

# Emprego da termografia na manutenção preditiva

Arthur Maia da Silva\*  
Walaci Dias Borba Netto\*\*  
Ruan Carlos Corsina da Silva\*\*\*

## Resumo

A termografia é uma técnica poderosa na predição de falhas funcionais e acidentes da indústria. Não é uma tarefa difícil, pois, diferentemente de outras técnicas como análise de vibração, o produto final de uma inspeção termográfica é conceitualmente entendido como autoexplicativo.

Neste trabalho, nós, alunos do técnico em mecânica do IF Fluminense, apresentamos o valor da manutenção preditiva através da termografia. E nos propomos analisar a causa dos erros, quais deveriam ser as ações corretas a serem tomadas e, principalmente melhorias.

**Palavras-chave:** Termografia. Manutenção preditiva. Análises.

## Introdução

### Manutenção Preditiva

Manutenção preditiva é a atuação realizada com base na modificação de parâmetro de condição ou desempenho do equipamento, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. A manutenção preditiva pode ser comparada a uma inspeção sistemática para o acompanhamento das condições dos equipamentos.

Quando é necessária a intervenção da manutenção no equipamento, estamos realizando uma manutenção corretiva planejada. É conhecida também como manutenção sob condição ou manutenção com base no estado do equipamento.

O termo associado à manutenção preditiva é o de predizer. Esse é o grande objetivo da manutenção preditiva: predizer (ou prevenir) as falhas nos equipamentos ou sistemas através de acompanhamento dos diversos parâmetros, permitindo o funcionamento pelo maior tempo possível. Ou seja, a manutenção preditiva privilegia a disponibilidade na medida que não promove intervenções nos equipamentos em operação.

Além disso, a intervenção só é decidida quando os parâmetros acompanhados indicam sua real necessidade, ao contrário da manutenção preventiva que pressupõe a retirada do equipamento de operação baseada no tempo de operação.

Quando o grau de degradação se aproxima ou atinge o limite previamente estabelecido, é tomada a decisão de intervenção. Isso permite uma preparação prévia do serviço, além de outras decisões alternativas relacionadas a produção.

### Benefícios da manutenção preditiva

Os programas bem-sucedidos incluídos no levantamento oferecem uma visão geral dos tipos de melhorias, que podem ser esperadas a partir de um programa de gerência de manutenção preditiva abrangente (veja tabela abaixo). De acordo com resultados do levantamento, as maiores melhorias podem ser obtidas em custos de manutenção, falhas não programadas da máquina, tempo parado para reparo, redução de peças no estoque, e recompensas diretas e indiretas de hora extra. Em complemento, o levantamento indicou uma melhoria substancial na vida da máquina, produção, segurança do operador, qualidade do produto, e lucro global.

**Tabela 1 – Benefícios da manutenção preditiva**

BENEFÍCIOS	PERCENTUAL
REDUÇÃO DOS CUSTOS DE MANUTENÇÃO	50 a 80%
REDUÇÃO DE FALHAS NAS MÁQUINAS	50 a 60%
REDUÇÃO DE ESTOQUE DE SOBRESSALENTES	20 a 30%
REDUÇÃO DE HORAS EXTRAS PARA MANUTENÇÃO	20 a 50%
REDUÇÃO DO TEMPO DE PARADA DAS MÁQUINAS	50 a 80%
AUMENTO NA VIDA DAS MÁQUINAS	20 a 40%
AUMENTO DA PRODUTIVIDADE	20 a 30%
AUMENTO DOS LUCROS	25 a 60%

### Principais técnicas de manutenção preditiva

Em termos práticos, uma técnica de manutenção preditiva deve permitir a coleta de dados com o equipamento em funcionamento, ou com o mínimo de interferência possível no processo de produção e também, permitir a coleta dos dados que possibilitem a análise de tendência.

Algumas técnicas de ensaios não destrutivos só podem ser aplicadas com o equipamento fora de operação, o que invalidaria a condição de

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

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

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

que as técnicas preditivas são aplicáveis com o equipamento em funcionamento.

Para melhor visualização, considerar que as técnicas listadas nos quadros em laranja são aplicáveis com o equipamento em operação; enquanto as contidas nos quadros verdes

dependem (em geral) da retirada do equipamento de operação para sua realização. Neste artigo serão abordadas apenas as técnicas preditivas que podem ser aplicadas com os equipamentos em operação.

**Quadro 1 – Técnicas de Manutenção Preditiva**

<b>Radiações ionizantes</b> Raios X Gamagrafia	<b>Energia Acústica</b> Ultrassom, Emissão Acústica
<b>Energia eletromagnética</b> Partículas magnéticas Correntes parasíticas	<b>Fenômenos de viscosidade</b> (Líquidos penetrantes)
<b>Inspeção visual</b> Endoscopia ou Boroscopia	<b>Análise de Vibrações</b> Nível global, Espectro de vibrações
<b>Detecção de vazamentos</b>	Pulso de choque
<b>Análise de Óleos lubrificantes ou isolantes</b> Viscosidade, Número de Neutralização Acidez ou Basicidade, Teor de água Insolúveis, Contagem de partículas Metais por Espectrometria por Infravermelho Cromatografia gasosa, Tensão Interfacial, Rigidez Dielétrica, Ponto de Fulgor	<b>Análise de temperatura – Termometria</b>  Termometria convencional Indicadores de temperatura Pirometria de radiação Termografia
<b>Ferrografia</b> Ferrografia quantitativa Ferrografia analítica	<b>Verificações de geometria</b> Metrologia convencional Alinhamento de máquinas rotativas
<b>Ensaio Elétricos</b> Corrente, Tensão, Isolação Perdas Dielétricas, Rigidez Dielétrica, Espectro de corrente ou tensão	<b>Forças</b> Células de carga, Teste de pressão Teste hidrostático, Teste de vácuo, Detecção de trincas

## Análises Termográficas

São técnicas ou métodos que podem ser por contato ou sem contato e permitem retratar um perfil térmico de forma gráfica. As termografias por contato são oriundas de reações químicas sobre a superfície através de tintas, substância fosforescente, papéis, cristais líquidos, e outras substâncias especiais sensíveis à temperatura. Quanto à termografia sem contato, também conhecida por termografia por infravermelho, é a técnica que através de 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.

## Aplicações industriais

### *Instalações elétricas*

Pelo fato de ser a temperatura a principal variável detectável no processo de falha de uma instalação elétrica, nela se concentra a maior aplicação da termografia na área industrial. Uma inspeção termográfica em instalações elétricas identificará problemas causados pelas relações corrente/ resistência, normalmente provocados por conexões frouxas, corroídas, oxidadas ou por falhas do componente em si. Além disso, erros de projeto, falhas em montagens e até o excesso e/ou falta de manutenções preventivas podem provocar sobreaquecimento nos sistemas elétricos.



Figura 1 - Técnico analisando termograficamente instalações elétricas

### Máquinas elétricas

Em motores, geradores e transformadores, a termografia deve ser aplicada junto a outras técnicas. Para os diagnósticos de falhas potenciais elétricas, a termografia infravermelha parte do princípio que a potência de tais máquinas que não saem na forma de serviço, de alguma maneira está se transformando em perdas e sendo dissipada no meio, pelo efeito joule. Essas 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 entre espiras, falha parcial de isolamento, refrigeração, etc.

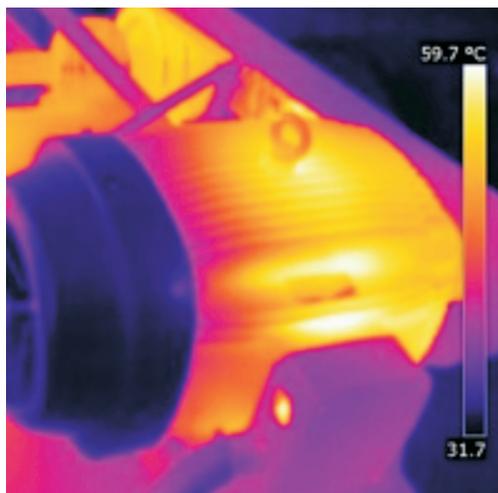


Figura 2 - Análise termográfica num motor elétrico

### Conjuntos rotativos

As inspeções em equipamentos rotativos pela termografia infravermelha aplicam-se em todo e qualquer equipamento cuja temperatura é uma

variável mensurável num processo de análise de falha. Essa aplicação parte do princípio de equilíbrio dinâmico e térmico dos conjuntos de peças girantes e fixas, e é explicada pelas leis da mecânica de fluidos e de transmissão de calor. O aquecimento normal resultante do funcionamento de um equipamento rotativo é função da pressão de 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, convecção e radiação.

Dessa forma, numa condição normal de funcionamento, o conjunto trabalha em equilíbrio térmico entre o calor gerado e o retirado. Caso haja desequilíbrio térmico ou um equilíbrio em níveis superiores ao de projeto, numa situação em que o sistema de refrigeração esteja normal, é possível, por meio de análises termográficas qualitativas e/ou quantitativas, 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 e compressores.

O valor agregado na aplicação da 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 vibração e ultrassom ou ferrografia devem ser utilizadas num processo integrado de análise por multiparâmetros, com o objetivo de encontrar e/ou comprovar a causa do problema.

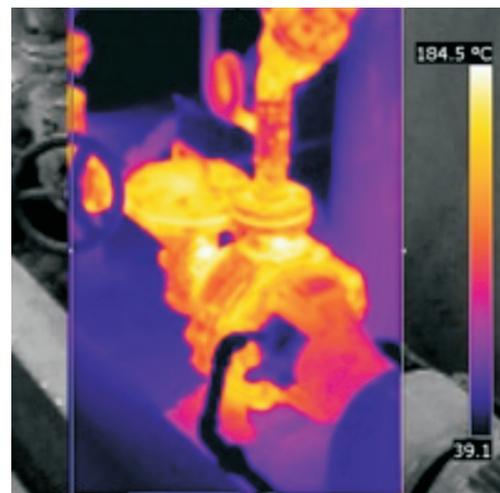


Figura 3 - Análise termográfica de uma bomba

### Equipamentos estáticos

A utilização da termografia infravermelha em planos de inspeções de equipamentos estáticos visa à detecção de falhas em potencial em seus estágios iniciais, quando ainda não são perceptíveis pelos sensores dos respectivos equipamentos.

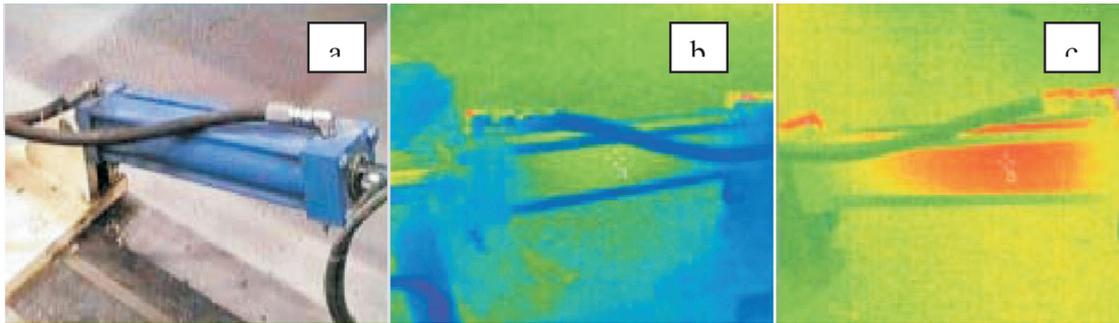


Figura 4 - Cilindro hidráulico em perfeito estado de funcionamento (a), e ao lado um outro similar em processo de inicialização da falha (b, c)

### Revestimentos estruturais (térmico e antiácido)

A aplicação de serviços termográficos em revestimentos estruturais baseia-se no princípio que, existindo uma temperatura em regime contínuo dentro de um recipiente, a temperatura superficial externa é uma função direta da condução de calor através do composto cerâmico da respectiva parede. Assim, tanto a degradação do isolante térmico como um desgaste do refratário são apresentados na forma de mapa termográfico. Com o mapa termográfico pode-se planejar, de forma racional, a reforma e/ou reparos localizados do composto cerâmico.

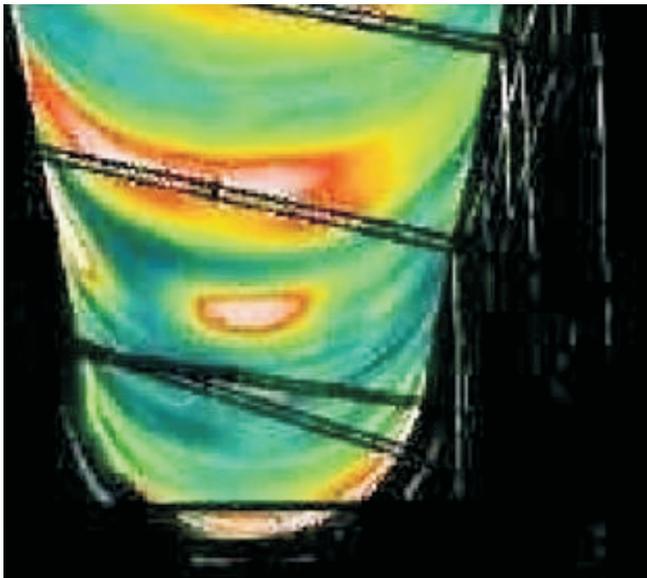


Figura 5 - Avaliação num revestimento refratário de um forno

### Processos industriais

Em processos industriais, a termografia por infravermelho tem sido aplicada tanto através de sistemas online quanto offline, em fabricação de papel, vidro, lingotamento/laminação de siderurgia, pelletização de minério de ferro. Em todas essas aplicações, a termografia busca essencialmente as perdas qualitativas da assimetria térmica desses processos.

### Métodos de aplicação da termografia

A termografia por infravermelho pode ser somente qualitativa ou qualitativa/quantitativa dependendo da aplicação.

#### Termografia qualitativa

Aplica-se quando o que interessa é o perfil e não os valores térmicos apresentados. Essa característica classifica a termografia infravermelha como uma técnica que fornece laudos instantâneos.

#### Termografia quantitativa

Com esse método é possível definir o nível de gravidade de uma anomalia. Vale salientar que esse método é sempre o segundo a ser aplicado, pois, incondicionalmente, a primeira análise sempre tem de ser a qualitativa. Caso contrário, é bem provável que o termografista (inspetor) não esteja fazendo nada além de análise comparativa.

#### Termógrafos (termovisores)

São câmeras equipadas com detectores especiais que transformam leituras de campos de temperaturas em imagens de vídeo. A cada temperatura é designada uma cor ou tom de cinza, de tal maneira que em uma cena se pode detectar as diferenças de temperaturas entre os vários componentes. Os sistemas de gravação de tais câmaras são normalmente em fita cassete (VHF) ou sinais digitalizados gravados em disquetes, PC card ou memória interna.



Figura 6 - Termovisor da marca Fluke



Figura 7 - Termovisor da marca Flir

## Conclusão

ExcelenterelaçãoocustoXbenefício: Ocomparativo entre o custo de uma inspeção termográfica e a economia que ela proporciona é imensa, considerando-se que um programa periódico de inspeção termográfica diminui a ocorrência de falhas imprevistas e a necessidade de paradas não programadas, sem contar a minimização da ocorrência de acidentes com 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.

## Referências

ABENDI. Associação Brasileira de Ensaio Não Destrutivos e Inspeção. Disponível em: < <http://www.abende.org.br> >. Acesso em: 26 out. 2010.

ALMEIDA, M. T. Manutenção preditiva: Benefícios e Lucratividade. Disponível em: < <http://www.mtaev.com.br> >. Acesso em: 12 jun. 2010.

BATHKE, R.C.; MELO, J. S. ; DOTZEL, E. Efeitos da inspeção termográfica na manutenção de redes de distribuição aéreas. Disponível em: < <http://www.abraman.org.br> >. Acesso em: 18 maio 2010.

C. FILHO, O. R. Aplicações termográficas na manutenção. Disponível em: < <http://www.scribd.com.br> >. Acesso em: 26 jul. 2010.

FLIR. Flir Systems. Disponível em: < <http://www.flir.com> >. Acesso em: 26 nov. 2010.

FLUKE. Fluke Eletronics. Disponível em: < <http://www.abende.org.br> >. Acesso em: 26 nov. 2010.

ITEAG. Instalações técnicas especiais. Disponível em: < <http://www.iteag.net> >. Acesso em: 30 nov. 2010.

KARDEC, A.; NASCIF, J.; BARONI, T. Gestão Estratégica e Técnicas Preditivas. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. (Coleção Manutenção Abraman).

TERMOGRAFIA Brasil. Reativa Engenharia. Disponível em: <<http://www.termografiabrasil.blogspot.com>>. Acesso em: 28 out. 2010.

