

## APERFEIÇOAMENTO DA ROTINA DE INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE UMA EMPRESA SIDERÚRGICA

Adriano Correa da Silva Junior<sup>1</sup>  
Elisa Cristina Gonçalves Tavares<sup>2</sup>  
Ronaldo Asevedo Machado<sup>3</sup>

### RESUMO

Este artigo apresenta uma proposta para o aperfeiçoamento na rotina de inspeção de equipamentos em uma empresa siderúrgica da região do Alto Paraopeba. Com o aumento da competitividade vivenciado no cenário empresarial, cada vez mais, é necessário o abandono de práticas e métodos de manutenção que sejam estáticos, ou que não tem a habilidade de se moldar conforme as mudanças da organização, visto que os custos de manutenção representam cerca de 4,11% do faturamento das empresas, de acordo com a ABRAMAN. Este trabalho tem como objetivo apresentar um aperfeiçoamento na forma que é definida a rotina de inspeção de equipamentos, até então focada em manuais do fabricante e conhecimento empírico dos inspetores e gestores. Tem-se como proposta criar um método para categorizar e classificar os componentes por diversos critérios, dessa forma gerando uma nova rotina, que estará embasada em condições reais geradas através do convívio da produção e manutenção. Dessa forma, a periodicidade será alterada, conferindo aos equipamentos confiabilidade e disponibilidade de máquinas para a produção.

**Palavras-chave:** Rotina de inspeção; Manutenção preventiva; Confiabilidade.

### ABSTRACT

This article presents a proposal for the improvement in the routine inspection of equipment in a steel company in the Alto Paraopeba region. With the increase in competitiveness experienced without a business scenario, it is increasingly necessary to abandon practices and methods of maintenance that are static, or that do not have the ability to shape as organizational changes, since maintenance costs represent about of 4.11% of company revenues, according to ABRAMAN. This work aims at an improvement in the form and is defined as an equipment inspection routine, until then focused on the manufacturer's manuals and empirical knowledge of the inspectors and managers. It is proposed to create a method to categorize and classify the components by several criteria, this way of generating a new routine, embedding in real conditions generated through the production and maintenance relationship. In this way, periodicity will be changed, giving the equipment reliability and availability of machines for production.

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Elétrica Faculdade Santa Rita Fasar. E-mail: adriano.correa123@gmail.com

<sup>2</sup> Mestrado em Tecnologias para o Desenvolvimento Sustentáveis, UFSJ-MG. E-mail: elisa\_cgt@hotmail.com

<sup>3</sup> Mestrado em Educação Matemática, UFOP – MG E-mail: ronaldoengseg@gmail.com

**Keywords:** Inspection routine; Preventive maintenance; Reliability.

## **1. INTRODUÇÃO**

No sentido de se tornarem mais competitivas as organizações buscam a redução de custos. Sabe-se que um dos prejuízos para uma empresa é a falta de disponibilidade do maquinário, que está atrelado ao trabalho da manutenção industrial. Segundo a ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos) o custo da manutenção representa aproximadamente 4,11% do faturamento das empresas.

Ao atentar para os métodos de manutenção, nota-se a grande importância do papel do inspetor de equipamentos, tendo ele um monitoramento contínuo da máquina, visando: troca de componentes, antecipação de problemas, análise de falhas, agendamento de ensaios não destrutivos e diagnósticos de métodos preditivos. Para isso, o inspetor precisa de uma rotina de inspeção que seja dinâmica e se adapte ao cenário, não somente fundamentada em planos de manutenção fornecidos pelo fabricante, mas embasada em toda estrutura que compõe o sistema produtivo e de manutenção.

Neste sentido, foi realizado um estudo de caso com o objetivo de investigar: como uma metodologia de inspeção que se adapte ao meio, onde o equipamento está inserido, pode contribuir para a manutenção preditiva? A partir deste estudo busca-se entender as estratégias e conceitos de manutenção existentes e propor uma nova rotina de inspeção de equipamentos para uma área de usinagem localizada dentro de um complexo siderúrgico na região do Alto Paraopeba.

## **2. MANUTENÇÃO**

A NBR 5462 (1994, p. 6) traz o conceito de manutenção, “Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.”

Segundo Elcias José Ferreira, presidente da ABRAMAN entre os anos de 1988 e 1990, a manutenção foi de suma importância nos serviços essenciais ao bem estar da vida do homem. Entende-se então que a manutenção é a ferramenta que permite que todo tipo de serviço seja realizado. Dessa forma pode-se afirmar que todo produto e serviço prestado estão profundamente atrelados à manutenção, sem ela não seria possível oferecer algo sustentável, pois na primeira quebra do fluxo produtivo o mesmo não poderia ser reestabelecido, assim restringindo o acesso do homem aos produtos e interrompendo o desenvolvimento de novas tecnologias que servem para auxiliar o ser humano.

### **3. IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO**

A manutenção existe desde os primórdios da sociedade, ela sempre foi usada para restaurar algo, sendo uma ferramenta, ou no contexto atual, um equipamento de última geração.

A manutenção industrial começou a ser mais visada e sistematizada antes da segunda guerra mundial, e ela tem sido aperfeiçoada até os dias atuais. Segundo KARDECK e NASCIF (2009) a história da manutenção pode ser dividida em quatro gerações.

- Antes da segunda guerra – 1950: Não era usada de forma sistêmica e os equipamentos eram simples. O foco dela era reparar e limpar o equipamento.
- 1950 – 1970: Com o aumento da produção devido à guerra, houve a utilização de equipamentos mais complexos e uma grande preocupação com os custos de manutenção, onde ali começava a surgir a necessidade da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, então surgiu nesse contexto a ideia de manutenção preventiva, trazendo manutenções periódicas nos equipamentos.
- 1970 – 2000: Nesse período o *just-in-time* virava uma tendência mundial, que era produzir com o mínimo de estoque possível, onde uma quebra de equipamento acarretaria grandes prejuízos para a empresa, trazendo atraso na entrega para clientes, entre outros malefícios. Dentro desse contexto

também surgiu o uso da automação na indústria, assim o setor de manutenção teve que acompanhar a mudança do mercado e como resposta surgiram novas estratégias de manutenção. Nesse período houve a criação e implementação da manutenção preditiva e também na MCC (Manutenção centrada em confiabilidade), para que a partir dessas técnicas fosse possível aumentar a confiabilidade e disponibilidade de equipamentos.

- 2000 – Atualmente: Nessa geração são reforçados os pilares deixados na geração anterior, cada vez mais utilizado o monitoramento e diagnóstico dos equipamentos e nesse período se consagra a importância da análise de falhas e Engenharia de manutenção.

## **4. TIPOS DE MANUTENÇÃO**

### **4.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA**

KARDECK e NASCIF (2009, p. 38) definem o a manutenção corretiva como: *“Manutenção corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menos do que o esperado”*. Esse é o método de manutenção mais antigo, porém é o que possui o custo mais elevado para a organização, ele pode acarretar prejuízos como: parada não planejada, aquisição de componentes de forma emergencial, assim gerando alto custo para organização, segundo HANSEN (2006) o custo da manutenção corretiva é três a cinco vezes mais cara que a preventiva.

### **4.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA**

Diferentemente da corretiva a manutenção preventiva visa à antecipação da falha, ela usa como base os planos de manutenção fornecidos do fabricante, para assim evitar a quebra de equipamentos. Embora seja uma evolução comparada com a manutenção corretiva, ela ainda possui altos custos de operação.

### **4.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA**

Segundo NEPOMUCENO L. X. (2009) a manutenção preditiva é aquela que através de métodos e técnicas específicas consegue predizer, com segurança, qual é a vida

útil do componente e até quando ele resistirá no regime de trabalho, assim criando um monitoramento do equipamento, trazendo resultados satisfatórios para a confiabilidade e indicadores de manutenção.

## 5. GESTÃO DE ATIVOS

### MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo Cervo; Bervian (2002.), “a pesquisa é uma atividade voltada para a investigação de problemas teóricos ou práticos por meio do emprego de processos científicos”.

Pode-se definir pesquisa como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa é requerida quando não se dispõe de informações suficientes para responder ao problema, ou então quando a informação disponível se encontra em tal estado de desordem que não possa ser adequadamente relacionada ao problema. (GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª Ed. São Paulo: Atlas 2002).

A pesquisa é desenvolvida mediante o concurso dos conhecimentos disponíveis e a utilização cuidadosa de métodos, técnicas e outros procedimentos científicos. Na realidade, a pesquisa desenvolve-se ao longo de um processo que envolve inúmeras fases, desde a adequada formulação do problema até a satisfatória apresentação dos resultados. (GIL, 2002, p. 34).

De acordo com os autores acima, a pesquisa se faz necessária quando não existe uma resposta satisfatória para o problema. Fazendo-se necessária a pesquisa, afim de encontrar respostas para os problemas.

A pesquisa é realizada de forma sistemática, e organiza as ideias e práticas para otimizar a solução de situações problemas.

Segundo Gil (2002, p. 19), “essas pesquisas têm como preocupação central identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos”. O Quadro 1 apresenta a metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho.

**Quadro 1 – Quadro metodológico**

Tipo de Pesquisa	Característica
------------------	----------------

Natureza	Abordagem do problema	Fins	Procedimentos
Aplicada	Qualitativa/Quantitativa	Exploratória	Estudo de caso

Fonte: Próprio autor.

A pesquisa de natureza aplicada é aquela que segundo Gil (2002) tem como objetivo maior familiaridade com o problema e objetiva torná-lo explícito. No presente trabalho optou-se por um estudo de caso, uma vez que, de acordo com Gil (2002) é um estudo exaustivo de um ou poucos objetos, de modo a permitir um amplo e detalhado conhecimento do problema.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O objeto de estudo foi uma área de usinagem de tubos localizada dentro de um complexo siderúrgico. Essa área possui 13 equipamentos, esses são responsáveis pela produção do setor, dentre eles há máquinas de mesmo modelo, então pode-se dizer que essa área possui 9 tipos diferentes de equipamentos.

Cada tipo de equipamento exerce um trabalho específico no produto, a figura 1 traz o fluxograma do sistema produtivo, onde cada letra representa um tipo de equipamento.

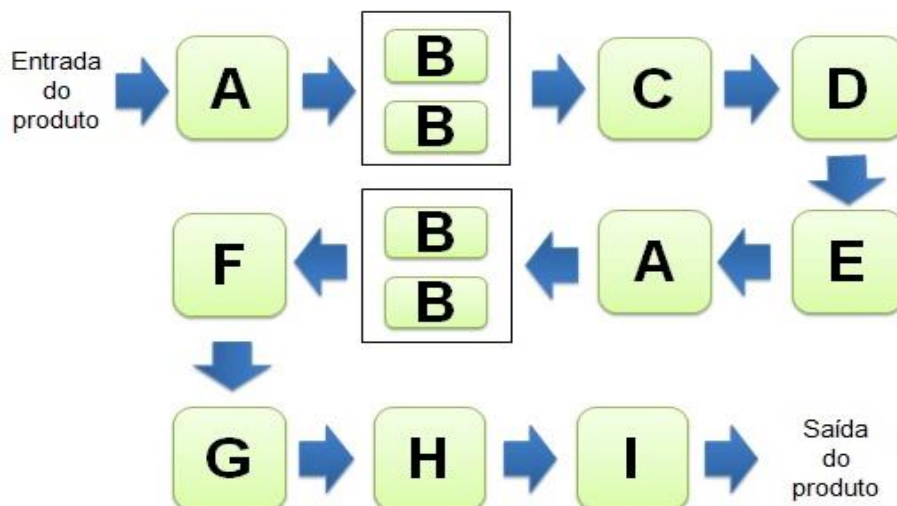


Figura 1 – Fluxograma do processo produtivo (Autoria própria)

Através do fluxograma pode-se perceber que essa é uma linha de produção em série, entretanto o equipamento B realiza seu trabalho em paralelo com outro equipamento B. Percebe-se também que esse fluxo apresenta dois equipamentos tipo A e quatro tipo B.

Dentro dessa área existe uma gerência de manutenção, que é responsável pela preservação e disponibilidade dos equipamentos. Essa gerência se divide em duas equipes, sendo elas: Manutenção Corretiva e Inspeção.

- Equipe de Manutenção Corretiva: É responsável pela correção de falhas e reestabelecimento do fluxo produtivo. Ela atua após a falha ou quebra do equipamento, possui uma única função, permitir e dar condição para que a linha volte a produzir. Os integrantes da equipe não são dedicados para um tipo de equipamento, todos podem atuar em qualquer equipamento da área.
- Equipe de Inspeção: É responsável pela antecipação de problemas, onde usufruí da manutenção preventiva e preditiva para evitar falhas e quebra de máquinas. Nela os inspetores possuem seus equipamentos, ali executam sua rotina de inspeção e a realizam cotidianamente, também são responsáveis por solicitar compra, agendar OS (Ordem de serviço) e diagnósticos preditivos. Na figura 2 é ilustrado a estrutura dessa equipe.

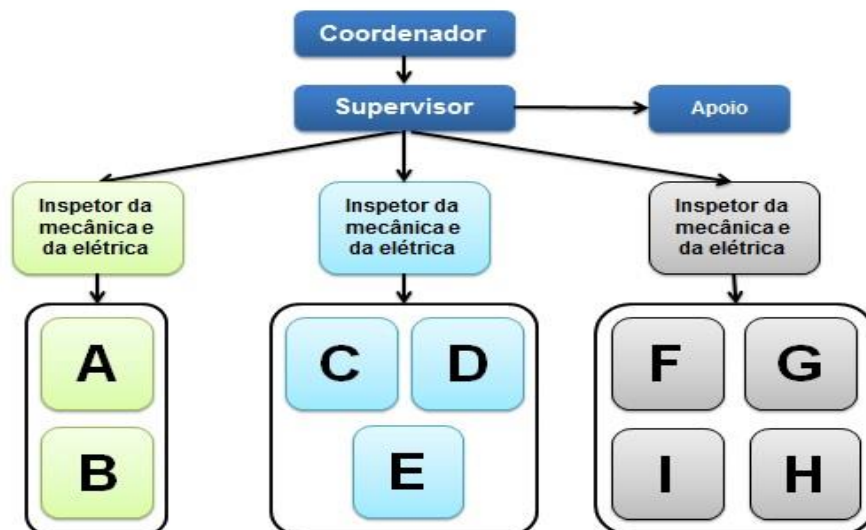


Figura 2 – Organograma da equipe de inspeção (Autoria própria)

Essa estrutura possui um coordenador, supervisor que é responsável por 6 inspetores, que por sua vez respondem pelos 13 equipamentos da linha.

A coordenação define a periodicidade de inspeção através de três critérios, sendo: Vida útil definida pelo fabricante, criticidade do equipamento e conhecimento empírico.

- Vida útil do equipamento: Por meio de manuais e planos de manutenção fornecidos pelo fabricante, o coordenador compila essas informações para gerar a periodicidade de inspeção e o máximo que o componente poderá trabalhar. Para os componentes que não possuem tais informações é usado o conhecimento empírico, que será visto mais adiante. Ressalva-se que o fornecedor nem sempre conhece as condições operacionais do equipamento e isso pode acarretar duas possíveis falhas, a substituição prematura ou a quebra inesperada.
  - Substituição prematura: Acontece quando as condições em que o componente está inserido são favoráveis, dessa forma a peça consegue ultrapassar a vida útil estabelecida pelo fornecedor, porém devido o plano de manutenção a troca é realizada da mesma forma.
  - Quebra inesperada: Ocorre quando o meio que o componente está inserido é muito agressivo e acontece a quebra entre a periodicidade de inspeção.
- Criticidade do equipamento: É um relatório gerado por um software que a engenharia usa para definir através do cenário qual o equipamento mais crítico, para assim definir um plano de ação para reduzir tal característica. Tem-se por base as paradas causadas na linha e falhas em potencial, porém seu foco é o equipamento e não um componente específico, assim o inspetor não conseguirá dar o foco necessário aos componentes que são críticos.

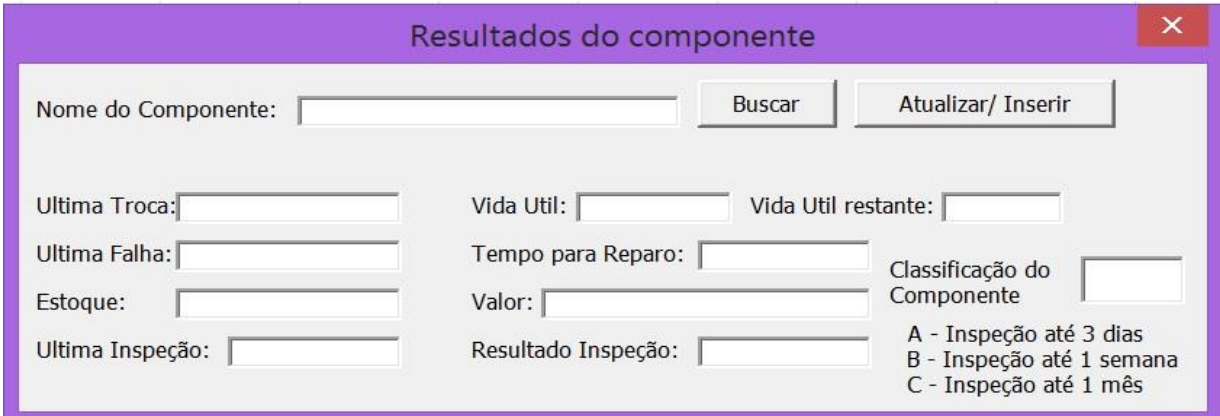
A criticidade de um componente muda a cada dia, tendo sua variação causada por diversos fatores, como o resultado das inspeções até a quantidade de peças em estoque.



- Conhecimento Empírico: A periodicidade e vida útil do componente também são definidas dessa forma, onde o gestor junto com o inspetor irá trocar experiências, para assim definir um prazo para a inspeção e substituição do elemento.

Dessa forma a equipe de inspeção realiza seu trabalho, de posse da rotina de inspeção gerada pela coordenação, que está embasada nos três pilares vistos anteriormente, onde falta uma visão global e sistêmica do contexto e estrutura como um todo e não como uma parte.

Dentro desse contexto surge a proposta do presente trabalho, que consiste em classificar os equipamentos através de resultados reais, gerados pelos relatórios de falhas, administração de estoque e resultados da inspeção. Para criar o banco de dados o inspetor deverá preencher um formulário, para este trabalho foi utilizado uma planilha eletrônica. O respectivo formulário pode ser observado na figura 3.



The image shows a web form titled "Resultados do componente" with a purple header and a red close button. The form contains several input fields and buttons:

- Nome do Componente:  [Buscar] [Atualizar/ Inserir]
- Ultima Troca:  Vida Util:  Vida Util restante:
- Ultima Falha:  Tempo para Reparo:  Classificação do Componente:
- Estoque:  Valor:
- Ultima Inspeção:  Resultado Inspeção:

Classification options:

- A - Inspeção até 3 dias
- B - Inspeção até 1 semana
- C - Inspeção até 1 mês

Figura 3 – Formulário de informações sobre o componente. Fonte: Autoria Própria

Conforme se observa o inspetor deverá preencher os seguintes campos:

- Nome do Componente: Nome que foi associado ao componente inspecionado
- Ultima troca: Data que foi realizada a ultima substituição do componente.
- Vida útil: Vida útil estipulada pelo fabricante (em horas de trabalho)

- Última falha: Data que ocorreu a falha do item.
- Tempo para Reparo: Tempo estimado para conserto se o item sofrer quebra.
- Estoque: Quantos componentes em estoque
- Valor: O preço de mercado do componente em questão.
- Última Inspeção: Data da última inspeção.
- Resultado da inspeção: Qual foi o resultado da última inspeção. (Bom, regular, alarmante, Emergencial)

O Formulário retornará ao usuário as seguintes informações.

- Vida útil restante: Calculada através da diferença da data da última troca com a vida útil fornecida pelo fabricante.
- Classificação do componente: Resultado da análise da planilha.

Após o preenchimento do formulário esses dados serão indexados em um banco de dados e através deles serão gerados pontos para priorização da inspeção e servirá de base para categorizar os componentes. A avaliação irá fundamentar-se em sete categorias e critérios, a tabela 1 ilustra a forma de pontuação de cada categoria.

Vida Util Restante		Última Corretiva		Última Inspeção	
Menor que 100 horas	15 Pontos	Menor que um semana	10 Pontos	Maior que seis meses	10 Pontos
Entre 101 e 200 horas	10 Pontos	Menor que um mês	5 Pontos	Menor que seis meses	5 Pontos
Entre 201 e 500 horas	5 Pontos	Menor que três meses	3 Pontos	Menor que três meses	3 Pontos
Entre 501 e 1000 horas	3 Pontos	Menor que seis meses	2 Ponto	Menor que um mês	2 Ponto
Maior que 1000 horas	1 Ponto	Maior que seis meses	1 Ponto	Menor que um semana	1 Ponto
Resultado Inspeção		Valor		Estoque	
Emergencial	10 Pontos	Maior que R\$ 30000	10 Pontos	0 em estoque	10 Pontos
Ruim	5 Pontos	Entre R\$ 10000 e R\$30000	5 Pontos	1 em estoque	5 Pontos
Regular	3 Pontos	Entre R\$ 1000 e R\$10000	3 Pontos	2 em estoque	3 Pontos
Bom	1 Ponto	Menor que R\$ 1000	1 Ponto	3 ou mais em estoque	1 Ponto
		Tempo de Reparo			
		Maior que oito horas	10 Pontos		
		Entre quatro e oito horas	5 Pontos		
		Entre duas e quatro horas	3 Pontos		
		Menor que duas horas	1 Ponto		

Tabela 1 – Critérios para classificação do componente. Fonte: Autoria Própria

As sete categorias são: Vida útil restante, Última Corretiva, Última inspeção, Resultado Inspeção, Valor, Estoque, Tempo de Reparo. Cada categoria tem o seu respectivo critério para classificação, neste trabalho as categorias e critérios foram definidos através do cenário da área atual e eles servem para exemplificar uma forma de categorizar. Sabe-se que cada indústria terá seu respectivo cenário, dessa forma pode-se variar as categorias e também a forma de pontuação de cada critério, por exemplo: uma em empresa que prega a política de MCC poderá focar em vida útil restante e última inspeção, aumentando seus pontos de priorização, tal como uma empresa focada em Disponibilidade poderá focar no resultado do Tempo de Reparo e Estoque. Os critérios são variáveis para cada cenário e devem ser definidos através da avaliação do setor de engenharia de manutenção.

Assim que a planilha eletrônica classificar cada característica em seu respectivo critério a mesma realizará o somatório da pontuação, através desse resultado os componentes serão classificados como A, B ou C. A partir dessa classificação, o inspetor terá como referência qual será o equipamento mais crítico, dentro do cenário atual. Logo abaixo se pode contemplar como se dá a escolha de cada criticidade.

- Criticidade A: São os componentes que precisam de maior atenção, deve se realizar a sua inspeção em até 3 dias. O valor atribuído a essa característica é de 65 a 85 pontos.
- Criticidade B: São os componentes que devem ser inspecionados dentro de uma semana. Seu valor é de 50 até 65 pontos.
- Criticidade C: São os componentes que possuem a situação favorável, eles devem ser inspecionados dentro de um mês. Seu valor é de 8 a 50.

Após essa definição o inspetor irá agendar suas inspeções conformes os dados gerados por essa planilha, logo após a inspeção o inspetor irá lançar os resultados e uma nova rotina de inspeção.

Dessa forma constata-se que este trabalho cumpre seu objetivo em oferecer uma proposta de uma nova metodologia de inspeção que se adapte ao meio onde o

equipamento está inserido. Ele abre caminho a futuros trabalhos onde pode-se moldar esse modelo à diversas situações, organizações e estruturas, mostrando-se uma forma simples de priorizar e classificar componentes dos maquinários e assim ter um panorama da atual conjuntura dos mesmos. Trata-se de usar os recursos de forma racional e científica e não somente empiricamente.

Conclui-se que através de ferramentas simples, pode-se alcançar resultados satisfatórios dentro dos setores e na forma de trabalho, gerando até mesmo um aperfeiçoamento na rotina de inspeção de uma empresa siderúrgica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 5462, Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª Ed. São Paulo: Atlas 2002.

HANSEN, R. C. **Eficiência global dos equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/ manutenção para o aumento dos lucros**. Porto Alegre: Bookman, 2006;

KARDEC, A - **Gestão Estratégica de Ativos Físicos**. Disponível em: [www.abraman.org.br/Arquivos/187/187.ppt](http://www.abraman.org.br/Arquivos/187/187.ppt) Acesso em: 21/10/2017

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3º Ed. Ver e ampl. Rio de Janeiro: Qualitymark; Petrobras, 2009.

NEPOMUCENO, L. X. **Técnicas de manutenção preditiva**. São Paulo: Blucher, 2009.