

Avaliação do Consumo de Energia do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Álvaro R. G. Oliveira*. Arnaldo J. P. Rosentino, Jr.*
Nivaldo L. Silva, Jr.*

* *Electrical Engineering Department, Federal University of Triângulo Mineiro, Uberaba, Brazil (e-mail: alvaroribeiro_gomes@outlook.com, arnaldo.rosentino@uftm.edu.br, nivaldosleite@hotmail.com)*

Abstract: The evaluation of distribution substation, where is installed important loads, is essential to guarantee a reliable, efficient and safe operation of electrical system. In this context, this work aims to analyze the energy consumption of clinical hospital of Federal University of Triângulo Mineiro by measuring the energy of the main distribution transformers of electrical substation. From the measurement results a reference database is built for continuous analysis. Besides, the condition of transformers operation is verified. Thus, it is possible to evaluate the reliability and quality of power, and it is identified the main issues for the proposal of installation improvements. Taking the pandemic caused by coronavirus (Covid-19), this work is even more important.

Resumo: O monitoramento de subestações de distribuição, onde se encontram cargas de alta relevância, é fundamental para garantir sua operação de forma confiável, eficiente e segura. Este estudo propõe analisar o consumo de energia do hospital de clínicas da Universidade Federal do Triângulo Mineiro através de medição nos principais transformadores de distribuição da subestação. A partir dos resultados de medição, tem-se a criação de um banco de dados de referência para monitoramento contínuo. Além disso, da condição de operação dos transformadores, permite-se avaliar a confiabilidade e qualidade no fornecimento de energia, bem como identificar pontos de atenção, propondo-se melhorias da instalação. Considerando o cenário de pandemia causada pelo coronavírus (Covid-19), este estudo torna-se ainda mais relevante.

Keywords: Energy Consumption; Hospital Complex; Measurement; Substation, Transformer.

Palavras-chaves: Consumo de Energia; Complexo Hospitalar; Medição; Subestação, Transformador.

1. INTRODUÇÃO

O monitoramento do consumo de energia permite conhecer a quantidade de energia utilizada, seu custo imediato e impacto ambiental, e ainda desperta uma cultura de conscientização de consumo. Adicionalmente, medição e monitoramento representa um importante papel para suportar decisões de substituição e manutenção de equipamentos, e seleção de tarifa apropriada. (Bandarra et al., 2016)

Conforme Gordo et al. (2011) e Sarikprueck et al. (2017), as construções hospitalares se destacam como grandes consumidores de energia. Dessa forma, é necessária uma gestão de consumo eficaz para a implementação de medidas de segurança, confiabilidade e eficiência energética.

A ANEEL identifica no Módulo 1 - Introdução do PRODIST a definição de serviço essencial, no qual enquadra-se os hospitais, cujas contingências na rede elétrica representam altos riscos à segurança pública ou pessoal. (ANEEL, 2016)

Considerando a importância da continuidade e do gerenciamento do fornecimento de energia em um complexo hospitalar assim como da capacidade dos transformadores de alimentar as cargas de toda instalação, este artigo objetiva

apresentar uma análise de consumo do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) a partir da medição de energia dos principais transformadores da Subestação (SE), permitindo-se identificar medidas que possibilitarão aprimorar a confiabilidade e qualidade do sistema elétrico. Além disso, este trabalho contribui para criação de um banco de dados de referência para monitoramento contínuo. Para Prudenzi et al. (2009), a disponibilidade de perfis de carga permite identificar estratégias efetivas de gerenciamento de carga e energia em um hospital, bem como ineficiências funcionais ou operacionais na carga elétrica que possam ser mitigadas de forma eficaz com intervenções de manutenção preventiva. Considerando, o cenário de pandemia causado pelo coronavírus (Covid-19), impondo desafios de saúde pública, e impactando no segmento de distribuição de energia, Castro et al. (2020), estudos de confiabilidade em complexos essenciais, como os hospitalares, tornam ainda mais relevantes.

2. METODOLOGIA

O Hospital de Clínicas da UFTM, localizado em Uberaba-MG, é um hospital universitário, onde além de atendimento, realizam-se atividades de ensino e pesquisa. Seu atendimento

abrange 27 municípios que compõem a macrorregião Triângulo Sul do Estado de Minas Gerais. Responde por 73% de toda média e alta complexidade da macrorregião e por 100% da alta complexidade na mesma área, com exceção do tratamento de câncer. Quanto à estrutura, possui mais de 302 leitos ativos dispostos em uma área de 26.000 m², distribuídos entre ambientes de internação, ambulatórios, pronto-socorro e serviços de diagnóstico e tratamentos especializados. (Hospital de Clínicas UFTM, 2019)

Para análise de consumo de energia do complexo hospitalar, inicialmente efetuou-se uma análise do diagrama unifilar a fim de observar a configuração em que estão dispostos os transformadores e as especificações dos dispositivos elétricos.

2.1 Diagrama Unifilar

O sistema proposto é representado através da Fig. 1 por um diagrama unifilar simplificado. As medições foram propostas nos transformadores T1 a T4, localizados na SE principal do hospital. Uma segunda SE abriga os transformadores T5 e T6, os quais não foram objetos de estudo. Por possuírem demanda menor que os outros transformadores, implicam em pouca influência nos resultados.

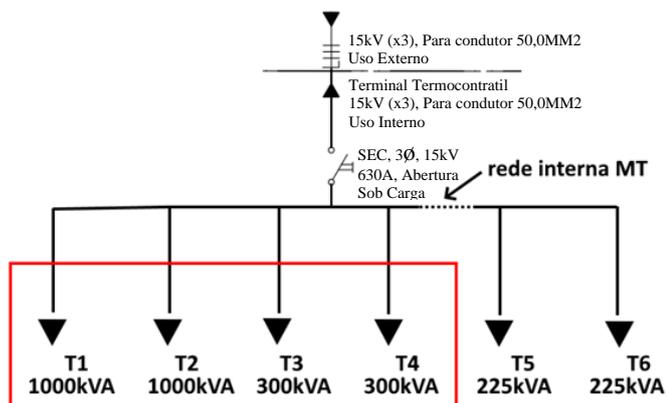


Fig. 1 Diagrama Unifilar Simplificado.

As Fig. 2 e 3 apresentam respectivamente os diagramas relacionados aos transformadores T1 e T2, e transformadores T3 e T4. A partir das mesmas pode ser identificado o nível de tensão da SE, 13,8 kV, as respectivas conexões de cada transformador, bem como os níveis de tensão na baixa tensão.

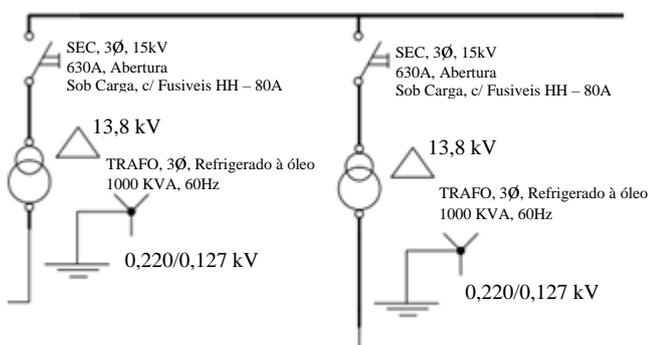


Fig. 2 Diagrama unifilar com Transformadores T1 e T2.

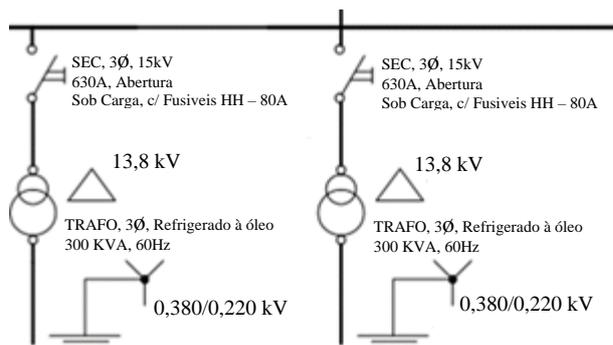


Fig. 3 Diagrama unifilar com Transformadores T3 e T4.

2.2 Equipamento de Medição

Para efetuar as medições, foi utilizado o dispositivo registrador da FLUKE® modelo 1735 *Power Logger*, o qual possui funções que efetuam análises de tensão, corrente e potência, distorção harmônica e variação de tensão de curta duração.

2.2.1 Instalação do Registrador

A conexão do dispositivo à rede deve variar conforme a sua configuração. Levando em conta que as medições deveriam ocorrer no secundário dos transformadores, e que todos exibiam um arranjo Δ-Y (Fig. 2 e 3), as ligações foram efetuadas conforme indicado na Fig. 4. (Fluke, 2016)

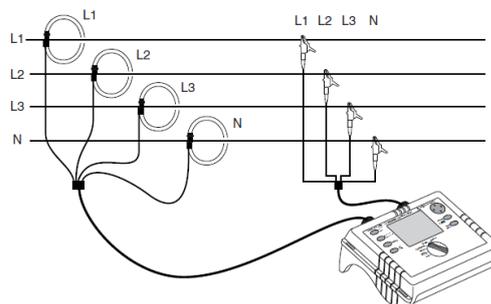


Fig. 4 Conexão medidor em rede trifásica Y

Visando determinar corretamente os sinais de tensão e corrente, conforme Fig. 4, os grampos de tensão L1, L2 e L3 são conectados às fases L1, L2 e L3 (ou A/R, B/S, C/T) nessa ordem, tendo um quarto grampo conectado ao barramento de neutro (N). Já as sondas de corrente, além da ordem de conexão, devem ser posicionadas de forma que a seta esteja na direção da carga, conforme indicado na Fig. 5.

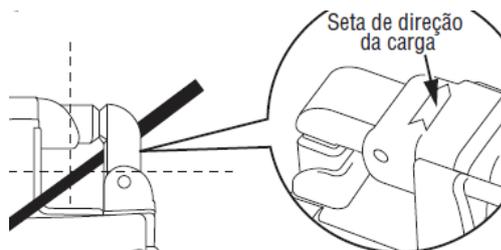


Fig. 5 Conexão entre sonda de corrente e linha

2.2.2 Condições de Análise

O software utilizado para a análise dos dados coletados foi o Power Log Classic 4.6, o qual permite analisar a demanda de potências ativas, aparente e reativa, dentro de valores médios, máximos e mínimos no intervalo de medição, estipulado num período de coleta a cada 15 minutos durante 24h.

Os dados coletados foram dispostos em quatro etapas de medições, transformadores T1, T2, T3 e T4, estendendo-se por 24h cada uma, em dias da semana. As medições correspondem ao mês de outubro de 2019, um dos períodos mais quentes do ano.

Os autores destacam que o ideal seria uma campanha de medição com um conjunto maior de dados. Todavia, em trabalho anterior, apresentado em Mendes (2018), identificou-se um perfil padrão da carga durante a semana, conforme pode ser identificado pela Fig. 6, a qual corresponde à energia ativa do transformador T2 da SE, realizada ao final de setembro, ou seja, período similar às medições aqui contempladas. Observe que nos finais de semana, por haver menos paciente e menos contingente do setor administrativo, a demanda é menor. Portanto, as janelas de 24h aqui apresentadas, e compreendidas em dias da semana, refletem de forma satisfatória a característica de fornecimento da SE e aos propósitos deste trabalho.

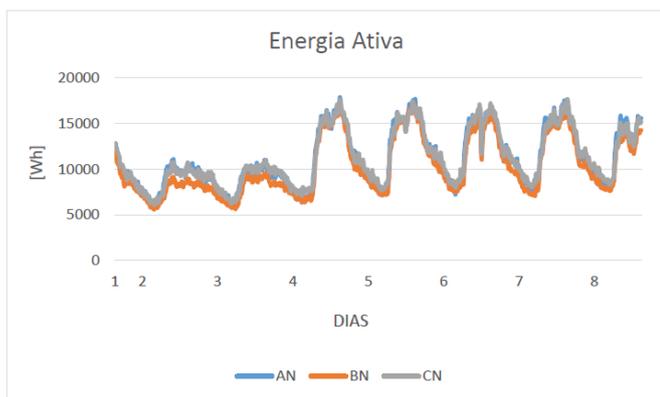


Fig. 6 Energia ativa – Transformador T2.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

As medições foram separadas em valores totais de consumo nos transformadores por fase. As tensões médias, mínimas e máximas nas fases dos transformadores também foram analisadas, visando identificar possíveis variações na tensão da rede.

3.1 Transformador T1 de 1000kVA

Assim como detalhado anteriormente, o equipamento de medição foi instalado no transformador T1, conforme destaca a Fig. 7. A conexão no barramento referente aos demais transformadores é similar, e conseqüentemente não será apresentada.

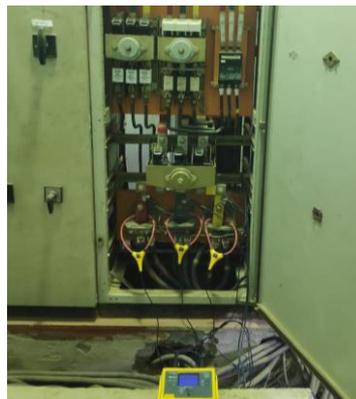


Fig. 7. Conexão do medidor no barramento secundário de T1.

Da análise de potência aparente, a Fig. 8 apresenta os gráficos de demanda mínima, média e máxima, bem como o fator de potência médio do transformador sob estudo.

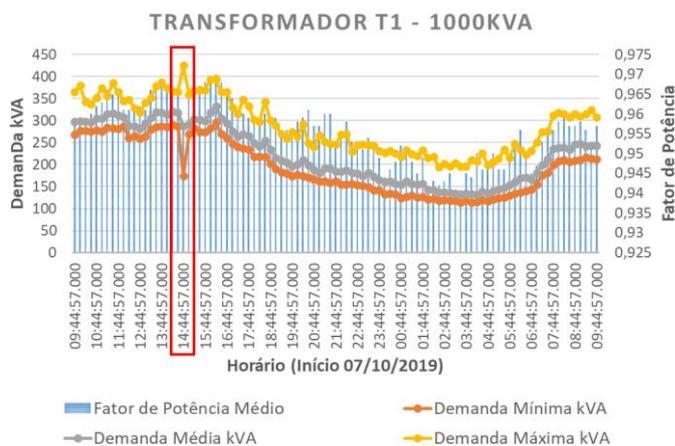


Fig. 8 Potência aparente de T1.

Nota-se que durante a medição, o transformador operou com potência máxima de 425 kVA, não atingindo metade da sua potência nominal de 1000kVA. Destacado em vermelho na Fig. 8, identificou-se uma demanda média total de 287,413 kVA, máxima de 425,075 kVA, e mínima de 174,654 kVA. A partir da Fig. 9, onde destaca-se a demanda média por fase, nota-se uma distribuição equilibrada de carga.

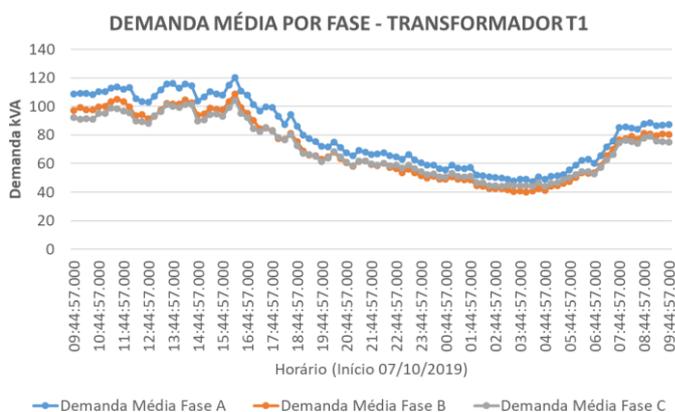


Fig. 9 Demanda média por fase em T1.

Tendo em vista a variação atípica do valor mínimo de potência, destacado em vermelho na Fig. 8, decidiu-se analisar os gráficos de tensão e corrente, Fig. 10 e 11, respectivamente. Tomando-se a fase A, identifica-se uma tensão mínima de valor aproximado igual a 71V, e corrente máxima de aproximadamente 1,4 kA. Ou seja, verifica-se que no intervalo dos 15 minutos de medição, houve uma queda brusca na tensão fornecida pelo transformador e conseqüentemente, durante a recomposição da tensão nominal, as cargas indutivas (compressores ou motores) ocasionaram um pico de corrente.

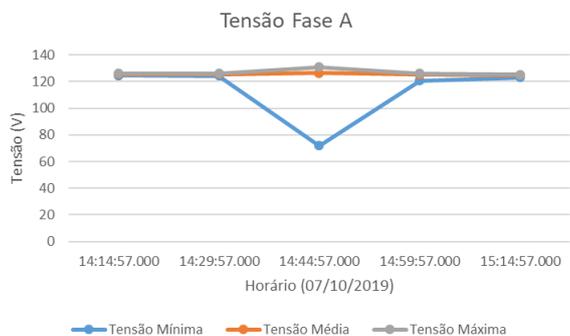


Fig. 10. Tensão na fase A de T1 durante o evento.

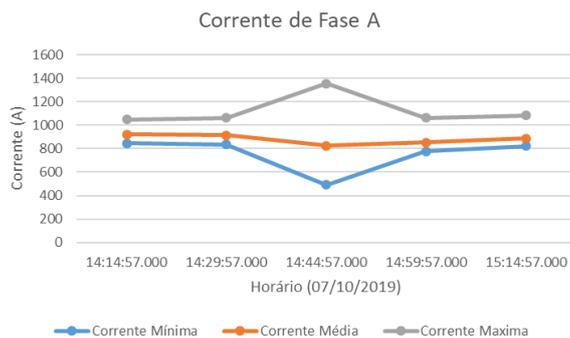


Fig. 11. Corrente na fase A de T1 durante o evento.

3.2 Transformador T2 de 1000kVA

A Fig. 12 apresenta os gráficos de demanda mínima, média e máxima, e o fator de potência médio do transformador T2.

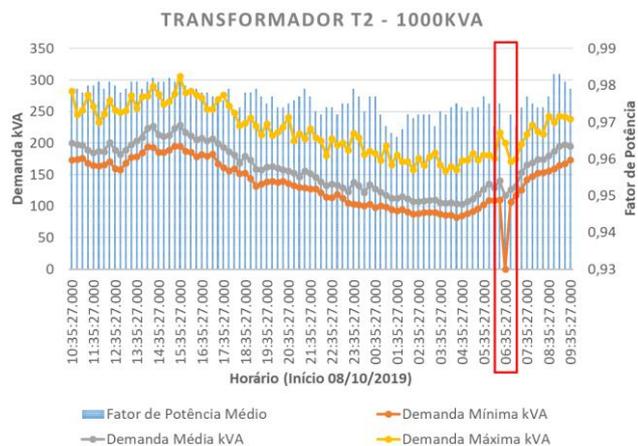


Fig.12. Potência aparente de T2.

Nota-se que o transformador operou com demanda máxima de 305,5 kVA, não atingindo novamente metade da sua potência nominal de 1000kVA. Analisando a curva de demanda de potência aparente do transformador T2 é possível identificar no intervalo destacado em vermelho uma demanda média total de 116,932 kVA, máxima de 200,337 kVA, mínima de 0 kVA. Ou seja, o transformador não fornece potência para as cargas. No que tange a demanda média por fase, conforme Fig. 13, nota-se novamente uma distribuição equilibrada de carga.

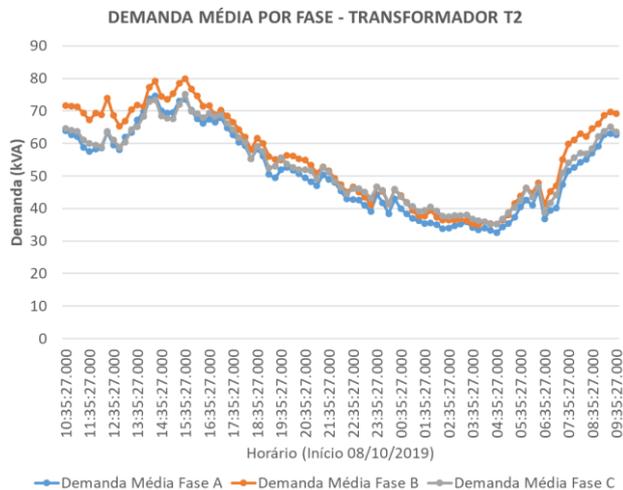


Fig. 13 Demanda média por fase em T2.

Analisando a tensão e corrente da fase A, apresentados respectivamente pelas Fig. 14 e 15, verifica-se novamente a possível ocorrência de um evento na rede. Nota-se uma queda brusca da tensão e corrente fornecida pelo transformador T2, chegando à valores próximos de zero.

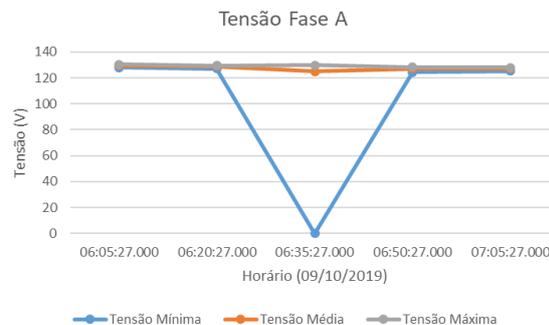


Fig. 14 Tensão na fase A de T2 durante o evento.

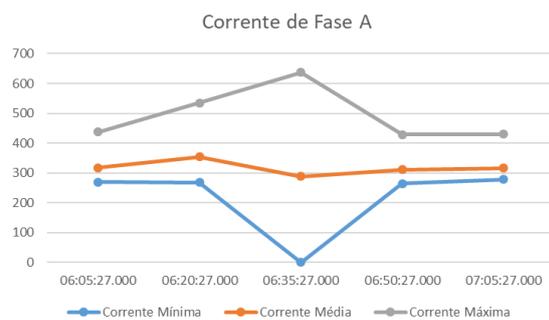


Fig. 15 Corrente na fase A de T2 durante o evento.

3.3 Transformador T3 de 300kVA

A partir da análise da potência, foi possível obter os gráficos presentes na Fig. 16, sendo eles referentes às demandas totais mínimas, médias e máximas e o fator de potência médio do transformador. Nota-se que o transformador operou com demanda máxima de 91,7 kVA, não atingindo um terço da sua potência nominal de 300kVA. O intervalo em vermelho selecionado na Fig. 16 contém o período de demanda mínima durante a data da análise. Tal fato reflete o horário incomum de funcionamento dos aparelhos de ressonância e tomografias, que geralmente funcionam entre as 7h até as 23h30.

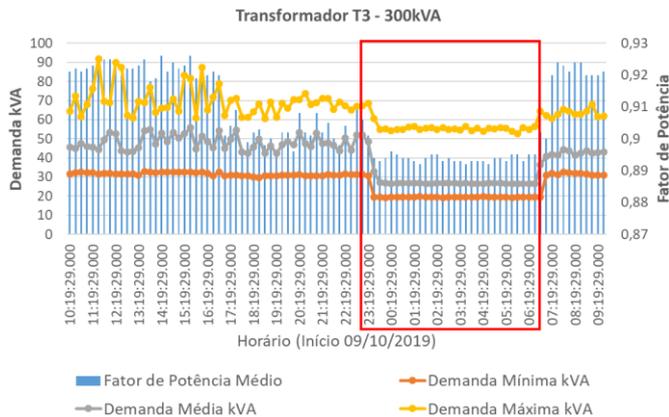


Fig.16 Potência aparente de T3.

Analisando a demanda média por fase, apresentado na Fig. 17, verifica-se uma boa distribuição de carga entre as fases.

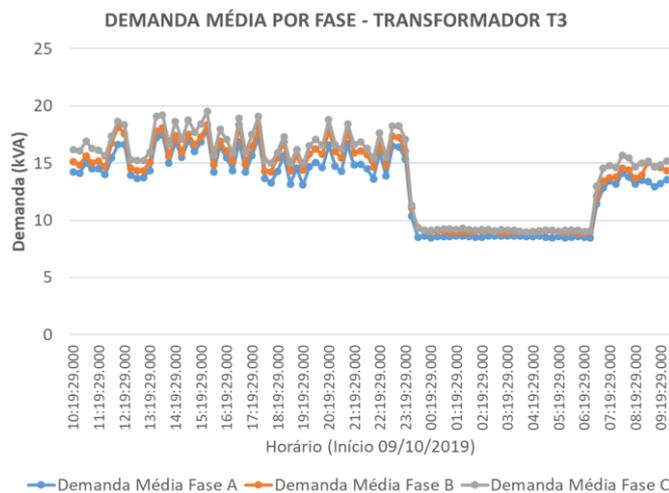


Fig. 17 Demanda média por fase em T3.

3.4. Transformador T4 de 300kVA

A partir da análise de potência aparente do transformador T4, foi possível obter os gráficos presentes na Fig. 18, sendo eles referentes às demandas totais mínimas, médias e máximas e o fator de potência médio do transformador. Percebe-se que o transformador operou com demanda máxima de 89,82 kVA, não atingindo um terço da sua potência nominal de 300kVA.

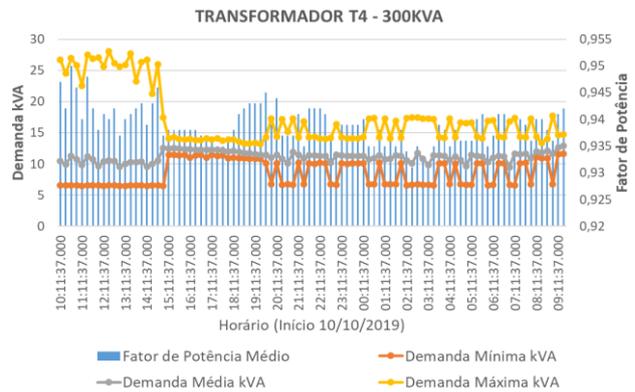


Fig.18 Potência aparente de T4.

A partir da demanda média por fase deste transformador, conforme identificado pela Fig. 19, houve uma maior demanda na fase A em relação às fases B e C.

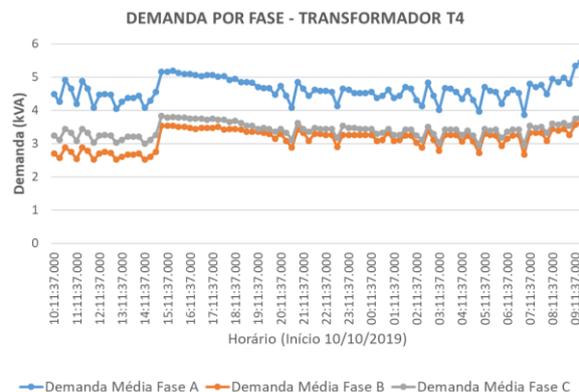


Fig.19 Demanda média por fase em T4.

4. ANÁLISE DE DESEMPENHO E OBSERVAÇÕES

4.1 Desequilíbrio de Tensão no Transformador T1

A Fig. 20 evidencia as tensões sobre os terminais do transformador T1. Nota-se que há um desequilíbrio de tensão entre as fases. Investigando as correntes, constatou-se uma corrente de neutro média entre 60 a 80 A.



Fig.20 Tensões de fase nos terminais de T1

4.2 Configuração de Barra da Subestação

Como constatado, todos os transformadores operam com potência inferior a nominal, sabe-se ainda que a subestação possui apenas um gerador a diesel para redundância, sendo assim é possível constatar a viabilidade de realocar as cargas dos transformadores T2 e T4 para T1 e T3, respectivamente, de forma a melhorar a confiabilidade do sistema quanto à eventuais manutenções, falhas e correções. Dessa forma, T2 e T4 seriam deixados em stand-by, sendo requisitados apenas quando necessário.

4.3 Análise de Rendimento dos Transformadores

A título de ilustração a Fig. 21 destaca as curvas de rendimento do transformador T2. Escolheu-se este, pois dentre aqueles de maior potência nominal, é o que trabalha com o menor nível de carga. Observe que apesar de mesmo operar com um terço da sua capacidade nominal, ainda assim trabalha com um elevado rendimento, próximo do ideal (rendimento máximo). Além disso, pode-se constatar que se elevar seu carregamento não provocará alteração do rendimento ideal de operação. Obviamente, isto vale para um elevado fator de potência. Pois, nota-se que a redução do fator de potência implica de forma mais relevante no rendimento do transformador, e consequentemente nas perdas do equipamento. A análise é similar para os demais transformadores.

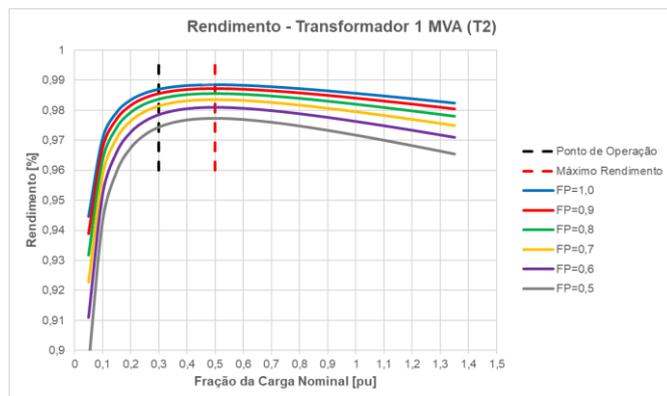


Fig.21 Curvas de rendimento do transformador T2.

5. CONCLUSÕES

No atual estudo foi possível constatar que todos os transformadores operaram abaixo da metade da sua potência nominal, podendo descartar a possibilidade de sobrecargas durante o período de medição. Neste sentido, verifica-se a possibilidade de readequação na distribuição de cargas entre os transformadores, possibilitando que um ou mais transformador opere em stand-by através da alteração de configuração de barra da SE. Esta ação levará a uma melhor confiabilidade da instalação. Apesar de não ter sido o foco deste trabalho, verifica-se a necessidade de maiores investigações no que tange ao tema de qualidade de energia, analisando os fenômenos de variação de tensão de curta duração, desequilíbrio de tensão e distorção harmônica, visto que cargas hospitalares apresentam uma característica não linear. Ressalta-se ainda que os resultados deste trabalho

servirão como referência para acompanhamento contínuo do consumo e qualidade da energia do hospital, visto que se trata de um tipo de consumidor extremamente importante. Esses dados iniciais, auxiliarão na realização de campanhas futuras de medição, as quais irão conter um conjunto maior de dados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Triângulo Mineiro por permitir o acesso as instalações de interesse.

REFERÊNCIAS

- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. (2016). Módulo 1 – Introdução. *Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST*.
- Bandarra, P., Valdez, M. T. and Pereira, A. (2016). Solutions for monitoring and analysing for energy consumption – Energy Management Systems. *51st International Universities Power Engineering Conference (UPEC)*, pp. 1–5.
- Castro, N., Brandão, R. and Moszkowicz, M. (2020). Corona virus e os impactos no segment de distribuição de energia elétrica do Brasil. *Agência Canal Energia, GESEL*.
- Fluke Corporation. (2016). Manual de Usuário - 1735 Power Logger, Rev. 2.
- Gordo, E., Campos, A. and Coelho, D. (2011). Energy efficiency in a hospital building case study: Hospitais da universidade de Coimbra. *3rd International Youth Conference Energetics (IYCE)*, pp. 1–6.
- Hospital de Clínicas da UFTM. (2019). [online], Available at: <http://www2.ebserh.gov.br/web/hc-uftm/historia>.
- Mendes, A. L. M (2018). Medição e estudo de especificação simplificada de equipamentos aplicados à subestação abrigada do hospital de clínicas da UFTM. *Trabalho de conclusão de curso. Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Triângulo Mineiro*.
- Prudenzi, A., Caracciolo, V. and Silvestri, A. (2009). Electrical load analysis in a hospital complex. *IEEE Bucharest Power Tech Conference*, pp. 1–6.
- Sarikprueck, P., Lumyong, P., Attaphong, C. and Ngamwathanasilpa, B. (2017). Analyzing Technique for Electrical Energy Monitoring System in Thailand Hospital. *IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe)*, pp. 1–4.