

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CÂMPUS MEDIANEIRA  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**

**ADELIR CLESIO DE OLIVEIRA  
ELDER ESTEVÃO R. S. CARDOSO**

**MANUTENÇÃO PREDITIVA COM TERMOVISOR.**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**MEDIANEIRA**

**2014**

ADELIR CLESIO DE OLIVEIRA  
ELDER ESTEVÃO R. S. CARDOSO

**MANUTENÇÃO PREDITIVA COM TERMOVISOR.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR - Câmpus Medianeira, como requisito obrigatório para obtenção do título de Tecnólogo.

Professor orientador: Me. Yuri Ferruzzi

Professor Co-orientador: Me. Edilar Bento Antonioli.

MEDIANEIRA

2014



Ministério Da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Gerência de Ensino  
Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em  
Manutenção Industrial



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### MANUTENÇÃO PREDITIVA COM TERMOVISOR.

Por:

ADELIR CLESIO DE OLIVEIRA  
ELDER ESTEVÃO R. S. CARDOSO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 19:00 hs do dia 28 de novembro de 2014 como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo no Curso superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. Os candidatos foram argüidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Me. Yuri Ferruzzi  
UTFPR – *Câmpus* Medianeira  
(Orientador)

---

Prof. Me. Edilar Bento Antonioli  
UTFPR – *Câmpus* Medianeira  
(Co-Orientador)

---

Prof. Me. Paulo Roberto Dulnik  
UTFPR – *Câmpus* Medianeira  
(Convidado)

---

Prof. Me. Paulo Job Brenneisein  
UTFPR – *Câmpus* Medianeira  
(Resp.pelas atividades de Tcc )

**A Folha de Aprovação assinada encontra-se na coordenação do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial.**

“Deus nunca me disse que a  
jornada seria fácil, mas  
ele disse que valeria a pena.”  
(Max Lucado).

## **AGRADECIMENTOS.**

Dedicamos as nossas famílias, que sempre estiveram ao nosso lado em todos os momentos, e a nos mesmos que conseguimos superar todos os obstáculos que encontramos pelo caminho. Também a todos, que em nossa caminhada escolar auxiliaram na busca do conhecimento maior, pelo incentivo, paciência e atenção dispensada.

Agradeçamos a DEUS em primeiro lugar, pela existência e pela inteligência que nos dá gratuitamente.

Aos nossos familiares, com amor!

Aos educadores, pela dedicação!

Aos educando, pela possibilidade de aprendizagem!

## **RESUMO.**

OLIVEIRA, Adelir Clesio, CARDOSO, Elder Estevão R. S. Manutenção Preditiva com Termovisor. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Manutenção Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.

A termografia infravermelha, se corretamente utilizada, é uma excelente ferramenta de manutenção preditiva, em equipamentos elétricos e mecânicos, detectando defeitos em seus estágios iniciais e evitando paradas não programadas para a manutenção e conseqüentemente, aumentando a confiabilidade do sistema elétrico e mecânico, assim reduzindo custos.

Contudo possui limitações, principalmente realizadas em ambientes abertos, onde os resultados obtidos podem ser alterados consideravelmente por influências ambientais, dificultando a análise e o correto diagnóstico dos equipamentos inspecionados.

Palavras – chave: Manutenção Preditiva. Termografia. Temperatura;

## **ABSTRACT**

OLIVEIRA, Adelir Clesio, Cardoso, Elder Estevão R. S. with Thermal Imager for Predictive Maintenance. Work Completion of course (Technology in Industrial Maintenance) - Federal Technological University of Paraná. Medianeira 2014, Orientador Yuri Ferruzzi e Co-orientador Edilar Bento Antonioli.

Infrared thermography, if used properly, is an excellent tool for predictive maintenance on electrical and mechanical equipment to detect defects in the early stages and avoiding unscheduled downtime for maintenance and thus increasing the reliability of the electrical system and mechanical, as well reducing costs.

With everything has limitations, mainly conducted in open environments, where the results can be altered considerably by ambient influences, difficult to analyze and correct diagnosis of the equipment inspected.

Keywords: Predictive Maintenance, Thermography, Temperature;

## LISTA DE FIGURAS.

Figura 1 - Termovisor Testo 881-2.....	17
Figura 2 - Mancal exaustor caldeira. ....	21
Figura 3 - Imagem térmica do mancal do exaustor caldeira.....	21
Figura 4 - Compressor de ar GA18 Atlas Copco. ....	23
Figura 5 - Compressor N° 1.....	24
Figura 6 - Imagem térmica do compressor N° 1.....	24
Figura 7 - Compressor de ar N° 2. ....	25
Figura 8 - Imagem térmica compressor de ar N° 2.....	25
Figura 9 - Motor do compressor de amônia.....	27
Figura 10 - Imagem térmica do rolamento traseiro do motor.....	28
Figura 11 - Transformador N° 1.....	30
Figura 12 - Imagem térmica do transformador N° 1. ....	31
Figura 13 - Imagem térmica do transformador N° 2. ....	31
Figura 14 - Disjuntores do banco de capacitores. ....	33
Figura 15 - Imagem térmica dos disjuntores do banco de capacitores. ....	33
Figura 16 - Imagem térmica dos disjuntores do banco de capacitores depois da manutenção.....	34
Figura 17 - Disjuntores do banco de capacitores depois da manutenção. ....	34
Figura 18 - Disjuntor do quadro de iluminação.....	35
Figura 19 - Imagem térmica do disjuntor do quadro de iluminação.....	36

## LISTA DE GRÁFICOS.

- Gráfico 1 - Medições do Mancal do exaustor caldeira. .... 22
- Gráfico 2 - Medições dos compressores..... **Erro! Indicador não definido.**
- Gráfico 3 - Medições do rolamento do motor compressor amônia.**Erro! Indicador não definido.**
- Gráfico 4 - Medições do transformador..... **Erro! Indicador não definido.**

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.**

HP - Horse Power

PCM – Modulação por Código de Pulso

CV - Cavalo Vapor

KVA - Kilovolt Ampére

KV - Kilovolt

V - Volt

A - Ampére

°C - Grau Celsius

UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## SÚMARIO.

<b>1 INTRODUÇÃO.</b> .....	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS.</b> .....	<b>12</b>
2.1 OBJETIVO GERAL. ....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS. ....	12
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA.</b> .....	<b>13</b>
3.1 MANUTENÇÃO PREDITIVA. ....	13
3.2 MANUTENÇÃO PREDITIVA USANDO TERMOGRAFIA. ....	15
<b>4 METODOLOGIA.</b> .....	<b>17</b>
4.1 TERMOVISOR. ....	17
4.2 EMISSIVIDADE E TEMPERATURA REFLETIDA. ....	18
4.3 COMPONENTES MECÂNICOS. ....	19
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.</b> .....	<b>20</b>
5.1 MANUTENÇÃO MECÂNICA. ....	20
5.2 MANCAL EXAUSTOR CALDEIRA. ....	20
5.3 COMPRESSOR DE AR COMPRIMIDO. ....	23
5.4 MOTOR DO COMPRESSOR DE AMÔNIA 400 CV. ....	27
5.5 MANUTENÇÃO ELÉTRICA. ....	29
5.6 TRANSFORMADOR. ....	30
5.7 DISJUNTORES DO BANCO CAPACITOR. ....	32
5.8 QUADRO DE ILUMINAÇÃO. ....	35
<b>6. CONCLUSÃO.</b> .....	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS.</b> .....	<b>38</b>
<b>ANEXO 1</b> .....	<b>39</b>
TABELA DE EMISSIVIDADE. ....	39

## **1 INTRODUÇÃO.**

Com o surgimento das grandes indústrias e a evolução tecnológica a manutenção passou não apenas a corrigir falhas, mas se preocupar em preveni-las. Para tal feito criou-se uma linha de manutenção conhecida como manutenção Preditiva. Essa forma de manutenção se propõe por meio de técnicas de diagnósticos, estabelecerem parâmetros confiáveis para a avaliação do estado real dos componentes e, com isso, predizer um defeito ou falha, invés de apenas presumí-lo.

Este trabalho, buscará resultados e dados usando o sistema de manutenção preditiva, através do parâmetro temperatura, auxiliado pelo equipamento termovisor Testo 881-2. Com medições em equipamentos elétricos e mecânicos. A análise dos resultados obtidos nas medições verificando onde apresentará o melhor resultado.

Dessa forma, demonstrar para gerência da indústria e o departamento de manutenção que com essa implantação pode-se obter resultados tais como: diminuição dos custos manutenção; diminuição do consumo de energia; reduzir falhas dos equipamentos; desperdício de componentes; e um histórico mais amplo do equipamento.

## **2 OBJETIVOS.**

### ***2.1 OBJETIVO GERAL.***

O objetivo geral deste estudo é propor uma comparação entre as medições da temperatura em equipamentos mecânicos e elétricos em um programa de manutenção preditiva, as medições serão realizadas com auxílio de um termovisor modelo Testo 881-2, com medições mensais e os resultados serão comparados através da análise da curva de tendência resultante.

### ***2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.***

- A. Apresentar conceitos e metodologia das técnicas preditivas no monitoramento elétrico e mecânico.
- B. Diagnosticar possíveis defeitos ou falhas antes das suas ocorrências.
- C. Determinar antecipadamente a necessidade de serviço de manutenção de uma peça específica de um equipamento.

### **3 REVISÃO DE LITERATURA.**

#### **3.1 MANUTENÇÃO PREDITIVA.**

A Manutenção Preditiva pode ser definida, segundo KARDEC e NASCIF (2006, p. 41), como “a atuação realizada com base em modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática”.

Seu objetivo é o de prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas mediante o acompanhamento de diversos parâmetros e possibilitando assim, que o equipamento opere continuamente, pelo maior tempo possível. A manutenção preditiva privilegia a disponibilidade, pois as medições e verificações são efetuadas com equipamentos em funcionamento. A decisão de intervenção é tomada quando a degradação se aproxima de um limite previamente estabelecido (KARDEC; NASCIF, 2006, p. 42).

A manutenção preditiva não é suficiente para garantir o sucesso da manutenção em todos os equipamentos, pois estes não requerem todo o mesmo tratamento. A gerencia é obrigado a escolher o melhor método de manutenção para cada sistema.

NEPOMUCENO (1989, p. 83) O diligenciamento e verificação continua da temperatura de um sistema ou equipamento qualquer dispositivo. Como é natural, uma alteração qualquer na temperatura de funcionamento da máquina ou equipamento é indicativo de modificação no comportamento da máquina ou equipamento. Por tais motivos, a temperatura é um parâmetro que deve ser levado em consideração em todo e qualquer programa de manutenção, em qualquer nível.

A Manutenção Preditiva é a primeira grande quebra de paradigma na manutenção e tanto mais se intensifica quanto mais o conhecimento tecnológico desenvolve equipamentos que permitam avaliação confiável das instalações e sistema operacionais em funcionamento.

Quando o grau de degradação se próxima ou atinge o limite previamente estabelecido, é tomada a decisão de intervenção. Normalmente esse tipo de acompanhamento permite a preparação previa do serviço, além de outras decisões

e alternativas relacionadas com a produção. De forma mais direta, podemos dizer que a Manutenção Preditiva prediz as condições dos equipamentos.

As condições básicas para se adotar a Manutenção Preditiva são as seguintes:

1. O equipamento, sistema ou instalação devem permitir algum tipo de monitoramento / medição.
2. O equipamento, sistema ou instalação devem merecer esse tipo de ação, em função dos custos envolvidos.
3. As falhas devem ser oriundas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada.
4. Seja estabelecido um programa de acompanhamento, análise e diagnóstico sistematizado.

Os fatores indicados para análise da adoção de política de Manutenção Preditiva são as seguintes:

1. Aspectos relacionados com a segurança pessoal e operacional.
2. Redução de custos pelo acompanhamento constante das condições dos equipamentos, evitando intervenções desnecessárias.
3. Manter o equipamento operando, de modo seguro, por mais tempo.

A redução de acidentes por falhas catastróficas em equipamentos é significativa. Também a ocorrência de falhas não esperadas fica extremamente reduzida, o que proporciona, além do aumento de segurança pessoal e da instalação, redução de paradas inesperadas da produção que, dependendo do tipo de planta, implicam consideráveis prejuízos.

No tocante á produção, a Manutenção Preditiva é a que oferece melhores resultados, pois intervém o mínimo possível na planta, conforme mencionado anteriormente.

É fundamental que a mão-de-obra da manutenção responsável pela análise e diagnóstico seja bem treinada. Não basta medir; é preciso analisar os resultados e formular diagnósticos. Embora isto possa parecer óbvio é comum encontrar-se, em algumas empresas, sistemas de coleta e registro de informações de acompanhamento de Manutenção Preditiva que não produzem ação de

intervenção com a qualidade equivalente aos dados registrados (KARDEC; NASCIF, 2006,)

### **3.2 MANUTENÇÃO PREDITIVA USANDO TERMOGRAFIA.**

SPAMER, (p 180 2009) A termografia é uma técnica de inspeção que possibilita a medição de temperaturas, ou observação de padrões diferenciais de calor através da radiação infravermelha emitida por qualquer corpo impossível de ser vista a olho nu. Possui como objetivo proporcionar informações relativas á condição operacional do componente, equipamento ou processo. A termografia é amplamente usada para detectar todo e qualquer defeito que gere troca ou perda de calor. Assim sendo, pode ser muito utilizada tanto na detecção de falhas elétricas ou mecânicas.

Medições termografia são realizadas com a utilização de sistemas infravermelhos, tendo como princípio a comparação entre as intensidades de radiação proveniente do corpo observado e de uma referência de temperatura.

A técnica preditiva de termografia quando corretamente aplicada aumenta a confiabilidade evitando paradas indesejáveis do equipamento.

Algumas características:

- A. Realização de medições sem contato físico com a instalação – segurança.
- B. Aumento da confiabilidade e segurança do equipamento.
- C. Verificação de equipamentos em pleno funcionamento – não interfere na produção.
- D. Redução de corretivas.
- E. Fornecimento de informações para planos de manutenção.
- F. Inspeção de grandes superfícies em pouco tempo- alto rendimento.

O conceito de temperatura elevada ou de aquecimento de um determinado ponto ou área é um conceito relativo, que deve ser sempre observado em relação a temperatura absoluta ou em relação a uma determinada referência. Desta forma,

devemos sempre ficar atentos para as diferenças de temperaturas nas superfícies dos equipamentos ou diferentes pontos da instalação.

O conceito de elevação de temperatura deve se tomado entre o ponto ensaiado e o ponto de referência, ou entre o ponto ensaiado e a temperatura ambiente. Um mesmo valor de temperatura pode ser elevado ou não, dependendo do referencial adotado.

Quanto a termografia sem contato, também conhecida por termografia por infravermelho, é a técnica que por meio da captação da radiação térmica emitida naturalmente pelos corpos, permite a formação de imagens térmicas termogramas, e a medição da temperatura do alvo em tempo real.

Os sistemas infravermelhos, ou sistemas termográficos, são instrumentos destinados a detectar a radiação térmica e convertê-la em sinais eletrônicos que, devidamente processados, permitem a formação de imagens térmicas e a medição remota de temperaturas. Tais sistemas têm se difundido em ampla gama de aplicações, tornando a termografia uma importante ferramenta da indústria e na pesquisa.

Com a implantação da manutenção preditiva por termografia, pode-se eliminar o elevado número de ações corretivas, bem como o risco de incêndios causados por aquecimentos de cabos, conexões, chaves, seccionadores, transformadores etc., que acarretam grandes custos com quebras inesperadas (até 50 vezes, contando o custo com perda de produção). Com inspeção termográfica é possível diagnóstico com exatidão todos os equipamentos (ou seus componentes) com alguma anomalia (aumento da temperatura por mau contato, oxidação ou sobrecarga) permitindo programar paradas para manutenção corretiva sabendo exatamente onde agir sem perder tempo reapertando, limpado e trocando equipamentos (ou componentes) desnecessariamente, o que poderia demandar mais tempo, sem necessidade desta substituição.

Com uma medição periódica pode-se controlar o tempo de vida útil desses equipamentos com grande confiabilidade e acompanhamento preciso, reduzindo consideravelmente o número de quebras e máquinas paradas por um eventual defeito na sistema (sobrecarga, mau contato, oxidação etc.).

## 4 METODOLOGIA.

### 4.1 TERMOVISOR.

A câmara Testo 881-2 vista na figura 1 é uma das câmeras mais avançadas da Testo. O 881-2 é adequado para profissional, trabalho termografia high-end. Com um design ergonómico arma, usando o 881-2 é incrivelmente fácil e pode lhe dar grandes resultados.



**Figura 1 - Termovisor Testo 881-2**

**fonte: Testo**

A Testo 881-2 é ideal para uma ampla gama de aplicações em vários setores, tais como manutenção e construção de diagnósticos preventivos e preditivos, como análise de perda de calor e pesquisas de imagem térmica. Análise de equipamentos e componentes elétricos e mecânicos. Detectar falhas antes que se desenvolvam ainda mais em manutenção industrial e de produção, inspecionar isolamento térmico em edifícios e poupar seu tempo e dinheiro com os clientes às idéias fornecidas com a câmara 881-2.

Principais Características os recursos Testo 881-2: detecção de molde: utilizando a temperatura medida externamente ambiente e a umidade do ar, assim como a temperatura da superfície, o valor de humidade de cada ponto de medição é calculado e mostrado no visor como uma imagem real de umidade.

Funcional em temperaturas de até 550 °C. (Opcional), possui lentes intercambiáveis: Obter o desempenho que você precisa de sua câmera de imagem térmica Testo 881-2, com uma gama de lentes para atender às suas necessidades.

LEDs de energia: iluminar áreas escuras quando tirar fotografias térmicas para uma imagem mais nítida.

Câmera Digital Integrada: a imagem "real" de cada objeto de medição também é armazenada, permitindo que você visualize a imagem visível, bem como a imagem de infravermelhos.

Gravação de voz: anotar imagens térmicas usando o fone de ouvido Testo.

A câmara de imagem térmica Testo 881-2 é uma câmera de imagem térmica profissional que permitirá aos usuários a realização de trabalhos de termografia de alta qualidade. É simples de usar, oferece muitos recursos, incluindo a sua própria fonte de flash, lentes intercambiáveis e opera em temperaturas de até 550 ° C, e acima de tudo, oferece uma excelente qualidade e precisão em suas imagens térmicas.

#### ***4.2 EMISSIVIDADE E TEMPERATURA REFLETIDA.***

A emissividade descreve a capacidade de um corpo para emitir radiação eletromagnética. Esta é a função do material e deve ser adaptado para os resultados das medições corretas. Não metais (papel, cerâmica, gesso, madeira, tintas e revestimentos), plásticos e alimentos têm alta emissividade, o que significa que o temperatura da superfície pode ser facilmente medida utilizando infravermelhos . Devido à sua baixa emissividade ou não uniforme, metais brilhantes e óxidos metálicos são somente pouco adequados para a medição de infravermelhos. Tabela de emissividade Anexo 1.

Temperatura refletida é usando esse fator de compensação, o reflexo é calculado fora devido à baixa emissividade e a precisão da medição de temperatura com instrumentos infravermelhos é melhorada. Na maioria dos casos, a refletida temperatura é idêntica à temperatura do ar ambiente. Só quando objetos com emissões fortes, com temperaturas muito mais elevadas (tais como fornos ou

máquinas) estão na proximidade do objeto a ser medida deve a temperatura da radiação de fontes de calor ser determinada e utilizada (por exemplo, usando um termómetro globo). A temperatura refletida tem apenas um pequeno efeito sobre objetos com alta emissividade.

### **4.3 COMPONENTES MECÂNICOS.**

A termografia é usada nas inspeções em equipamentos rotativos utilizando a termografia infravermelha aplicam-se em todo e qualquer equipamento onde a temperatura é uma variável mensurável num processo de análise de falha. Esta aplicação parte do princípio do equilíbrio dinâmico e térmica do conjunto de peças girantes e fixas, e é explicada pelas leis da mecânica de fluidos e transmissão de calor. O aquecimento normal resultante do funcionamento de um equipamento rotativo é função da pressão do trabalho, da velocidade de deslizamento, do coeficiente de atrito das superfícies e da viscosidade do lubrificante. O calor assim gerado é dissipado pelos processos de condução, convecções e radiação. Desta forma, numa condição normal de funcionamento o conjunto trabalha em equilíbrio entre o calor gerado e o retirado.

Caso haja desequilíbrio térmico ou um equilíbrio em nível superior ao do projeto, numa situação em que o sistema de refrigeração esteja normal, é possível, por meio de análise termográfica qualitativa e/ou quantitativa, associar tal irregularidade a uma geração maior de calor, o que de forma geral, representa um provável problema. Como exemplo de aplicação, temos mancais, acoplamentos, polias, transportadores, roletes, bombas, ventiladores, compressores etc. O valor agregado na aplicação de termografia em inspeções de equipamentos rotativos está basicamente na indicação instantânea, clara e exata da área com problemas. Outras técnicas de inspeções, tais como análise de vibrações e ultrassom ou ferrografia devem ser utilizadas, num processo integrado de análise multi-parâmetros, com os objetivos de se encontrar e/ou comprovar a causa do problema.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.**

### **5.1 MANUTENÇÃO MECÂNICA.**

Os limites de temperatura para mancais variam de acordo com o modelo e o tipo lubrificação adotado. O problema mais comum encontrado em mancais lubrificados por graxa é o excesso de lubrificação que causa aquecimento excessivo em mancal, deterioração das propriedades do lubrificante gerando posterior desgaste do rolamento, sendo, também um desperdício de material dentro da manutenção.

É indicativo de anormalidades em rolamentos, se o eixo dianteiro do motor estiver acima de 70°C, ou se a temperatura do eixo for 20°C acima da temperatura da carcaça do mesmo. Neste caso, se faz necessário complementar a inspeção com análise de vibração e verificar se o aquecimento provém dele (rolamento já comprometido); ou em virtude de desalinhamento(rolamento ainda não comprometido). Também é indicador de anormalidade, temperaturas acima de 60°C no eixo traseiro do motor (ventoinha), pois se trata da região mais fria do motor.

### **5.2 MANCAL EXAUSTOR CALDEIRA.**

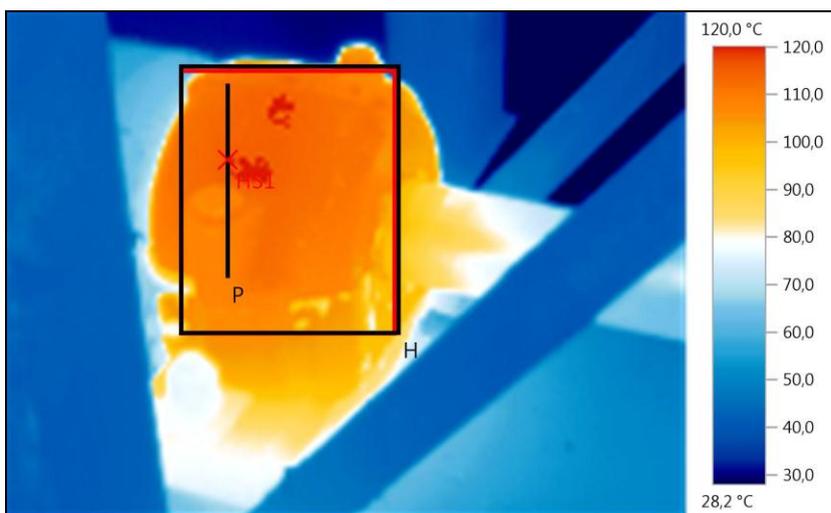
A realização do monitoramento do mancal do exaustor da caldeira Figura 2, foi selecionado por ser um componente que trabalha numa rotação de 1600 rpm e é um lugar com temperaturas elevadas.

A Caldeira tem uma jornada de trabalho diária de 17 horas, sendo o mesmo desempenho de trabalho do mancal.



**Figura 2 - Mancal exaustor caldeira.**

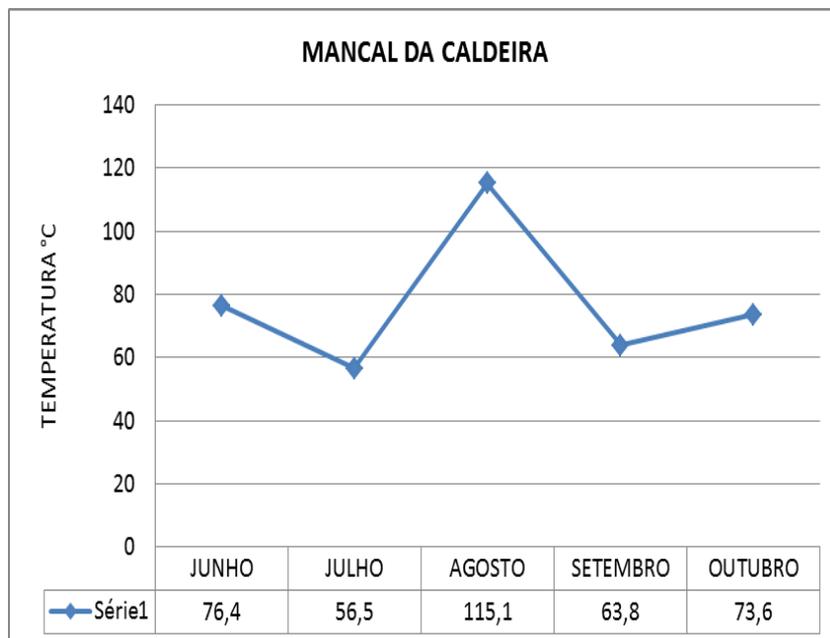
fonte: autor



**Figura 3 - Imagem térmica do mancal do exaustor caldeira.**

fonte: autor

Gráfico 1 - Medições do Mancal do exaustor caldeira.



Para primeira medição realizada obteve-se uma temperatura de 76,4° C Gráfico 3, após a medição analisou-se o parâmetro do manual do fabricante para verificar a temperatura recomendada de trabalho para mancal, o manual propõe uma temperatura máxima de trabalho de 70° C e orienta que se realize a lubrificação com graxa a cada 600 horas de trabalho, que fica em torno de 35 dias de trabalho da caldeira.

Foi orientado ao operador da caldeira, que realizasse uma limpeza e lubrificasse com graxa nova, e que o mesmo realizasse essa operação a cada 15 dias por estar suscetível ao contato excessivo com cinzas e poeira.

Na segunda análise obteve-se uma temperatura de 56,5° C, com uma queda de 19,9°C obtendo um grande resultado, ficando abaixo da temperatura máxima recomendada pelo fabricante de 70°C.

Na realização da terceira análise obteve-se uma temperatura de 115,1°C Figura 3, dessa forma observou-se uma alteração de 45,1°C acima da temperatura máxima indicada pelo fabricante. Foi realizada uma análise mais aprofundada da lubrificação e da manutenção do mancal, onde se verificou que a graxa utilizada era para baixa temperatura, e com a temperatura do mancal e a velocidade a graxa passava da forma pastosa para líquida que era expulsa do mancal. Então orientou-

se ao operador para que colocasse graxa especial para alta temperatura e que o mesmo passasse a realizar essa lubrificação semanalmente e a limpeza quinzenalmente.

Na quarta análise, obteve-se uma temperatura de 63,8°C, tendo uma baixa de 6,2°C da temperatura máxima indicada. Com o resultado esperado, aconselhou-se que o operador continuasse com a lubrificação semanal e a limpeza quinzenal.

Na quinta e última análise, obteve-se uma temperatura de 73,6°C, com uma alteração de 3,6°C acima da temperatura máxima recomendada. Está elevação pode ter sido ocasionada por influência da temperatura ambiente que teve uma elevação de 13°C alcançando 38,5°C.

### 5.3 COMPRESSOR DE AR COMPRIMIDO.

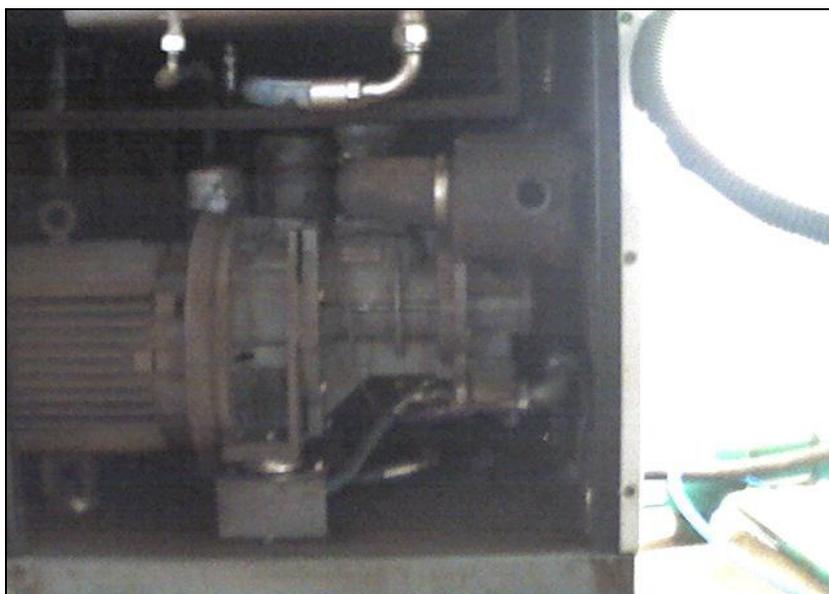
A empresa conta em sua estrutura com dois compressores do modelo GA18 ATLAS COPCO de 25Hp de potência, com vazão de 108,7 PCM, são compressores de ar parafusos de um estágio, injetados a óleo, Figura 4.



**Figura 4 - Compressor de ar GA18 Atlas Copco.**

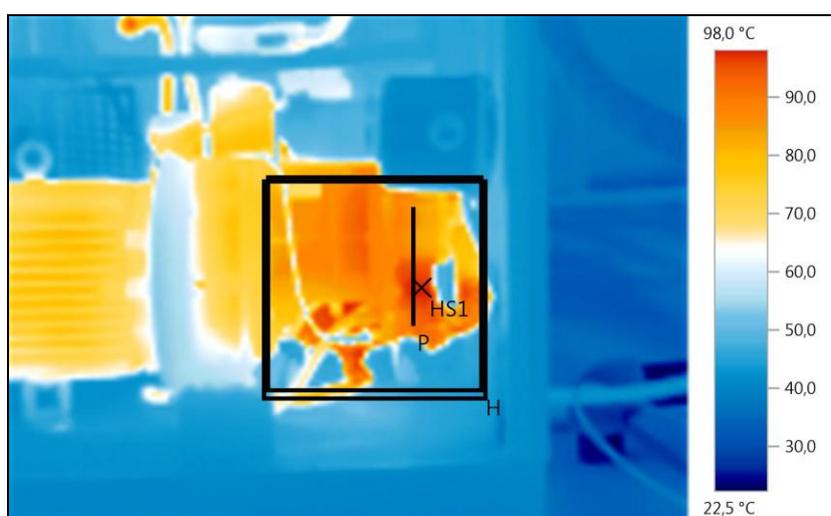
fonte: Atlas Copco

Para a manutenção adotou-se um procedimento através de uma análise comparativa através da medição de temperatura entre os dois compressores, sendo que no compressor 1 é usado o óleo lubrificante mineral, pois a sua temperatura varia conforme o nível de óleo que esta no reservatório, desta forma tendo que repor o óleo a cada mês, para manter o nível e para que a temperatura não aumente Figura 5 e 6.



**Figura 5 - Compressor N° 1.**

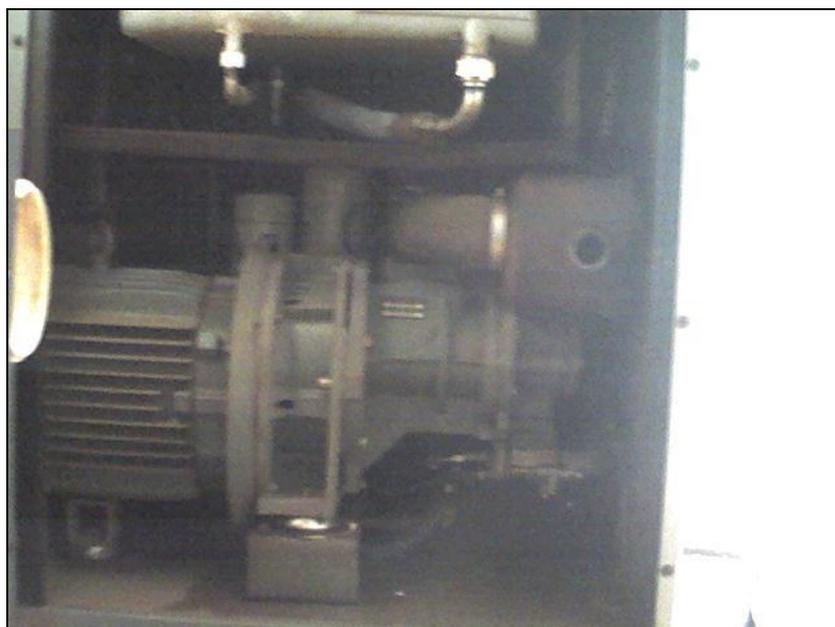
fonte: autor



**Figura 6 - Imagem térmica do compressor N° 1.**

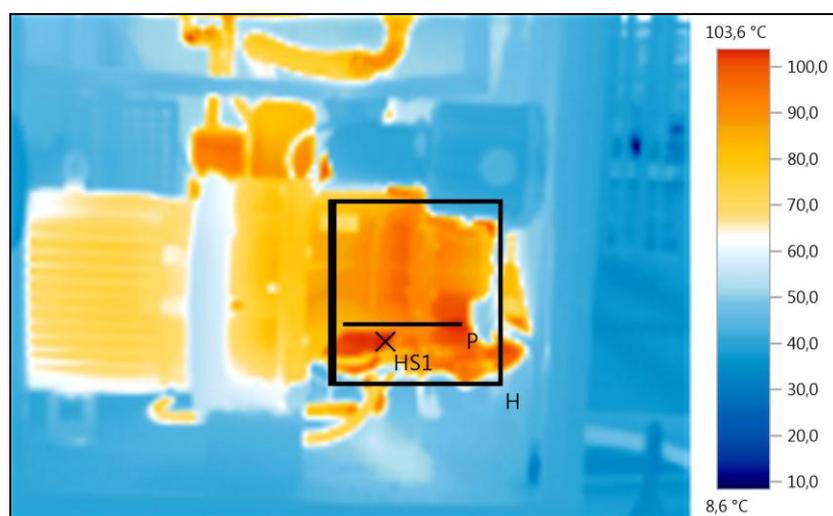
fonte: autor

Já no compressor 2 foi submetido a uma revisão em dezembro de dois mil e treze, pois o mesmo estava desarmando a proteção por alta temperatura do óleo, foi diagnosticado que o conjunto das roscas e a carcaça estavam, toda envernizada criando assim uma película dificultando a refrigeração do óleo, na serpentina e também, perdendo o seu rendimento Figura 7 e 8.



**Figura 7 - Compressor de ar N° 2.**

fonte: autor

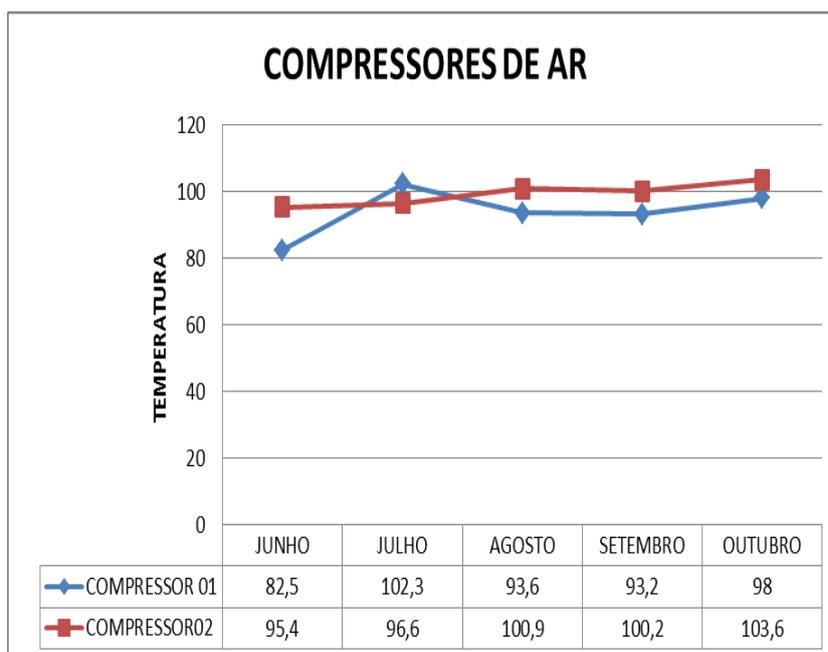


**Figura 8 - Imagem térmica compressor de ar N° 2.**

fonte: autor

Isso aconteceu pela mistura de diferentes tipos de óleo no reservatório, realizou-se a limpeza, dando banho com produtos químicos para a retirada do envernizamento. Mas com a abertura da carcaça deveria-se também fazer a troca do conjunto de rolamentos o que aumentaria em muito o custo da revisão. No entanto houve uma reunião entre o encarregado da manutenção e a diretoria para ver a questão dos custos, foi decidido deixar o conjunto de rolamentos e fazer a trocar do óleo mineral pelo óleo sintético Ultra Coolant, para garantir uma maior durabilidade no conjunto de rolamentos, assim o compressor voltou a ter seu rendimento normal, e repondo o óleo a cada quatro meses, mantendo a temperatura estável, Gráfico 2.

**Gráfico 2 - Medições dos compressores**



#### 5.4 MOTOR DO COMPRESSOR DE AMÔNIA 400 CV.

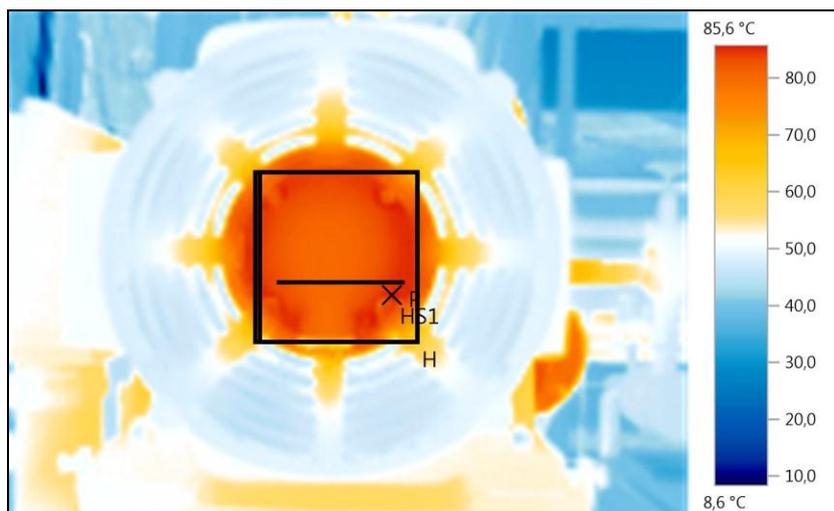
Em inspeção na sala de máquinas, foi realizada a medição de temperatura no rolamento do eixo traseiro do motor de um compressor de amônia Figura 9 que apresentou uma temperatura de 78,2°C sendo que a temperatura máxima indicada pelo fabricante é de 60°C, tendo um aumento de 18,2°C. Na segunda medição apresentou uma temperatura de 77,5°C, com um aumento de 17,5°C orientou-se o encarregado que se realizasse a lubrificação do rolamento da tampa traseira do motor.



**Figura 9 - Motor do compressor de amônia.**

**Fonte: autor**

Na terceira medição constatou-se que a temperatura era de 42,7°C sendo essa temperatura, aceitável para o rolamento do motor. A quarta medição também apresentou uma melhora na temperatura que foi de 38,9°C, sendo que está dentro dos parâmetros indicados pelo fabricante.

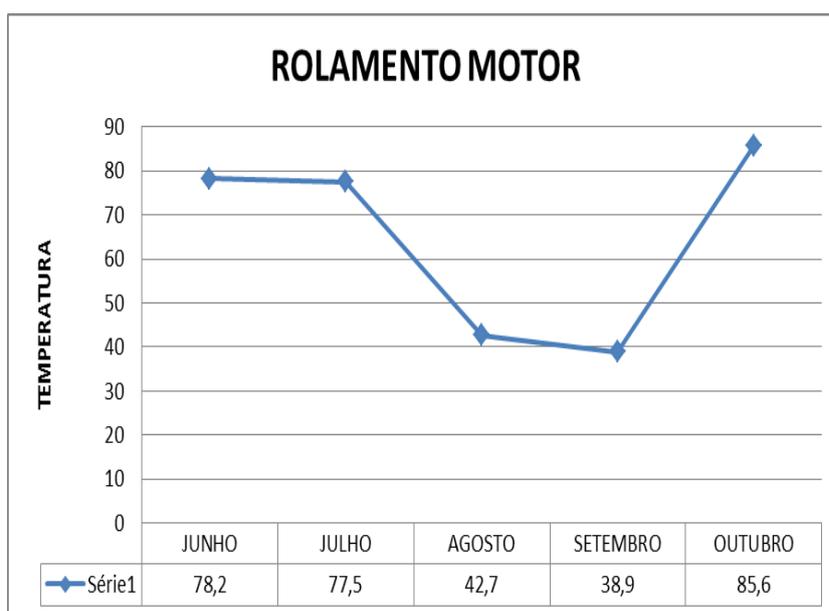


**Figura 10 - Imagem térmica do rolamento traseiro do motor.**

Fonte: autor

Na quinta medição houve uma elevação na temperatura que foi de 85,6°C Figura 10, estando assim com uma temperatura de 25,6°C acima da indicada, foi comunicado o encarregado da sala de máquinas, e argumentado com ele sobre essa temperatura que estava elevada Gráfico 03, indicou-se para que fosse aberta a tampa do motor onde constatou-se excesso de graxa, o que ocasionava a elevação da temperatura. Após realizar-se a manutenção a temperatura estabilizou ficando abaixo da temperatura máxima indicada.

**Gráfico 3 - Medições do rolamento do motor compressor amônia.**



## **5.5 MANUTENÇÃO ELÉTRICA.**

O acompanhamento de temperatura em equipamento elétrico é um método preditivo para localizar e acompanhar defeitos incipientes.

Pelo fato de ser a temperatura a principal variável detectável no processo de um defeito/falha de uma instalação elétrica, identificará problemas causados pelas relações corrente / resistência, normalmente provocados por conexões frouxas, corroídas, oxidadas ou por falhas de componentes. Além disso, erros de projetos, falhas em montagens e até o excesso e/ou falta de manutenção preventiva podem provocar sobre aquecimento nos sistemas elétricos.

Em motores, geradores e transformadores, a termografia deve ser aplicada de forma correlacionada com outras técnicas. Para os diagnósticos de falhas elétricas de potência, a termografia infravermelha parte do princípio de que a potência de tais máquinas que não sai em forma de serviço, de alguma maneira está se transformando em perdas e sendo dissipada através do efeito joule. Estas análises termográficas são tanto qualitativas quanto quantitativas e permitem ao usuário acompanhar o envelhecimento da máquina, bem como diagnosticar outras falhas decorrentes de curto-circuito parcial, falha parcial de isolamento, refrigeração etc.

A aplicação da análise termográfica na avaliação de motores elétricos é importante nos painéis elétricos de comando e de proteção, detectando possíveis avarias elétricas. Além disso, a termografia permite que, em casos onde o motor é de fácil acesso, este seja avaliado para detecção de pontos quentes, fornecendo o diagnóstico preliminar do sistema, identificando possíveis paradas para inspeção e/ou utilização de outras técnicas.

## 5.6 TRANSFORMADOR.

A empresa possui em sua estrutura dois transformadores rebaixadores de tensão, de 1500 KVA e de uma entrada primária de 34,5 KV com capacidade de rebaixar 380/220 V, cada um perfazendo uma capacidade de transformação nesta cabine de 3000 KVA, para atender o abatedouro de suínos, Figura 11.

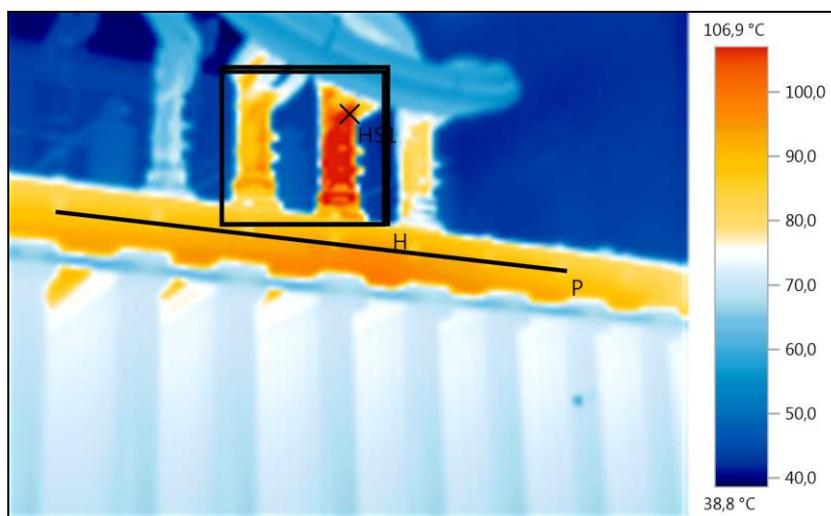


**Figura 11 - Transformador N° 1.**

**Fonte: autor**

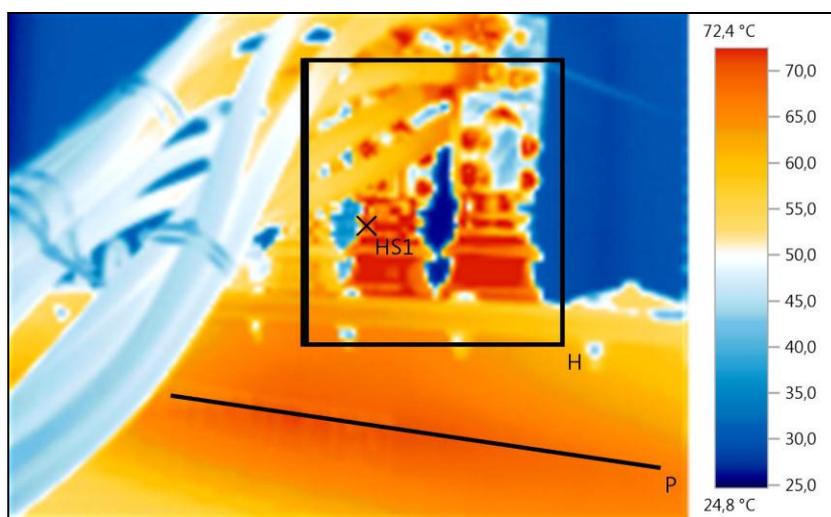
Para manutenção preventiva elétrica realizou-se a medição nos dois transformadores com a finalidade de identificar temperatura que se encontram buchas de saída, sendo que no início de operação foram divididas as cargas por circuito. enquanto que o transformador um passou a atender a área do abate Figura 12, o número dois para a área da desossa Figura 13. Como no setor do abate não pode haver paradas, conta com um sistema de geração própria montado na mesma edificação da cabine de transformação para o funcionamento

emergencial, caracterizado por um grupo motor-gerador de potencia nominal 500/450KVA, gerando energia em 380V, para a alimentação dos circuitos considerados essenciais ao abatedouro.



**Figura 12 - Imagem térmica do transformador N° 1.**

Fonte: autor



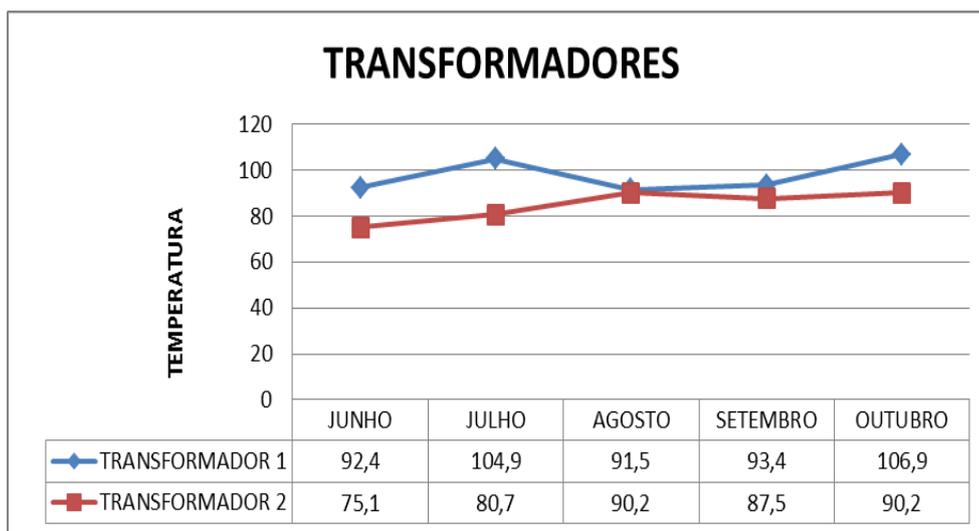
**Figura 13 - Imagem térmica do transformador N° 2.**

Fonte: autor

Com a chegada de novos equipamentos para o abate, fez-se a ligação no circuito do transformador número um, Gráfico 4, onde foi aumentando a sua carga, apresentando uma temperatura elevada nas buchas de saída. Repassou-se para o encarregado da manutenção a real situação da temperatura no transformador

sendo que está programado para o mês de dezembro, a parada para a realização já da limpeza nas buchas, aperto nas conexões, e também a visita de um engenheiro eletricista, para o dimensionamento de um transformador de maior potência.

**Gráfico 4 - Medições do transformador.**



## 5.7 DISJUNTORES DO BANCO CAPACITOR.

Na medição realizada no quadro de força da área administrativa e pátio, identificou-se uma alta temperatura em um dos cabos do disjuntor do banco de capacitores, no outro disjuntor o mesmo apresentava um cabo que não estava passando corrente elétrica e apresentando um escurecimento como se tivesse sofrido um curto circuito, dessa forma sobrecarregando o outro disjuntor Figura 14.

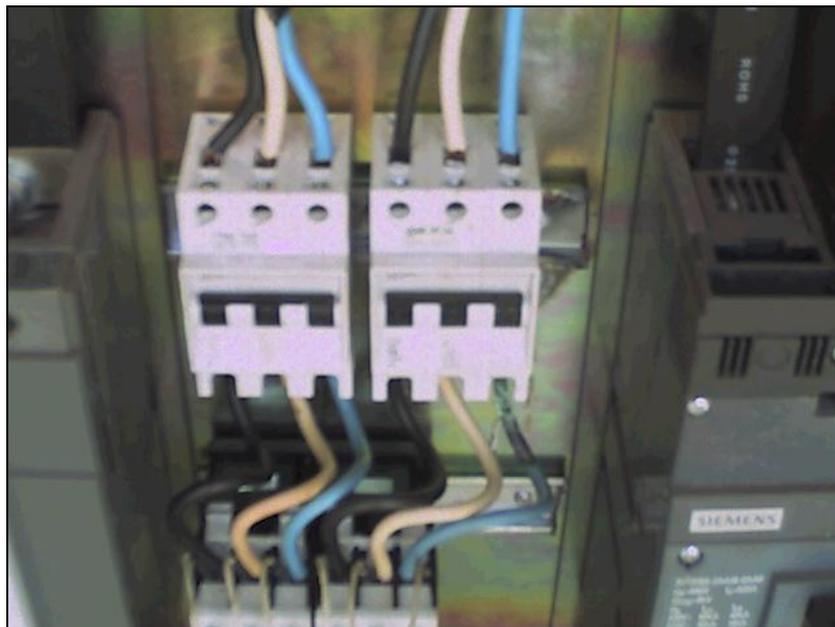


Figura 14 - Disjuntores do banco de capacitores.

Fonte: autor

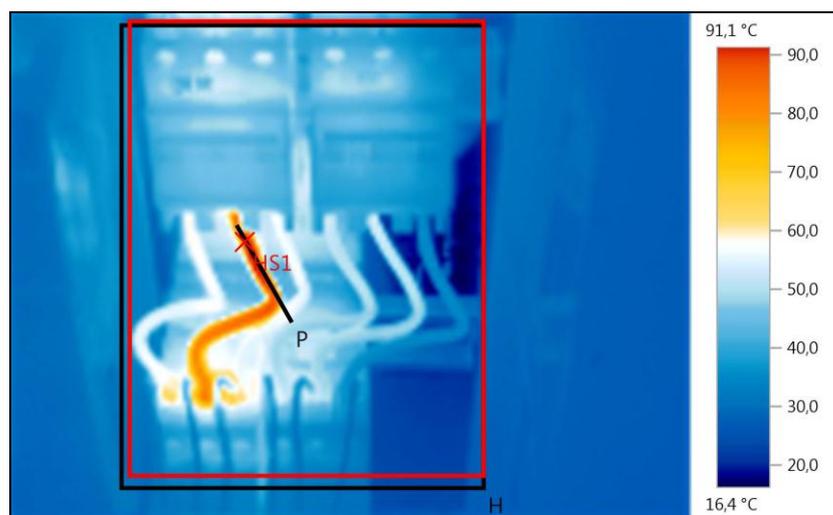
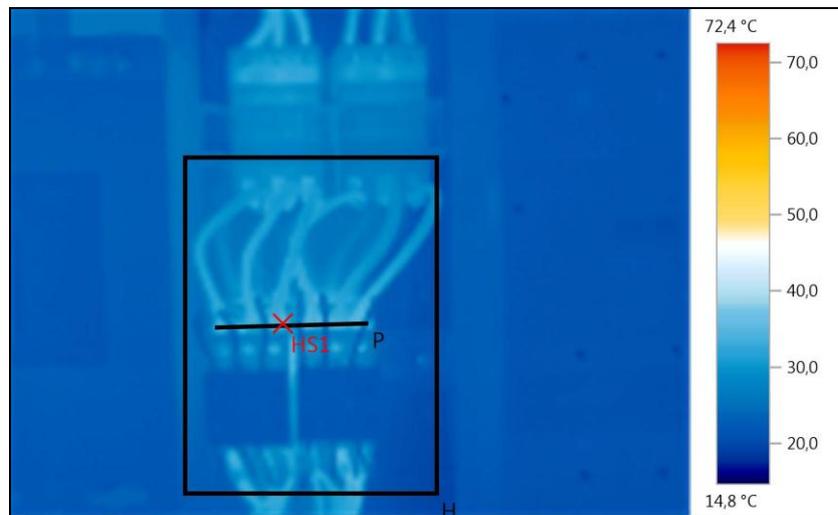


Figura 15 - Imagem térmica dos disjuntores do banco de capacitores.

Fonte: autor

A imagem térmica foi apresentada ao encarregado e autorizou-se a realização da manutenção dos disjuntores Figura 15. No final de semana que a indústria estava parada foram substituídos os disjuntores e os cabos danificados. Após a manutenção, fez-se outra medição, vista na Figura 16, onde constatou-se uma uniformidade na temperatura dos cabos, regularizando o funcionamento do banco de capacitores Figura 17.



**Figura 16 - Imagem térmica dos disjuntores do banco de capacitores depois da manutenção.**

Fonte: autor

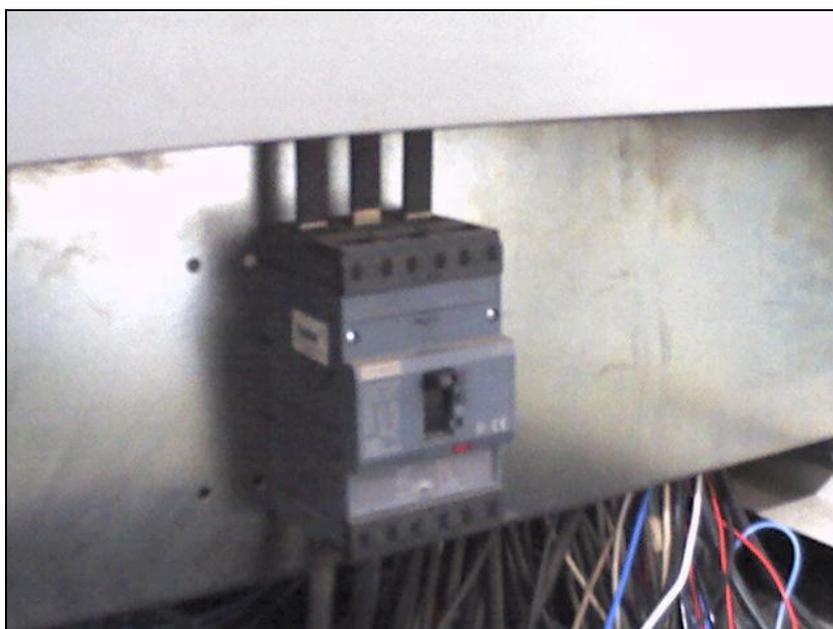


**Figura 17 - Disjuntores do banco de capacitores depois da manutenção.**

Fonte: autor

## 5.8 QUADRO DE ILUMINAÇÃO.

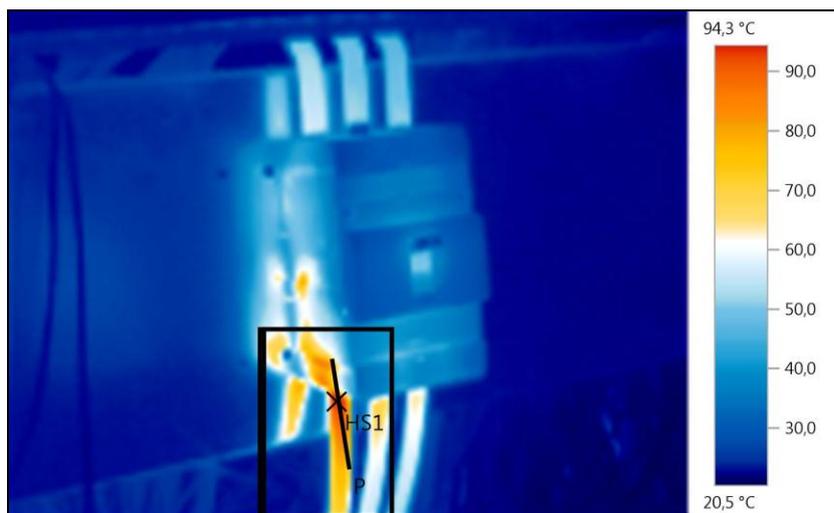
Em inspeções realizadas em painéis de baixa tensão, foi constatou-se uma temperatura elevada no disjuntor do quadro de comando da iluminação da área do abate. O disjuntor da marca (siemens) Figura 18 de 125 A e tensão máxima de 690 V apresentou três problemas



**Figura 18 - Disjuntor do quadro de iluminação.**

**Fonte: autor**

O primeiro problema identificado foi no conector de entrada da fase “R”, que apresentava aquecimento de 94,3 °C sendo que a temperatura máxima recomendada é de 70°C Figura 19.



**Figura 19 - Imagem térmica do disjuntor do quadro de iluminação.**

**Fonte: autor**

O segundo problema identificou que o cabo de entrada da fase “R” em sua extensão apresenta uma temperatura acima das fases “S” e “T”, então foi utilizado um alicate amperímetro para verificar a corrente em cada fase e constatou-se que a fase “R” estava sobrecarregada em relação as outras fases. A fase “R” apresentou uma corrente de 123,3 A, a fase “S” 104,7 A e a fase “T” 105,6 A.

O terceiro problema surgiu com a constatação de que o cabo foi mal dimensionado, e onde foi utilizado um cabo de 25mm<sup>2</sup> de 1KV, deveria ter sido utilizado um de 35mm<sup>2</sup>.

Após a identificação dos problemas os mesmo foram apresentados para a gerência e para o encarregado da manutenção os problemas identificados. Os mesmos se comprometeram em investir em um quadro novo de iluminação, e o disjuntor que apresentava problemas foi planejado para aumentar sua capacidade para 160A utilizando cabos de 50mm<sup>2</sup>. Tais modificações serão realizadas a partir de dezembro, quando há férias coletivas.

Será montado um novo quadro de comando para alimentação das seladoras, tirando as mesmas do circuito da iluminação.

## 6. CONCLUSÃO.

Esse trabalho mostrou as vantagens da termografia, sendo que na parte elétrica os resultados foram imediatos e visíveis. Problemas que estavam acontecendo nos componentes, foram identificados e alguns solucionados, fato que sem o termovisor não ficariam evidenciados.

Na parte mecânica, os resultados foram satisfatórios, desde a comparação dos compressores de ar, do mancal da caldeira e o motor do compressor de amônia. Foram solucionados os problemas, comprovando a essencial utilização do termovisor.

Apresentou-se esse trabalho sobre a aplicação do termovisor ao diretor da empresa evidenciando, o seu funcionamento, explicou-se que na parte elétrica os resultados são imediatos, e na parte mecânica é necessário que se realize um acompanhamento periódico dos componentes, e assim, mantendo uma planilha, com os resultados já obtidos anteriormente, para uma comparação de dados. Após a apresentação do trabalho o mesmo foi elogiado, pois trouxe resultado para empresa, que não precisa parar os equipamentos em sua produção, para uma avaliação dos componentes. Houve o compromisso de avaliar uma proposta para a aquisição de um termovisor.

Desta forma conclui-se que, sendo a termografia uma técnica que permite avaliar a radiação térmica emitida por qualquer corpo, e visto que, a maioria das anormalidades em máquinas elétricas ou sistemas que produzem calor, a aplicação da termografia para a detecção dessas anomalias é possível, rápida e eficaz, além de garantir segurança a quem a realiza, uma vez que, não há necessidade, de haver contato direto com os equipamentos ou máquinas analisadas.

**REFERÊNCIAS.**

SPAMER, Fernanda R. Técnicas preditivas de manutenção de máquinas rotativas, 2009.

COMITTI, Alexandre. Termografia, Aplicações em sistemas mecânicos. Mecatrônica atual N° 15, Joinville, abril 2004.

COMITTI, Alexandre. Termografia, Aplicações em sistemas elétricos. Mecatrônica atual N° 14, Joinville, fevereiro 2004.

NEPOMUCENO, L. X. Técnicas de Manutenção Preditiva. VOL 02. Ed. EdgardBücher LTDA, 1989.

PINTO, Kardec A. X; Xavier, Nascif J A. Manutenção: função estratégica – 2. Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

ATLAS COPCO, disponível em: <[www.atlascopco.com.br](http://www.atlascopco.com.br)>. Acessado em: outubro/2014.

TESTO, Disponível em: [www.testo.com.br](http://www.testo.com.br). Acessado em: outubro/2014.

## ANEXO 1

**TABELA DE EMISSIVIDADE.**

<b>Material</b>	<b>Temperatura do material</b>	<b>Emissividade</b>
Alumínio , brilhante laminada	170 °C	0,04
Tijolo , argamassa, gesso	20 °C	0,93
Transformador de tinta	70 °C	0,94
Aço , oxidado	200 °C	0,79
Aço , a superfície tratada por calor	200 °C	0,52
Tinta preta, mate	80 °C	0,97
Porcelana	20 °C	0,92
Papel	20 °C	0,97
Bronze , oxidado	200 °C	0,61
Plásticos: PE, PP, PVC	20 °C	0,94
Cobre , oxidado	130 °C	0,76
Cobre , ligeiramente manchada	20 °C	0,04
Radiador de alumínio anodizado preto	50 °C	0,98
Borracha, cinza suave	23 °C	0,89
Borracha , dura	23 °C	0,94
Vidro	90 °C	0,94
Gesso	20 °C	0,90
Ferro com a pele de rolamento	20 °C	0,77
Ferro com pele de fundição	100 °C	0,80
Ferro , terra de esmeril	20 °C	0,24
Latão	25 °C	0,93
Algodão	20 °C	0,77