. Para normatizar os aspectos que envolvem essas discussões, a Agência Nacional de Energia

Elétrica (ANEEL) criou os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST).

O PRODIST é dividido em módulos que regulamentam as atividades da distribuição de energia elétrica no Brasil. No módulo 8, foram estabelecidos os procedimentos relativos à qualidade do fornecimento de energia elétrica na distribuição, no que se refere à qualidade do serviço e à qualidade comercial. São apresentados valores de referência que servem de parâmetros sobre fornecimento ou consumo da energia elétrica, que permitem analisar a qualidade da energia elétrica (QEE) fornecida aos consumidores (ANEEL, 2021).

A análise do comportamento real da rede elétrica, a compreensão sobre seu funcionamento e a verificação de seus parâmetros são importantes para constante melhoria e maior eficiência da relação fornecimento e consumo de energia (BEVILAQUA, 2014), e para isso, faz-se necessário o uso de equipamentos que realizam essas medições para uma posterior análise.

Tudo isso visando aprofundar o conhecimento do funcionamento de redes elétricas e contribuir com informações que possam auxiliar em ações mitigadoras, assim podendo entender os fenômenos e perturbações que podem ocorrer em instalações elétricas e propor sugestões de alternativas e melhorias.

Nesse sentido, este artigo pretende avaliar a qualidade da energia elétrica de uma instalação elétrica de baixa tensão no pavilhão de aula da UFVJM - Campus Janaúba. Para tal, busca-se medir os valores de grandezas elétricas na rede elétrica do prédio de aulas, através do uso de um analisador de qualidade de energia elétrica. Ainda, pretende-se analisar a aplicação do item 8.1 módulo 8 do PRODIST e, por fim, avaliar a assertividade dos métodos utilizados para a análise da rede elétrica como contribuição para futuros trabalhos.

2. Metodologia

A metodologia foi estruturada de forma organizada, visando a obtenção de dados precisos e confiáveis. Inicialmente, realizou-se um pré-estudo do local, a fim de definir a melhor localização para a realização das medições. Posteriormente, foi realizada a visita técnica para o levantamento de dados da instalação elétrica existente. Durante essa visita, foi utilizado um analisador de QEE para realizar análises temporais de grandezas elétricas na rede elétrica. Essas informações foram fundamentais para a construção da metodologia deste artigo. É importante destacar que o analisador de qualidade de energia elétrica utilizado foi o MAR-722.

2.1 Pré-estudo do local

Inicialmente foi realizado o estudo prévio, pois essas informações são importantes para a definição do local da instalação, organização e planejamento da metodologia aplicada na visita técnica. Foram levantadas as seguintes informações:

- Endereço: Avenida Um, nº. 4050, Pavilhão de aulas, Cidade Universitária, Janaúba/MG;
- Rede elétrica trifásica, 220 V / 127 V;
- Rede Elétrica de Baixa Tensão da concessionária Companhia Elétrica de Minas Gerais (CEMIG);

- Local: Universidade Federal com o primeiro período letivo no ano de 2019.

2.2 Visita técnica

Após a visita técnica para levantamento de informações específicas do local, a princípio foi escolhido o quadro geral do prédio de aulas para ser feita a instalação do equipamento, mas o mesmo foi descartado pelo fato de não ter espaço suficiente para o mesmo ser instalado de forma segura.

Desse modo, o quadro de distribuição (Figura 1) foi a opção mais adequada. Este é o ponto de distribuição do fornecimento de energia elétrica recebida pela concessionária de energia, e é responsável pela alimentação dos pavimentos 1 e 2. Neste local estão presentes o disjuntor geral, secundário e dos pavimentos, que ligam a energia elétrica do prédio e protegem a instalação elétrica. O pavilhão de aulas possui três andares, o térreo, e os pavimentos 1 e 2. Para a instalação, primeiramente foram analisados os disjuntores. Posteriormente, os cabos de aterramento e o neutro.



Figura 1 – Quadro de distribuição.

Como pode ser visto na Figura 1, está representado o quadro de distribuição onde foram analisados os cabos elétricos, suas bitolas, identificações e organização de acesso à eletrovia (tubulação) do ramal de alimentação elétrica que vai para os pavimentos.

2.3 Metodologia de medição

Utilizando como referência a seção 8.1 do PRODIST (ANEEL, 2021) sobre a qualidade do produto, definiu-se que seria feita a avaliação dos indicadores de níveis de tensão, variação de frequência e harmônicos. Para cada parâmetro analisado é aplicada uma análise específica, esta abordagem garante uma análise precisa e detalhada dos aspectos relevantes para a qualidade da energia elétrica.

Para as medições realizadas utilizando os níveis de tensão, foi adotado o item 26 para indicadores individuais de tensão em regime permanente do PRODIST, no qual deve-se considerar o registro de 1.008 leituras válidas obtidas em intervalos consecutivos (período de integralização) de 10 minutos cada, equivalente a 168 horas no qual a tensão RMS é integralizada a cada 12 ciclos, ou seja, com período de 200 ms, a 60 Hz, salvo as que eventualmente sejam expurgadas, conforme item 87 do módulo 8 do

PRODIST.

As medições de tensão foram realizadas no quadro de distribuição, em baixa tensão. Para isso, foi realizada a classificação das faixas de tensão em adequada, precária ou crítica, comparando os valores medidos com os níveis de tensão de referência definidos na Tabela 1, para tensões inferiores a 2,3 kV.

Tabela 1 - Pontos de conexão em Tensão Nominal inferior a 2,3 kV (220/127).

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (TL) em Volts
Adequada	$(202 \leq TL \leq 231) / (117 \leq TL \leq 133)$
Precária	$(191 \leq TL < 202 \text{ ou } 231 < TL \leq 233)$ $(110 \leq TL < 117 \text{ ou } 133 < TL \leq 135)$
Crítica	$(TL < 191 \text{ ou } TL > 233)$ $(TL < 110 \text{ ou } TL > 135)$

Fonte: Anexo 8.A, Módulo 8 do PRODIST

Quanto à variação de frequência, o sistema de distribuição e as instalações de geração a ele conectadas devem, em condições normais de operação e em regime permanente, operar dentro dos limites de frequência situados entre 59,9 Hz e 60,1 Hz. Definido no item 65 do PRODIST (ANEEL, 2021). As medições, serão tratadas e comparados aos registros realizados pelo analisador de qualidade MAR-722.

Para os harmônicos, o item 46 do Módulo 8 do PRODIST (ANEEL, 2021) estabelece os limites para os indicadores das distorções harmônicas totais, conforme constam na Tabela 2.

Tabela 2 - Limites das distorções harmônicas totais (em % da tensão fundamental)

Indicador	Tensão nominal (V_n)		
	$V_n < 2,3 \text{ kV}$	$2,3 \text{ kV} \leq V_n < 69 \text{ kV}$	$69 \text{ kV} \leq V_n < 230 \text{ kV}$
DTT95%	10,0%	8,0%	5,0%
DTTp95%	2,5%	2,0%	1,0%
DTTi95%	7,5%	6,0%	4,0%
DTT395	6,5%	5,0%	3,0%

Fonte: Módulo 8 do PRODIST, 2021

A Tabela 2 contém os limites das distorções harmônicas, sendo:

- DTT%: Valor do indicador da distorção harmônica total de tensão;
- DTT95%: (DTT%) que foi superado em apenas 5% das 1.008 leituras válidas;
- DTTp95%: (DTT%) para as componentes pares não múltiplas de 3 (DTTp%) que foi superado em apenas 5% das 1.008 leituras válidas;
- DTTi95%: (DTT%) para as componentes ímpares não múltiplas de 3

(DTT i%) que foi superado em apenas 5% das 1.008 leituras válidas;

- DTT395%: (DTT%) para as componentes múltiplas de 3 (DTT3%) que foi superado em apenas 5% das 1.008 leituras válidas.

Os limites correspondem ao máximo valor desejável a ser observado no sistema de distribuição.

2.4 Uso do Analisador de Qualidade de Energia Elétrica

Para o registro das medições deste artigo foi utilizado o analisador MAR-722, disponibilizado pela Divisão de Projetos, Obras e Serviços de Engenharia da própria UFVJM, conforme mostra a Figura 2.



Figura 2 – Analisador de energia trifásico MAR-722.

Na grande maioria, os analisadores de qualidade de energia vêm configurados de fábrica com os parâmetros de normas internacionais. Para o uso adequado, é necessário portanto o ajuste no setup para atender os parâmetros definidos no item 8,1, do módulo 8 do PRODIST (ANEEL, 2021).

Os itens reestabelecidos foram: no botão MENU, acessar a interface Menu Gravar, que mostra a memória livre, o intervalo, o tempo de duração da gravação e o nome do arquivo, como mostrado na Figura 3.

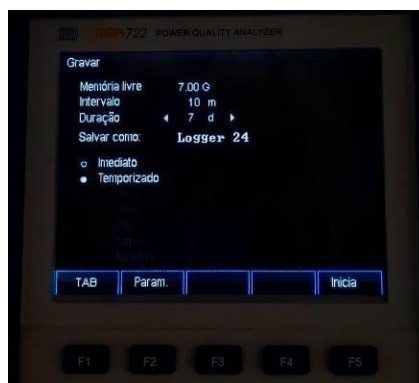


Figura 3 - Menu de configuração para gravar.

Para alterar os parâmetros a serem gravados, deve-se pressionar F2, onde será exibida a

tela ilustrada na Figura 4.

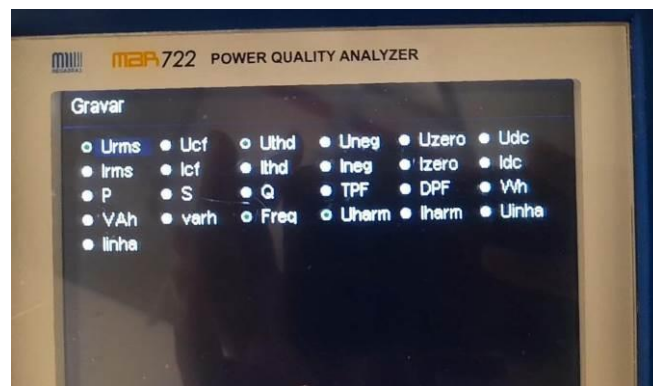


Figura 4 - Parâmetros a serem gravados.

Foram selecionados no analisador os seguintes parâmetros: Tensão eficaz (Urms), Distorção Harmônica Total de Tensão (Uthd), Frequência (Freq) e Tensão Harmônica (Uharm). Essa escolha foi baseada nas definições do módulo 8 do PRODIST.

Em relação ao tempo de integração e tempo de registro, conforme a seção 9.1 do módulo 8 do PRODIST (ANEEL, 2021), o período de integração válido para 1008 leituras válidas precisa ser de 10 minutos. Portanto, foi configurado no analisador este tempo de integração, totalizando um tempo de registro de 7 dias e 00h 00min.

Além disso, o analisador MAR-722 precisa ser configurado na rede de energia de acordo com os dados levantados na visita técnica, na qual, as seguintes informações da rede de energia foram obtidas: tensão nominal e frequência da rede elétrica do pavilhão, sendo configurado os parâmetros de tensão nominal de 127V e frequência de 60Hz.

2.5 Instalação do Analisador de Qualidade de Energia Elétrica

Após a definição dos parâmetros da rede elétrica fornecida durante a visita no local, foram realizados o preparo do quadro e a instalação do analisador. O MAR-722, possui quatro entradas com conexão do tipo Bayonet Neill- Concelman (BNC), para alicates de corrente e cinco entradas de tensão. Os terminais de tensão possuem um clipe do tipo jacaré, que é utilizado para fazer a conexão junto ao cabo da rede elétrica.

Para a instalação correta do analisador na rede elétrica, seguiu-se as recomendações do manual do fabricante (MEGABRAS, 2017). Primeiramente foram identificados os cabos de tensão que vem com o analisador. Foram utilizados os cabos, verde para o terra, azul para o neutro, amarelo para L1, preto para L2 e vermelho para L3. Como havia quatro disjuntores, sendo um geral, um secundário e os do primeiro e segundo pavimento, foi decidido por conectar as pinças no disjuntor secundário, pois no geral seria mais difícil. As conexões foram feitas conforme mostrado na Figura 5.

O analisador de QEE foi instalado no quadro de distribuição de cargas do prédio de aula para monitorar e medir as grandezas elétricas. Desta forma o ponto de instalação do analisador não registra as interferências na rede elétrica da concessionária, mas analisa a qualidade do produto junto ao funcionamento real da rede e as cargas dos pavimentos 1 e 2 do prédio de salas de aula.

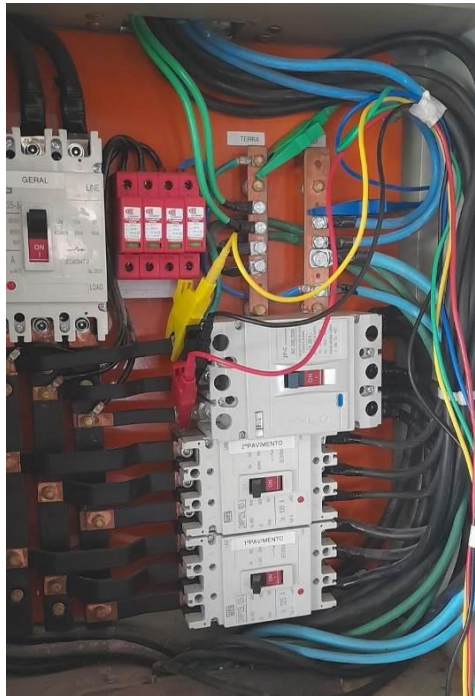


Figura 5 - Ligação do analisador ao sistema de distribuição trifásico

3. Resultados e Discussão

Os resultados e valores dos indicadores de tensão, variação de frequência e harmônicos, serão apresentados separadamente nos gráficos com os valores máximos (MAX), mínimos (MIN) e médios (AVG), para facilitar a compreensão ao final desta seção.

3.1 Resultados obtidos

O registro dos níveis de tensão da medição realizada pelo analisador de QEE na rede elétrica são apresentados na Figura 6, que apresenta os indicadores das variações médias em volts [V], obtidas entre as fases L1, L2, L3 e N, respectivamente.

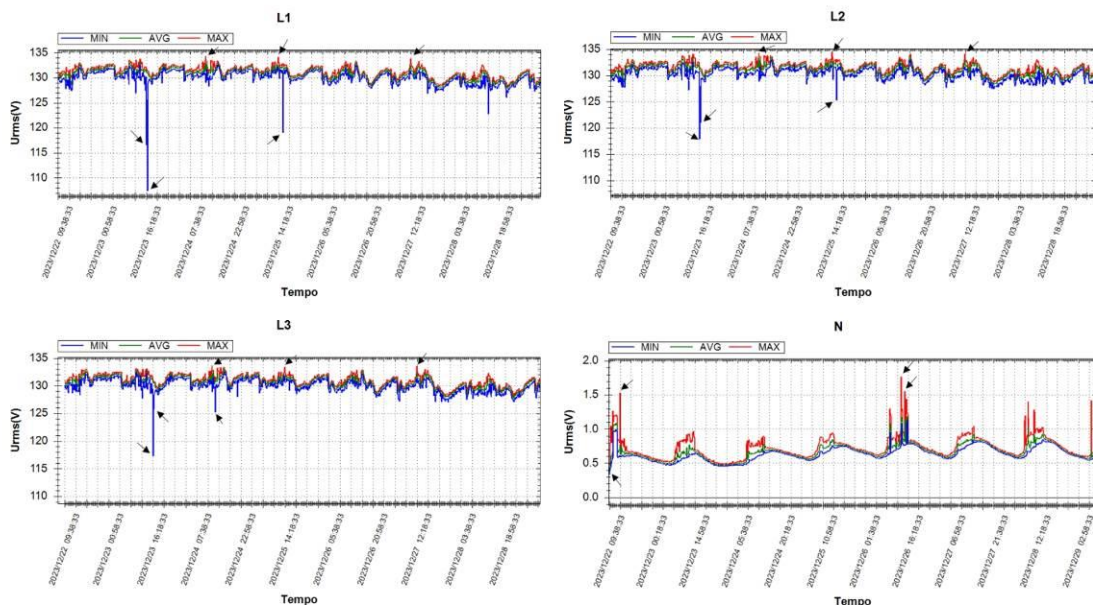


Figura 6 – Indicadores dos níveis de tensão nas fases L1, L2, L3 e N

Na Figura 7, apresentam-se os indicadores das taxas médias da variação de frequência, em Hz, registrados pelo analisador QEE.

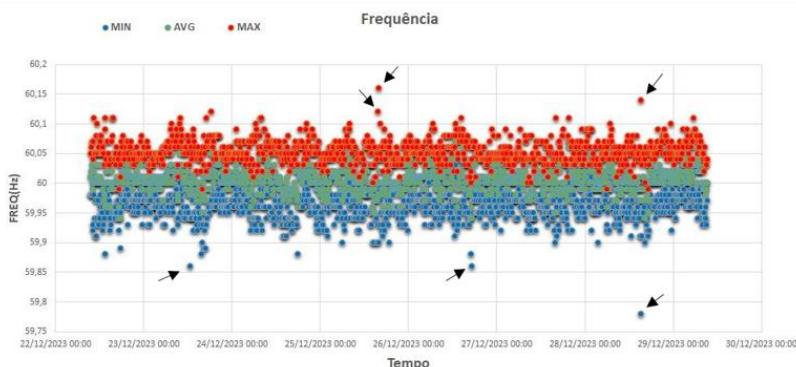


Figura 7 – Indicadores da frequência na rede elétrica

Na Figura 8, são apresentados os indicadores das taxas médias das UTHD (%) distorções harmônicas totais de tensão elétrica, registrados pelo analisador de qualidade MAR-722, obtidas na fase L1, L2, L3 e N na rede.

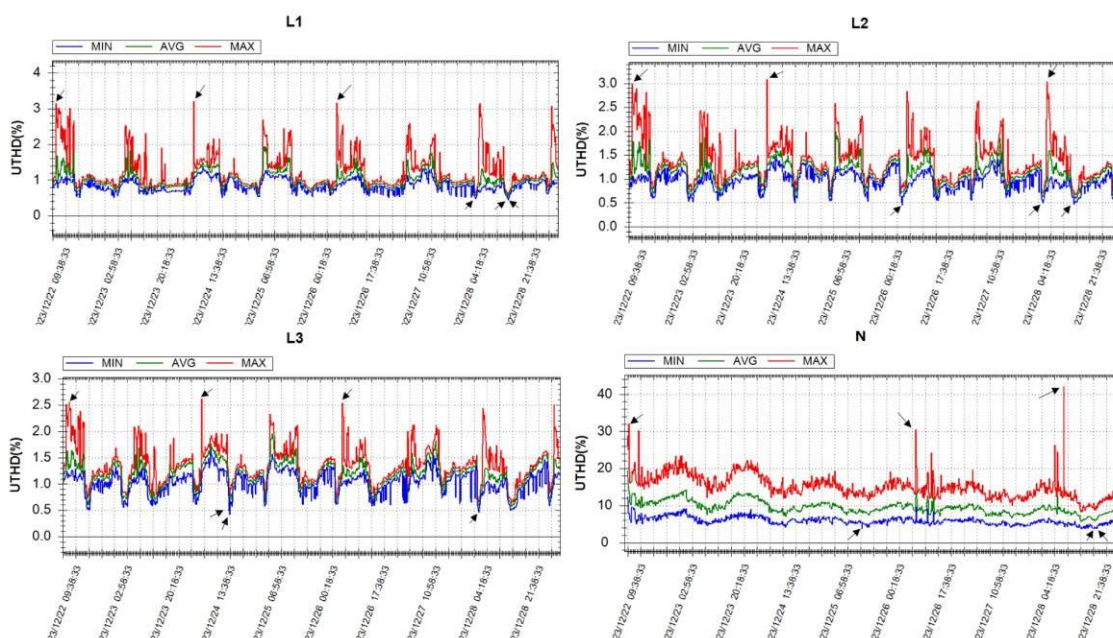


Figura 8 – Indicadores de UTHD (%) nas fases L1, L2, L3 e N.

3.2 Análise dos resultados

Nesta etapa será feita a comparação dos resultados, de modo a verificar as informações das medições e constatar sua qualidade, comparando com os parâmetros de referência definidos pelo módulo 8 do PRODIST, para análise da qualidade do produto.

A Tabela 3 apresenta os maiores e os menores valores obtidos para os indicadores de tensão elétrica registrados pelo analisador. Os valores apresentados são referentes aos níveis de tensões máximos, mínimos e médios das fases L1, L2 e L3.

Analisando os valores três valores de mínimos (MIN) e os três máximos (MAX), obtidos pelo equipamento, nas três fases da rede elétrica, é possível compará-los aos limites estabelecidos no módulo 8 do PRODIST encontrado na Tabela 1, faixas de variação de Tensão de Leitura (TL) em volts denominadas com tensão “precária”,

“adequada” ou “crítica”, mostrado da Tabela 4.

Tabela 3 - Amostra dos dados elétricos das tensões registradas, em Volts

Fase	Maior valor registrado			Menor valor registrado		
	MIN	AVG	MAX	MIN	AVG	MAX
L1	132	133	134	107	127	128
L2	133	133	134	117	128	128
L3	132	133	133	117	127	128

Fonte: Próprio autor

Tabela 4 - Valores máximos e mínimos dos níveis de tensão da rede elétrica

Fase	Faixa de Variação da Tensão de Leitura em Volts	Tensão de atendimento	Data	Horário	
L1	MIN	107,376	Crítica	23/12/2023	16:48h
		116,612	Precária	23/12/2023	16:28h
		119,069	Adequada	25/12/2023	15:58h
	MAX	134,263	Precária	24/12/2023	12:58h
		134,182	Precária	25/12/2023	14:18h
		133,851	Precária	27/12/2023	12:18h
L2	MIN	117,888	Adequada	23/12/2023	16:28h
		121,037	Adequada	23/12/2023	16:48h
		127,316	Adequada	25/12/2023	15:48h
	MAX	134,518	Precária	25/12/2023	14:48h
		134,294	Precária	25/12/2023	12:48h
		134,178	Precária	27/12/2023	17:48h
L3	MIN	117,311	Adequada	23/12/2023	16:28h
		125,235	Adequada	24/12/2023	14:08h
		125,795	Adequada	23/12/2023	16:38h
	MAX	133,636	Precária	24/12/2023	12:58h
		133,635	Precária	27/12/2023	12:18h
		133,412	Precária	25/12/2023	14:18h

Fonte: Próprio autor

Os resultados pertinentes à análise da qualidade de energia são apresentados na Tabela 4. Na fase L1, constata-se que na faixa de tensão mínima, uma situação crítica é identificada quando inferior a 110 V, e precária quando inferior a 117 V. Essa condição pode ser atribuída a diversos fatores, tais como uma demanda intensa no momento da análise, ou problemas nos equipamentos elétricos.

Por outro lado, na faixa de tensão máxima da fase L1, observa-se um aumento na carga que ultrapassam o valor de 133 V, adequado pelo PRODIST. Essa situação pode ser causada por desregulação na fonte de alimentação na rede elétrica, resultando em uma elevação na tensão, ou por problemas nos equipamentos de distribuição, como falhas próprias ou próximas da instalação, que podem contribuir para variações na tensão.

Nas fases L2 e L3, nota-se que os valores de tensão na linha mínima, na tabela indicada na cor verde, estão adequados, acima de 117 V. No entanto, na faixa de tensão máxima, alguns valores além dos mostrados na tabela ultrapassam 133 V. Esse aumento na tensão pode ter ocorrido devido a problemas na regulação de tensão, onde dispositivos próprios ou próximos da instalação podem não estar operando corretamente, permitindo

que a tensão ultrapasse os limites normais, ou por falhas em equipamentos de distribuição, como transformadores.

A análise revela que, a rede elétrica mesmo não estando em pleno funcionamento no momento da avaliação, não se comportou totalmente conforme os parâmetros de tensão estabelecidos pelo PRODIST em alguns instantes conforme observado nos resultados obtidos.

Quanto à frequência, a Tabela 5 apresenta os três maiores dados da linha de máximo, no gráfico de frequência representado na cor vermelha, e os três menores da linha de mínimo, no gráfico de frequência representado na cor azul, da variação de frequência na rede elétrica, denominadas se dentro dos limites como “adequado”, se apresenta um valor inferior ao adequado, e classificado como “menor” e se está acima do valor adequado é classificado como “ultrapassa”, mostrado da Tabela 5.

Tabela 5 - Valores das variações de frequências na rede elétrica.

Fase	Faixa de Variação da frequência de Leitura em Hz	Frequência de Atendimento	Data	Horário	
L1	MIN	59,78	Menor	28/12/2023	15:18h
		59,86	Menor	23/12/2023	12:38h
		59,86	Menor	26/12/2023	17:18h
	MAX	60,16	Ultrapassa	25/12/2023	15:58h
		60,14	Ultrapassa	28/12/2023	15:18h
		60,12	Ultrapassa	25/12/2023	15:38h

Fonte: Próprio autor

Os valores mostrados na tabela apresentam valores de frequência que estão fora da faixa aceitável de frequência definido pelo item 65 do módulo 8 do PRODIST, podendo ter sido causado por falhas nos sistemas de controle de frequência, podendo resultar em instabilidades, falhas em equipamentos de geração, como turbinas ou motores, ajustes inadequados nos sistemas de controle ou intervenções manuais na operação da rede elétrica também podem causar variações na frequência. Ou seja, provavelmente essas variações de frequência não tenham sua origem no sistema da UFVJM, mas sim da concessionária de energia local.

Dessa forma, foi avaliado que a variação de frequência da rede elétrica analisada não se comportou dentro dos limites de conformidade com a qualidade de energia do PRODIST, em alguns instantes conforme observado nos resultados obtidos.

Em relação aos harmônicos da rede, de acordo com item 46 do Módulo 8 do PRODIST (ANEEL, 2021), o limite de distorção total permitido para faixas de tensão abaixo de 2,3kV é de 10% da tensão nominal.

Analisando os valores máximos obtidos pelo equipamento, é possível compará-los aos limites de harmônicos estabelecidos no módulo 8 do PRODIST encontrados na Tabela 2, e aos limites das distorções harmônicas totais (em % da tensão fundamental) na linha DTT95% coluna $V_n < 2,3kV$.

Como o PRODIST não estabelece um valor mínimo de harmônico, a Tabela 6 apresenta os valores máximos dos indicadores de distorções harmônicas de tensão entre a fase L1, L2 e L3 na rede elétrica, denominadas como, “dentro dos limites”, “não alcançou” e “ultrapassa”.

Tabela 6 - Valores máximos UTHD (%) de tensão na rede elétrica.

Fase	Faixa de Variação das distorções harmônicas em UTHD (%)	Distorção de Atendimento	Data	Horário
L1	3,21	dentro dos limites	24/12/2023	08:28h
	3,17	dentro dos limites	26/12/2023	07:58h
	3,16	dentro dos limites	22/12/2023	10:48h
L2	3,09	dentro dos limites	24/12/2023	08:28h
	3,03	dentro dos limites	28/12/2023	07:28h
	2,98	dentro dos limites	22/12/2023	10:48h
L3	2,63	dentro dos limites	24/12/2023	08:28h
	2,56	dentro dos limites	22/12/2023	11:48h
	2,55	dentro dos limites	26/12/2023	07:58h

Fonte: Próprio autor

De acordo com a Tabela 6, os valores das taxas dos indicadores de distorções harmônicas de tensão (UTHD %), para as fases L1, L2 e L3, aponta os maiores valores das taxas de máximo em 3,21 %, 3,09% e 2,63 %, respectivamente, comprovando estar dentro dos limites definidos no item 46, do módulo 8 do PRODIST. Por se tratar de um período de pouca atividade acadêmica, é natural que isso acontecesse, pois grande parte das cargas não lineares geradoras de distorção harmônica não estavam em uso neste momento.

4. Conclusões

Este artigo apresentou uma análise dos parâmetros de QEE na instalação elétrica de baixa tensão na UFVJM da cidade de Janaúba/MG. Os dados foram medidos através do analisador MAR-722. Os parâmetros descritos são regulamentados pelo módulo 8 do PRODIST, emitidos pela ANEEL, serviram de referência para o estudo.

De acordo com a análise dos resultados, os níveis de tensão não se mostraram adequados durante alguns instantes do período analisado, apresentando valores superiores e inferiores aos limites de tensão de 117 V e 133 V nas instalações elétricas, sendo categorizados como precários ou críticos.

Houveram alguns instantes com variação de frequência através do registro do analisador de qualidade de energia nas redes elétricas, o que pode causar danos ou mau desempenho nos equipamentos eletrônicos sensíveis, como computadores, fontes de alimentação e dispositivos de comunicação.

Para os indicadores de distorções harmônicas de tensão (UTHD%), não foram observadas anormalidades, estando dentro dos limites indicados pelo PRODIST, durante todo o período de medição, por se tratar de um período de pouca atividade acadêmica.

Desta forma, os dados levantados no estudo apresentaram parâmetros considerados precários ou não adequados pelos indicadores de QEE do PRODIST em alguns instantes no período de medição, atestando a necessidade de análise minuciosa para encontrar as causas e adequar a qualidade de energia na rede elétrica.

Ao longo das coletas e análise dos registros na rede elétrica, foram identificadas alterações nas redes, devido a análise ter sido feita no período de férias escolares e

poucos dos aparelhos eletrônicos com cargas não-lineares estavam em funcionamento, esses fatores podem ser insuficientes para determinar o grau de precariedade da rede elétrica do prédio de aulas. Portanto, para trabalhos futuros, sugere-se o estudo sobre distorções harmônicas na instalação elétrica em pleno funcionamento.

Referências

ABDEL-AAL, R.E. & AL-GARNI, Z. *Forecasting Monthly Electric Energy Consumption in eastern Saudi Arabia using Univariate Time-Series Analysis*. Energy Vol. 22, n.11, p.1059-1069, 1997.

ABRAHAM, B. & LEDOLTER, J. *Statistical Methods for Forecasting*. New York: John Wiley & Sons, 1983.

ANEEL. *Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST: Módulo 8 – Qualidade da energia elétrica*. Brasília: ANEEL, 2021.

BEVILAQUA, Lucas; OLIBONI, Carlos RP. *Avaliação e determinação dos indicadores de qualidade e eficiência da energia elétrica. Projeto apresentado na III FICE – Feira de Iniciação Científica e Extensão do Instituto Federal Catarinense – IFC, Campus Videira. Videira, 2014.*

MEGABRAS. *Manual do Usuário: Analisador de energia trifásico MAR722*. 2017.

MEGABRAS. MAR722. Disponível em: <https://www.megabras.com/pt-br/produtos/analizador-energia/analizador-de-energia-MAR722.php>.

POLL, Fernando Da Cruz. *Análise da qualidade de energia elétrica em baixa tensão: estudo de caso em um ambiente universitário*. 2013. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Elétrica)-Universidade Federal do Pampa. Alegrete, 2013.