

# Emprego da termografia na manutenção preditiva

Adfran Ferreira da Silva\*  
Diego Batista Carvalho\*\*  
Rafael Machado de Oliveira\*\*\*

## Resumo

No decorrer dos anos, a manutenção vem evoluindo constantemente buscando alternativas e técnicas inovadoras com o objetivo de alcançar a maior eficácia dos equipamentos, maior confiabilidade possível e o nível de qualidade desejado. Dessa forma surge dentre outras técnicas a manutenção preditiva que tem como finalidade monitorar as condições reais de funcionamento das máquinas e equipamentos com base em dados que informam os seus desgastes ou processos de deterioração (ALMEIDA, 2008). As câmeras utilizadas no ensaio termográfico são de caráter infravermelho, pois produzem imagens da radiação de “calor”, proporcionando medições precisas de temperatura sem contato. Quase todos os objetos aquecem antes de uma avaria, tornando as câmeras infravermelhas extremamente eficazes no diagnóstico de falhas em diferentes aplicações viabilizando um alto retorno de investimento (Flir Systems). Nosso estudo busca demonstrar como a análise termográfica auxilia na detecção de possíveis falhas no processo produtivo de um sistema e/ou empresa, no seu estado inicial antes que elas possam causar danos maiores, parando o processo e/ou quebrando o equipamento.

**Palavras-chave:** Manutenção Preditiva. Monitoramento termográfico. Diagnóstico.

## Introdução

O segmento de manutenção apresentou evolução significativa ao longo dos últimos 70 anos. Desde os anos 30, a manutenção passou por três gerações, são elas:

Primeira geração: Antes da 2ª Guerra Mundial, numa época em que a indústria era pouco mecanizada, com equipamentos simples e superdimensionados. A produtividade não era prioritária, com o foco voltado para a manutenção corretiva;

Segunda geração: período da 2ª Guerra até os anos 60 ocorreu uma pressão por produção, com pouca disponibilidade de mão de obra para a indústria. Com a forte mecanização e a maior complexidade das instalações industriais, exigiram-se disponibilidade e confiabilidade de máquinas para a produção (evitar falhas). Surgiu a manutenção preventiva, com intervenções programadas em intervalos predefinidos. Com isto, os custos de manutenção e a necessidade de investimentos em peças de reposição, passaram a destacar-se, forçando as empresas a melhorar

suas programações, criando-se os Sistemas de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM).

Terceira geração: a partir da década de 70, as paradas na produção começaram a ter repercussões, diminuindo a produtividade e afetando o custo dos produtos. A aplicação de preventivas sistemáticas, com paradas de máquinas para revisão, nem sempre se adaptava ao processo industrial. Começava a surgir a “Manutenção sob Condição”, ou manutenção preditiva. Iniciou-se a interação entre as fases projeto, fabricação, instalação e manutenção de equipamentos com a disponibilidade exigida no processo industrial.

Empresas com modernos sistemas de manutenção e que exigem altos índices de disponibilidade de equipamentos, adotam os conceitos de preditiva, com forte ênfase em Planejamento e Controle de Manutenção e Técnicas de Inspeção Preditiva (Allan Kardec e Julio Nascif).

O primeiro detector baseado na interação direta entre os fótons da radiação infravermelha e os elétrons do material foi desenvolvido por Case em 1917. O material empregado em sua fabricação foi o sulfeto de tálio, cuja sensibilidade e tempo de resposta eram superiores as dos bolômetros.

Durante a Segunda Guerra Mundial, grandes avanços foram feitos na obtenção de sistemas de comunicação, visão noturna e reconhecimento utilizando o infravermelho. Os primeiros sistemas de visão noturna consistiam de uma fonte de iluminação, geralmente um farol dotado de filtro, e um conversor de imagens. Sistemas desse tipo, integrados ao controle de tiro de tanques, foram empregados pela primeira vez em 1944 pelas forças alemãs em combates noturnos na frente russa.

Para o reconhecimento aéreo, os norte-americanos desenvolveram o FLIR (Forward Looking Infrared - Visão dianteira por infravermelho), sistema destinado a executar a varredura do terreno à frente da aeronave e fornecer um mapa térmico que permitisse a localização de tropas e veículos.

Ao final da Segunda Guerra Mundial, estavam em andamento os projetos que deram origem aos mísseis Sidewinder e Falcon, ambos equipados

\* Técnico em Mecânica pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro

\*\* Técnico em Automação pela ETC e em Mecânica pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro

\*\*\* Técnico em Mecânica pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro

com sensores infravermelhos capazes de detectar o calor emitido pelas turbinas dos aviões inimigos.

A partir da década de 50, o desenvolvimento dos sistemas infravermelhos passa a depender cada vez mais das conquistas da física dos sólidos e da microeletrônica. Com a liberação dos dados acumulados nas pesquisas militares, uma nova série de detectores e técnicas de imageamento tornou-se disponíveis para aplicação em sistemas infravermelhos de uso civil.

Até a metade da década de 60, os equipamentos então existentes para uso civil necessitavam de até 10 minutos para a formação de uma imagem térmica, o que os limitava a distribuições de temperaturas mais ou menos estáveis. Nessa ocasião, foi introduzido no mercado pela AGA Infrared Systems da Suécia, o primeiro sistema infravermelho capaz de formar imagens térmicas instantâneas e dotado de recursos para determinações precisas de temperaturas.

Durante os anos 70, a comercialização de tais sistemas estimulou sua utilização na indústria, na medicina e na pesquisa. Aprimoramentos introduzidos na parte óptica e o emprego de circuitos integrados possibilitaram uma sensível redução de peso e volume nos sistemas então existentes.

Surgiram também os visores térmicos, equipamentos sem recursos para medição de temperaturas, porém com excelente portabilidade e muito úteis em aplicações quantitativas e atividades como busca, policiamento e combate a incêndios.

Com a introdução de novos detectores, microprocessadores para a elaboração de dados e imagens e de uma maior variedade de

periféricos, pode-se contar, na atual década, com o desenvolvimento de sistemas mais compactos e versáteis. Oriundos da área militar, deverão ser comercializados visores térmicos de menor tamanho, os quais encontrarão uma infinidade de aplicações em atividades cotidianas.

A partir do que se pode depreender de dois séculos de conquistas científicas e tecnológicas, a pesquisa do infravermelho não só enriqueceu a termometria com novas formas de medição, como abriu um novo horizonte na observação do universo térmico que nos cerca (Predservice).

## Definição de manutenção preditiva

É a manutenção que atua focada em previsões de diagnósticos de falhas possíveis, através da análise de certos parâmetros dos sistemas produtivos. Através do acompanhamento sistemático das variáveis que indicam o desempenho dos equipamentos, define-se a necessidade da intervenção. Ela privilegia a disponibilidade, pois as medições e verificações são efetuadas com o equipamento em funcionamento. Outra condição considerada fundamental para a aplicação da manutenção preditiva é a qualificação da mão de obra responsável pela análise e diagnóstico, para que as ações de intervenção tenham qualidade equivalente aos dados registrados. As características intrínsecas a esse tipo de manutenção impedem que ela seja empregada de forma generalizada porque exige grande volume de recursos iniciais, tanto humanos como materiais; mão de obra muito qualificada e treinada; e a restrição para aplicação em sistemas industriais complexos (NBR 5462).

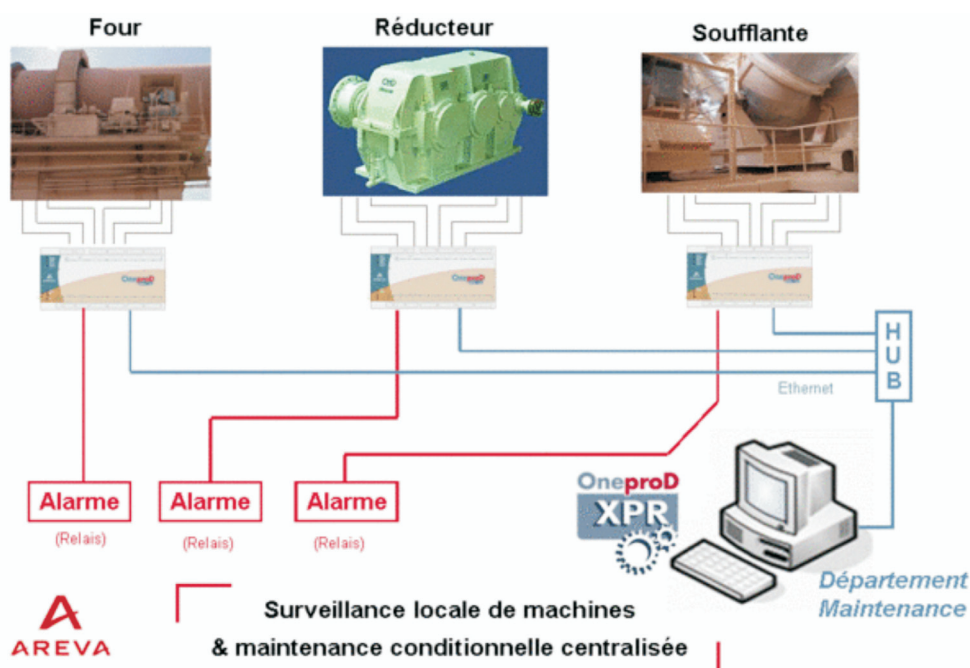


Figura 1 – Sistema de Manutenção Preditiva com Alarmes e CLP

## Definição de Análise Termográfica

São técnicas ou métodos que permitem retratar um perfil térmico de forma gráfica. Essa técnica se

baseia na 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.

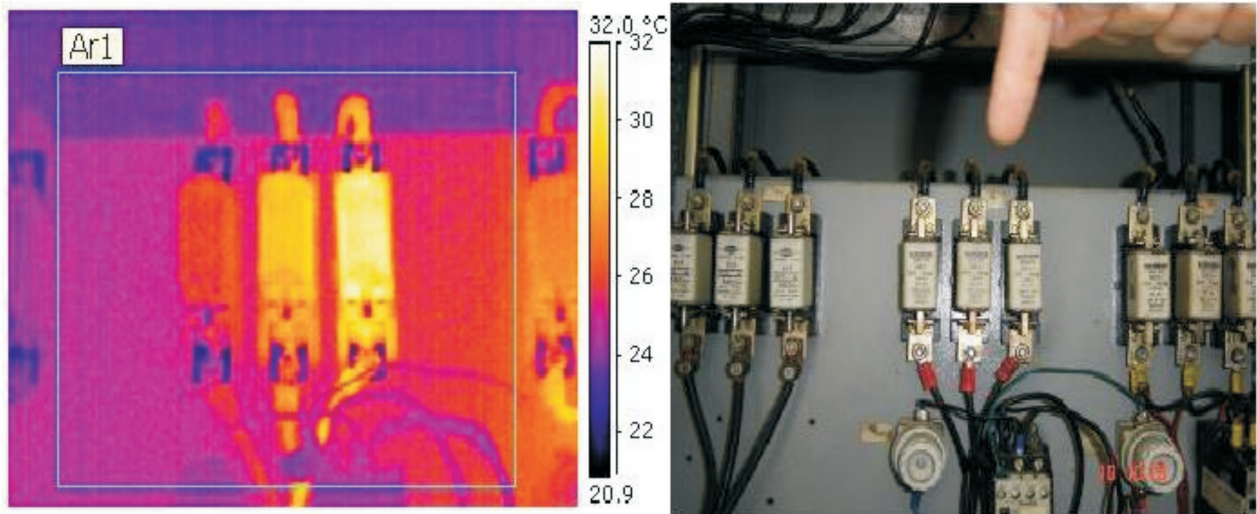


Figura 2 – Exemplo da utilização da termografia em componentes elétricos

## Vantagens da inspeção termográfica na manutenção preditiva

- **Excelente relação custo-benefício:** O comparativo entre o custo de uma inspeção termográfica e a economia que ela proporciona é imensurável, considerando-se que, através de um programa periódico de inspeção termográfica, elimina-se a ocorrência de falhas imprevistas e a necessidade de paradas não programadas, sem contar a minimização da ocorrência de acidentes de prejuízos materiais e até humanos, e a economia alcançada com a eliminação de falhas que propiciam perdas de temperatura ou energia;

- **Sem interferência no processo produtivo:** Para apresentação de melhor resultado as inspeções são realizadas com os processos em plena atividade ou carga, não havendo assim a interrupção de qualquer procedimento ou interferência na produção durante a inspeção;
- **Segurança:** As medições são seguras, realizadas à distância, sem necessidade de contato físico do inspetor com a instalação;
- **Rapidez:** A inspeção termográfica é realizada com equipamentos portáteis tornando-se um processo rápido e de alto rendimento. A obtenção do resultado é instantânea, possibilitando intervenção imediata caso necessário (Thermo Consult).



Figura 3 – Vantagem e Simplicidade em detecção de possíveis falhas

## Restrições da inspeção termográfica

As variações na distribuição das temperaturas podem ser muito pequenas para serem detectadas; Discrepâncias muito pequenas podem ser mascaradas, pelo “ruído de fundo”, e permanecer sem detecção.

## Desenvolvimento do projeto

O tema a ser abordado é a utilização da análise termográfica no diagnóstico dos problemas envolvidos em máquinas rotativas. A metodologia para a avaliação do desalinhamento de eixos de máquinas rotativas através da análise da distribuição do calor gerado no elemento flexível de acoplamentos com lâminas flexíveis e acoplamentos com elastômero.

A pesquisa verifica e analisa distribuição do calor gerado no elemento flexível do acoplamento de eixos de máquinas rotativas visando estabelecer uma relação de escala entre o espectro da distribuição de calor e a amplitude do desalinhamento.

## Equipamento responsável pela mensuração da temperatura

A medição de temperatura num corpo extenso pode ser feita de duas formas distintas, com sensor de contato e com sensor sem contato.

- Os sensores de contato normalmente são os termopares e seu princípio de funcionamento se dá pelo efeito termoelétrico.

O termopar é formado por termos elementos homogêneos, o valor da força eletromotriz gerada depende somente da diferença de temperatura entre a junção de medição e a junção de referência.



Figura 4 - Sensor de temperatura tipo termopar

- Os sensores sem contato têm seu princípio de funcionamento baseado na radiação do corpo negro.

Esse método permite a medição do corpo em movimento. Isso é de grande importância nos equipamentos de processo contínuo em que qualquer parada aumenta o custo.

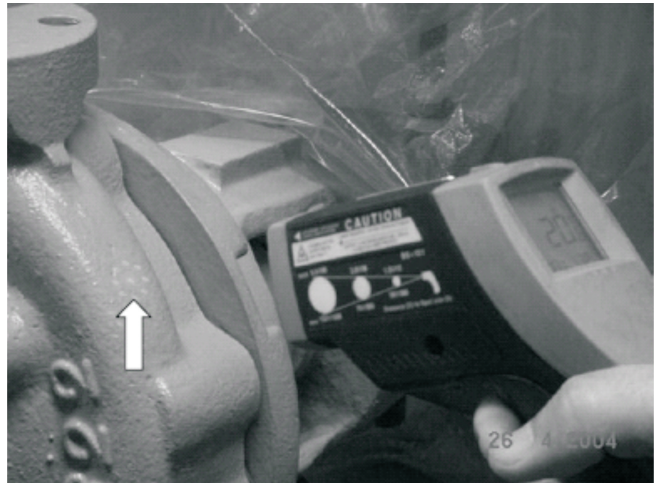


Figura 5 - Sensor de temperatura sem contato

A termografia apresenta o espectro térmico inteiro de um corpo, ou seja, todos os pontos na mesma base de tempo.

O equivalente desse processo seria medir a temperatura de um corpo com vários medidores sem contato. Em seguida, haveria necessidade de fazer uma tabela com a definição de cores por faixa de temperatura. Também, haveria necessidade de desenhar o contorno do corpo com a malha e pintar cada segmento dela com a respectiva cor da tabela. Obviamente, isso inviabilizaria as aplicações práticas sob o aspecto econômico e principalmente pela imprecisão dos resultados.

## Princípio de funcionamento

Uma compreensão sólida da tecnologia do infravermelho e seus princípios se baseiam na medição precisa de temperaturas. Quando a temperatura é medida por um dispositivo sem contato a energia emitida pelo objeto medido passa pelo sistema óptico do termômetro ou termovisor e é convertida em sinal elétrico no detector. O sinal é então exibido como leitura de temperatura e/ou imagem térmica. Há diversos fatores importantes que produzem essa medida, entre eles: emissividade, relação distância-tamanho do ponto focal, ângulo do termovisor ao ponto focal e o campo de visão. Todo corpo irradia energia eletromagnética em forma de calor, em maior ou menor intensidade. Essa energia é irradiada em espectros que produzem várias tonalidades de cores de acordo com o seu comprimento de

onda. Então, cada faixa de temperatura gera um determinado comprimento de onda, ao qual corresponde uma tonalidade de cor que pode ser

representada em uma escala cromática que varia de acordo com as diferentes faixas de temperatura do objeto em observação.

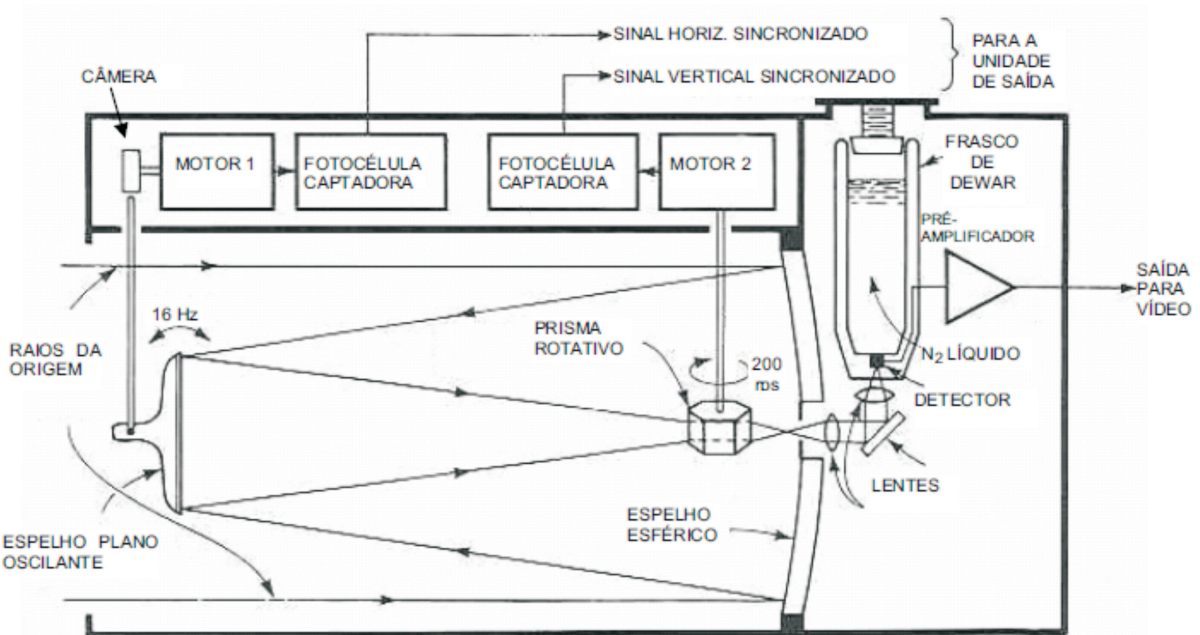


Figura 6 - Esquema de funcionamento de um termo visor

### Análise térmica do acoplamento

Todo acoplamento flexível é projetado para absorver desalinhamento entre os dois eixos a serem ligados. Todos os fabricantes apresentam os valores do máximo desalinhamento, em ângulo expresso em graus.

Qualquer desalinhamento imposto aos acoplamentos do tipo de lâminas flexíveis ou de elastômero provocará deformação cíclica dos elementos flexíveis e conseqüente geração de calor proporcional à amplitude e frequência da deformação.

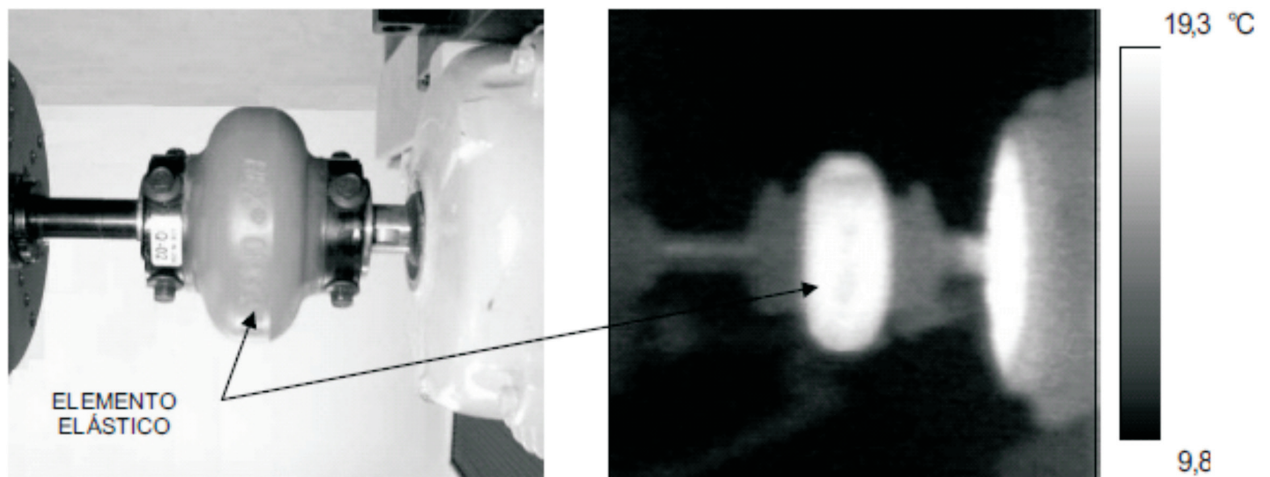


Figura 7 - Imagem termográfica de um acoplamento em aquecimento

## Conclusão

Observando-se o problema central estabelecido, como sendo a investigação da existência de relação de escala entre a geração de calor no elemento flexível do acoplamento e a amplitude de desalinhamento, pode-se confirmar a hipótese central estabelecida que exista em relação de escala linear entre a geração de calor no elemento flexível do acoplamento e a amplitude do desalinhamento.

A termografia por infravermelho trata da tecnologia de ensaio não destrutivo que apresenta maior precisão economia e eficácia. Apesar da simplicidade a recolha de dados, este ensaio requer alguma experiência para análise dos resultados.

Conclui-se que a utilização do ensaio termográfico é de vital importância e necessidade para a área tecnológica como um todo, possibilitando a descoberta de falhas em suas etapas iniciais, evitando que elas se tornem grandes empecilhos para as empresas, sua facilidade na utilização possibilita a verificação do ensaio sem grandes paradas e até mesmo nulas, dessa forma não existem perdas na produção e fornecimento. Se adequadamente conduzida à inspeção será segura, rápida e altamente confiável.

## Referências

ALMEIDA, Marcio Tadeu. Manutenção preditiva: benefícios e lucratividade, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462. Disponível em: <www.abntcatalogo.com.br> Acesso em: 2 dez. 2010.

KARDEC Allan; NASCIF, Julio. Manutenção: função estratégica.

MOBLEY, R. Keith. Shaft alignment. In: Maintenance Fundamentals. EUA, Butterworth: Heinemann, 1999. p. 1-43.

NSK. Bearing doctor: diagnostic rápido de ocorrências em rolamentos. São Paulo, 2003. Catálogo B08.

PREDSERVICE. Infrared Termography. Disponível em: <www.pred.com.br/conceitos/ifrm-historico-termo.htm > Acesso em: 17 nov. 2010.

THERMOCONSULT Consultoria Termográfica. Disponível em: < <www.thermoconsult.com.br>. Acesso em: 26 out. 2010.

TRANSMOTÉCNICA. Acoplamentos elásticos teteflex e uniflex. São Paulo, 1998.