

UTILIZAÇÃO DE TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA PARA DIAGNOSTICAR PROBLEMAS EM FORNOS DE PELOTIZAÇÃO

Rubens Soeiro Gonçalves, soeiro@cefet-ma.br¹
Jaelton Quaresma Silva, jaelton.silva@vale.com¹
Edson Jansen Miranda, edsonjansen@hotmail.com¹
Karlos Roberto Da Silva Braga Martins, karlos@fem.unicamp.br¹
André Pereira Santana, andre.persan@gmail.com¹

¹ Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA; Campus Monte Castelo, Departamento de Mecânica e Materiais; Av Getúlio Vargas 04, Monte Castelo, CEP 65025-001, São Luís-MA, Brasil

Resumo: Estudos sobre a atividade de manutenção indicam que um terço de todos os custos relacionados é desperdiçado como resultado de manutenção desnecessária ou realizadas de maneira inadequada. Quando consideramos que a Indústria mundial gasta bilhões de dólares todo ano com manutenção de equipamentos e instalações, o impacto sobre a produtividade e o lucro se torna bastante claro. O presente trabalho trata a utilização da termografia infravermelha amplamente utilizada no setor de manutenção como forma de garantir a performance de componentes através do estudo de seu comportamento térmico em determinadas condições de operações de forma a evitar avarias inesperadas e de alto custo. É uma técnica bastante difundida e de suma importância no setor de manutenção, considerada como imprescindível para empresas que operam em regime ininterrupto e que possuem alto valor agregado em sua base de ativos. Aborda-se a termografia infravermelha e seus sub tópicos dando ênfase a importância da temperatura como parâmetro de controle em algumas aplicações na indústria siderúrgica. As aplicações desta técnica na área de manutenção bem como as condições exigíveis e práticas recomendadas à realização de inspeção termográfica em sistemas elétricos, mecânicos são discutidas. Em adição, é realizada a análise para uma boa interpretação de uma imagem termográfica objetivando o entendimento dos diversos fatores que podem influenciar na apresentação da imagem e do resultado final da inspeção.

Palavras-chave: Termografia Infravermelha, Forno, Manutenção Preditiva

1. INTRODUÇÃO

Durante anos, o setor de manutenção foi conhecido apenas como um grande centro de custos que impactava direta e indiretamente nos meios de produção, mas essa visão tem mudado nos últimos anos e a manutenção agora é visto como uma fonte de redução de custos e aumento de desempenho de máquinas e equipamentos. Essa mudança se dá pela forma como a manutenção está inserida hoje dentro de grandes empresas, deixou-se de utilizar apenas a manutenção corretiva e começou-se a aplicar a manutenção preventiva e preditiva com intuito de assegurar um bom desempenho e a confiabilidade dos ativos aumentando a disponibilidade física dos ativos e diminuindo os gastos com paradas inesperadas (CAO, 2006).

Devido aos altos padrões de qualidade que são exigidos nos processos industriais hoje em dia, a engenharia de manutenção tem visado cada vez mais desenvolver alternativas que são mais eficientes e que atendam aos novos padrões de qualidade. A aplicação de um sistema de monitoramento de máquinas utilizando a técnica de termografia infravermelha em equipamentos mecânicos, térmicos e elétricos é de fundamental importância para empresas que possuem altas escalas e ou valor agregado na sua produção, pois, através desta técnica é possível “prever” com maior rapidez falhas com um grau de precisão elevado, de modo a garantir a continuidade e garantia do processo de produção evitando paradas inesperadas e não programadas. A termografia tem-se revelado uma poderosa ferramenta para a inspeção de estruturas de fornos de pelotização focada na detecção da presença de aquecimento. O controle sistemático dos pontos críticos ao longo do forno possibilitou realizar paradas programadas para recuperação das câmaras avariadas não impactando no programa de produção. A termografia é uma técnica de sensoramento remoto que possibilita a medição de temperaturas e a formação de imagens térmicas (chamadas termogramas), obtidas a partir de dispositivos de obtenção de imagens térmicas sem contato de um componente, equipamento ou processo, a partir da radiação infravermelha, naturalmente emitida pelos corpos (GAYA; VERATTI, 2008)

A motivação para a realização do presente trabalho foi devida a investigação das causas do grande número de falhas em equipamentos na Vale S.A no setor de pelotização, principalmente devido a mudanças no comportamento térmico de componentes, ocasionando perdas de produção devido a paradas emergenciais.

Este trabalho apresenta o estudo da utilização de termografia infravermelha para diagnosticar problemas em fornos de usinas de pelotização, visando o melhor desempenho dos equipamentos de acordo com as especificações do fabricante, assegurando uma maior confiabilidade e disponibilidade das plantas industriais.

2. METODOLOGIA

2.1. Materiais e Instrumentação

Para a aquisição das imagens termográficas foi utilizada uma câmera termográfica modelo P640 do fabricante FLIR - ver Fig. (1) - com as seguintes especificações: Campo de Visão: 24° x 18°; Distância de Foco Mínimo: 0,3m; Resolução Espacial (IFOV): 0,65 mrad; Sensibilidade Térmica 50/60Hz: 0,06°C a 30°C em todo o range; Zoom Eletrônico / Função Panorâmica: 1 - 8 x contínuo (incrementos de 0,2), com função panorâmica; Foco: Automático ou manual; Imagem Digital Ampliada: Automático ou manual; Tipo de Detector: Estrutura de plano focal (FPA) microbolômetro não resfriado; 640 x 480 pixels; Faixa de Espectro: 7.5 a 13 μ m; Vídeo Digital Embutido: 1.3 Mpixel, a cores / Iluminador alvo embutido / Lentes cambiáveis; Desempenho Padrão das Lentes: f=8 mm / FOV 32°

Forno de Grelha Móvel FR-851K-00 – Trata-se de um forno constituído de uma estrutura metálica revestida de material isolante e refratário com fluxo de gases definidos e controlado por ventiladores de processo, através de 7 zonas de processo - ver Fig. (2), sendo elas: Secagem ascendente - onde ocorre a evaporação da umidade confinada nos capilares e poros das pelotas cruas por gases quentes e a condensação da umidade evaporada na parte superior do leito com pelotas úmidas e frias. Secagem descendente – Onde os leitos superiores de pelotas são secados e aquecidos e o fluxo de gases irá de encontro às pelotas secas e aquecidas dos leitos inferiores .

Pré Queima – Onde ocorre o início de endurecimento das pelotas secas. Queima – Onde ocorre o efetivo endurecimento das pelotas em que as pelotas são queimadas por transferência de calor através de convecção entre os gases de processo e o leito de pelotas . Pós Queima - É onde ocorre a queima da última camada (camada inferior) do leito de pelotas. Resfriamento Primário – Onde ocorre a retirada de parte do calor das pelotas queimadas

Resfriamento secundário - Onde ocorre o resfriamento das pelotas para temperaturas abaixo de 150 °C.



Figura 1. Câmera termográfica Flir P640

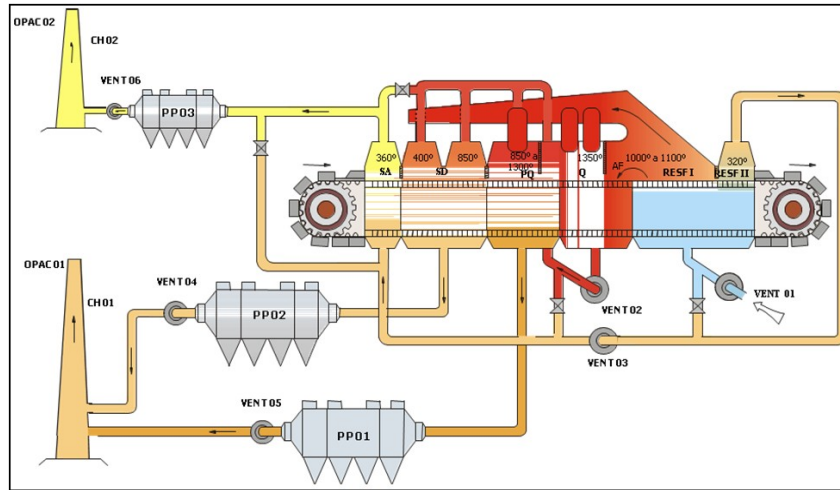


Figura 2. Forno de Grelha Móvel

2.2 Método

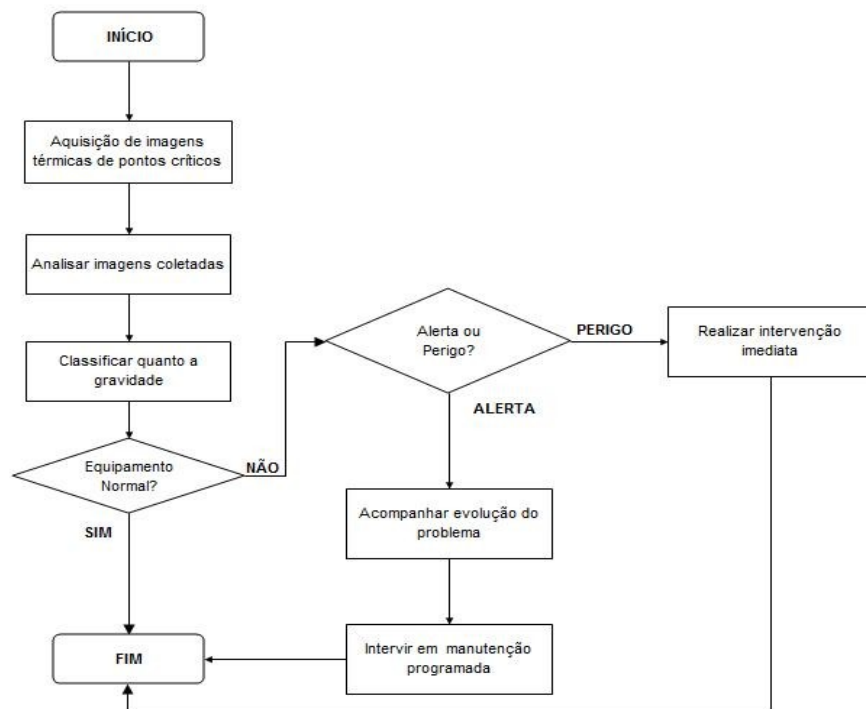


Figura 3. Fluxograma de Inspeção

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura (4) mostra o ciclo térmico das pelotas ao longo do forno, e que evidencia a área de maior temperatura de trabalho em torno de 1350 °C., sendo que nesta região há maior probabilidade de ocorrência de avarias com maior incidência de problemas com material refratário.

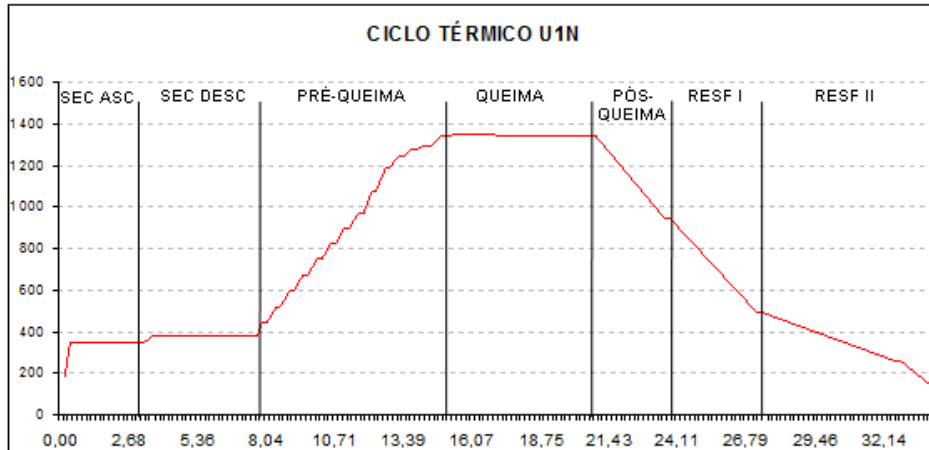


Figura 4. Ciclo térmico de permanência das pelotas no forno

A Figura (5) mostra o perfil de temperatura entre duas câmaras do forno, submetidas às mesmas temperaturas. Uma câmara sem avarias e a câmara avariada, ambas localizadas na região da queima.

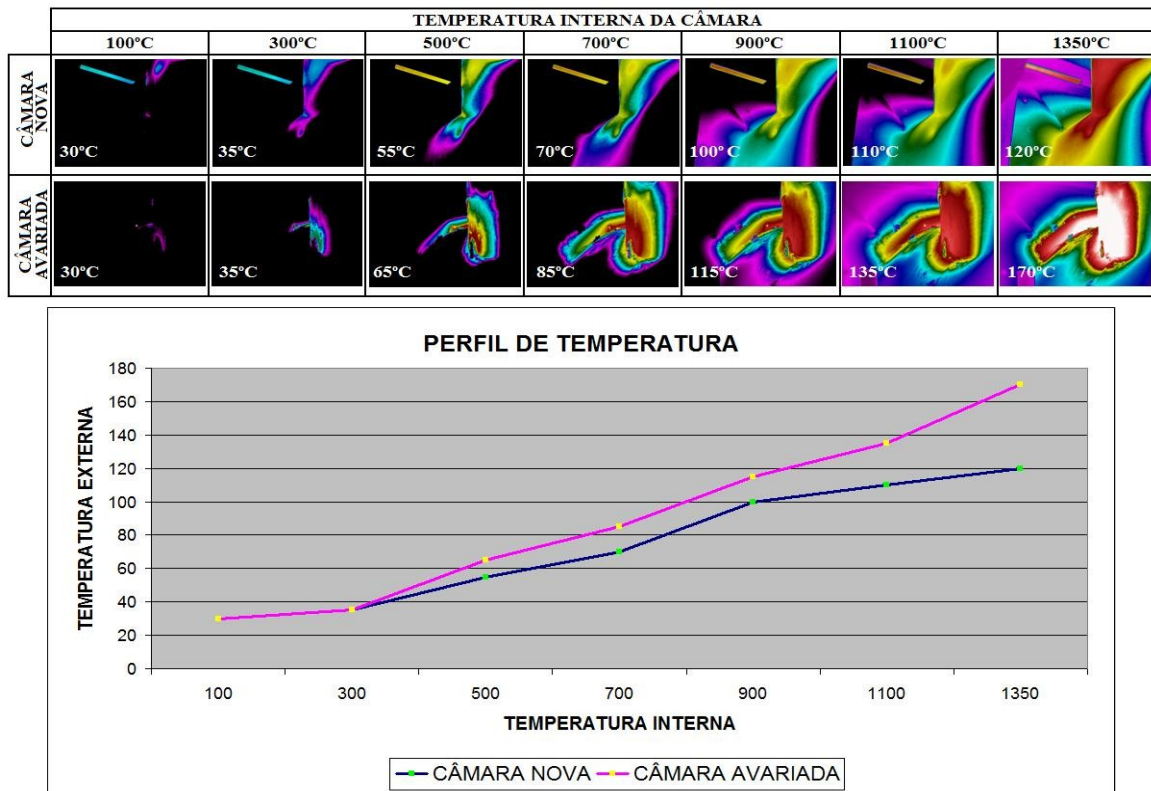


Figura 5. Perfil de temperatura entre duas câmaras do forno

As Figuras (6) e (7) mostram as imagens termográficas coletadas na junção da câmara avariada com a parede lateral e com o canal de descida do lado esquerdo localizada na região da queima. A imagem da Fig. (6) foi obtida no dia 26/03/2007 e já apontava para um ponto de aquecimento bem na junção da câmara com a parede devido a formação de uma trinca causada pela contração das camadas de refratário no interior da câmara. A imagem da Fig. (7) foi obtida no dia 26/03/2008 e apresentou um aumento da temperatura ultrapassando os 450 °C na chaparia externa.

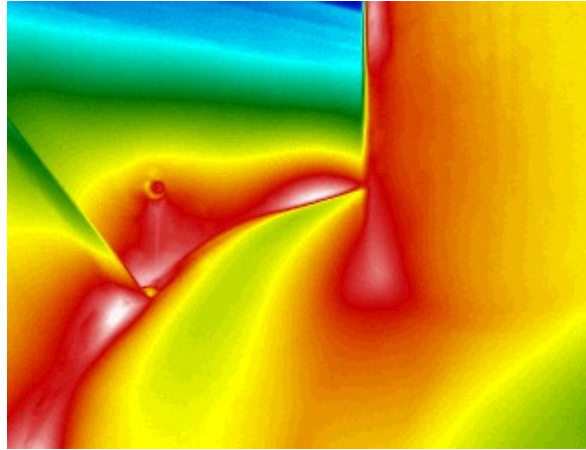


Figura 6. Aquecimento localizado

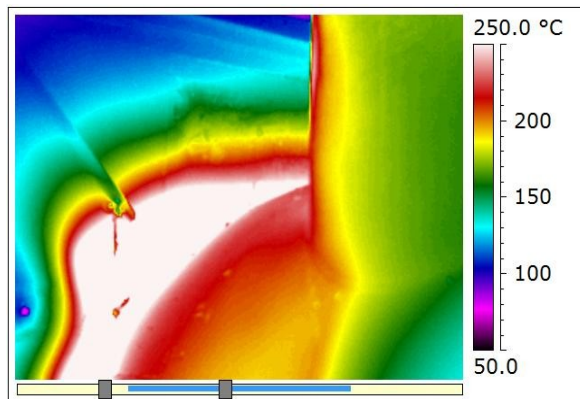


Figura 7. Aquecimento localizado na junção da câmara 13 com a parede lateral

As imagens térmicas das Fig. (6) e (7) já identificam a fonte do problema, entretanto um recurso bastante utilizado para a identificação mais precisa do problema é realizado saturando-se a escala máxima da imagem, indicado na Fig. (8) As áreas mais escuras (roxo, azul, verde) são aquelas que irradiam menos radiação térmica a um maior comprimento de onda e significam que essas áreas do alvo são as mais frias. As áreas mais brilhantes (amarelo, vermelho e branco) significam o contrário, emitem mais radiação a um menor comprimento de onda e portanto um alvo mais quente.

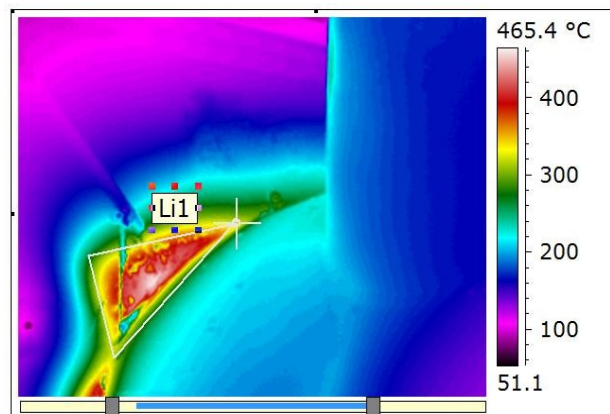


Figura 8. Imagem saturada para localização pontual da fonte de aquecimento

A Figura (9) mostra a imagem fotográfica da junção da mesma câmara aviada citada, Fig. (6) e (7), com a localização exata do ponto de especial interesse devido ao aquecimento, observa-se que sem a utilização da imagem infravermelha seria impossível detectar o ponto onde há problemas com o refratário, a não ser que fossem utilizados instrumentos de medição de contato direto, o que geralmente é uma desvantagem.



Figura 9. Imagem fotográfica da junção da câmara aviada com a parede lateral e canal de descida

A Figura (10) mostra o acompanhamento realizado na câmara avariada após a aplicação de concreto refratário por projeção no local de origem do aquecimento. As temperaturas obtidas correspondem as temperaturas máximas capturadas nas imagens que compõem o gráfico.

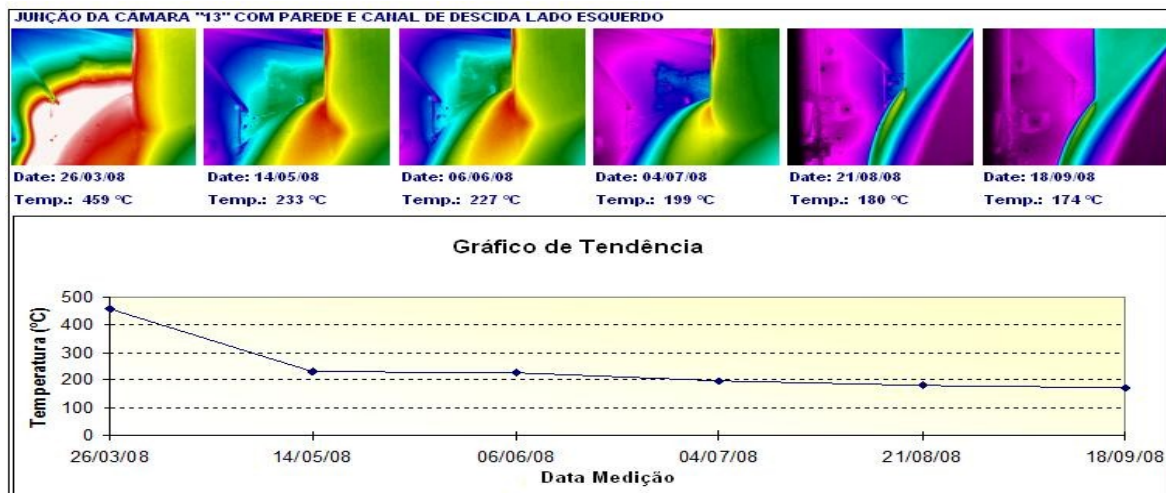


Figura 10. Termografias da câmara avariada após manutenção

3.1 Considerações Sobre Técnicas Convencionais de Manutenção

A utilização de instrumentos com medição de contato no forno demanda bastante tempo, uma vez que devido a grande extensão da área a ser inspecionada e também devido a motivos de segurança, riscos potenciais de queimaduras com a exposição a altas temperaturas, tornam os métodos de medição de temperatura inviáveis, como por exemplo, a utilização de termistores, termoresistores, termopares e fluido expansores, além de submeter o inspetor a riscos graves, o que não ocorre com a termografia, pois a mesma é realizada sem contato com o objeto analisado (MACINO,2008).

O método de inspeção por ultra som geralmente utilizado para inspeção de superfícies internas é inviável para esta aplicação, pois as ondas ultra-sônicas refletem ao incidir num anteparo qualquer, não conseguindo se propagar pelas diversas camadas que compõe a câmara, sendo possível inspecionar somente a camada da estrutura metálica.

O ensaio por líquidos penetrantes é um método desenvolvido especialmente para a detecção de descontinuidades essencialmente superficiais, e ainda que estejam abertas na superfície do material, tais como: trincas, poros, dobras, etc.,

podendo ser aplicado em todos os materiais sólidos e que não sejam porosos ou com superfície muito grosseira o que inviabiliza a aplicação na estrutura do forno, devido ao refratário ser bastante poroso e se encontrar em camadas abaixo da estrutura metálica.

4. CONCLUSÃO

Diante dos resultados apresentados pode-se comprovar a eficácia da termografia infravermelha como uma técnica de manutenção altamente vantajosa e segura em relação às técnicas convencionais e com um elevado grau de confiabilidade, permitindo a visualização de pontos avariados, uma vez que o aquecimento da superfície revela dados da superfície interna, sendo possível também monitorar continuamente com o tempo a evolução das possíveis avarias diagnosticadas sem a necessidade de paradas e / ou intervenção emergencial do equipamento, permitindo planejar as paradas a frio com antecedência e evitando assim perdas inestimáveis com paradas de produção.

5. AGRADECIMENTOS

Vale S.A
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DO MARANHÃO - CEFET-MA
DEPARTAMENTO DE MECÂNICA E MATERIAIS – DMM / CEFET-MA

6. REFERÊNCIAS

- INFRARED TRAINING CENTER. **Manual do Curso de Termografia Nível I**. Publicação N° 1 560 093 E_pt / BR, revisão 1 2007-01-21.
- INCROPERA AND D.P. DE WITT. **Fundamentals of Heat and Mass Transfer**. John Wiley & Sons, 5° ed., 2001.
- HOMAN, J. P. **Heat Transfer**. São Paulo: Mc Graw Hill. Kogakusha LTD.
- MANOEL CAO. **Curso Básico de Manutenção Preditiva**. CVRD, Vitória, 1997.
- E. PELIZZARI, C. O. D. MARTINS, A. F. S. MENEZES, A. REGULY. **Aplicações da termografia como ferramenta de manutenção preditiva em conectores elétricos**. 17° CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Publicado em Novembro de 2006.
- RODRIGO GAYA, ATTÍLIO BRUNO VERATTI. **Aplicação da técnica termográfica na inspeção de estruturas aeronáuticas**. XXVI CONAEND - Congresso Nacional de Ensaios Não estrutivos e Inspeção. Publicado em junho de 2008.
- ATTÍLIO BRUNO VERATTI. **A Classificação das Aplicações da Termografia, a natureza dos fenômenos observados**. Disponível em: www.termonautas.com.br. Acesso em: 20 dez 2009.
- ATTÍLIO BRUNO VERATTI. **Novos Rumos da Termografia, Inspeção de sistemas de geração de vapor**. Disponível em: www.termonautas.com.br. Acesso em: 05 jan 2010.
- JOÃO BOSCO MACINO. **Instrução técnica para inspeção termográfica - PRO 1013 GAMAP**. Vale, 2008.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído neste trabalho.

INFRARED THERMOGRAPHY APPLIED TO DIAGNOSE PROBLEMS IN OVEN' PELLET

Rubens Soeiro Gonçalves, soeiro@cefet-ma.br¹
Jaelton Quaresma Silva, jaelton.silva@vale.com¹
Edson Jansen Miranda, edsonjansen@hotmail.com¹
Karlos Roberto Da Silva Braga Martins, karlos@fem.unicamp.br¹
André Pereira Santana, andre.persan@gmail.com¹

¹ Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA; Campus Monte Castelo, Departamento de Mecânica e Materiais; Av Getúlio Vargas 04, Monte Castelo, CEP 65025-001, São Luís-MA, Brasil

Abstract. *This study will address the use of a technology widely used in the maintenance sector in order to guarantee the performance of components by studying their thermal behavior under certain operating conditions in order to avoid unexpected malfunctions and costly. This is a very popular technique and of great importance in the maintenance sector, seen as essential for companies that operate on a continuous and have high value in their asset base. It deals with infrared thermography and its subtopics emphasizing the importance of temperature as a control parameter. The applications of the technique in the maintenance area and the conditions and practices required to carry out thermographic inspection in thermal system is discussed. In addition, analysis is conducted for a good interpretation of a thermal imaging aiming at understanding the various factors that may influence the presentation of the image and the final result of the inspection.*

Keywords: *Infrared Thermography, Oven, Predictive Maintenance.*