



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
ENGENHARIA ELÉTRICA**

**AVALIAÇÃO TERMOGRÁFICA DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA
TENSÃO**

**LUCAS AKILA RODRIGUES SUZUKI – 21751696
KHASSIUS COSTA EUGENIO DOS SANTOS – 21706740**

**BRASÍLIA
2023**

LUCAS AKILA RODRIGUES SUZUKI
KHASSIUS COSTA EUGENIO DOS SANTOS

AVALIAÇÃO TERMOGRÁFICA DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado como um dos requisitos para a
conclusão do curso de Engenharia Elétrica do
CEUB – Centro Universitário de Brasília

Orientador (a): **Luciano Henrique Duque**

BRASÍLIA
2023

LUCAS AKILA RODRIGUES SUZUKI
KHASSIUS COSTA EUGENIO DOS SANTOS

AVALIAÇÃO TERMOGRÁFICA DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado como um dos requisitos para a
conclusão do curso de Engenharia Elétrica do
CEUB – Centro Universitário de Brasília

Orientador (a): **Luciano Henrique Duque**

Brasília, 2023

BANCA EXAMINADORA

Professor Luciano Henrique Duque
Orientador (a): Luciano Duque
Mestre

Nome e titulação.
Examinador (a): Hugo Molina
Especialista

Nome e titulação.
Examinador (a) : Nathália Salomão
Especialista

AVALIAÇÃO TERMOGRÁFICA DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO**THERMOGRAPHIC EVALUATION OF LOW VOLTAGE ELECTRICAL INSTALLATIONS**

Lucas Akila Rodrigues Suzuki¹, Khassius Costa Eugenio dos Santos²,
Luciano Henrique Duque³

Resumo: Este artigo científico apresenta uma abordagem sobre a análise termográfica em instalações elétricas de baixa tensão, com o objetivo de identificar problemas e implementar estratégias de manutenção preditiva. A análise termográfica é uma técnica não invasiva que utiliza câmeras termográficas para detectar e visualizar variações de temperatura em componentes elétricos. Através dessa análise, é possível identificar pontos quentes, falhas de conexão, sobrecargas e outros problemas que podem levar a interrupções no fornecimento de energia, danos aos equipamentos e riscos de incêndio. Além disso, a análise termográfica permite a implementação de estratégias de manutenção preditiva, onde ações corretivas são tomadas antes que ocorram falhas graves. Neste artigo, são discutidas as principais etapas para a realização da análise termográfica, incluindo a seleção dos equipamentos adequados, a coleta e interpretação dos dados, e a elaboração de relatórios e planos de manutenção. A importância da análise termográfica em instalações elétricas de baixa tensão é ressaltada, considerando os benefícios da prevenção de falhas, aumento da segurança, redução de custos e otimização da eficiência energética.

Palavras-chave: Análise Termográfica. Instalações Elétricas. Manutenção Preditiva. Segurança. Eficiência Energética.

Abstract: This scientific article presents an approach to thermographic analysis in low-voltage electrical installations, aiming to identify problems and implement predictive maintenance strategies. Thermographic analysis is a non-invasive technique that uses thermal cameras to detect and visualize temperature variations in electrical components. Through this analysis, it is possible to identify hotspots, connection failures, overloads, and other issues that can lead to power supply interruptions, equipment damage, and fire hazards. Furthermore, thermographic analysis enables the implementation of predictive maintenance strategies, where corrective actions are taken before severe failures occur. This article discusses the main steps for conducting thermographic analysis, including the selection of appropriate equipment, data collection and interpretation, and the development of reports and maintenance plans. The importance of thermographic analysis in low-voltage electrical installations is emphasized, considering the benefits of failure prevention, increased safety, cost reduction, and optimization of energy efficiency.

Keywords: Thermography Analysis. Electrical Installations. Predictive Maintenance. Safety. Energy Efficiency.

¹ CEUB, Lucas Akila Rodrigues Suzuki

² CEUB, Khassius Costa Eugenio dos Santos

³ CEUB, Luciano Henrique Duque

1. INTRODUÇÃO

As instalações elétricas de baixa tensão desempenham um papel fundamental em residências, edifícios comerciais e ambientes industriais, fornecendo energia elétrica para alimentar equipamentos e dispositivos essenciais. No entanto, com o aumento da demanda de energia e a complexidade dos sistemas elétricos, torna-se necessário garantir a segurança, confiabilidade e eficiência dessas instalações.

A análise termográfica surgiu como uma poderosa ferramenta para avaliar a condição e o desempenho das instalações elétricas de baixa tensão. Essa técnica baseia-se na detecção e visualização de variações de temperatura nos componentes elétricos por meio do uso de câmeras termográficas. Ao analisar a distribuição térmica em quadros de distribuição, cabos, conexões e outros elementos elétricos, é possível identificar pontos quentes, falhas de conexão, sobrecargas e outros problemas que podem comprometer o funcionamento adequado do sistema elétrico.

Uma das grandes vantagens da análise termográfica é a sua abordagem não invasiva. Isso significa que não é necessário desligar a energia ou desmontar os componentes para realizar a análise, minimizando assim o tempo de inatividade e os custos associados. Além disso, a análise termográfica permite uma avaliação rápida e abrangente de todo o sistema elétrico, identificando problemas de forma preventiva antes que se tornem graves e causem falhas, interrupções no fornecimento de energia ou até mesmo incêndios.

Ao detectar e solucionar problemas de forma antecipada, a análise termográfica possibilita a implementação de estratégias de manutenção preditiva. Essas estratégias envolvem a realização de ações corretivas com base nas informações fornecidas pela análise, evitando assim a ocorrência de falhas graves e reduzindo o tempo e os custos associados às paradas não programadas.

Neste artigo, exploraremos em detalhes a importância da análise termográfica em instalações elétricas de baixa tensão. Discutiremos os princípios fundamentais dessa técnica, destacando os benefícios de sua aplicação, como a prevenção de falhas, o aumento da segurança, a redução de custos e a otimização da eficiência energética. Além disso, abordaremos as principais etapas para a realização de uma análise termográfica eficaz, incluindo a seleção adequada dos equipamentos, a coleta e interpretação dos dados e a elaboração de relatórios e planos de manutenção.

Compreender e aplicar adequadamente a análise termográfica em instalações elétricas de baixa tensão é essencial para garantir a operação confiável, segura e eficiente desses sistemas. Ao utilizar essa técnica avançada, é possível tomar medidas preventivas para evitar problemas elétricos, reduzir o tempo de inatividade e promover um ambiente elétrico mais seguro e confiável para residências e ambientes industriais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Princípios Físicos da Termografia

A termografia está fundamentada no fato de que todos os objetos com temperatura acima do zero absoluto emitem radiação térmica (MUNIZ, 2019). É uma técnica de imagem que permite visualizar e medir a distribuição de temperatura de um objeto ou ambiente.

Para compreender todos os fenômenos relacionados a Termografia é preciso abordar alguns fundamentos físicos para melhor entendimento.

2.1.1. Radiação Eletromagnética

A radiação é a propagação de energia é uma oscilação em fase dos campos elétricos e magnéticos, que, autossustentando-se, encontram-se desacoplados das cargas elétricas que lhe deram origem (EISBERG, 1979).

Em outras palavras a radiação eletromagnética refere-se à propagação de energia através do espaço na forma de ondas eletromagnéticas. Essas ondas são compostas por campos elétricos e magnéticos oscilantes que se propagam perpendicularmente um ao outro e perpendicularmente à direção de propagação da onda.

A radiação eletromagnética abrange um amplo espectro de frequências e comprimentos de onda, que incluem desde ondas de rádio de baixa frequência até raios gama de alta frequência. O espectro eletromagnético é geralmente dividido em várias regiões, como rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama.

Cada região do espectro eletromagnético tem diferentes

propriedades e interações com a matéria. Por exemplo, as ondas de rádio são amplamente utilizadas em comunicações sem fio, enquanto as ondas infravermelhas, que será o objeto deste estudo, são usadas para detectar calor e são utilizadas em dispositivos como controles remotos e câmeras térmicas. A luz visível é a faixa de frequência que nossos olhos podem detectar e é responsável pela nossa percepção visual.

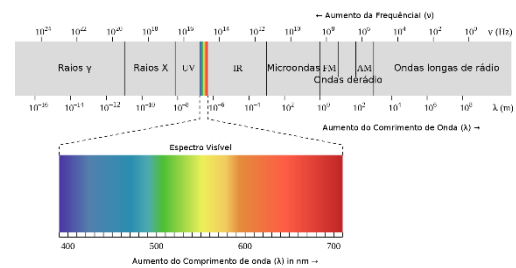


Figura 1. Espectro Eletromagnético (Fonte: Adaptado)

A Figura 2.1. apresenta todo o Espectro Eletromagnético com a indicação da Luz Visível, para fins de comparação, na pequena parcela entre a Radiação UV (Ultra-Violet) e IR (Infra-Red). Na Tabela 2.1. a seguir temos os dados aproximados de tamanho e frequência de cada tipo de onda.

Região	Comp. Onda	Frequência
Rádio	> 10m	< 3GHz
Micro-ondas	1m – 1mm	3GHz – 300GHz
Infravermelho	100µm – 1 µm	300GHz – 384THz
Luz Visível	700nm – 400nm	384THz – 789THz
Ultravioleta	320µm – 1nm	789THz – 30PHz
Raios X	10nm – 0,01nm	30PHz – 30EHZ
Raios Gama	< 0,01nm	> 30EHZ

Tabela 1 – Espectro da Radiação Eletromagnética.

Neste artigo, será abordado os dados da faixa do Infravermelho (IV) ou Infra-Red (IR) e os fenômenos físicos relacionados a esta região do Espectro Eletromagnético.

2.1.2. Radiação Infravermelha (IV)

O Infravermelho (IV) é uma forma de radiação eletromagnética que está localizada na faixa do espectro eletromagnético entre a luz visível e as micro-ondas. Foi descoberta em 1800 por William Herschel, um astrônomo inglês de origem alemã. Herschel colocou um termômetro de mercúrio no espectro obtido por um prisma de cristal com a finalidade de medir o calor emitido por cada cor. Descobriu então que o calor era mais forte ao lado do vermelho do espectro. Observando que ali não havia luz. Esta foi a primeira experiência que demonstrou que o calor pode ser captado em forma de imagem, como acontece com a luz visível (OLIVEIRA, 2014).

O Infravermelho possui comprimentos de onda mais longos do que a luz visível, variando aproximadamente de 700 nanômetros (nm) a 1 milímetro (mm) e é invisível aos nossos olhos, mas pode ser detectada e medida por dispositivos especializados que são desenvolvidos para ler e interpretar os dados através de um esquema de cores.

O Espectro da Radiação Infravermelha ainda é subdividida em três bandas menores de Frequência e Comprimento de Onda, derivados da Tabela 2.1, conhecidas como IR Próximo, IR Médio, IR Afastado (CARAMALHO, 2012), e seus comprimentos estão organizados conforme a tabela a seguir.

INFRAVERMELHOS (IV)		
Subregião	Frequência	Comp. Onda
NIR	120THz – 384THz	3µm – 0,75µm
MIR	6THz – 120THz	3µm - 6µm
FIR	300GHz – 6THz	6µm - 100µm

Tabela 2 – Sub-regiões da Radiação Infravermelha

A Radiação Infravermelha interage com a matéria sendo absorvida por materiais que possuem propriedades específicas de absorção nesta faixa de comprimento de onda. Diferentes materiais possuem diferentes características de absorção e emissão de infravermelho, o que permite a identificação e análise de substâncias com base em seus padrões de absorção. Essa definição é essencial quando falamos de Análise Termográfica aplicada a Instalações Elétricas, uma vez que é necessário conhecer os coeficientes de emissividade de cada material utilizado no padrão construtivo dos equipamentos elétricos e sua Máximo Temperatura Admissível (MTA), conceito que será mais bem definido em seções seguintes neste artigo.

2.1.3. Radiação do Corpo Negro (Irradiador Ideal)

Corpo Negro é definido como um meio ou substância que absorve toda energia incidente sobre ele, nenhuma parte da radiação incidente é refletida ou transmitida (STRINGASCI, 2011 – EISBERG, 1979).

O conceito de corpo negro ideal é uma idealização teórica importante na física que ajuda a descrever o comportamento da radiação eletromagnética. Um corpo negro ideal é definido como um objeto que absorve toda a radiação incidente nele,

independentemente do comprimento de onda, e emite radiação de forma contínua e em todas as frequências.

Uma cavidade com uma pequena abertura é uma boa aproximação de um corpo negro ideal, porque a radiação que entra na cavidade é refletida várias vezes em suas paredes antes de escapar. Durante esse processo, a radiação tem várias oportunidades de ser absorvida pelas paredes, independentemente do material que as compõe. Assim, a radiação emitida pela abertura tem características semelhantes às de um corpo negro ideal.

De acordo com o teorema provado por Gustav Kirchhoff, quando um objeto está em equilíbrio termodinâmico e é um corpo negro ideal, a quantidade total de radiação emitida por ele é igual à quantidade total de radiação absorvida (CARUSO, 2006). Isso significa que, a uma determinada temperatura, a distribuição espectral da radiação emitida pelo corpo negro é única e depende apenas da temperatura das paredes da cavidade.

Essa relação entre a temperatura e o espectro da radiação emitida é conhecida como Lei de Kirchhoff para Radiação Térmica. Ela estabelece que a radiação emitida pelo corpo negro em equilíbrio térmico é uma função exclusiva da temperatura e não depende das propriedades específicas do material que constitui as paredes da cavidade.

Matematicamente, essa lei pode ser expressa da seguinte forma:

$$\varepsilon = \alpha = \varepsilon_{\text{corpo negro}} \quad [\text{eq. 1}]$$

Onde:

- ε é a emissividade do objeto;
- α é a absorvidade do objeto

- $\varepsilon_{\text{corpo negro}}$ é a emissividade absoluta de um corpo negro na mesma temperatura

Essa relação indica que a capacidade de um objeto absorver radiação térmica é igual à sua capacidade de emitir radiação térmica em equilíbrio térmico. A emissividade é uma medida da eficiência com que um objeto emite radiação térmica em relação a um corpo negro, que é um objeto ideal que absorve e emite toda a radiação que incide sobre ele.

2.1.4. Lei de Stefan-Boltzmann

De acordo com a lei de Stefan-Boltzmann, a potência de radiação emitida por um objeto é proporcional à quarta potência de sua temperatura absoluta. Isso significa que, à medida que a temperatura de um objeto aumenta, a potência de radiação emitida por ele aumenta de forma significativa.

A lei de Stefan-Boltzmann é expressa pela seguinte equação:

$$P = \varepsilon \sigma A (T^4) \quad [\text{eq. 2}]$$

Onde:

- P é a potência radiante, medida em watts (W);
- ε é a emissividade do objeto, que varia entre 0 e 1;
- σ é a constante de Stefan-Boltzmann, aproximadamente igual a $5,67 \cdot 10^{-8} \text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4$;
- A é a área da superfície do objeto, medida em metros quadrados (m^2);
- T é a temperatura absoluta do objeto, medida em kelvin (K).

Como podemos ver na equação 2.1.4, o termo T^4 indica que a potência radiante aumenta exponencialmente com o aumento da temperatura. Isso significa que um objeto com uma temperatura mais alta emite uma radiação mais intensa em comparação com um objeto de temperatura mais baixa.

2.1.5. Lei de Planck

A Lei de Planck, formulada pelo físico alemão Max Planck em 1900, descreve a distribuição espectral da radiação emitida por um corpo negro em função da frequência da radiação. Essa lei foi um marco fundamental no desenvolvimento da teoria quântica e contribuiu significativamente para o entendimento da natureza da radiação e do comportamento dos sistemas quânticos.

Planck postulou que a energia emitida por cada oscilador harmônico se em pacotes (quantum) (STRINGASCI, 2011 – EISBERG, 1979). Dessa forma ele estabeleceu que a densidade espectral de energia da radiação emitida por um corpo negro é proporcional à frequência da radiação e à temperatura absoluta do corpo. A lei pode ser expressa da seguinte forma:

$$B(\nu, T) = \left(\frac{2 \cdot h\nu^3}{c^2} \right) \cdot \left(\frac{1}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1} \right)$$

[eq. 3]

Onde:

- $B(\nu, T)$ é a densidade espectral de energia da radiação no corpo negro em uma determinada frequência ν e temperatura T
- h é a constante de Planck ($6,62607015 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$)

- c é a velocidade da luz (299.792.458 m/s)
- k é a constante de Boltzmann ($1,380649 \times 10^{-23}$) J/K
- e é a base do logaritmo natural (aproximadamente 2,71828)

A equação eq. 3 descreve a distribuição espectral de energia da radiação térmica emitida por um corpo negro em diferentes frequências, e a curva resultante é chamada de Distribuição de Planck. A lei de Planck mostrou que a radiação não era emitida ou absorvida continuamente, mas sim em quantidades discretas de energia, conhecidas como quantum ou pacotes de energia, posteriormente chamados de fótons.

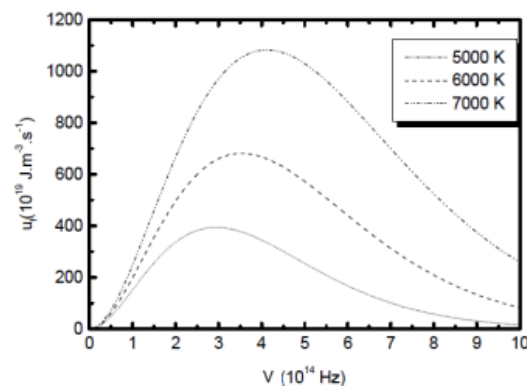


Figura 2: Gráfico da densidade espectral de acordo com a lei de Planck para diferentes valores da temperatura. A área sob as curvas dá a densidade total de energia, uma grandeza que aumenta com a temperatura. O máximo de cada curva indica qual a frequência predominante (STRINGASCI, 2011 – EISBERG, 1979).

2.1.6. Lei de Wien

A Lei de Wien, também conhecida como Lei do Deslocamento de Wien, é uma relação matemática que descreve a relação entre a temperatura de um objeto e o pico de intensidade do espectro de radiação emitido por ele. Essa lei foi formulada pelo físico alemão Wilhelm Wien e é uma das leis fundamentais da radiação térmica.

De acordo com a Lei de Wien, o comprimento de onda no qual ocorre o pico de intensidade de radiação emitida por um objeto está inversamente relacionado à sua temperatura absoluta. A equação é expressa por:

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T}$$

Onde:

- λ_{max} é o comprimento de onda no qual ocorre o pico de intensidade de radiação;
- T é a temperatura absoluta do objeto em kelvin
- b é a constante de Wien, que possui um valor aproximado de $2,8978 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$.

Essa relação indica que objetos mais quentes emitem radiação com um pico de intensidade em comprimentos de onda menores, ou seja, em regiões do espectro eletromagnético correspondentes às cores mais azuladas. Por outro lado, objetos mais frios emitem radiação com um pico de intensidade em comprimentos de onda maiores, correspondendo às cores mais avermelhadas. Bem como materiais deixam de emitir luz visível quando se resfriam (EISBERG, 1979).

2.2. Estudos Relacionados

Existem diversos estudos relacionados a qualidade das imagens termográficas que serão citadas neste artigo como referências para outras pesquisas interessadas no tema mas não será trabalhado informações detalhadas devido a extensão de cada tópico.

2.2.1. Propagação da Radiação IV

Apesar da radiação infravermelha se propagar pelo espaço

livre entre o objeto e o termovisor, no procedimento de medição de temperatura por termografia infravermelha devem ser considerados os fenômenos físicos que ocorrem nesse ambiente e que afetam a excitância recebida pelo termovisor (MUNIZ, 2019)

A radiação infravermelha (IV) é uma forma de radiação eletromagnética que possui comprimentos de onda mais longos do que a luz visível. A propagação da radiação infravermelha na atmosfera é afetada pela interação com os componentes atmosféricos, como gases, partículas e moléculas.

A atmosfera terrestre apresenta diferentes características de absorção e emissão em diferentes faixas do espectro infravermelho. Essas características são determinadas pelos gases presentes na atmosfera, como vapor d'água (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e ozônio (O₃). Esses gases têm bandas de absorção específicas no espectro infravermelho, o que significa que eles absorvem energia radiante em comprimentos de onda específicos.

É importante levar em consideração, situações que possam comprometer a leitura termográfica para a realização de uma análise quantitativa. Cálculos específicos podem ser realizados para ajustar em casos de se buscar atenuação atmosférica para melhor precisão ou ainda é possível, com as tecnologias atuais, encontrar equipamentos que realizam os ajustes térmicos através do sensoriamento do equipamento, que é capaz de realizar a interpretação dos dados durante a realização da termografia para analisar, avaliar resultados e entregar informações com exatidão. Mais dados podem ser encontrados em bibliografias como *Non-*

contact thermometry: measurement errors de K. Chrzanowski, *Principles and methods of temperature measurement* de T.D. McGee ou em *Termografia Infravermelha aplicada a Manutenção Elétrica* de Pablo Muniz e Mariana Altoé.

2.2.2. Janelas Transmítância Atmosférica

As janelas de transmitância atmosférica referem-se a certas faixas do espectro eletromagnético em que a atmosfera da Terra permite a passagem da radiação sem grandes atenuações. Essas faixas são determinadas pelas propriedades ópticas e físicas dos componentes atmosféricos, como gases, partículas e moléculas presentes.

Existem várias janelas de transmitância atmosférica em diferentes partes do espectro eletromagnético. Algumas das janelas mais importantes incluem:

Janela óptica: Esta é a faixa do espectro visível, aproximadamente entre 400 e 700 nanômetros (nm), em que a atmosfera é altamente transparente à luz visível. Isso permite que a maioria da luz solar alcance a superfície da Terra e seja detectada pelos nossos olhos.

Janela atmosférica do infravermelho próximo (NIR): Estende-se aproximadamente de 700 nm a 1.300 nm. É uma faixa de interesse em muitas aplicações, como sensoriamento remoto, termografia, fotografia aérea e espectroscopia. A atmosfera apresenta uma boa transmitância nessa faixa, permitindo a captação de informações úteis.

Janela atmosférica do infravermelho médio (MIR): Estende-se aproximadamente de 3.000 nm a 5.000

nm. Essa faixa é usada em aplicações como sensoriamento remoto térmico e detecção de calor. A atmosfera é menos absorvente nessa região do espectro, permitindo que a radiação térmica seja detectada e medida com precisão.

Janela atmosférica do infravermelho distante (FIR): Situada além de 25.000 nm, é uma faixa importante para a detecção de radiação térmica emitida por objetos a temperaturas mais baixas, como a radiação infravermelha emitida pela Terra. A atmosfera é altamente transparente a essa radiação, permitindo medições precisas a partir de satélites e outros sensores.

É importante ressaltar que a transmitância atmosférica não é uniforme em todas as faixas espectrais. Diferentes gases, partículas e condições atmosféricas podem afetar a transmitância em diferentes partes do espectro. Por exemplo, gases como vapor d'água, dióxido de carbono (CO₂) e ozônio (O₃) podem absorver radiação em certas faixas, reduzindo a transmitância nessas regiões. As condições meteorológicas, como a presença de neblina, também podem afetar a transmitância atmosférica.

A maioria das câmeras termográficas para aplicação em manutenção elétrica operam na faixa de comprimento de onda entre 7,5 a 14 μm e as temperaturas típicas de componentes elétricos em operação, possuem excitância máxima nos comprimentos de onda entre aproximadamente 5 e 20 μm (MUNIZ, 2019).

2.2.3. Emissividade Angular

Em termos simples, a emissividade angular termográfica refere-se à mudança na emissividade de

um objeto quando observado em diferentes ângulos. Isso pode ocorrer devido a fenômenos como reflexões especulares (quando a radiação é refletida de forma mais direcional) ou variações na rugosidade superficial do objeto.

A emissividade angular pode variar de um material para outro, bem como entre diferentes superfícies de um mesmo objeto. Isso ocorre porque a emissividade é influenciada pela textura, acabamento superficial, composição química e propriedades ópticas do material. Por esse motivo em trabalhos de análise termográfica é utilizado tabelas de emissividade de componentes elétricos.

Ao realizar medições termográficas, é importante levar em consideração a emissividade angular, pois a emissividade pode não ser constante em todas as superfícies do objeto. Isso pode levar a variações nas temperaturas medidas, principalmente em objetos com superfícies especulares ou irregulares.

Quando necessário, seja realizada uma correção para compensar as variações. Isso pode ser feito por meio de calibração ou utilizando métodos de compensação que levem em conta a direção do ângulo de observação.

2.2.4. Desalinhamento entre Receptor e Emissor

O desalinhamento entre um receptor e um emissor termográfico, geralmente uma câmera infravermelha, pode ocorrer de forma semelhante ao desalinhamento em outros sistemas de comunicação. No entanto, no contexto termográfico, o desalinhamento pode ter algumas considerações específicas.

Alguns pontos que devem ser observados são:

Campo de visão (FOV): O campo de visão é a área que a câmera termográfica pode capturar. Se o receptor (câmera) estiver desalinhado em relação ao emissor termográfico, pode haver perda de informação significativa. Certifique-se de que a área de interesse esteja dentro do campo de visão da câmera.

Distância focal: A distância focal da câmera termográfica pode afetar o desalinhamento. Ao configurar o sistema, é importante levar em consideração a distância entre o emissor e o receptor, pois isso afetará a resolução e a precisão das medições termográficas. Uma distância focal inadequada pode levar a desalinhamento e perda de qualidade nas imagens.

Alinhamento geométrico: É fundamental garantir um alinhamento preciso entre o emissor e o receptor termográfico. O desalinhamento angular pode resultar em uma variação nas medições e nas temperaturas obtidas. As câmeras termográficas geralmente possuem sistemas de mira ou indicadores para auxiliar no alinhamento adequado.

Estabilidade mecânica: O desalinhamento também pode ocorrer devido a instabilidades mecânicas, como vibrações ou movimentos do suporte ou montagem da câmera termográfica. Certifique-se de que a câmera esteja adequadamente fixada e que não haja movimentos indesejados durante a aquisição de imagens.

Calibração: A calibração adequada da câmera termográfica é essencial para obter medições precisas. Certifique-se de que a câmera esteja devidamente calibrada e que as

correções necessárias sejam aplicadas ao analisar as imagens termográficas.

2.2.5. Termovisores

Segundo a OIML (International Organization of Legal Metrology), termovisor é um “instrumento optoeletrônico concebido para observação, medição e registro espacial e temporal da radiação térmica de objetos, no campo de visão do instrumento, por formação de uma sequência temporal de termogramas e pela determinação da temperatura superficial de objetos a partir do conhecimento de sua emissividade e parâmetros de influência (temperatura ambiente, transmitância atmosférica, distância de observação, etc.)”

Os termovisores funcionam detectando a radiação infravermelha emitida pelos objetos e convertendo-a em um sinal elétrico. Esse sinal é processado e transformado em uma imagem termográfica, na qual as variações de temperatura são representadas por diferentes cores ou tons de cinza. As áreas mais quentes são geralmente representadas por cores mais quentes (como vermelho ou branco), enquanto as áreas mais frias são representadas por cores mais frias (como azul ou preto).

As câmeras termográficas possuem um sensor especializado, chamado de matriz de detecção ou matriz de pixels, que consiste em uma matriz de elementos sensíveis à radiação infravermelha. Cada elemento mede a quantidade de radiação infravermelha que incide sobre ele e converte essa radiação em um sinal elétrico proporcional à temperatura do objeto emissor.

Existe uma ampla gama de aplicações desse equipamento em diversas áreas, incluindo:

Inspeção de equipamentos elétricos: Os termovisores são usados para identificar pontos quentes em sistemas elétricos, como painéis de distribuição, conexões, cabos e motores. Essa análise termográfica ajuda a detectar falhas, sobrecargas e possíveis riscos de incêndio.

Manutenção preditiva: A termografia é uma ferramenta valiosa para a manutenção preditiva, permitindo a detecção antecipada de problemas em equipamentos mecânicos, como rolamentos, correias e motores. Isso ajuda a evitar falhas inesperadas e minimizar o tempo de inatividade.

Inspeção de construções: A termografia é usada na inspeção de edifícios para detectar vazamentos, isolamento deficiente, pontes térmicas e outras anomalias relacionadas à eficiência energética.

2.2.5.1. Funcionamento dos Termovisores

O funcionamento básico de um termovisor ou câmera termográfica envolve os seguintes passos:

Captação da radiação infravermelha: O termovisor possui uma lente que foca a radiação infravermelha emitida pelos objetos em sua área de visão. Essa radiação é composta por fótons com diferentes comprimentos de onda correspondentes às diferentes temperaturas dos objetos.

Detecção da radiação infravermelha: Dentro do termovisor, há um sensor especializado, conhecido como matriz de detecção ou matriz de pixels. Essa matriz é composta por uma

série de elementos sensíveis à radiação infravermelha, chamados termopares ou detectores de infravermelho não refrigerados.

Conversão da radiação em sinal elétrico: Quando a radiação infravermelha atinge os termopares na matriz de detecção, ela causa o aquecimento desses elementos. Essa mudança de temperatura gera um sinal elétrico proporcional à intensidade da radiação infravermelha recebida.

Processamento do sinal: O sinal elétrico gerado pelos termopares é processado por circuitos eletrônicos dentro do termovisor. Esses circuitos amplificam e convertem o sinal em dados digitais para posterior análise e exibição.

Criação da imagem termográfica: Com base nos dados digitais processados, o termovisor cria uma imagem termográfica. Cada ponto na matriz de detecção corresponde a um pixel na imagem termográfica final. A temperatura associada a cada pixel é representada por uma cor ou nível de cinza correspondente.

Exibição da imagem termográfica: A imagem termográfica é exibida na tela do termovisor, permitindo que o usuário visualize e interprete as variações de temperatura dos objetos em cena. As áreas mais quentes são geralmente representadas por cores mais quentes (como vermelho ou branco), enquanto as áreas mais frias são representadas por cores mais frias (como azul ou preto).

É importante ressaltar que, embora os termovisores possam fornecer uma representação visual das variações de temperatura, eles não medem diretamente a temperatura de um objeto.

Eles detectam a radiação infravermelha emitida pelos objetos e convertem essa informação em uma imagem termográfica que permite inferir as temperaturas relativas dos objetos.

Além disso, é fundamental entender as características do objeto em relação à emissividade, reflexões especulares e outras influências que podem afetar a precisão das medições termográficas. O usuário deve realizar calibrações e ajustes adequados para obter resultados precisos e interpretar corretamente as informações fornecidas pelo termovisor.

3. NORMAS, PROCEDIMENTOS PARA ENSAIOS TERMOGRÁFICOS E METODOLOGIAS

3.1. Normas ABNT NBR para Termografia

As normas ABNT NBR são utilizadas no Brasil como diretrizes e referências para garantir qualidade, segurança e compatibilidade de produtos, serviços e processos. Elas ajudam a estabelecer práticas, especificações e procedimentos uniformes, facilitando a comunicação, promovendo a inovação e assegurando a conformidade com regulamentações e melhores práticas.

No contexto da termografia, a ABNT NBR possui algumas normas que estabelecem diretrizes e requisitos para a realização de inspeções termográficas e a interpretação dos resultados obtidos. Abaixo estão as Normas Técnicas de interesse para este trabalho que engloba tanto as diretrizes para segurança quanto para o trabalho com termografia.

- ABNT NBR 15572:2013 – Ensaios não destrutivos –

- Termografia por infravermelha – Guia para inspeção de equipamentos elétricos e mecânicos;
- ABNT NBR 15424:2006 – Ensaio não destrutivo – Termografia – Terminologia;
 - ABNT NBR 15763:2009 – Ensaio não destrutivo – Termografia – Critérios de definição de periodicidade de inspeção em sistemas elétricos de potência;
 - ABNT NBR 15866:2010 – Ensaio não destrutivo – Termografia – Metodologia de avaliação de temperatura de trabalho de equipamentos em sistemas elétricos;
 - ABNT NBR 15718:2009 – Ensaio não destrutivo – Termografia – Guia para verificação de termovisores;
 - NR 6 – Equipamento de Proteção Individual – EPI;
 - NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade;
 - ABNT NBR 16384:2020 - Segurança em eletricidade — Recomendações e orientações para trabalho seguro em serviços com eletricidade.
- Temperatura medida superior a Máxima Temperatura Admissível (MTA) para um determinado componente ou equipamento;
 - Qualquer componente com aquecimento superior à 25 °C em relação ao ambiente, exceto resistência de aquecimento, alguns núcleos de bobina, lâmpadas acesas e alguns resistores;
 - Qualquer equipamento elétrico que embora não atinja o aquecimento de 25 °C em relação ao ambiente, está com temperatura superior à outro equipamento idêntico;
 - Equipamentos que, embora não possam ser visualizados diretamente pelo termovisor, despertem suspeitas devido ao aquecimento periférico, seja nos condutores a eles conectados, ou através de altas emissões de infravermelho em obstáculos, proteções mecânicas ou anteparos, como por exemplo a tampa de um painel elétrico;
 - Aquecimento corrigido igual ou superior a 10 °C cria suspeita de falha possível sendo feita a indicação de acompanhamentos, verificações e ou medições complementares;

3.2. Anomalia Térmica

Anomalia térmica refere-se a uma variação ou desvio na distribuição normal de temperatura em um determinado sistema, objeto ou área. Através da Termografia é possível identificar esses pontos de desequilíbrio térmico para devidas análises.

Para este trabalho será considerado Anomalia Térmica as seguintes condições:

Além desses pontos de análise, a norma ABNT NBR 15.866:2010 descreve que uma anomalia pode ser referenciada em relação a:

- I. Um valor estabelecido pelo fabricante nas condições nominais (MTA);
- II. Um elemento similar adjacente (Delta T);

- III. Um valor estabelecido pelo usuário final com base no histórico operacional.

3.3. Principais causas de Anomalias Térmicas

No contexto da Termografia para Instalações Elétricas os principais motivos de um Desequilíbrio Térmico são devidos as seguintes situações:

- Mal aperto;
- Terminal mal cravado;
- Falha interna;
- Pressão insuficiente nas zonas de contato;
- Contato incorreto com a sua base;
- Aparelho subdimensionado;
- Fase sobrecarregada;
- Aparelhos em contato em fontes de calor;
- Sobrecarga de corrente;
- Má ventilação de equipamentos;
- Incompatibilidade de materiais metálicos.

3.4. Termografia Qualitativa e Quantitativa

As câmeras termográficas são capazes de detectar variações de temperatura numa superfície tanto qualitativamente como quantitativamente dependendo do tipo de análise desejado (HART, 1991).

Ambas as abordagens, têm suas aplicações específicas e complementares. A escolha entre elas dependerá dos objetivos da análise, das necessidades do projeto e do nível de detalhe e precisão requeridos. Em qualquer caso, a termografia oferece uma poderosa ferramenta de diagnóstico e análise não invasiva, permitindo

identificar problemas térmicos e tomar medidas corretivas adequadas.

3.4.1. Termografia Qualitativa

A termografia qualitativa é focada na identificação e visualização das diferenças de temperatura. Ela é usada para detectar anomalias térmicas, como pontos quentes, vazamentos de calor, superaquecimento de componentes elétricos ou problemas de isolamento. A termografia qualitativa é frequentemente aplicada em inspeções prediais, manutenção preventiva, diagnóstico de falhas e monitoramento de processos industriais.

A análise termográfica qualitativa é baseada na interpretação visual das imagens termográficas. Os objetos e áreas com temperaturas mais altas são representados em tons de vermelho ou branco, enquanto as áreas mais frias são representadas em tons de azul ou preto. A interpretação correta das imagens termográficas requer conhecimento e experiência para distinguir entre padrões normais e anomalias térmicas, pois apesar de parecer uma abordagem simples, ela é o primeiro passo para a identificação de algum problema.

3.4.2. Termografia Quantitativa

Por outro lado, a termografia quantitativa envolve medições precisas de temperatura e análise numérica dos dados termográficos. Nesse caso, são utilizadas câmeras termográficas calibradas e instrumentos de medição adequados para obter leituras de temperatura mais precisas. A termografia quantitativa é aplicada em situações em que é necessária uma análise detalhada das temperaturas, como em pesquisas científicas, análises de eficiência energética ou estudos de transferência de calor.

A termografia quantitativa utiliza técnicas de calibração para converter as imagens termográficas em valores de temperatura absoluta. Ela leva em consideração fatores como a emissividade do objeto, a distância entre a câmera termográfica e o objeto, bem como a temperatura ambiente. Esses dados são processados e analisados para obter informações quantitativas sobre as temperaturas.

3.5. Avaliação das Condições Operacionais

Ambas as abordagens de análise termográfica (qualitativa e quantitativa) foram utilizadas na elaboração deste artigo, visto que, ao realizar o levantamento das imagens termográficas, já é possível identificar se há alguma temperatura fora do comum. E após o levantamento, para realizar as análises que serão apresentadas em tópicos a seguir, foram utilizados critérios para avaliação das condições operacionais dos componentes baseado nos métodos de comparação e análise MTA e Delta T.

3.5.1. Critério Máxima Temperatura Admissível (MTA)

Os valores de Máxima Temperatura Admissível (MTA) para cada componente podem ser obtidos a partir das especificações técnicas deles ou através de contato com o fabricante.

Em casos de não possuir estas informações, deve-se fixar o valor de 90 °C como referência para conexões e componentes metálicos e 70 °C para cabos isolados, conforme nas tabelas a seguir presente na norma ABNT NBR IEC 60947-2.

Componente Elétrico	MTA (°C)
---------------------	----------

Condutor encapado (PVC)	70
Condutor encapado (EPR)	90
Condutor encapado (XLPE)	90
Régua de bornes	70
Conexões mediante parafusos de aperto	70
Conexões e barramentos de baixa tensão	90
Conexões recobertas com prata ou níquel (contatores)	90
Corpo de fusíveis	100
Transformador à óleo, ponto mais quente (núcleo)	80
Transformador à óleo	65
Transformador a seco, classe de isolamento 105	65
Transformador a seco, classe de isolamento 130	90
Transformador a seco, classe de isolamento 155	115
Transformador a seco, classe de isolamento 180	140
Contatos de disjuntor motor	80+TA
Contatos de disjuntores termomagnéticos	60+TA
Contatos e articulações de seccionadoras	100

Tabela 2 – MTA de Componentes Elétricos

MTA para Disjuntores		
Partes do Disjuntor Ambiente	Limite de elevação da Temp.	Limite + Temp.
a – Terminais para conexão externa	80	80+40

b – Meios manuais de operação metálicos	25	25+40
c – Meios manuais de operação não metálicos	35	35+40
d – Partes destinadas a serem tocadas, mas não manipuladas metálicas	40	40+40
e – Partes destinadas a serem tocadas, mas não manipuladas não metálicas	50	50+40
f – Partes que não podem ser tocadas em operações metálicas	50	50+40
g – Partes que não podem ser tocadas em operações normais não metálicas	60	60+40

Tabela 3 – MTA específico para Disjuntores

3.5.1.1. Classificação dos Aquecimentos

A classificação do aquecimento corrigido é realizada através de sua comparação com o máximo aquecimento

admissível (MAA), sendo assim definido:

$$MAA = MTA - TA$$

Onde:

- TA – Temperatura Ambiente ou Temperatura Média Local;
- MAA – Máximo Aquecimento Admissível;
- Máxima Temperatura Admissível.

Através dos resultados obtidos por esses cálculos, é realizado a avaliação dos componentes conforme os critérios nas tabelas abaixo, onde AM refere-se a Aquecimento Medido pelo Termovisor. Em uma análise mais precisa o ideal é realizar os ajustes de temperatura utilizando critérios específicos, que não serão trabalhados nesse artigo por se tratar de uma análise qualitativa com algumas abordagens quantitativas:

Critério Flexível para Componentes Aquecidos	
AM x MAA	Diagnóstico
$1,2 MAA \leq AM$	Falha Iminente
$0,9 MAA \leq AM < 1,2 MAA$	Falha Potencial
$0,6 MAA \leq AM < 0,9 MAA$	Falha Provável
$0,3 MAA < AM < 0,6 MAA$	Suspeita de Falha
$AM < 0,3 MAA$	Normal

Tabela 4 - Critérios AM x MAA

Critério Flexível para Componentes Aquecidos		
Diagnóstico	Classificação	P.R.I.*
Falha iminente	Crítico	Até 7 dias

Falha potencial	Interv. Imediata	Até 14 dias
Falha provável	Interv. Programada	Até 21 dias
Suspeita de falha	Observação	Mensal
Normal	Normal	N/A

Tabela 5 – Critérios AM x MAA (continuação) (*P.R.I. – Prazo Recomendável para Intervenção)

O impacto da anomalia também deve ser avaliado da seguinte forma:

Local: Quando sua falha pode ser facilmente contornada através de manobras ou redundâncias, sem interromper a produção

Setorial: quando sua falha causa interrupção da produção, porém restritas a uma parte da empresa.

Global: Quando sua falha afeta o fornecimento de energia de toda a empresa e paradas de custo elevado.

3.5.2. Critério Delta T

Esse método consiste na comparação da temperatura medida de um determinado componente com a temperatura de outro componente nas mesmas condições e com mesmas características.

As recomendações e critérios para determinar a classificação Delta T encontra-se abaixo. Tais definições podem ser encontradas no *Standard for Infrared Inspection of Electrical Systems & Rotating Equipment (2008)*

Prioridade	Delta T	MTA
4	5 °C até 10 °C	>60% da Temp. Máx. até 70%
3	>10 °C até 20 °C	>70% da Temp. Máx. até 80%

2	>20 °C até 40 °C	> 80% da Temp. Máx. até 100%
1	> 40 °C	> Temp. Máx.

Tabela 6 – Critérios adotados para análise Delta T

As Ações Recomendadas de acordo com o grau de prioridade estabelecido na Tabela Delta T 1 são:

- Prioridade 4: Medidas corretivas devem ser tomadas na próxima manutenção periódica. As temperaturas obtidas e as condições de serviço do equipamento não colocam em risco a instalação;
- Prioridade 3: Medidas corretivas necessárias. As temperaturas obtidas e as condições de serviço do equipamento já recomendam alguma atenção;
- Prioridade 2: Medidas corretivas necessárias o mais rápido possível. As temperaturas obtidas e as condições de serviço do equipamento colocam sérios riscos de incidente a um curto prazo;
- Prioridade 1: Medidas corretivas necessárias imediatamente. AS temperaturas obtidas e o estado do equipamento indicam risco a qualquer momento.

3.5.3. Criticidade da Manutenção

Em caso de identificação de alguma necessidade de intervenção crítica, os parâmetros definidos nas Tabelas 7 e 8, definem as estratégias de Manutenção.

Criticidade	Interv. da Manutenção
-------------	-----------------------

Nível	Classif.	Ação
Baixo	I	Rotina de Manutenção
Médio	II	Intermediária (Avaliar componente)
Alto	III	Urgência (Reparar o mais rápido possível)
Crítico	IV	Emergencial (Reparar Imediatamente)

Tabela 7 – Ações de Criticidade

Risco	Prazo	Interpretação
I	0	Baixo risco podendo a intervenção aguardar a próxima manutenção programada.
II	0	Médio risco. É possível aguardar a próxima manutenção.
	1	Médio risco. Reparar em até 15 dias.
	2	Médio risco. Reparar em até 5 dias.
III	0	Alto risco. É possível aguardar a próxima manutenção.
	2	Alto risco. Reparar em até 5 dias.
	3	Alto risco. Reparar em até 48 horas.
IV	0	Risco crítico. É possível aguardar a próxima manutenção.
	3	Risco crítico. Reparar em até 48 horas.
	4	Risco crítico. Reparar em até 12 horas.

Tabela 8 – Recomendações para Classificação de Riscos

4. REGISTROS E ANÁLISES

Em posse dos conhecimentos prévios sobre Ensaios Termográficos, Análises de Resultados obtidos através da Termografia, Normas de Segurança para trabalhos com Instalações Elétricas (NR 10), bem como o embasamento teórico sobre o tema, foi dado início a etapa de registros fotográficos e coleta de dados termográficos.

O condomínio do Edifício Park Shopping Corporate permitiu o acompanhamento, a nível pedagógico, a equipe responsável pela manutenção predial aos Quadros de Distribuição das Torres 1 e 2 e a Sala onde localiza-se os Bancos de Capacitores.

4.1. Equipamento Termográfico

O equipamento utilizado para realizar as inspeções termográficas foi a câmera C5 da fabricante FLIR.



Figura 3 – Câmera Termográfica C5 (Fonte: FLIR Systems)

A Tabela 9 abaixo traz algumas especificações técnicas sobre este equipamento:

ESPECIFICAÇÃO	
Precisão	Em temp. ambiente de 15 a 35 °C (59 a 95 °F) e temp. do objeto acima de 0 °C (32 °F), 0 a 100 °C (32 a 212 °F): ±3 °C (±5,5 °F), 100 a 400 °C (212 a 752 °F): ±3%
Câmera Digital	5MP
Modos de Imagem	Imagem de infravermelho, Imagem visual, MSX

	(detalhes visuais realçados na imagem térmica), Picture-in-picture (área de infravermelho na imagem visual)
Mídia e Armazenamento	Memória interna e solução de conectividade em nuvem FLIR Ignite integrada
GERAÇÃO DA IMAGEM E ÓPTICA	
Câmera Digital	5MP
Distância Focal Mínima	Térmico: 0,1 m (3,94 pol.), MSX: 0,3 m (11,8 pol.)
Faixa Espectral	8 a 14 µm
Foco	Sem foco
Frequência da Imagem	8,7 Hz
MEDIÇÃO E ANÁLISE	
Correção de Medições	Emissividade; fosco/semifosco/semibrilhante + valor personalizado, Temperatura aparente refletida, Compensação atmosférica
Dimensões da Câmera (C x L x A)	138 x 84 x 24 mm (5,4 x 3,3 x 0,94 pol.)
Faixa de Temperatura de Objetos	-20 a 400 °C (-4 a 752 °F)
Precisão	Em temp. ambiente de 15 a 35 °C (59 a 95 °F) e temp. do objeto acima de 0 °C (32 °F), 0 a 100 °C (32 a 212 °F): ±3 °C (±5,5 °F), 100 a 400 °C (212 a 752 °F): ±3%
Sensibilidade Térmica	<70 mK

Tabela 9 – Especificações Técnicas da Câmera FLIR C5 (Fonte: FLIR Systems)

4.2. Quadro de Distribuição (QD) – Torre 01


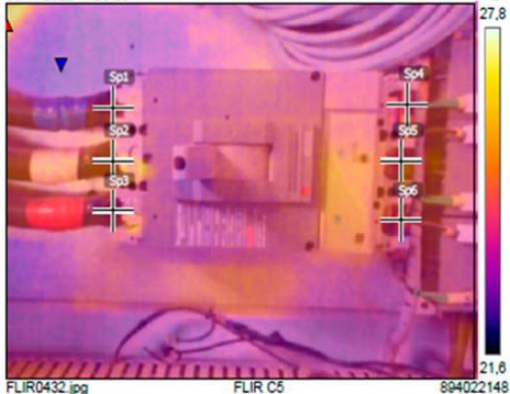
Um quadro de distribuição é um componente fundamental em sistemas elétricos, sendo responsável por

distribuir a energia elétrica de forma segura e controlada para os diferentes circuitos e equipamentos de um edifício ou instalação. Também conhecido como quadro de disjuntores ou painel de distribuição, ele é o ponto central onde os circuitos elétricos são conectados e controlados.



4.2.1. Disjuntor Geral – QD Torre 1

Responsável por interromper o fornecimento de energia elétrica para todos os circuitos da instalação, a função principal do Disjuntor Geral é proteger o sistema elétrica contra sobrecargas ou curtos-circuitos em qualquer parte do sistema, interrompendo todo o fluxo de corrente elétrica. Também é responsável por garantir a segurança de trabalhos de manutenção ou reparo da instalação.

DISJUNTOR GERAL			
Imagem Real			
			
Imagem Termográfica			
			
Dados Termográficos			
Medidas			
Máx.	27,1 °C	Mín.	22,3 °C
Média Aferida		23,9 °C	
Sp1	24,5 °C	Sp4	23,9 °C
Sp2	25,2 °C	Sp5	24,8 °C
Sp3	24,2 °C	Sp6	24,3 °C
Parâmetros da Câmera			
Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	26%
MTA (°C)		80	
Temperaturas Encontradas (°C)			
Descrição	Coletada	Delta T	
Máx.	27,1	-	
Fase R	24,5	0,3	
Fase S	25,2	1	

Fase T	24,2	0
Delta T	2,4	BAIXA
Variação para Delta T		
5 °C	10 °C	20 °C
Informações do Componente		
Defeito	N/A	
Componente	Disjuntor Geral	
Parte	QD Torre 1	
Função	Proteção	
Critérios para Definição do Status MTA		
MTA	80	
80%MTA	64	
70%MTA	56	
60%MTA	48	
Recomendações		
N/A		
Observações		
Não foram encontrados pontos de Anomalia Térmica.		

4.2.2. Disjuntor Caixa Moldada Tripolar – QD Torre 1

O disjuntor de caixa moldada é um tipo de disjuntor de circuito utilizado em sistemas elétricos de média e baixa tensão. Ele é chamado de "caixa moldada" devido à sua construção em uma única peça, que inclui o disjuntor propriamente dito e uma caixa ou invólucro isolante.

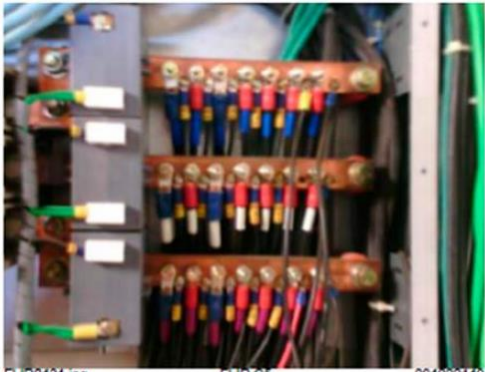
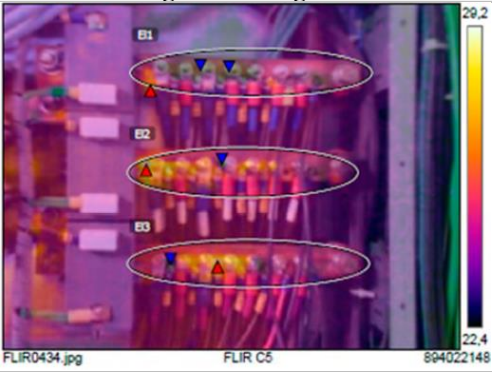
A principal característica do disjuntor de caixa moldada é sua capacidade de interromper correntes de curto-circuito e sobrecarga com alta capacidade de ruptura. Ele é projetado para proteger circuitos elétricos contra sobrecargas e curtos-circuitos, interrompendo o fluxo de corrente elétrica de forma rápida e segura.

DISJUNTOR CAIXA MOLDADA			
Imagem Real			
			
Imagem Termográfica			
			
Dados Termográficos			
Medidas			
Máx.	25,9 °C	Mín.	21,6 °C
Média Aferida		23 °C	
Sp1	24,2 °C	Sp4	22,0 °C
Sp2	24,0 °C	Sp5	22,9 °C
Sp3	23,6 °C	Sp6	23,0 °C
Parâmetros da Câmera			
Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	26%
MTA (°C)		80	
Temperaturas Encontradas (°C)			
Descrição	Coletada	Delta T	
Máx.	25,9		
Fase R	24,2	0,6	
Fase S	25,2	1	
Fase T	24,2	0	

Delta T	1	BAIXA	
Variação para Delta T			
5 °C	10 °C	20 °C	40 °C
Informações do Componente			
Defeito	N/A		
Componente	Disjuntor Secundário		
Parte	QD Torre 1		
Função	Proteção		
Critérios para Definição do Status MTA			
MTA	80		
80%MTA	64		
70%MTA	56		
60%MTA	48		
Recomendações			
N/A			
Observações			
Não foram encontrados pontos de Anomalia Térmica.			

4.2.3. Barramento – QD Torre 1

O barramento em quadros de distribuição elétrica é um conjunto de condutores metálicos que têm a função de interligar os disjuntores e outros dispositivos de proteção elétrica aos circuitos correspondentes. Ele é responsável por distribuir a energia elétrica de forma adequada e segura para os diversos pontos de utilização dentro de uma instalação elétrica.

BARRAMENTO			
Imagem Real			
			
Imagem Termográfica			
			
Dados Termográficos			
Medidas			
Máx.	29,3 °C	Mín.	21,8 °C
Média Aferida		24 °C	
EJ1	Máx.	26,8 °C	
	Mín.	21,8 °C	
	Média	22,5 °C	
EJ2	Máx.	29,2 °C	
	Mín.	22,2 °C	
	Média	24,9 °C	
EJ3	Máx.	29,3 °C	
	Mín.	22,5 °C	
	Média	24,7 °C	
Parâmetros da Câmera			
Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	26%
MTA (°C)		80	

Temperaturas Encontradas (°C)			
Descrição	Coletada	Delta T	
Máx.	29,3		
Fase R	22,5	0	
Fase S	24,9	2,4	
Fase T	24,7	2,2	
Delta T	2,4	BAIXA	
Variação para Delta T			
5 °C	10 °C	20 °C	40 °C
Informações do Componente			
Defeito	N/A		
Componente	Barramento		
Parte	QD Torre 1		
Função	Distribuição		
Critérios para Definição do Status MTA			
MTA	80		
80%MTA	64		
70%MTA	56		
60%MTA	48		
Recomendações			
N/A			
Observações			
Não foram encontrados pontos de Anomalia Térmica.			

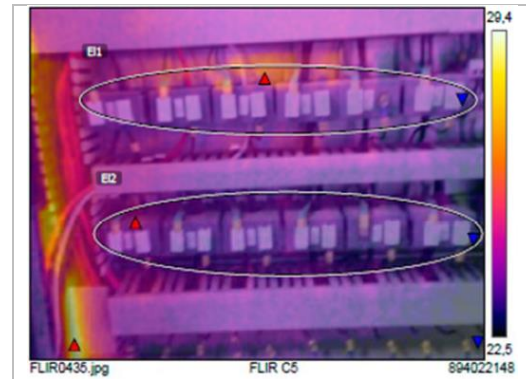
4.2.4. Transformadores de Corrente – QD Torre 1

Em um quadro elétrico, o transformador de corrente é instalado em série com os circuitos que desejamos medir ou proteger. Ele é conectado ao barramento principal do quadro elétrico ou diretamente aos disjuntores correspondentes. O enrolamento primário do TC é ligado ao circuito principal, por onde a corrente flui, e o enrolamento secundário é conectado a

instrumentos de medição, relés de proteção ou outros dispositivos.

A função principal do transformador de corrente em quadros elétricos é reduzir a corrente de níveis mais altos para valores seguros e proporcionais para medição ou proteção. O enrolamento secundário do TC é projetado para fornecer uma corrente reduzida em relação à corrente do enrolamento primário, geralmente na faixa de miliamperes ou amperes.

A corrente reduzida no enrolamento secundário é então utilizada para alimentar os instrumentos de medição, como amperímetros ou relés de proteção, que fornecem informações precisas sobre a corrente elétrica em um circuito específico. Essas informações são essenciais para monitorar o consumo de energia, diagnosticar falhas ou sobrecargas e acionar dispositivos de proteção, como disjuntores ou relés de sobrecorrente.



Dados Termográficos			
Medidas			
Máx.	29,2 °C	Mín.	21,9 °C
Média Aferida		23,9 °C	
EJ1	Máx.	26,8 °C	
	Mín.	22,8 °C	
	Média	23,9 °C	
EJ2	Máx.	24,6 °C	
	Mín.	22,4 °C	
	Média	23,4 °C	
Parâmetros da Câmera			
Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	26%
MTA (°C)		80	
Temperaturas Encontradas (°C)			
Descrição	Coletada	Delta T	
Máx.	29,2		
Fase R	22,4	0	
Fase S	23,4	2,4	
Fase T	23,9	2,2	
Delta T		BAIXA	
Variação para Delta T			
5 °C	10 °C	20 °C	40 °C
Informações do Componente			
Defeito	N/A		
Componente	Transf. Corrente		
Parte	QD Torre 1		
Função	Distribuição/Proteção		

Critérios para Definição do Status MTA	
MTA	80
80%MTA	64
70%MTA	56
60%MTA	48
Recomendações	
N/A	
Observações	
Não foram encontrados pontos de Anomalia Térmica.	

4.2.5. Disjuntores – QD Torre 1

Os disjuntores são projetados para monitorar a corrente elétrica que flui através de um circuito e, caso ocorra uma condição anormal, como uma corrente excessiva ou um curto-circuito, eles atuam para interromper o fornecimento de energia elétrica. Isso ajuda a prevenir danos aos equipamentos elétricos, incêndios e outros riscos relacionados à sobrecarga elétrica.



Dados Termográficos			
Medidas			
Máx.	30,8 °C	Mín.	21,7 °C
Média Aferida		23,7 °C	
Sp1	24,2 °C	Sp4	29,2 °C
Sp2	26,7 °C	Sp5	26,6 °C
Sp3	26,1 °C	Sp6	25,5 °C
Parâmetros da Câmera			
Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	26%
MTA (°C)		80	
Temperaturas Encontradas (°C)			
Descrição	Coletada	Delta T	
Máx.	30,8		
Fase R	24,2	0	
Fase S	26,7	2,5	
Fase T	26,1	1,9	
Delta T	2,5	BAIXA	
Variação para Delta T			
5 °C	10 °C	20 °C	40 °C
Informações do Componente			
Defeito		N/A	
Componente		Disjuntores	
Parte		QD Torre 1	
Função		Proteção	
Critérios para Definição do Status MTA			
MTA		80	
80%MTA		64	

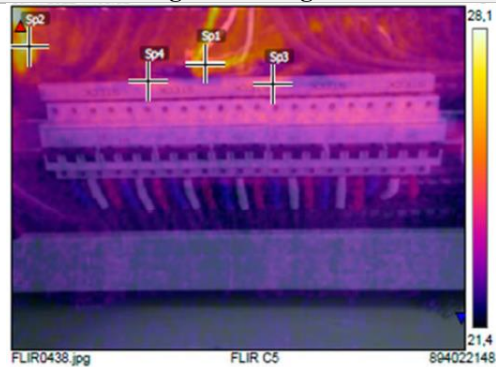
70%MTA	56
60%MTA	48
Recomendações	
N/A	
Observações	
Não foram encontrados pontos de Anomalia Térmica.	

DISJUNTORES (AGRUPAMENTO 2)

Imagem Real



Imagem Termográfica



Dados Termográficos

Medidas			
Máx.	28,5 °C	Mín.	20,8 °C
Média Aferida		22,6 °C	
Sp1	24,7 °C	Sp3	24,1 °C
Sp2	27,6 °C	Sp4	24,0 °C
Parâmetros da Câmera			
Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	26%

MTA (°C)	80		
Temperaturas Encontradas (°C)			
Descrição	Coletada	Delta T	
Máx.	28,5		
Fase R	24,7	0,6	
Fase S	27,6	3,5	
Fase T	24,1	0	
Delta T	2,5	BAIXA	
Variação para Delta T			
5 °C	10 °C	20 °C	40 °C
Informações do Componente			
Defeito	N/A		
Componente	Disjuntores		
Parte	QD Torre 1		
Função	Proteção		
Critérios para Definição do Status MTA			
MTA	80		
80%MTA	64		
70%MTA	56		
60%MTA	48		
Recomendações			
N/A			
Observações			
Não foram encontrados pontos de Anomalia Térmica.			

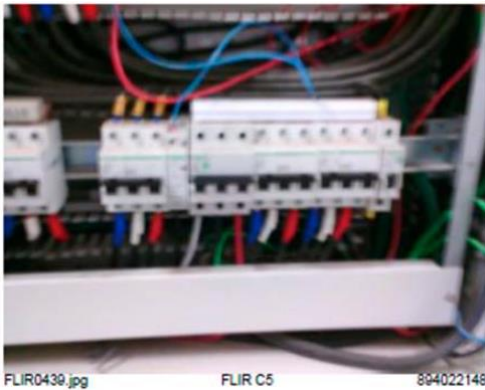
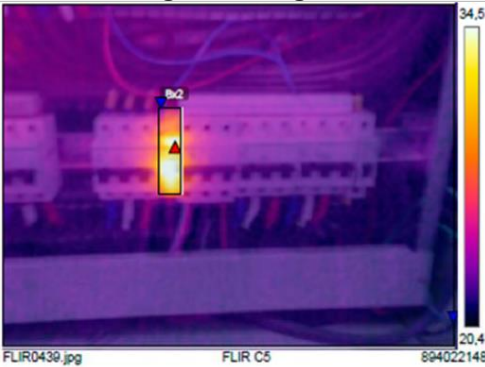
4.2.6. Contactor

Um contactor em um quadro elétrico é um dispositivo eletromagnético usado para controlar e comandar a operação de cargas elétricas. Ele é especialmente utilizado em aplicações de potência, onde é necessário controlar a ativação e desativação de cargas de alta corrente.

O contactor é composto por uma bobina e um conjunto de contatos

principais. A bobina é energizada quando um sinal elétrico é aplicado, gerando um campo eletromagnético que atrai uma peça móvel chamada de armadura. Essa atração faz com que os contatos principais se fechem, permitindo a passagem da corrente elétrica para a carga conectada ao contactor.

Quando a bobina é desenergizada, o campo eletromagnético desaparece e a armadura retorna à sua posição inicial, abrindo os contatos principais e interrompendo o fluxo de corrente para a carga.

CONTACTOR			
Imagem Real			
			
Imagem Termográfica			
			
Dados Termográficos			
Medidas			
Máx.	35,4 °C	Mín.	20,7 °C
Média Aferida		22,4 °C	
Máx.	35,4 °C	Mín.	23,4 °C

Média Aferida		30,9 °C	
Parâmetros da Câmera			
Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	26%
MTA (°C)		80	
Temperaturas Encontradas (°C)			
Descrição	Coletada	Delta T	
Máx.	35,4	13,3	
Mín.	22,1	0	
Média	26,7	4,6	
Delta T		Médio	
Variação para Delta T			
5 °C	10 °C	20 °C	40 °C
Informações do Componente			
Defeito		N/A	
Componente		Contactor	
Parte		QD Torre 1	
Função		Proteção	
Critérios para Definição do Status MTA			
MTA		80	
80%MTA		64	
70%MTA		56	
60%MTA		48	
Recomendações			
Observação			
Observações			
Aquecimento identificado, mas devido ao perfil do componente e sua especificação está dentro dos padrões, contudo observar possíveis elevações de temperatura neste componente			

4.3. Quadro de Distribuição – Torre 2

Seguindo o padrão de análise realizado no item 4.1 deste artigo, também foi realizado a inspeção

termográfica no Quadro de Distribuição da Torre 2 do Edifício.


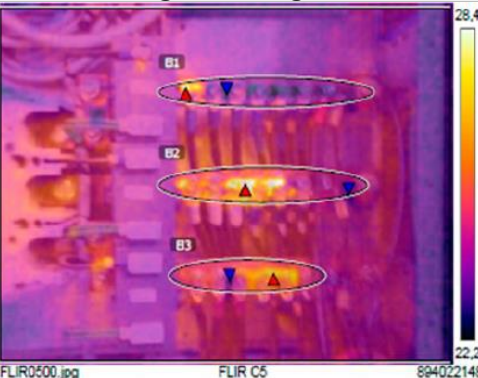


4.3.1. Disjuntor Geral – QD Torre 2

DISJUNTOR GERAL	
Imagem Real	
Imagem Termográfica	
Dados Termográficos	

Medidas			
Máx.	26,5 °C	Mín.	22,4 °C
Média Aferida		24,4 °C	
Sp1	24,5 °C	Sp4	24,8 °C
Sp2	24,4 °C	Sp5	25,0 °C
Sp3	24,3 °C	Sp6	24,8 °C
Parâmetros da Câmera			
Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	31%
MTA (°C)		80	
Temperaturas Encontradas (°C)			
Descrição	Coletada	Delta T	
Máx.	26,5	-	
Fase R	24,5	0,2	
Fase S	24,4	0,1	
Fase T	24,3	0	
Delta T	0,2	BAIXA	
Variação para Delta T			
5 °C	10 °C	20 °C	40 °C
Informações do Componente			
Defeito		N/A	
Componente		Disjuntor Geral	
Parte		QD Torre 2	
Função		Proteção	
Critérios para Definição do Status MTA			
MTA	80		
80%MTA	64		
70%MTA	56		
60%MTA	48		
Recomendações			
N/A			
Observações			
Não foram encontrados pontos de Anomalia Térmica.			

4.3.2. Barramento – QD Torre 2

BARRAMENTO			
Imagem Real			
			
			
Dados Termográficos			
Medidas			
Máx.	30,0 °C	Mín.	22,2 °C
Média Aferida		24,1 °C	
EJ1	Máx.	28,3 °C	
	Mín.	22,2 °C	
	Média	23,7 °C	
EJ2	Máx.	30,0 °C	
	Mín.	22,7 °C	
	Média	25,2 °C	
EJ3	Máx.	27,7 °C	
	Mín.	22,6 °C	
	Média	25,1 °C	
Parâmetros da Câmera			
Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	31%
MTA (°C)		80	

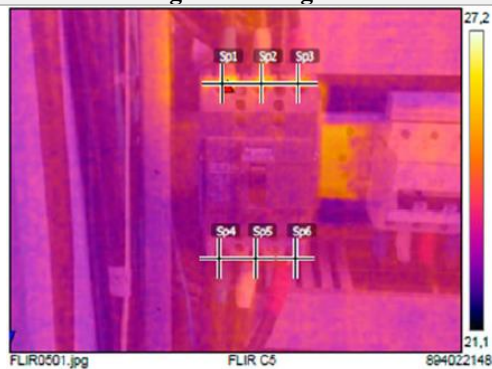
Temperaturas Encontradas (°C)		
Descrição	Coletada	Delta T
Máx.	30,0	
Fase R	28,3	0,6
Fase S	30,0	2,3
Fase T	27,7	0
Delta T	2,3	BAIXA
Variação para Delta T		
5 °C	10 °C	20 °C
		40 °C
Informações do Componente		
Defeito	N/A	
Componente	Barramento	
Parte	QD Torre 2	
Função	Distribuição	
Critérios para Definição do Status MTA		
MTA	80	
80%MTA	64	
70%MTA	56	
60%MTA	48	
Recomendações		
N/A		
Observações		
Não foram encontrados pontos de Anomalia Térmica.		

4.3.3. Disjuntor Caixa Moldada – QD Torre 2

DISJUNTOR CAIXA MOLDADA – TORRE 2
Imagem Real



Imagem Termográfica



Dados Termográficos

Medidas

Máx.	26,4 °C	Mín.	22,1 °C
Média Aferida		23,3 °C	
Sp1	25,4 °C	Sp4	23,5 °C
Sp2	25,3 °C	Sp5	23,8 °C
Sp3	25,2 °C	Sp6	23,3 °C

Parâmetros da Câmera

Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	31%
MTA (°C)		80	

Temperaturas Encontradas (°C)

Descrição	Coletada	Delta T
Máx.	26,4	
Fase R	25,4	0,2
Fase S	25,3	0,1
Fase T	25,2	0
Delta T	0,2	BAIXA

Variação para Delta T

5 °C	10 °C	20 °C	40 °C
Informações do Componente			
Defeito		N/A	
Componente		Disjuntor Secundário	
Parte		QD Torre 2	
Função		Proteção	
Critérios para Definição do Status MTA			
MTA		80	
80%MTA		64	
70%MTA		56	
60%MTA		48	
Recomendações			
N/A			
Observações			
Não foram encontrados pontos de Anomalia Térmica.			

4.3.4. Disjuntores – QD Torre 2

DISJUNTORES (AGRUPAMENTO 1) – TORRE 2

Imagem Real

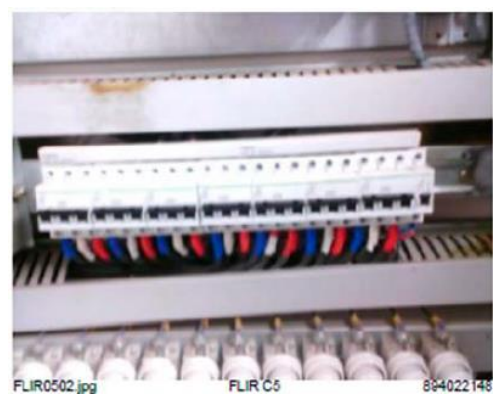
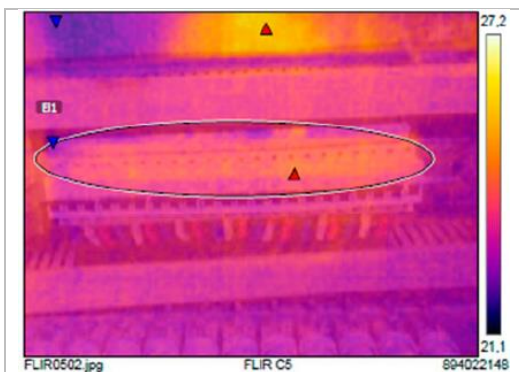


Imagem Termográfica



Dados Termográficos

Medidas

Máx.	26,2 °C	Mín.	21,7 °C
Média Aferida		23,4 °C	
EJ1	Máx.	28,3 °C	
	Mín.	22,2 °C	
	Média	23,7 °C	

Parâmetros da Câmera

Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	31%
MTA (°C)		80	

Temperaturas Encontradas (°C)

Descrição	Coletada	Delta T
Máx.	26,2	
Fase R	24,7	2,3
Fase S	22,4	0
Fase T	23,8	1,4
Delta T	2,3	BAIXA

Variação para Delta T

5 °C	10 °C	20 °C	40 °C
------	-------	-------	-------

Informações do Componente

Defeito	N/A
Componente	Disjuntores
Parte	QD Torre 2
Função	Proteção

Crítérios para Definição do Status MTA

MTA	80
80%MTA	64

70%MTA	56
60%MTA	48
Recomendações	
N/A	
Observações	
Não foram encontrados pontos de Anomalia Térmica.	

DISJUNTORES (AGRUPAMENTO 2) – TORRE 2

Imagem Real

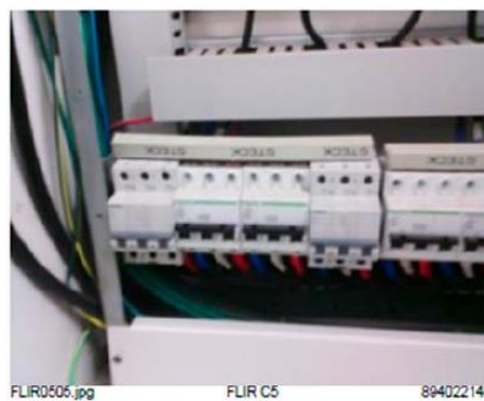
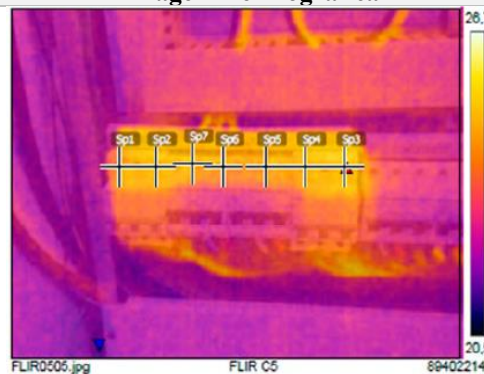


Imagem Termográfica



Dados Termográficos

Medidas

Máx.	25,7 °C	Mín.	21,3 °C
Média Aferida		23,0 °C	
Sp1	24,5 °C	Sp4	25,0 °C
Sp2	25,0 °C	Sp5	24,5 °C
Sp3	25,2 °C	Sp6	24,7 °C
-	-	Sp7	25,9 °C

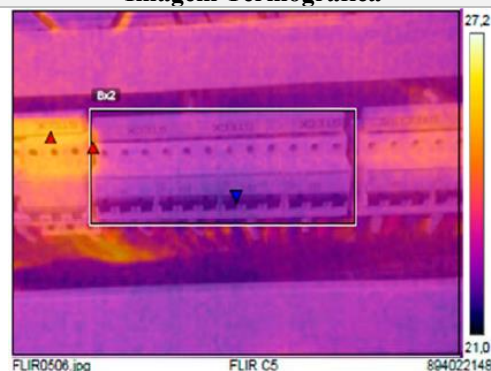
Parâmetros da Câmera

Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	31%
MTA (°C)		80	
Temperaturas Encontradas (°C)			
Descrição	Coletada	Delta T	
Máx.	25,7		
Fase R	24,5	0	
Fase S	25,0	0,5	
Fase T	25,2	0,7	
Delta T	0,7	BAIXA	
Variação para Delta T			
5 °C	10 °C	20 °C	40 °C
Informações do Componente			
Defeito	N/A		
Componente	Disjuntores		
Parte	QD Torre 2		
Função	Proteção		
Critérios para Definição do Status MTA			
MTA	80		
80%MTA	64		
70%MTA	56		
60%MTA	48		
Recomendações			
N/A			
Observações			
Não foram encontrados pontos de Anomalia Térmica.			

DISJUNTORES (AGRUPAMENTO 3) – TORRE 2
Imagem Real



Imagem Termográfica



Dados Termográficos

Medidas		
Bx1	Máx.	25,7 °C
	Mín.	21,6 °C
	Média	22,9 °C
Bx2	Máx.	25,2 °C
	Mín.	21,6 °C
	Média	22,5 °C

Parâmetros da Câmera

Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	31%

MTA (°C)		80	
-----------------	--	----	--

Temperaturas Encontradas (°C)			
Descrição	Coletada	Delta T	
Máx.	25,7		
Fase R	24,5	0	
Fase S	25,0	0,5	
Fase T	25,2	0,7	
Delta T	0,7	BAIXA	


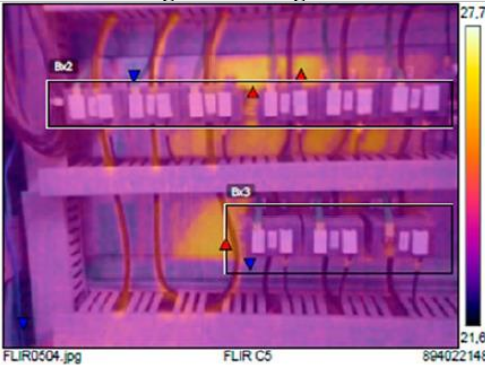
Variação para Delta T			
5 °C	10 °C	20 °C	40 °C
Informações do Componente			
Defeito	N/A		
Componente	Disjuntores		
Parte	QD Torre 2		
Função	Proteção		
Critérios para Definição do Status MTA			
MTA	80		
80%MTA	64		
70%MTA	56		
60%MTA	48		
Recomendações			
N/A			
Observações			
Não foram encontrados pontos de Anomalia Térmica.			

DISJUNTORES (AGRUPAMENTO 4) – TORRE 2
Imagem Real
Imagem Termográfica

Dados Termográficos			
Medidas			
Máx.	27,8 °C	Mín.	21,6 °C
Média Aferida		23,0 °C	
Sp1	26,2 °C	Sp4	23,8 °C
Sp2	26,8 °C	Sp5	24,3 °C
Sp3	25,7 °C	Sp6	24,5 °C
Parâmetros da Câmera			
Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	31%
MTA (°C)		80	
Temperaturas Encontradas (°C)			
Descrição	Coletada	Delta T	
Máx.	27,8		
Fase R	26,2	0,5	
Fase S	26,8	1,1	
Fase T	25,7	0	
Delta T	1,1	BAIXA	
Variação para Delta T			
5 °C	10 °C	20 °C	40 °C
Informações do Componente			
Defeito	N/A		
Componente	Disjuntores		
Parte	QD Torre 2		
Função	Proteção		
Critérios para Definição do Status MTA			
MTA	80		
80%MTA	64		

70%MTA	56
60%MTA	48
Recomendações	
Realizar reaperto no componente indicado na Imagem Real dessa Análise	
Observações	
Variações de Temperaturas dentro dos padrões admissíveis mas devido o componente indicado estar com folga está ocorrendo um aquecimento que pode ser evitado	

4.3.5. Transformador de Corrente – QD Torre 2

TRANSFORMADORES DE CORRENTE – TORRE 2			
Imagem Real			
			
Imagem Termográfica			
			
Dados Termográficos			
Medidas			
Máx.	26,6 °C	Mín.	22,0 °C
Média Aferida		23,3 °C	
Bx1	Máx.	26,6 °C	

	Mín.	22,0 °C	
	Média	23,3 °C	
Bx2	Máx.	26,6 °C	
	Mín.	22,5 °C	
	Média	23,4 °C	
Bx3	Máx.	25,8 °C	
	Mín.	22,3 °C	
	Média	23,2 °C	
Parâmetros da Câmera			
Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	31%
MTA (°C)		80	
Temperaturas Encontradas (°C)			
Descrição	Coletada	Delta T	
Máx.	26,6		
Fase R	25,8	3,5	
Fase S	22,3	0	
Fase T	23,2	0,9	
Delta T	3,5	BAIXA	
Variação para Delta T			
5 °C	10 °C	20 °C	40 °C
Informações do Componente			
Defeito	N/A		
Componente	Transf. Corrente		
Parte	QD Torre 2		
Função	Distribuição/Proteção		
Critérios para Definição do Status MTA			
MTA	80		
80%MTA	64		
70%MTA	56		
60%MTA	48		
Recomendações			
N/A			
Observações			

Não foram encontrados pontos de Anomalia Térmica.

4.4. Banco de Capacitores

Um banco de capacitores é um conjunto de capacitores conectados em paralelo, projetado para fornecer capacidade reativa em instalações elétricas. A utilização de um banco de capacitores em uma instalação elétrica tem como objetivo corrigir o fator de potência, melhorando a eficiência do sistema elétrico.

O fator de potência é uma medida da eficiência com que a energia elétrica é utilizada. Em sistemas com baixo fator de potência, ocorre o desperdício de energia reativa, o que resulta em uma menor eficiência do sistema e pode levar ao pagamento de multas por parte das empresas de energia elétrica. Além disso, um baixo fator de potência pode sobrecarregar componentes elétricos e causar problemas de instabilidade no sistema.

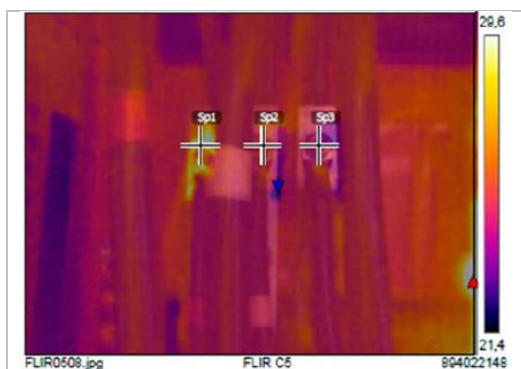


Ao adicionar um banco de capacitores a uma instalação elétrica, é possível corrigir o fator de potência, reduzindo a energia reativa e aumentando a eficiência geral do sistema. Os capacitores fornecem energia reativa, que está fora de fase com a corrente elétrica, e compensam a energia reativa indutiva gerada por motores, transformadores e outros dispositivos.

4.4.1. Barramento Geral – Banco de Capacitores

Referências de Análise Quantitativa			
Variação para Delta T			
5 °C	10 °C	20 °C	40 °C
Critérios para Definição do Status MTA			
MTA	80		
80%MTA	64		
70%MTA	56		
60%MTA	48		





Dados Termográficos

Medidas

Máx.	31,0 °C	Mín.	21,8 °C
Média Aferida		24,9 °C	
Sp1		29,3 °C	
Sp2		25,5 °C	
Sp3		24,4 °C	

Parâmetros da Câmera

Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	61%
MTA (°C)		80	

Temperaturas Encontradas (°C)

Descrição	Coletada	Delta T
Máx.	31,0	-
Fase R	29,3	4,9
Fase S	25,5	1,1
Fase T	24,4	0
Delta T	4,9	BAIXA

Informações do Componente

Defeito	N/A
Componente	Barramento Geral
Parte	Banco de Capacitores
Função	Condutor

Recomendações

N/A

Observações

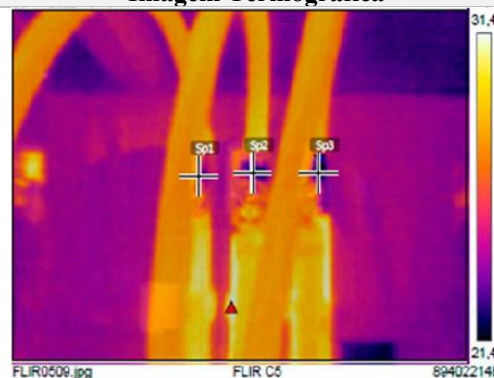
Não foram encontrados pontos de Anomalia Térmica.

BARRAMENTO GERAL - 2

Imagem Real



Imagem Termográfica



Dados Termográficos

Medidas

Máx.	31,6 °C	Mín.	21,2 °C
Média Aferida		25,5 °C	
Sp1		27,6 °C	
Sp2		22,0 °C	
Sp3		21,7 °C	

Parâmetros da Câmera

Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	61%
MTA (°C)		80	

Temperaturas Encontradas (°C)

Descrição	Coletada	Delta T
Máx.	31,6	-
Fase R	27,6	5,9
Fase S	22,0	0,3

Fase T	21,7	0
Delta T	5,9	BAIXA
Informações do Componente		
Defeito	N/A	
Componente	Barramento Geral	
Parte	Banco de Capacitores	
Função	Condutor	
Recomendações		
N/A		
Observações		
Não foram encontrados pontos de Anomalia Térmica.		

Sp1	26,0 °C		
Sp2	25,0 °C		
Sp3	24,3 °C		
Parâmetros da Câmera			
Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	61%
MTA (°C)		80	
Temperaturas Encontradas (°C)			
Descrição	Coletada	Delta T	
Máx.	28,4	-	
Fase R	26,0	1,7	
Fase S	25,0	0,7	
Fase T	24,3	0	
Delta T	1,7	BAIXA	
Informações do Componente			
Defeito	N/A		
Componente	Barramento Geral		
Parte	Banco de Capacitores		
Função	Condutor		
Recomendações			
N/A			
Observações			
Não foram encontrados pontos de Anomalia Térmica.			

BARRAMENTO GERAL - 3

Imagem Real


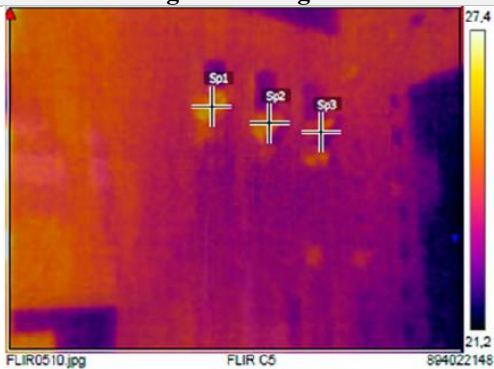


Imagem Termográfica



Dados Termográficos

Medidas			
Máx.	28,4 °C	Mín.	21,2 °C
Média Aferida	23,7 °C		

BARRAMENTO GERAL - 4
Imagem Real



Imagem Termográfica



Dados Termográficos

Medidas

Máx.	30,6 °C	Mín.	19,9 °C
Média Aferida	23,6 °C		
Sp1	29,1 °C		
Sp2	25,0 °C		
Sp3	23,6 °C		

Parâmetros da Câmera

Emissividade	0,95		
T. Amb.	26 °C	Carga	61%
MTA (°C)	80		

Temperaturas Encontradas (°C)

Descrição	Coletada	Delta T
Máx.	30,6	-
Fase R	29,1	5,5
Fase S	25,0	1,4
Fase T	23,6	0
Delta T	5,5	BAIXA

Informações do Componente

Defeito	N/A
Componente	Barramento Geral
Parte	Banco de Capacitores
Função	Condutor
Recomendações	
N/A	
Observações	
Não foram encontrados pontos de Anomalia Térmica.	

BARRAMENTO GERAL - 5

Imagem Real

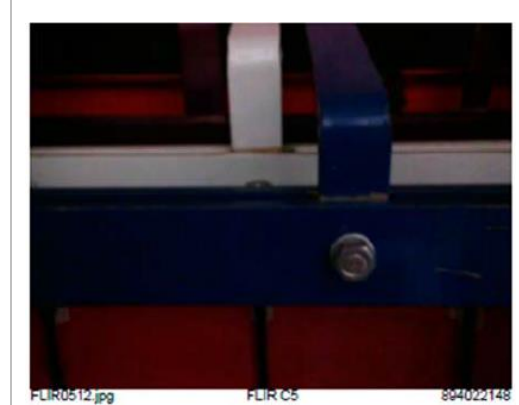
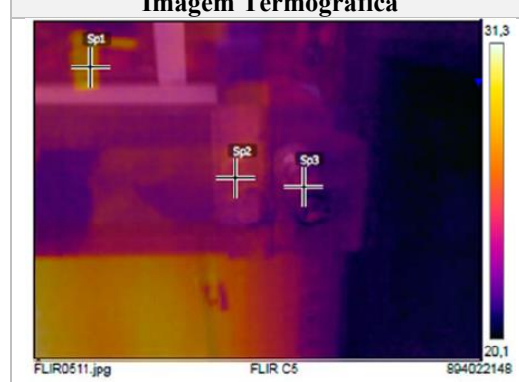


Imagem Termográfica




Dados Termográficos

Medidas

Máx.	32,6 °C	Mín.	22,4 °C
Média Aferida	25,9 °C		
Sp1	25,9 °C		
Sp2	25,8 °C		
Sp3	26,5 °C		



Sp4		30,2 °C	
Parâmetros da Câmera			
Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	61%
MTA (°C)		80	
Temperaturas Encontradas (°C)			
Descrição	Coletada	Delta T	
Máx.	32,6	-	
Fase R	25,9	0,1	
Fase S	25,8	0	
Fase T	30,2	4,4	
Delta T	4,4	BAIXA	
Informações do Componente			
Defeito	N/A		
Componente	Barramento Geral		
Parte	Banco de Capacitores		
Função	Condutor		
Recomendações			
N/A			
Observações			
Não foram encontrados pontos de Anomalia Térmica.			

BARRAMENTO GERAL - 5	
Imagem Real	
	
Imagem Termográfica	


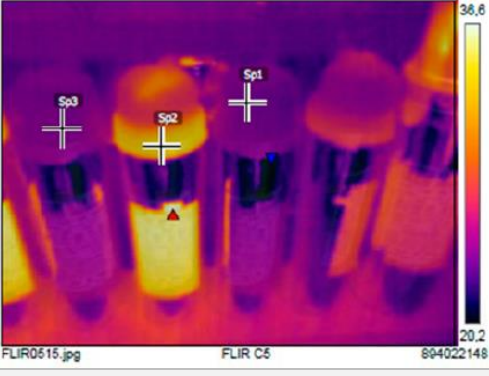
			
Dados Termográficos			
Medidas			
Máx.	28,3 °C	Mín.	18,9 °C
Média Aferida		22,0 °C	
Sp1		21,6 °C	
Sp2		22,6 °C	
Sp3		21,5 °C	
Parâmetros da Câmera			
Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	61%
MTA (°C)		80	
Temperaturas Encontradas (°C)			
Descrição	Coletada	Delta T	
Máx.	28,3	-	
Fase R	21,6	0,1	
Fase S	22,6	1,1	
Fase T	21,5	0	
Delta T	1,1	BAIXA	
Informações do Componente			
Defeito	N/A		
Componente	Barramento Geral		
Parte	Banco de Capacitores		
Função	Condutor		
Recomendações			
N/A			
Observações			

Não foram encontrados pontos de Anomalia Térmica.

4.4.2. Capacitores

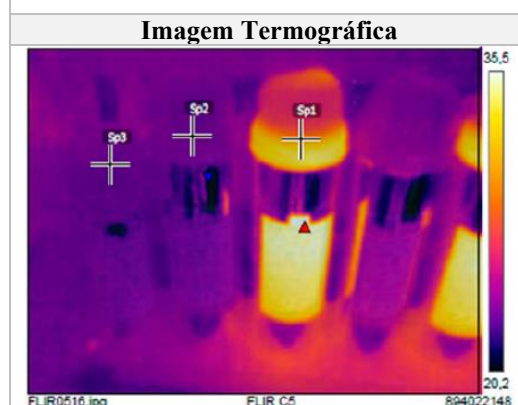
CAPACITORES – 1			
Imagem Real			
			
Imagem Termográfica			
			
Dados Termográficos			
Medidas			
Máx.	42,4 °C	Mín.	20,2 °C
Média Aferida		24,4 °C	
Sp1		40,9 °C	
Sp2		23,8 °C	
Sp3		25,6 °C	
Parâmetros da Câmera			
Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	61%
MTA (°C)		80	
Temperaturas Encontradas (°C)			
Descrição	Coletada	Delta T	

Máx.	42,4	-
Fase R	40,9	17,1
Fase S	23,8	0
Fase T	25,6	1,8
Delta T	17,1	MÉDIA
Informações do Componente		
Defeito	N/A	
Componente	Capacitores	
Parte	Banco de Capacitores	
Função	Corretor de FP	
Recomendações		
Substituição do Capacitor com aquecimento		
Observações		
Capacitor da amostragem SP1 com Anomalia Térmica		

CAPACITORES – 2			
Imagem Real			
			
Imagem Termográfica			
			
Dados Termográficos			

Medidas			
Máx.	36,4 °C	Mín.	19,9 °C
Média Aferida		25,4 °C	
Sp1		23,7 °C	
Sp2		34,1 °C	
Sp3		23,9 °C	
Parâmetros da Câmera			
Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	61%
MTA (°C)		80	
Temperaturas Encontradas (°C)			
Descrição	Coletada	Delta T	
Máx.	36,4	-	
Fase R	23,7	0	
Fase S	34,1	10,4	
Fase T	23,9	0,2	
Delta T	10,4	BAIXA	
Informações do Componente			
Defeito		N/A	
Componente		Capacitores	
Parte		Banco de Capacitores	
Função		Corretor de FP	
Recomendações			
N/A			
Observações			
Não foram encontrados pontos de Anomalia Térmica PARA CAPACITOR.			

CAPACITORES – 3
Imagem Real



Dados Termográficos			
Medidas			
Máx.	36,8 °C	Mín.	19,9 °C
Média Aferida		24,8 °C	
Sp1		30,2 °C	
Sp2		23,2 °C	
Sp3		23,1 °C	
Parâmetros da Câmera			
Emissividade		0,95	
T. Amb.	26 °C	Carga	61%
MTA (°C)		80	
Temperaturas Encontradas (°C)			
Descrição	Coletada	Delta T	
Máx.	36,8	-	
Fase R	30,2	7,1	
Fase S	23,2	0,1	
Fase T	23,1	0	
Delta T	7,1	BAIXA	
Informações do Componente			

Defeito	N/A
Componente	Capacitores
Parte	Banco de Capacitores
Função	Corretor de FP
Recomendações	
N/A	
Observações	
Não foram encontrados pontos de Anomalia Térmica PARA CAPACITOR.	

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As instalações elétricas são fundamentais para o funcionamento adequado de diversos setores industriais e residenciais. No entanto, esses sistemas estão sujeitos a falhas e problemas que podem resultar em perdas econômicas significativas, interrupções no fornecimento de energia e até mesmo acidentes graves. Portanto, a detecção precoce de anomalias e a manutenção preditiva são essenciais para evitar tais consequências indesejadas. Nesse contexto, a termografia surge como uma técnica não invasiva e eficiente, permitindo a identificação de falhas invisíveis a olho nu por meio da detecção de variações de temperatura.

A termografia tem se mostrado uma ferramenta valiosa na manutenção preditiva de instalações elétricas. Neste artigo, foram investigados os benefícios da termografia como método de diagnóstico não invasivo, capaz de identificar de forma rápida e precisa problemas relacionados ao superaquecimento em sistemas elétricos. Através da revisão da literatura científica atualizada, foi possível constatar que a termografia proporciona uma série de vantagens, incluindo a detecção precoce de falhas, a redução dos custos de

manutenção, o aumento da segurança e a melhoria na eficiência energética.

Conforme as análises realizadas e apresentadas na Seção 4 deste artigo, foi possível identificar que a maioria das temperaturas dos equipamentos estudados estão de acordo com suas temperaturas de operação e se encontram em excelente estado de conservação.

No entanto, de acordo com os dados apresentados na Seção 4.2.4 – Tabela: DISJUNTORES (AGRUPAMENTO 4) – TORRE 2, é necessário realizar um reaperto das suas conexões para reduzir o aquecimento que está ocorrendo nesses componentes. A criticidade desse problema não chega a ser necessária uma intervenção imediata, permitindo um desligamento planejado para realizar essa manutenção, contudo é importante que as medidas preventivas sejam realizadas.

Também foi identificado uma Anomalia Térmica em um dos Capacitores do Banco de Capacitores apontado na Seção 4.3.2 – Tabela: CAPACITORES – 1. Para a operação de um capacitor sua temperatura em relação a temperatura ambiente e em relação aos demais componentes idênticos a ele em mesmo regime de funcionamento está acima do normal e aponta um possível desgaste das células do componente que pode comprometer a instalação. Considerando que o Banco de Capacitores possui a função de corrigir o Fator de Potência da instalação minimizando as perdas elétricas por energia reativa, é necessário que todos os componentes desse equipamento estejam em bom estado de operação para que não afete a correção do Fator de Potência, bem como comprometa o funcionamento dos demais elementos do Banco de Capacitores.

REFERÊNCIAS

- MUNIZ, Pablo Rodrigues. Termografia infravermelha aplicada à manutenção elétrica: dos fundamentos ao diagnóstico / Pablo Rodrigues Muniz e Mariana Altoé Mendes. – Vitória, ES: Edifes, 2019
- CARAMALHO, A. 25 anos em termografia, 1ª edição. Portugal. Bubok, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- ABNT NBR 15572:2013 – Ensaio não destrutivo – Termografia por infravermelha – Guia para inspeção de equipamentos elétricos e mecânicos;
- ABNT NBR 15424:2006 – Ensaio não destrutivo – Termografia – Terminologia;
- ABNT NBR 15763:2009 – Ensaio não destrutivo – Termografia – Critérios de definição de periodicidade de inspeção em sistemas elétricos de potência;
- ABNT NBR 15866:2010 – Ensaio não destrutivo – Termografia – Metodologia de avaliação de temperatura de trabalho de equipamentos em sistemas elétricos;
- ABNT NBR 15718:2009 – Ensaio não destrutivo – Termografia – Guia para verificação de termovisores;
- NR 6 – Equipamento de Proteção Individual – EPI;
- NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade;
- ABNT NBR 16384:2020 - Segurança em eletricidade — Recomendações e orientações para trabalho seguro em serviços com eletricidade;
- OLIVEIRA, Rilavia Almeida de; Silva, Ana Paula Bispo da (dezembro de 2014). «William Herschel, os raios invisíveis e as primeiras ideias sobre radiação infravermelha». Revista Brasileira de Ensino de Física. ISSN 1806-1117. doi:10.1590/S1806-11172014000400022. Consultado em 20 de abril de 2023.
- Jearl, HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; W. Fundamentos de Física - Vol. 4 - Óptica e Física Moderna, 10ª edição. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2016.
- Jearl, HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; W. Fundamentos de Física - Vol. 2 - Gravitação, Ondas e Termodinâmica, 10ª edição. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2016.
- Manual do Usuário FLIR C5 – User’s Manual FLIR Cx series – Consultado em 08 de maio de 2023 em: <https://flir.netx.net/file/asset/33749/original>
- HART, J. M. *A practical guide for infrared termography for building surveys*. Garston, Watford, BRE, 1991.
- SAKAMOTO, Camila Akemi. *Estudo de Parâmetros Relevantes na Obtenção de Termogramas para Diagnóstico de Problemas Patológicos*. Revista Eletrônica de Engenharia Civil. Volume 13, Nº 2, 44-56, 2017.
- SILVA, Isis Zaidan da. *Aplicação da Termografia na Manutenção de Instalações Elétricas Industriais* – Rio de Janeiro: UFRJ/ESCOLA POLITÉCNICA/DEE, 2020.
- International Electrotechnical Commission, “IEC 60050-845:1987 – International Electrotechnical Vocabulary. Lighting.” IEC, Genève, p. 293, 1987.