

**ESTUDO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA: otimização do uso da termografia
infravermelha em unidade de cogeração de energia**

Mariane Cristina dos Santos¹

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo estudar a otimização do uso da manutenção preditiva, determinando, antecipadamente a necessidade de serviços de manutenção numa peça específica de um equipamento; utilizando a termografia infravermelha em Unidade de Cogeração de Energia. A metodologia utilizada foi a revisão bibliográfica descritiva, através de sites especializados e livros da área. A manutenção preditiva tem como atributo fundamental, o monitoramento de parâmetros que caracterizam a condição de funcionamento dos equipamentos, os procedimentos empregados abrangem técnicas e métodos de acompanhamento e análise desses parâmetros. Atualmente manutenção preditiva é um pilar essencial de uma organização em que se deseja que a manutenção reduza os custos, aumente a confiabilidade e disponibilidade das instalações, sendo a termografia infravermelha um dos pilares desta área.

Palavras-chaves: Manutenção Industrial. Qualidade na Manutenção. Manutenção Preditiva. Termografia Infravermelha.

ABSTRACT: This study aimed to study the optimization of the use of predictive maintenance, determining, in advance, the need for maintenance services in a specific piece of equipment; Using infrared thermography in Energy Cogeneration Unit. The methodology used was the descriptive bibliographical review, through specialized sites and books of the area. The predictive maintenance has as fundamental attribute, the monitoring of parameters that characterize the condition of equipment operation, the procedures employed cover techniques and methods of monitoring and analysis of these parameters. Currently, predictive maintenance is an essential pillar of an organization in which maintenance is desired to reduce costs, increase reliability and availability of facilities, and infrared thermography is one of the pillars of this area.

Keywords: Industrial Maintenance. Quality in Maintenance. Predictive Maintenance. Infrared Thermography.

1 INTRODUÇÃO

A competição econômica acirrada em que vivemos, em diversos segmentos, leva à busca da qualidade total em serviços, produtos, gerenciamento ambiental e segurança, passando a ser a meta de todas as empresas. Para tanto, faz-se necessário estabelecer um rigoroso cronograma de fabricação de processamento, de disponibilidade de geração, entre outras. E se não houver um bom programa de manutenção, os prejuízos serão inevitáveis, uma vez que máquinas e equipamentos com defeitos ou quebradas provocam a redução ou interrupção da produção, atrasos nas entregas, danos financeiras, aumento dos custos, indisponibilidade da planta para sua função, insatisfação dos clientes e perda de mercado (BRANCO FILHO, 2006).

¹ Mestranda em Sistemas mecatrônicos – UnB, Bacharel em Engenharia Elétrica, João Pinheiro. Email: engmariansantos@gmail.com

Atualmente muito se fala em eliminar custos e aumentar a produtividade nas empresas, devido a grande concorrência existente. Ao encontro disso, a manutenção torna-se um fator primordial para o cumprimento destas duas metas pois, é nela que se repara a máquina com as melhores tecnologias, técnicas e métodos disponíveis e também é a manutenção que disponibiliza máquinas confiáveis e capazes de produção sem imprevistos, agregando lucros maiores para a corporação empresarial (LOTTERMANN, 2014, p. 14).

A fim de evitar um colapso na instalação industrial, deve-se, obrigatoriamente, definir um programa de manutenção com métodos preventivos visando à obtenção de produtos ou serviços nas quantidades previamente estabelecidas e com qualidade. Também é preciso incluir no programa, as ferramentas a serem utilizadas e a previsão da vida útil de cada elemento das máquinas. Todos os aspectos citados mostram a importância que se deve dar à manutenção (PEREIRA; NEVES, 2000).

De acordo com a ABNT em sua norma NBR 5462, sugerem a manutenção como a combinação de todos os atos técnicos e administrativos, contendo as de supervisão, designadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa realizar uma função requerida. Tem como missão garantir a disponibilidade do desempenho das instalações e equipamentos de modo a atender a um programa de serviço ou de produção com preservação do meio ambiente, credibilidade e custos apropriados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994).

A manutenção preditiva tem como atributo fundamental o monitoramento de parâmetros que caracterizam a condição de funcionamento dos equipamentos, os procedimentos empregados abrangem técnicas e métodos de acompanhamento e análise desses parâmetros. Na visão de Moussa (2011) a manutenção preditiva é atualmente, um pilar essencial de uma organização em que se deseja que a manutenção reduza os custos, aumente a confiabilidade e disponibilidade das instalações.

Uma das técnicas utilizadas na manutenção preditiva é a termografia infravermelha, é um método eficiente, preciso e seguro de avaliação de componentes elétricos e instalações, sendo a técnica que distende a visão humana por meio do espectro infravermelho, a obtenção e análise das informações térmicas realizadas a partir de dispositivos de obtenção de imagens são alcançadas sem contato físico. É enorme a importância da temperatura, constituindo uma das medições mais realizadas diariamente; a todo instante e para numerosos fins nos atentamos com a temperatura e com o desenvolvimento dos equipamentos de obtenção de imagens termográficas, a termografia vem sendo posta como elemento de manutenção preditiva em evidência na área industrial, e ainda já está incorporada a uma ampla área de

aplicações, as quais: controle de qualidade e monitoramento de processo, pesquisa e desenvolvimento, medicina e veterinária, testes não destrutivos (ENGELÉTRICA, 2011).

O objetivo deste artigo é estudar a otimização do uso da manutenção preditiva, determinando, antecipadamente a necessidade de serviços de manutenção numa peça específica de um equipamento; utilizando a termografia infravermelha em Unidade de Cogeração de Energia.

2 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Pereira e Neves (2000) entendem a manutenção como o conjunto de cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações. Esses cuidados envolvem a conservação, adequação, restauração, substituição e a prevenção.

Quem almeja alcançar os objetivos, deve-se buscar a manutenção diária em serviços de rotina e de reparos periódicos programados. “*A manutenção ideal de uma máquina é a que permite alta disponibilidade para a produção durante todo o tempo em que ela estiver em serviço e a um custo adequado*” (PEREIRA; NEVES, 2000, p. 8).

Há dois tipos de manutenção: a planejada e a não planejada. A manutenção planejada classifica-se em quatro categorias: preventiva, preditiva, manutenção produtiva total (TPM) e terotecnologia (WEBER *et al.*, 2008). Li e Gao (2010), bem como Ahuja e Khamba (2008) citam que a TPM é considerada base das estratégias de manutenção e objetiva a máxima disponibilidade operacional a um custo ótimo. Já a manutenção não planejada classifica-se em duas categorias: a corretiva e a de ocasião. A manutenção corretiva tem o objetivo de localizar e reparar defeitos em equipamentos que operam em regime de trabalho contínuo. A manutenção de ocasião consiste em fazer consertos quando a máquina se encontra parada (WEBER *et al.*, 2008).

As técnicas de manutenção fazem parte do processo de gestão de manutenção. É necessário conhecê-las bem para aplicá-las aos ativos de forma eficaz. Fator importante a ser observado é a capacitação dos mantenedores, pois conforme a técnica faz-se necessário determinar o nível de qualificação exigida. Sendo assim, Pereira (2009) considera que o engenheiro de manutenção é fundamental para a implantação com base em análise e definições. Tem como objetivo o aumento da confiabilidade e disponibilidade, porém, sem deixar de lado o controle dos gastos departamentais; devendo adotar critérios rígidos de implantação.

Manutenção corretiva

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994) a NBR-5462 se refere à manutenção corretiva como a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

Pereira (2009) considera a manutenção corretiva amplamente conhecida no ramo industrial, sendo a forma mais comum para reparo de um equipamento com problema. Tem como principal característica o conserto com início logo após a ocorrência da falha, independente da disponibilidade de mão de obra e material necessários ao conserto.

Manutenção preventiva

É a manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falhas ou a degradação do funcionamento do item (ABNT, 1994). Já para Pinto e Xavier (2004), é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, de acordo com um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo.

Segundo Branco Filho (2005) todo o trabalho de manutenção realizado em máquinas que estejam em falha ou, toda manutenção efetuada em uma máquina, equipamento, sistema operacional, unidade ou item para correção de anomalias, classificadas como falhas, panes, quebras para corrigir falhas funcionais.

Manutenção preditiva

Conforme a NBR-5462 é a manutenção preditiva que permite garantir a qualidade do serviço desejado, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se meios de supervisão centralizados ou amostragem para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva (ABNT, 1994).

A manutenção preditiva de um equipamento ou sistema exige monitoramento constante das condições de pressão e temperatura, principalmente por se tratar de processos industriais, em que a qualidade final do produto e sua uniformidade dependem de um controle rígido dessas condições, que admitem apenas diminutas variações. Da mesma forma, determinadas máquinas ou equipamentos industriais deve ser monitorados de forma permanente, estabelecendo-se um sistema podendo em alguns casos, promover automaticamente a parada da máquina ou interrupção do sistema antes que a situação se agrave (ALDERIGHI, 1989).

De acordo com Moussa (2011) as técnicas de manutenção preditiva existentes são inúmeras, sendo que as mais importantes são: vibrações, análise de óleos - é uma ferramenta essencial na manutenção preditiva de equipamentos dinâmicos; termografia, ultrassons - detecção dos ultrassons gerados por diversas formas de falha; análise de motores elétricos - são os tipos de acionamento mais utilizados, o controle de sua condição é essencial para assegurar a disponibilidade das instalações; análise de máquinas alternativas, e detecção de fugas. Pereira (2009) cita duas técnicas principais de manutenção preditiva - a termografia e a análise de vibração. O foco deste estudo é a termografia.

Já a aplicação de análise de vibração, no diagnóstico de defeitos em sistemas rotativos, é uma técnica aplicada há décadas, porém, pouco empregada na prática, e quando mal empregada, não traz os resultados esperados. Denominada também 'monitoramento pela condição' quando sensores instalados em subsistemas do equipamento acompanham a evolução do desgaste (vida útil) dos elementos girantes, como eixos e rolamentos (PEREIRA, 2009). A manutenção preditiva indica as condições reais de operação das máquinas com base em dados que informam o seu desgaste ou processo de aceleração de degradação, e assim determinar o tempo ideal para executar intervenções.

Termografia Infravermelha

O princípio da termografia está baseado na medição da distribuição de temperatura superficial do objeto ensaiado, quando este estiver sujeito a tensões térmicas (normalmente calor). A medição é realizada pela detecção da radiação térmica ou infravermelha emitida por qualquer corpo, equipamento ou objeto (PEREIRA, 2009).

A aplicação da Termografia Infravermelha em subestações de alta tensão possui limitações, principalmente quando realizada em ambientes abertos, onde os resultados obtidos podem ser alterados consideravelmente por influências ambientais, dificultando a análise e o correto diagnóstico dos equipamentos inspecionados. Contudo, se corretamente utilizada é uma excelente ferramenta de manutenção preditiva em subestações de alta tensão, detectando defeitos em seus estágios iniciais e evitando paradas não programadas, aumentando a segurança nas inspeções e aumentando o tempo entre as paradas para manutenção e, conseqüentemente, aumentando a confiabilidade do Sistema Elétrico e reduzindo custos (SANTOS, 2006, p. 17).

Segundo Bassi (2012) a termografia permite avaliações qualitativas e quantitativas de caráter bidimensional dos níveis de temperatura em uma superfície, além ser uma técnica considerada não invasiva por dispensar o contato direto como a inserção de termopares ou termômetros. *“Este método de medir temperatura superficial usa materiais luminescentes. A distribuição da temperatura sobre a superfície é convertida em padrão de brilho (ou cores),*

que pode ser observado diretamente ou gravado fotograficamente” (ALDERIGHI, 1989, p. 204).

Em grandes indústrias ou usinas de geração de energia elétrica, que operam com equipamentos de grande porte e custo muito elevado, é indispensável a instalação de painéis de controle e comando, com instrumentos indicadores das condições de operação desses equipamentos. Sendo que cada indicador corresponde a um ponto estratégico do equipamento, tais como mancais, circuitos de lubrificação, partes que se movimentam causando atrito entre si, filtros, etc. Os sensores térmicos ou de pressão, são instalados nesses pontos, enviando informações aos instrumentos do painel, através de tubos capilares e ou condutores elétricos. (ALDERIGHI, 1989, p. 204).

A termografia é uma técnica que estende a visão humana através do espectro infravermelho (frequência eletromagnética naturalmente emitida por qualquer corpo ou material com intensidade proporcional à sua temperatura. “Essa frequência é captada por câmeras termográficas que permitem a visualização da distribuição de calor. As imagens são denominadas termogramas” (PEREIRA, 2009, p. 124).

Conforme Silveira (2010), para analisar se o equipamento está aquecido ou não, através do termovisor, fica extremamente fácil a localização de regiões quentes ou frias, por meio da interpretação dos termogramas que fornecem imagens, em faixas de temperatura que podem cobrir de – 40 a 1500 °C. A escala policromática (escala de temperatura) vai do preto (temperatura baixa) ao branco (temperatura mais elevada) permeando suaves variações de tonalidades de cores, que dependem da escala usada. Na termografia é mais comum, a utilização da escala denominada IRON (Figura 1), que vai do preto ao branco através de tonalidades de violeta, azul, rosa, vermelho, laranja e amarelo. Contudo, existem outras escalas, que são utilizadas conforme a necessidade (SILVEIRA, 2010).



Figura 1: Escala IRON
Fonte: SILVEIRA, 2010.

Conforme Santos (2006), as faixas de comprimento de ondas para a fabricação de termovisores, aplicáveis aos sistemas elétricos são de 3µm a 5µm e de 8µm a 14µm. Na Figura 2, dentro do espectro eletromagnético Santos (2006) e Moussa (2011) afirmam que a radiação infravermelha se localiza entre a região de radiação visível e a região de radiação de microondas. Sendo que essas regiões são divididas arbitrariamente, dependendo dos métodos utilizados para produção e detecção da radiação.

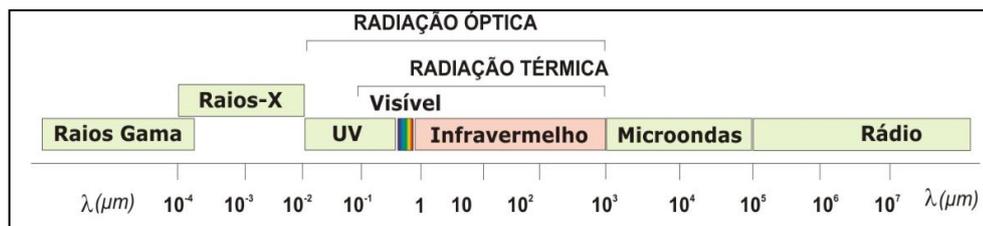


Figura 2: Espectro eletromagnético

Fonte: SANTOS, 2006, p. 35.

A radiação Infravermelha, assim como as radiações das diferentes regiões do espectro eletromagnético, basicamente obedecem às mesmas leis. Propagam-se em linha reta, refletem, refratam, são absorvidas, interferem, apresentam espalhamento de feixe, podem ser enfocadas e viajam, no vácuo, a uma velocidade de aproximadamente 3×10^8 m/s (SANTOS, 2006).

Atualmente, a manutenção preditiva tem se tornado uma das ferramentas que implementam negócios visando aumento da produtividade e redução de perdas econômicas, a termografia infravermelha é um dos pilares desta área (MOUSSA, 2011).

A termografia infravermelha através de câmeras é uma técnica para medidas de temperatura chamada não invasiva porque dispensa o contato direto com o meio de interesse, diferentemente de termopares e termômetros. Essa tecnologia consiste em aproveitar a radiação térmica infravermelha das superfícies para fazer medidas de sua temperatura por comparação ao emissor ideal, o corpo negro (BASSI, 2012).

Através da câmera (Figura 3) detecta antecipadamente problemas relacionados à temperatura em equipamentos elétricos e mecânicos, é um sensor de temperatura ideal para o monitoramento contínuo de condição e detecção de pontos de calor em painéis elétricos, configurações de processo e fabricação, centros de dados, instalações de transporte público, usinas de geração de energia e instalações de armazenamento (FLIR, 2016).

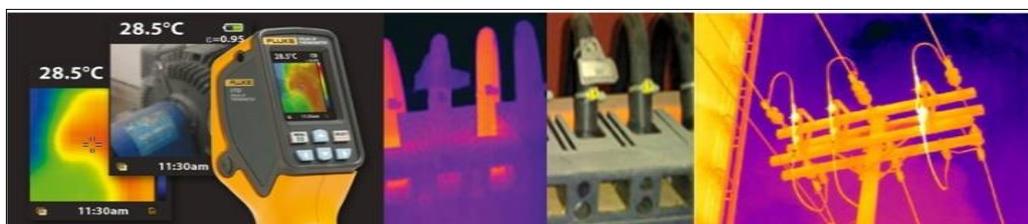


Figura 3: Termografia em painéis elétricos, subestação, máquinas e equipamentos. Câmera Fluke

Fonte: PUGLIESE ENGENHARIA, 2014.

Conforme MGS Tecnologia (2014) a termografia infravermelha (Figura 4) é uma ferramenta comum usada para inspecionar, ajudar solucionar questões energéticas e de segurança em instalações industriais. O isolamento eficaz de circuitos elétricos, vazamentos de vapor ou água, além de problemas elétricos podem ser detectados e resolvidos por meio da termografia.

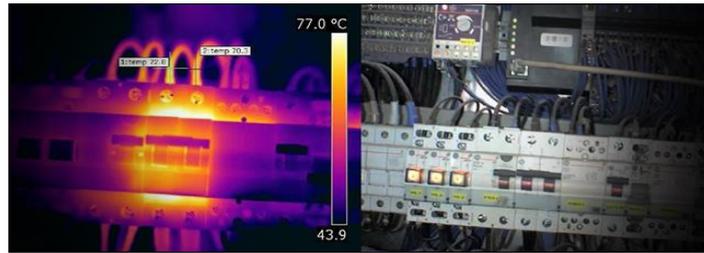


Figura 4: Inspeção termográfica
Fonte: MGS Tecnologia, 2014.

A câmera termográfica é um dos equipamentos mais requisitados, e esse equipamento possibilita efetuar inspeções mantendo a segurança do operário e detectar dispendiosas e imperceptíveis ao olho humano, que poderia resultar em custos desnecessários. Possui múltiplas aplicações, como manutenção elétrica (alta, média e baixa tensão), manutenção mecânica, detecção de falhas e em condutas e fornos (PEREIRA, 2009).

As câmeras termográficas são fáceis de usar, dando um panorama da situação real, permitindo realizar a inspeção com o sistema em funcionamento, localizar o problema e guardar uma imagem para fornecer um histórico completo (MOUSSA, 2011).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS OU CONCLUSÃO

A colocação manutenção e qualidade cresceram juntamente com as demandas da sociedade e o ambiente produtivo, mas a qualidade na manutenção necessita de máxima atenção nas Unidades de Cogeração de Energia, constituindo ela uma grande oportunidade de caracterização da concorrência e aumento da competitividade. Na indústria, onde seu foco encontra-se na produção de um item, maior manutenção não agrega maior valor ao produto final, constitui maiores custos e menor margem de lucro.

O uso dos conceitos da gestão da qualidade não é um caminho apenas para melhorar os serviços de manutenção em si, mas melhorar a relação com seus integrantes, onde ela deixa de ser um meio de custo e torna-se um meio de lucro.

Melhor serviço de manutenção pode não constituir melhor produto final, mas uma indústria cuja demanda de serviços de manutenção seja minimizada ao que é realmente necessário terá um grande diferencial competitivo. Na busca por máxima competitividade nenhuma área pode ser esquecida ou depreciada, e neste sentido, não buscar a melhoria contínua da qualidade da manutenção é um erro que compromete a durabilidade de uma organização.

A termografia infravermelha é uma técnica de inspeção não destrutiva e não invasiva que tem como base a detecção da radiação emitida fluentemente pelos corpos com amplitude

competente a sua temperatura. Por meio desta técnica é possível identificar regiões, ou pontos, onde a temperatura está alterada com relação a um padrão pré-estabelecido.

É possível afirmar que a inspeção termográfica é um procedimento simples, barato e seguro. Extremamente ágil de ser executado, proporciona baixíssimo risco de acidentes ao termografista por não possuir contato direto entre ele e equipamentos energizados.

Por ser uma excelente ferramenta de auxílio na prevenção de falhas dos sistemas elétricos, a inspeção empregando a termografia infravermelha em Unidade de cogeração de energia pode ser subordinada a muitas influências e limitações, é possível tendo um conhecimento prévio, reduzi-las ou evitá-las.

REFERÊNCIAS

ALDERIGHI, Álvaro. Medida e controle da temperatura e pressão na manutenção. In: NEPOMUCENO, Lauro Xavier. **Técnicas de manutenção preditiva**. São Paulo: Edgar Blucher, 1989. v. 1. Cap. 10. p. 188-206.

AHUJA, I. P. S.; KHAMBA, J. S. Total productive maintenance: literature review and directions. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 25, n. 7, p. 709-756, 2008. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/02656710810890908>>. Acesso em: 11 jan. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR-5462**: confiabilidade e manutenibilidade. nov. 1994. Disponibilidade: <<http://pt.slideshare.net/eavargas2512/nbr-5462-2>>. Acesso em: 10 set. 2016.

BASSI, Anderson Flávio. **Análise da perda energética no cilindro em motor diesel através da termografia**. 2012. 123f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) – Universidade Federal de São João Del Rei, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Programa de Pós-graduação em Engenharia da Energia, São João Del Rei, 2012. Disponível em: <http://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/mestradoenergia/Dissertacoes/2010/Anderson_Bassi.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2016.

BRANCO FILHO, Gil. **Dicionário de termos de manutenção, confiabilidade e qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006.

BRANCO FILHO, Gil. **Planejamento e controle da manutenção**: curso de planejamento e controle de manutenção. 2005. Disponível em: http://www.fahor.com.br/publicacoes/sief/2011_Bases. Acesso em: 05 nov. 2016.

ENGELÉTRICA. **Termografia**. 2011. Disponível em: <<http://www.engeletrica.ind.br/termografia>>. Acesso em: 02 nov. 2016.

FLIR. Inspeção subestações e linhas de transmissão com termovisores fixos e portáteis FLIR. 2016. Disponível em: <<http://www.flir.com.br/osetoreletrico/>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

LI, Dacheng; GAO, Jingi. Study and application of Reliability-centered Maintenance considering Radical Maintenance. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 23, n. 5, p. 622-629, set. 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jlp.2010.06.008>>. Acesso em: 11 jan. 2017.

LOTTERMANN, Adriano Antonio. **Elaboração de um plano de manutenção para máquinas de usinagem de laboratório de estudos da FAHOR**. 2014. 52f. Trabalho Final de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Faculdade Horizontina, Curso de Engenharia Mecânica, 2014. Disponível em: <http://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngMec/2014/Adriano_Antonio_Lottermann.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2016.

MGS TECNOLOGIA. Inspeção termográfica. 2014. Disponível em: <<http://www.mgstecnologia.com.br/solucoes/inspecao-termografica/>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

MOUSSA, Simhon. **Instrumentação e ensaios de manutenção preditiva**. São Paulo: Editora do Autor, 2011. (Engineering Tools).

PEREIRA, Adriana Louzada; NEVES, Fábio Lúcio. **Gestão da manutenção**. Contagem: SENAI-CFP Alvimar Carneiro de Rezende, 2000. Disponível em: <http://www.univasf.edu.br/~castro.silva/disciplinas/MAN/apostila_senai.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2016.

PEREIRA, Mário Jorge. **Engenharia de manutenção: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2009.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Julio de Aquino Nascif. **Manutenção: função estratégica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

PUGLIESE ENGENHARIA. Termografia. 2014. Disponível em: <<http://puglieseengenharia.com.br/wp-content/uploads/2014/11/Termografia1.jpg>>. Acesso em: 28 dez. 2016.

SANTOS, Laerte dos. **Termografia infravermelha em subestações de alta tensão desabrigadas**. 2006. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia, Itajubá, 2006. Disponível em: <<http://saturno.unifei.edu.br/bim/0032852.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2016.

SILVEIRA, Deivison. **Manutenção preditiva em painéis elétricos com a utilização da termografia**. 2010. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/101985906/Manutencao-preditiva-em-paineis-eletricos-com-a-utilizacao-da-termografia>>. Acesso em: 28 dez. 2016.

WEBER, Abílio Jose *et al.* **Curso técnico mecânico: manutenção industrial**. Contagem: SENAI-CFP “Alvimar Carneiro de Rezende”, 2008.