



Utilização de termovisor na manutenção preditiva de circuitos elétricos Use of thermal imager in predictive maintenance of electrical circuits

Bruno Pontes Fuentes¹, Roger Nabeyama Michels²

RESUMO

A termografia por infravermelho tem ganhado um papel cada vez mais proeminente na manutenção preditiva de instalações elétricas, oferecendo uma ferramenta eficiente e não invasiva para a detecção antecipada de falhas. Neste contexto, o presente estudo, realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, explora detalhadamente a aplicação, a relevância e as técnicas recomendadas para o uso eficaz da termografia. Utilizando o termovisor FLIR E5xt, realizamos uma análise termográfica dos painéis elétricos da universidade. Os resultados indicaram a ausência de anormalidades térmicas significativas, confirmando a precisão e a confiabilidade da ferramenta na identificação de variações de temperatura. Adicionalmente, o estudo propôs um modelo simplificado de relatório de termografia, visando otimizar o processo de interpretação das imagens térmicas e facilitar a adoção desta técnica pelas equipes de manutenção. A pesquisa realça a importância da termografia como uma técnica complementar nas práticas de manutenção preditiva, contribuindo para a prevenção de falhas, a melhoria da segurança e a eficiência operacional em instalações elétricas.

PALAVRAS-CHAVE: Termografia; Manutenção preditiva; Infravermelho; Segurança elétrica; Eficiência energética.

ABSTRACT

Infrared thermography is increasingly prominent in predictive maintenance of electrical installations, offering an efficient and non-invasive tool for early fault detection. In this context, the present study, conducted at the Federal Technological University of Paraná, Londrina Campus, thoroughly explores the application, relevance, and recommended techniques for effective use of thermography. Using the FLIR E5xt thermal imager, we performed thermographic analysis of the university's electrical panels. The results showed no significant thermal abnormalities, confirming the tool's accuracy and reliability in detecting temperature variations. Additionally, the study proposed a simplified model for thermography reporting, aiming to optimize the process of thermal image interpretation and facilitate the adoption of this technique by maintenance teams. The research highlights the importance of thermography as a complementary technique in predictive maintenance practices, contributing to failure prevention, improved safety, and operational efficiency in electrical installations.

KEYWORDS: Thermography; Predictive maintenance; Infrared; Electrical safety; Energy efficiency.

INTRODUÇÃO

A termografia por infravermelho é a técnica de medição de temperatura sem contato em que a radiação infravermelha emitida por um objeto é registrada usando uma câmera infravermelha. A temperatura do objeto é medida a partir da intensidade da radiação usando a lei de Stefan-Boltzmann (CANGUSSU et al, 2021; PIECZYSKA et al, 2019).

A aplicação da termografia ocorre em diversas áreas, como Agronomia e Engenharia Agrícola (ARAGÃO et al, 2023), Engenharia Civil (BAUER, et al, 2023), Zootecnia e Veterinária (OLIVEIRA, et al, 2022; RODRIGUES et al, 2022) e Medicina (PINHEIRO et al, 2021; MODRZEJEWSKA et al, 2021). Porém, o termovisor tem fundamental importância no setor industrial, e ampla aplicação na manutenção de equipamentos e circuitos elétricos,

¹ Bolsista da UTFPR. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: brunofuentes@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 7220538644211366.

² Docente no Curso de Engenharia Mecânica/Departamento Acadêmico de Engenharia Mecânica. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: rogermichels@utfpr.edu.br. ID Lattes: 4651685723320152.



visto que a temperatura é a principal variável detectável no processo de falha de uma instalação elétrica (COSTA et al, 2021).

Ressalta-se que a aplicação eficaz do termovisor requer mantenedores especializados para interpretar com precisão as imagens térmicas e identificar potenciais problemas e subsidiar uma tomada de decisão (BAGAVATHIAPPAN et al, 2013).

Desta forma, o objetivo deste trabalho, alinhado com a exploração da relevância desta técnica mencionada no resumo, é desenvolver e aplicar uma metodologia simplificada de avaliação de imagens térmicas nos quadros gerais da UTFPR-LD, aprofundando a compreensão sobre a aplicação da termografia na manutenção preditiva e destacando as técnicas recomendadas para sua utilização eficiente.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração do relatório de termográfica que orienta o mantenedor a realizar a avaliação de imagens térmicas foram consultadas das normas: *ABNT NBR 15572:2013*; *ABNT NBR 15424:2006*; *ABNT NBR 15763:2009*; *ABNT NBR 15866:2010*; e *ABNT NBR 15718:2009*. Este material tem a finalidade de orientar o colaborador que realiza a avaliação das imagens térmicas, facilitar para o registro do histórico das manutenções e nortear a comunicação entre os personagens envolvido na resolução de possíveis falhas (Figura 1).

Figura 1 – Relatório de Termografia

RELATÓRIO DE TERMOGRAFIA		RELATÓRIO DE TERMOGRAFIA																					
CLIENTE	LOCAL E DATA	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE CRITICIDADE <table border="1"> <thead> <tr> <th>PRIORIDADE</th> <th>ΔT</th> <th>MTA</th> <th>AÇÃO RECOMENDADA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>> 40°</td> <td>> TM</td> <td>MEDIDAS CORRETIVAS NECESSÁRIAS IMEDIATAMENTE *RISCO IMINENTE DE INCIDENTE</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>> 20° A 40°C</td> <td>> 80% A 100%</td> <td>MEDIDAS CORRETIVAS NECESSÁRIAS O MAIS RÁPIDO POSSÍVEL *SÉRIOS RISCOS DE INCIDENTE A CURTO PRAZO</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>> 10° A 20°C</td> <td>> 70% A 80%</td> <td>MEDIDAS CORRETIVAS NECESSÁRIAS *ATENÇÃO</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>> 5° A 10°C</td> <td>> 60% A 70%</td> <td>SEM RISCO - MEDIDAS CORRETIVAS DEVEM SER TOMADAS NA PRÓXIMA MANUTENÇÃO PERIÓDICA</td> </tr> </tbody> </table> <p>(O Setor Elétrico, 2014)</p> <p>*MTA: MÁXIMA TEMPERATURA ADMISSÍVEL *ΔT: VARIACÃO DE TEMPERATURA</p>		PRIORIDADE	ΔT	MTA	AÇÃO RECOMENDADA	1	> 40°	> TM	MEDIDAS CORRETIVAS NECESSÁRIAS IMEDIATAMENTE *RISCO IMINENTE DE INCIDENTE	2	> 20° A 40°C	> 80% A 100%	MEDIDAS CORRETIVAS NECESSÁRIAS O MAIS RÁPIDO POSSÍVEL *SÉRIOS RISCOS DE INCIDENTE A CURTO PRAZO	3	> 10° A 20°C	> 70% A 80%	MEDIDAS CORRETIVAS NECESSÁRIAS *ATENÇÃO	4	> 5° A 10°C	> 60% A 70%	SEM RISCO - MEDIDAS CORRETIVAS DEVEM SER TOMADAS NA PRÓXIMA MANUTENÇÃO PERIÓDICA
PRIORIDADE	ΔT			MTA	AÇÃO RECOMENDADA																		
1	> 40°			> TM	MEDIDAS CORRETIVAS NECESSÁRIAS IMEDIATAMENTE *RISCO IMINENTE DE INCIDENTE																		
2	> 20° A 40°C			> 80% A 100%	MEDIDAS CORRETIVAS NECESSÁRIAS O MAIS RÁPIDO POSSÍVEL *SÉRIOS RISCOS DE INCIDENTE A CURTO PRAZO																		
3	> 10° A 20°C	> 70% A 80%	MEDIDAS CORRETIVAS NECESSÁRIAS *ATENÇÃO																				
4	> 5° A 10°C	> 60% A 70%	SEM RISCO - MEDIDAS CORRETIVAS DEVEM SER TOMADAS NA PRÓXIMA MANUTENÇÃO PERIÓDICA																				
INFORMAÇÕES DO SERVIÇO																							
EQUIPAMENTO	RESPONSÁVEIS PELA MANUTENÇÃO																						
PROBLEMA ENCONTRADO	REGISTRO TERMOGRÁFICO (FLIR E5XT)																						
GRAU DE CRITICIDADE																							
POSSÍVEIS CAUSAS																							
DIAGNÓSTICO																							

Fonte: Autoria própria.



No setor elétrico, os componentes operam sob condições específicas que incluem as temperaturas máximas admissíveis, que são de vital importância, pois são usadas como critério para avaliar o nível de criticidade dos componentes. São essenciais para a tomada de decisões em relação a manutenção e a integridade do sistema elétrico. A Tabela 1 apresenta os principais componentes elétricos e suas temperaturas máximas admissíveis.

Tabela 1- Máxima Temperatura Admissível

Componentes	Temperatura (°C)
Fios encapados (depende da classe de isolamento)	70 a 110
Régua de Bornes	70
Conectores de MT e AT	70
Cabos isolados até 15 KV	70
Conexões mediante parafusos	90
Conexões e barramentos de baixa tensão	90
Conexão de linhas de transmissão aérea	70
Conexão cobertas de prata e de níquel	90
Fusíveis (corpo)	100
Transformadores a óleo (ponto mais quente)	80
Transformadores a óleo (corpo)	65
Transformadores a seco, classe de isolamento 105 °C	65
Transformadores a seco, classe de isolamento 130 °C	90
Transformadores a seco, classe de isolamento 155 °C	115
Transformadores a seco, classe de isolamento 180 °C	140

Fonte: Infraspexion Institute (2016)

Para a obtenção das imagens térmicas utilizou-se do termovisor modelo FLIR E5xt, equipamento portátil que possui conectividade Wi-Fi integrada, o que facilita a transferência das imagens térmicas capturadas. Este termovisor tem a capacidade de capturar imagens térmicas com resolução em infravermelho de 160x120 pixels, proporcionando análise precisa das variações de temperatura em superfícies distintas.

A faixa de temperatura suportada pelo termovisor varia de -20 °C a 400 °C (-4 °F a 752 °F), com precisão de ± 2 °C (3.6 °F), o que abrange uma ampla gama de aplicações industriais e atende as máximas temperaturas admissíveis relacionadas aos principais equipamento elétricos, a Figura 2 apresenta o equipamento.

Figura 2 – Termovisor FLIR



Fonte: FLIR (2023).

RESULTADOS E DICUSSÕES

Conforme os parâmetros estabelecidos, realizou-se uma série de medições termográficas nos painéis elétricos centrais da UTFPR-LD, que alimentam cinco blocos do campus. As medições, executadas com o termovisor FLIR E5xt, após sua calibração conforme as especificações do fabricante, não revelaram anormalidades térmicas significativas. Os resultados indicaram temperaturas máximas de 37,2 °C, dentro dos limites normais estabelecidos pelas diretrizes de segurança elétrica.

Para avaliar a eficácia do termovisor, os dados coletados foram comparados com os obtidos por um pirômetro de contato, considerado como um método de referência na medição de temperatura. Embora o pirômetro tenha mostrado leituras ligeiramente diferentes, as variações estiveram dentro da margem de erro esperada e confirmaram a confiabilidade das medições do termovisor.

A clareza e a facilidade de leitura proporcionadas pelo termovisor, juntamente com o uso do relatório de termografia proposto, facilitaram a interpretação dos dados e reforçaram a aplicabilidade da termografia na manutenção preditiva. Desta forma, a metodologia simplificada de avaliação das imagens térmicas, apresentada neste estudo, demonstrou ser uma abordagem prática e eficiente.

Figura 3 – Imagens térmicas dos quadros elétricos da UTFPR-LD



Fonte: Autoria própria (2023)

CONCLUSÃO

Este estudo, realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, destacou a eficácia dos termovisores na manutenção preditiva de circuitos



elétricos, sublinhando sua importância para a eficiência e segurança das instalações elétricas. A capacidade de detectar variações de temperatura em componentes elétricos é crucial para a identificação precoce e prevenção de falhas potenciais, contribuindo para operações mais seguras e economicamente vantajosas.

A aplicação prática da termografia, utilizando o relatório desenvolvido, demonstrou não apenas a viabilidade dessa técnica, mas também a sua facilidade de implementação e interpretação dos resultados por parte da equipe de manutenção. O estudo mostrou que, com treinamento adequado e uso de ferramentas apropriadas, a termografia pode se tornar um recurso valioso e acessível para a manutenção preditiva em ambientes educacionais e industriais.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Tecnológica Federal do Paraná pelo apoio institucional para a realização deste trabalho e pela bolsa concedida ao primeiro autor.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 15572:2013. Termografia - Requisitos para a realização de inspeções termográficas. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT NBR 15424:2006. Sistemas elétricos de potência - Medição de temperatura por termografia. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT NBR 15763:2009. Manutenção de instalações elétricas em estabelecimentos industriais - Procedimentos. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT NBR 15866:2010. Inspeção termográfica em edificações - Procedimentos. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT NBR 15718:2009. Sistemas de condicionamento de ar e ventilação - Execução de serviços de higienização. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ARAGÃO, M. F.; PINHEIRO NETO, L. G.; VIANA, T. V. de A.; MANZANO-JUAREZ, J.; LACERDA, C. F.; COSTA, J. do N.; LIMA, J. S.; AZEVEDO, B. M. Evaluation of crop water status of melon plants in tropical semi-arid climate using thermal imaging. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.27, n.6, p.447-456, 2023.

BAGAVATHIAPPAN, S.; LAHIRI, B. B.; SARAVANAN, T.; PHILIP, J.; JAYAKUMAR, T. Infrared thermography for condition monitoring – A review. *Infrared Physics & Technology*, v.60, p.35-55, 2013.



BAUER, E.; LUCENAS, R. R. D.; PAVON, E. Criteria for identification and diagnosis of anomalies in ceramic facades through quantitative infrared thermography. *Ambiente Construído*, v.23, n.2, p.101-119, 2023.

CONGUSSU, V. M.; OLIVEIRA, D. A. de; ABRÃO, A. M.; MAGALHÃES F. de C.; CAMPOS, H. B. Study of the thermomechanical behavior of AISI 430 stainless steel through infrared thermography. *Matéria*, v.26, n.3, 2021.

COSTA, A. L. C.; HIRASHIMA, S. Q. da S.; FERREIRA, R. V. Operation and maintenance of grid-connected photovoltaic systems: thermographic inspection and cleaning of PV modules. *Ambiente Construído*, v.21, n.4, p.201-220, 2021.

INFRACTION INSTITUTE. **Standard for Infrared Inspection of Electrical Systems & Rotating Equipment**. 2016 Edition. Disponível em: <https://www.atlanticleak.com/wp-content/uploads/2019/08/Standard-for-Infrared-Inspection-of-Electrical-systems-and-Rotating-Equipment.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2023.

MODRZEJEWSKA, A.; CIESZYNSKI, L.; ZABORSKI, D.; PARAFINIUK, M. Thermography in clinical ophthalmic oncology. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, v.84, n.1, p.22-30, 2021

OLIVEIRA, A. V. D.; REIS, E. M. B.; FERRAZ, P. F. P.; BARBARI, M.; SANTOS, G. S.; CRUZ, M. V. R.; SILVA, G. F.; SILVA, A. O.L. Infrared thermography as a technique for detecting subclinical bovine mastitis. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.74, n.6, p.992-998, 2022.

PIECZYSKA, S.; GOLASINSKI, K.; MAJ, M.; STASZCZAK, M.; KOWALEWSKI, A.; FURUTA, T.; KURAMOTO, S. Yielding and strain localization effects in gum metal – a unique Ti alloy – investigated by digital image correlations and infrared thermography. *Materialstoday: Proceedings*. V.12, n.2, p.235-238. 2019.

PINHEIRO, A. M.; TUOMO, A. T.; VIEIRA, N. A.; REZENDE, T. M. de; BORIN, S. H.; HARTZ, C. S.; PADOVANI, C. R.; TORRES, F. C.; BORIN, J. P. Acute effect of speed test on the skin temperature of elite soccer players. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v.27, n.1; p.55-59, 2021.

RODRIGUES, P. G.; FREITAS, L. M. D.; OLIVEIRA, K. de; MARTINS, C. O. D.; SILVA, C. M.; OLIVEIRA, C. G. de; LIMA JUNIOR, J. W. R.; VELARDE, J. M. D. S. Thermal and behavioral of horses submitted to functional exercises and acupuncture. *Ciência Rural*, v.52, n.2, 2022.