

# ANÁLISE DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO EM UMA METALÚRGICA

Revista da Universidade Vale do Rio Verde  
ISSN: 1517-0276 / EISSN: 2236-5362  
v. 17 | n. 1 | Ano 2019

**Milla Caroline Gomes**

Universidade Federal de Uberlândia (UFU)  
millagomes15@yahoo.com.br

**Thonson Ferreira Costa**

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha  
e Mucuri (UFVJM)  
thonson.ferreira@ict.ufvjm.edu.br

**Paulo César de Resende Andrade**

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha  
e Mucuri (UFVJM)  
paulo.andrade@ict.ufvjm.edu.br

## RESUMO

A elevada competitividade exige aumento de produtividade das empresas tornando fundamental a implantação do gerenciamento estratégico da manutenção. Assim sendo, há necessidade de inserção de novas técnicas e enfoques na organização da manutenção. A proposta deste trabalho consiste em analisar o processo de manutenção executado em uma indústria metalúrgica e verificar se a estratégia utilizada é a mais indicada para o caso específico do moinho de bolas. Foram analisados os planos de manutenção dos equipamentos e os dados relativos aos tempos entre falhas do moinho de bolas. A empresa necessita melhorar a sua estrutura e implantar estratégias eficientes de manutenção de seus equipamentos.

**Palavras-chave:** Manutenção. Planejamento. Gerenciamento. Metalúrgica. Moinho de bolas.

## ANALYSIS OF THE PROCESS OF MAINTENANCE IN A METALLURGY

## ABSTRACT

The high competitiveness demands an increase of productivity of the companies. This makes the implantation of the strategic management of the maintenance critical. Thus, it is necessary to insert new techniques and approaches in the maintenance organization. The purpose of this work is to analyze the maintenance process carried out in a metallurgical industry and to verify if the strategy used is the most suitable for the specific case of the ball mill. The maintenance plans of the equipment and the data related to the time between failures of the ball mill were analyzed. The company needs to improve its structure and implement efficient maintenance strategies for its equipment.

**Keywords:** Maintenance. Planning. Management. Metallurgical. Ball mill.

Recebido em: 29/08/2018 - Aprovado em: 20/03/2019 - Disponibilizado em: 15/07/2019

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a atividade de manutenção tem passado por diversas alterações,

com a inserção de novas técnicas e enfoques na organização da manutenção. A manutenção tem se consolidado como uma área fundamental dentro das organizações, que têm passado a

enxergar que a sobrevivência do empreendimento está diretamente ligada a uma manutenção adequada e eficiente.

Por muito tempo a manutenção foi relacionada a tempo improdutivo e altos custos. Esta visão vem sendo substituída pelo conceito de manutenção como função estratégica dentro do ramo industrial. A aplicação de políticas claras de manutenção deve estar aliada às técnicas de gestão (ABRAMAN, 2013).

Silva (2012) destaca que nos últimos tempos as organizações têm se preocupado em serem referências mundiais. Para isso, procuram implantar excelência em todas as suas áreas, incluindo a de Manutenção, que atua buscando continuamente o melhor resultado dos negócios.

Quando uma organização consegue entender o verdadeiro conceito da manutenção, percebe que a mesma atua como uma gestão estratégica, que define os rumos da organização, sendo uma área de obtenção de ganhos (SIMEI, 2012). Assim, a manutenção deve agir de modo a maximizar a confiabilidade e a disponibilidade de um equipamento e ao mesmo tempo reduzir os custos. Além de otimizar com qualidade e segurança os recursos disponíveis (PINTO; XAVIER, 2009).

A indisponibilidade de equipamentos críticos pode interferir no desempenho fabril (FAGUNDES *et al.*, 2011), o que pode ser medido e controlado por indicadores adequados (PACHECO *et al.*, 2013). Algumas falhas podem afetar o desempenho global do sistema de produção, gerar desperdício de matéria-prima em processo, afetar a qualidade dos produtos ou atrasar prazos de entrega, causando aumento de

custos, insatisfação dos clientes e danos à imagem da empresa (CERVEIRA; SELBITTO, 2015).

Diante disso, o objetivo deste trabalho consiste em analisar o processo de manutenção executado em uma indústria metalúrgica e verificar se a estratégia de manutenção utilizada é a mais indicada para o caso específico do moinho de bolas, principal equipamento da sua linha de produção.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Manutenção

Para Tavares (2011, p. 1) manutenção “é a técnica de conservar os equipamentos e componentes em serviço durante o maior prazo possível e com o máximo rendimento”. Já a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (1994, p. 6), por meio da norma NBR 5462/1994 de Confiabilidade e Manutenibilidade, define manutenção como uma "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".

Os primeiros registros de manutenção, segundo Flores (2015), ocorreram no século X pelos Vikings. Silva (2012) afirma que, entre 1914 e 1930, com o início da Primeira Guerra Mundial e com a implantação dos sistemas de produção em série, houve a necessidade de estabelecer um programa mínimo de produção. Para isso foram montadas equipes responsáveis pela manutenção, que realizavam os reparos necessários nos equipamentos quando os mesmos apresentavam falhas e/ou quebras, ao menor

tempo possível. Surgiu nesse período a manutenção corretiva, como é conhecida atualmente.

Pinto e Xavier (2009) dividem a evolução da manutenção em quatro gerações. A primeira, iniciada a partir de 1930, compreende a época que antecede a Segunda Guerra. Nessa época o pensamento era de "consertar" o que foi "quebrado" ou "falhou", portanto as falhas eram aceitas e corrigidas.

A segunda geração corresponde ao período de 1950 a 1970. Em consequência da guerra, houve um grande aumento da demanda de todos os produtos e diminuição da mão de obra. Thiago (2013) afirma que a ideologia dessa geração era atingir a maior produtividade, para isso, buscava-se evitar as falhas dos equipamentos. Como consequência, foi criada a manutenção preventiva, que consiste na realização de intervenções periódicas em um equipamento, com o objetivo de antecipar as falhas que iriam ocorrer.

A terceira geração ocorreu por volta de 1970 a 1990. Segundo Viana (2016), nesse período as indústrias estavam passando por uma grande transformação. Na qual tiveram que enfrentar a concorrência globalizada devido ao alto consumo da sociedade. Os seus equipamentos precisavam de alta disponibilidade e os consumidores passaram a exigir produtos com qualidade. Portanto, nessa época, possuir um bom desempenho industrial era equivalente a ter qualidade nos produtos e serviços prestados, além de confiabilidade, custos e minimização de falhas. Para assegurar a prevenção das falhas, que passaram a ter uma maior frequência, devido à

grande automação, surgiu o conceito da manutenção preditiva.

Segundo Pinto e Xavier (2009), a quarta geração continua as expectativas de desenvolvimentos da última. A busca pela disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos demonstra a consolidação da engenharia de manutenção em uma organização. Portanto, conforme afirma Estanqueiro (2008), nessa geração continuava ocorrendo o aprimoramento das técnicas empregadas na manutenção preditiva. Para isso, é necessária a interação entre as áreas de engenharia, produção e manutenção.

Kardec e Nascif (2012) ainda consideram a existência da quinta geração na evolução da manutenção, considerando o seu início a partir de 2006. Na quinta geração tem-se a continuidade do desenvolvimento da manutenção. Esse desenvolvimento está focado na gestão dos ativos, com o objetivo de prolongar o ciclo de vida dos mesmos. Nessa atual geração, busca-se constantemente a melhoria contínua para eliminar a ocorrência das falhas.

## 2.2 Tipos de Manutenção

A manutenção é classificada conforme a maneira que é praticada. Na literatura encontram-se várias classificações da manutenção. No presente trabalho será abordada a classificação de Zaians (2003). De acordo com o autor, há dois tipos de manutenção: a manutenção planejada e a não planejada.

A do tipo não planejada é denominada de manutenção emergencial, corretiva, atua logo que a falha ocorre, para consertar o equipamento.

Esse tipo de manutenção possui alguns pontos negativos que são: o aumento do custo, já que a falha inesperada de um equipamento pode afetar outros, os equipamentos podem quebrar em momentos mais inoportunos e há a necessidade de se trabalhar com estoque. Como a ideologia é "quebrou", "consertou", não é exigido acompanhamento durante o funcionamento dos equipamentos (OLIVEIRA, 2010).

Sellitto e Fachini (2014) definem a manutenção não planejada como aquela responsável pela correção das falhas após a ocorrência, gerando perdas de produção e da qualidade do produto, além de tornar os custos mais elevados. E a manutenção planejada como aquela que diminui os tempos de reparos e os custos, tendo como consequência a redução ou eliminação das perdas de produção.

A manutenção planejada é dividida basicamente em: Manutenção Corretiva; Manutenção Preventiva e Manutenção por Melhorias. A Manutenção Preventiva ainda é dividida em: Manutenção de Rotina, Manutenção Periódica e Manutenção Preditiva (PATTON, 1995 apud ZAIONS, 2003).

Conforme a NBR-5462 (1994), a manutenção corretiva é definida como a manutenção utilizada para colocar um item em condições de executar a sua função, após a ocorrência de uma falha. Como já mencionado acima, a manutenção corretiva pode ser do tipo planejada ou não planejada.

A manutenção preventiva consiste na "manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de

falha ou a degradação do funcionamento de um item" (ABNT, 1994, p. 7). Esse tipo de manutenção segue um padrão previamente esquematizado para realização dos reparos nos equipamentos. Os reparos são programados e preparados para serem executados antes da data mais provável do aparecimento da falha (ROMERO, 2011).

O principal objetivo da utilização da manutenção preventiva consiste em obter redução dos tempos de equipamento parado, gerando assim uma diminuição dos custos da manutenção. Além disso, por meio desse tipo de manutenção aumenta-se a disponibilidade dos equipamentos para a produção (ZAIONS, 2003).

A manutenção de rotina, também denominada manutenção detectiva, consiste na utilização de um sistema de proteção para detectar as falhas ocultas que não são percebidas pelo pessoal da operação e da manutenção. A manutenção periódica é uma evolução da manutenção preventiva (POSSAMAI, 2002). Na sua execução é feito o controle estatístico das máquinas por meio do registro histórico. A manutenção preditiva consiste no acompanhamento e monitoramento periódico, das condições e dos principais parâmetros de operação de um equipamento, sem a necessidade de realizar paradas na produção (BRANCO FILHO, 2006).

Segundo Souza (2004), a manutenção preditiva é uma evolução da preventiva, já que o objetivo desta é estabelecer o ponto ideal para a execução da manutenção preventiva, uma vez que os equipamentos estão sendo supervisionados continuamente.

As vantagens da utilização da manutenção preditiva são: aumento da vida útil dos equipamentos com consequente elevação na produtividade e disponibilidade; diminuição dos custos de reparos; melhoria da segurança e maior credibilidade do serviço prestado. Já algumas desvantagens são: necessidade de funcionários qualificados, que sejam treinados para colher os dados e elaborar o diagnóstico a partir de aparelhos de monitoramento com custo elevado (PINTO e XAVIER, 2009).

A manutenção por melhorias é aplicada quando se tem dificuldade em realizar inspeções e avaliação do equipamento, devido ao tempo médio entre falhas ser pequeno. Pinto e Xavier (2009) denominam a manutenção por melhorias por Engenharia de Manutenção.

Dentro de uma organização é possível aplicar os vários tipos de manutenção, de acordo com a análise e decisão da gerência, já que a aplicação de uma modalidade pode auxiliar a outra, trazendo como consequência, bons resultados.

### 2.3 Distribuição Weibull

A distribuição *Weibull* é bastante utilizada por se tratar de uma distribuição bastante flexível. Apresenta capacidade de modelar vários tipos de dados de tempos de falhas. Os parâmetros para a distribuição Weibull são  $\gamma$  e  $\theta$ , respectivamente, parâmetro de escala e de forma (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009).

De acordo com os valores do parâmetro de forma da distribuição *Weibull* é possível identificar a fase do ciclo de vida do item

avaliado, já que os valores deste fator definem o tipo da função de risco. Quando  $\gamma < 1$  o item se encontra na fase de mortalidade infantil, período no qual as taxas de falhas são altas, porém decrescentes. Quando  $\gamma > 1$  o estágio de vida do item corresponde à mortalidade senil, onde as falhas ocorrem devido ao desgaste natural do item. E quando  $\gamma$  é aproximadamente igual a 1, à fase de vida útil do item, na qual as falhas ocorrem de maneiras aleatórias e são originadas por erros de operação ou cargas aleatórias excessivas (SELLITTO, 2005).

A cada fase do ciclo de vida tem-se associada à melhor estratégia de manutenção a ser executada. Para a fase da mortalidade infantil a melhor estratégia de manutenção consiste na manutenção corretiva. Esta eliminará as falhas existentes e os erros de projetos ou instalações. Na fase da vida útil, a manutenção preditiva é a mais indicada. Uma vez que irá monitorar o item, não permitindo o início da fase de desgaste dos seus componentes, aumentando, a vida útil dos seus componentes. A manutenção preventiva é indicada para a fase da mortalidade senil. Pois nesta fase, já que nesta é necessário realizar a troca dos componentes frágeis, que são aqueles que irão falhar em curto prazo (SELLITTO, 2005).

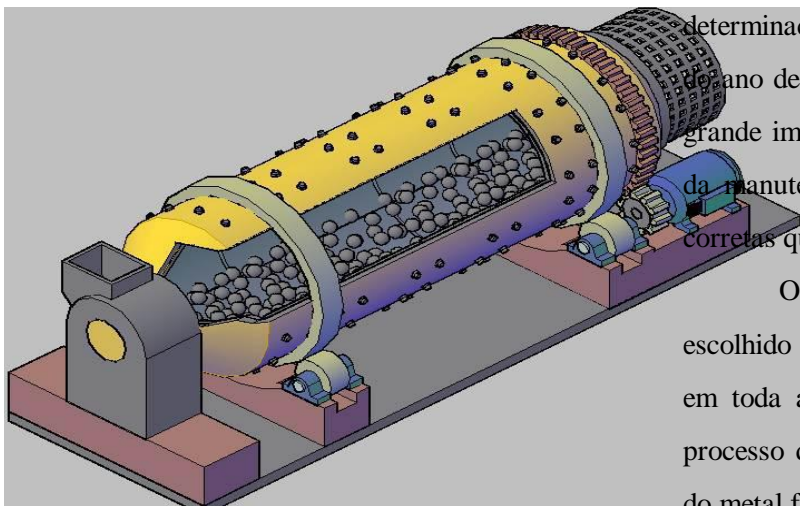
### 2.4 Moinho de bolas

A moagem é um processo de fragmentação no qual o material é reduzido de tamanho por meio da combinação de impacto, compressão, abrasão e atrito (FIGUEIRA *et al*, 2010). Os moinhos são equipamentos utilizados na moagem,

que tem como objetivo obter produtos com granulométrica inferior a 10 mm (SOUZA, 2010). Os mais empregados na operação de moagem são os tubulares, sendo o principal o moinho de bolas. A fragmentação do material ocorre devido ao contato estabelecido entre os corpos moedores, à medida que o moinho é rotacionado.

O moinho de bolas estudado é constituído por um único compartimento. Realiza moagem a seco e possui acionamento por engrenagens. A alimentação é realizada por "spout-feed" e a descarga por diafragma (FAÇO, 1984). No Gráfico 1 tem-se a ilustração do moinho.

**Gráfico 1** – Moinho de Bolas.



**Fonte:** FAÇO, 1984.

O moinho, estudado no presente trabalho, é utilizado no processo de moagem da matéria-prima para a produção do principal produto final da empresa analisada. Possui duas balanças dosadoras para pesar a quantidade dos dois tipos de minérios que são alimentados no moinho. Um dos tipos é alimentado com granulometria menor que 0,3 mm e o outro menor que 9,52 mm. Após o processo, a mistura produzida possui as

granulometrias de 85% com 0,047 mm, 12% com 0,056 mm e 3% com 0,007 mm (METSO, 2005).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia aplicada neste trabalho consistiu em avaliar a manutenção aplicada por uma empresa metalúrgica, situada no Norte de Minas Gerais, com base em pesquisas da estrutura organizacional do setor de manutenção e dos resultados gerados por essa atual organização. Para essa avaliação será realizada uma análise do tipo de manutenção que está sendo empregada no moinho de bolas, por meio da aquisição dos tempos entre falhas para a determinação do ciclo de vida desse equipamento no ano de 2012 ao de 2015. Essa análise será de grande importância para definir se a organização da manutenção está conseguindo tomar decisões corretas quanto a manutenção dos equipamentos.

O moinho de bolas foi o equipamento escolhido como foco do trabalho, por ser o único em toda a planta da empresa, que participa do processo de produção da principal matéria-prima do metal fornecido por essa metalúrgica. Portanto, esse equipamento é crítico para a produção e o seu plano de manutenção deve ser bem completo, além de ser executado corretamente.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1 Atividades de Manutenção da Empresa

O sistema de gerenciamento da manutenção da metalúrgica estudada consiste no centralizado, no qual o setor de manutenção está subordinado à direção da fábrica.

Na estrutura organizacional da manutenção tem-se o setor de execução da manutenção e o de programação, ambos subordinados ao gerente de manutenção. O setor de execução é composto por um chefe de departamento da manutenção elétrica e outro da manutenção mecânica. Abaixo dos chefes de departamento, em cada área de atuação, tem-se um gestor. Subordinados a este, estão os mecânicos e os seus auxiliares.

O setor de programação é constituído por um gestor, técnicos e inspetores, que utilizam o *software* TOTVS para o gerenciamento da manutenção. A partir desse *software* emitem-se as Ordens de Trabalho (OT), nas quais consta o plano de manutenção para cada equipamento e apontam-se as horas trabalhadas por cada mecânico e seus auxiliares. Também são gerados vários relatórios como: horas trabalhadas por técnicos, o histórico da manutenção de cada equipamento, relação de movimentos de materiais para os equipamentos, entre outros. O fechamento das ordens de trabalho realizado semanalmente, pelos técnicos do setor da Programação da Manutenção.

Com o objetivo de diminuir a quantidade de falhas inesperadas nos equipamentos, foi implantada a manutenção preditiva. Até então, executava-se somente a manutenção preventiva e a corretiva nos equipamentos. O plano de manutenção preventiva é baseado nos prazos estabelecidos pelo fornecedor. Enquanto que o gerenciamento da preditiva é baseado na análise das condições do equipamento.

A programação da manutenção é realizada semanalmente. Toda sexta-feira uma reunião é realizada com o gerente da manutenção, gestor da

programação, os chefes de departamento da manutenção e os inspetores para organizar as manutenções que deverão ser executadas em cada dia da próxima semana, que dependem do equipamento parado. Na sexta-feira, também se imprimi todas as OT que deverão ser executadas durante a próxima semana, até a quinta-feira. Ou seja, na quinta essas OT devem ser finalizadas. As OT impressas na sexta-feira são as que contêm o plano de manutenção. Atualmente, dentre essas são emitidas as de manutenção preditiva e preventiva. Antes de 2014, não se tinha os planos de manutenção preditiva, sendo impressas somente OT preventivas. As OT corretivas são abertas manualmente pelos técnicos, quando há necessidade de fazer alguma intervenção corretiva em um equipamento.

A empresa está implantando a análise de indicadores de manutenção. Somente o setor da manutenção do moinho de bolas está seguindo as etapas para a implantação. Atualmente, controla-se a execução das atividades da manutenção por meio de relatórios gerados pelo *TOTVS*, que são: os de execução semanal de OT de cada setor e o controle das OT, no qual é especificada a quantidade de OT acumuladas, executadas, emitidas e atendidas por cada equipe.

A execução dos serviços propostos nos planos de manutenção preventiva é de responsabilidade dos técnicos mecânicos e seus auxiliares. Os planos de manutenção preditiva são executados pelos inspetores, responsáveis por acompanhar o funcionamento dos equipamentos.

#### **4.2 Atividades de Manutenção do Moinho de Bolas**

Rodrigues *et al* (2018) realizaram a modelagem dos tempos entre falhas do moinho de bolas de cada ano, no período de 2012 a 2015, utilizando a distribuição *Weibull*. É uma das distribuições mais importantes na modelagem de confiabilidade e permite descrever as probabilidades de falhas em sistemas constituídos por vários subsistemas (HAHN e SHAPIRO, 1994 apud WUTTKE e SELLITTO, 2008). E isto ocorre com o moinho de bolas analisado, pois se alguma falha ocorrer nos subsistemas de alimentação, lubrificação ou descarga, o mesmo tem a sua operação interrompida. O parâmetro de forma  $\gamma$  para cada ano está apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1** – Parâmetro de forma por ano analisado.

Ano	$\gamma$
2012	1,26
2013	1,04
2014	1,07
2015	1,13

**Fonte:** Rodrigues *et al* (2018).

Como se pode observar na Tabela 1, os valores do fator de forma para cada ano analisado foram superiores a 1. Isso significa que o moinho de bolas se encontra no início da fase de mortalidade senil. O tipo de manutenção adequado nessa fase é a manutenção preventiva, uma vez que irá monitorar o item, no sentido de evitar o desgaste dos seus componentes, aumentando, conseqüentemente, a vida útil do equipamento (SELLITTO, 2005).

Deveriam estar sendo executados, como forma de prevenção, os seguintes serviços:

- a) verificação do sistema de lubrificação, no qual analisa a lubrificação dos rolamentos, mancais, coroa e pinhão, das bombas do sistema e o nível de graxa;
- b) revisão do munhão, onde se avalia ranhuras/desgastes, vedação dos mancais, nível de desgaste do metal patente;
- c) revisão do casquilo;
- d) verificação de desgaste dos dentes da coroa e pinhão;
- e) verificação do redutor de engrenagens;
- f) troca de óleos.

No entanto, a estratégia de manutenção desenvolvida na empresa para o moinho de bolas é a preditiva. Alguns dos serviços do plano de manutenção para os moinhos de bolas são:

- a) análise de vibração realizada por meio de aparelho portátil;
- b) verificação do motor, onde se mede a corrente, temperatura dos mancais e do motor;
- c) análise do óleo lubrificante, medindo a sua viscosidade, teor de água, máximo índice de acidez, percentual de partícula por parte, nesse caso o inspetor colhe uma amostra do óleo e a envia para um laboratório fazer a análise indicando as características descritas.

Apesar de ser uma evolução da preventiva, a manutenção preditiva exige um monitoramento constante do equipamento durante operação. Entretanto, a empresa não faz um monitoramento em todo tempo de operação do moinho, uma vez que a inspeção desse equipamento é realizada



periodicamente segundo o plano de manutenção preditiva.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na avaliação da estrutura organizacional da empresa e de como as manutenções estão sendo realizadas é possível concluir que a empresa precisa melhorar o seu sistema de manutenção. Além de melhorar as estratégias utilizadas para tomar decisões quanto ao tipo de manutenção que deve utilizar em cada equipamento.

É necessário adequar o tipo de manutenção utilizado para o moinho de bolas. Trocar a manutenção preditiva, que está sendo empregada atualmente, para a manutenção preventiva. Isso auxiliaria no aumento a vida útil do moinho, uma vez que consiste em um equipamento crítico para toda a planta da empresa.

Por fim, com esta análise realizada fica evidente a importância de fazer análise dos indicadores de manutenção para implementar qualquer modificação na maneira de como a manutenção está sendo executada. Ao se modificar o tipo de manutenção para preditiva foi necessário investir em treinamentos dos funcionários, adquirirem equipamentos como vibrômetros e contratar serviços de terceiros para a realização de algumas análises específicas. Deste modo, foi necessário fazer investimentos, que não modificaram significativamente a vida útil do equipamento, acarretando somente acréscimo de custos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS. **Documento Nacional: amostra de pesquisa**. ABRAMAN, 2013. 23 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994. 37 p.

BRANCO FILHO, G. **Indicadores e Índices de Manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna LTDA, 2006.

CERVEIRA, D. S.; SELLITTO, M. A. Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC): Análise Quantitativa de um Forno Elétrico a Indução. **Produção Online**, v.15, n.2, p. 405-432, 2015.

ESTANQUEIRO, R. F. **Práticas de simplificação na implementação do TPM TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE**: estudo de caso em empresas do setor automobilístico. Santa Bárbara d'Oeste: UNIMEP, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, 2008.

FAÇO. **Catálogo Moinho de Bolas: Proposta Técnica**. 1984.

FAGUNDES, A.; ROCHA, A.; BARBOSA, S.; CARVALHO, A. **Estudo de caso: análise quantitativa de confiabilidade e disponibilidade de um torno CNC, baseado na metodologia RCM (Reliability Centred Maintenance), aplicado a área de manutenção industrial**. Anais do XXXI ENEGEP, Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Belo Horizonte: ABEPRO, 2011.

FIGUEIRA, H. V. O.; ALMEIDA, S. L. M.; LUZ, A. B. L. **Britagem e Moagem**. In: LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A. **Tratamento de Minérios**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. Capítulo 4, páginas 181-211.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FLORES, N. A. Z. **Estudo para implantação de um plano de manutenção preventiva na empresa Mill Indústria de Serras Ltda**. Lages: UNIPLAC, 2015. Relatório de Estágio, Universidade do Planalto Catarinense, 2015.

HAHN, G.; SHAPIRO, S. **Statistical models in engineering**. New York: John Wiley & Sons, 1994.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Evolução da Manutenção**. 4ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.

METSO, M. **Moinhos de Bolas Metso**. 2005. Disponível em: <[www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/B2AEC347D4F8559E8325725D00568381/\\$File/Ball%20Mill.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/B2AEC347D4F8559E8325725D00568381/$File/Ball%20Mill.pdf)>. Acesso em: 22 mar 2018.

RODRIGUES, M. C.; COSTA, T. F.; ANDRADE, P. C. R. Análise de indicadores de desempenho da manutenção de um moinho de bolas. **Revista Thema, Pelotas**, v. 15, n 3, 2018, p. 1089 a 1103.

OLIVEIRA, W. **Manutenção Pesada**, 2010. Disponível em: <<http://manutencaopesada.blogspot.com.br/2010/01/manutencao-corretiva.html>>. Acessado em: 30 de maio 2016.

PACHECO, D.; ANTUNES JÚNIOR, J.; LACERDA, D.; GOLDMEYER, D.; GILSA, C.; Modelo de gerenciamento da capacidade produtiva: integrando teoria das restrições e o índice de rendimento operacional global (IROG). **Produção Online**, v.12, n.3, p. 806-826, 2013.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

POSSAMAI, R. **A implantação da metodologia TPM num equipamento piloto na Adria Alimentos do Brasil Ltda**. 2002, XX f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2002.

ROMERO, C. M. **Análise estatística e avaliativa do processo de manutenção mecânica em uma empresa de transporte público por ônibus**. 2011. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2011.

SELLITTO, M. A.; FACHINI, S. J. Análise estratégica da gestão da manutenção industrial de uma empresa de metal-mecânica. **E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial**, Florianópolis, v. 7, n. 1, 49-66, 2014.

SELLITTO, M. A. **Formulação estratégica da manutenção industrial com base na confiabilidade dos equipamentos**. Revista Produção. V.15. n1, p.044-059. 2005.

SILVA, M. P. T. **Aplicação de técnicas de manutenção preditiva para o aumento da confiabilidade de locomotivas diesel**. 2012. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Transporte Ferroviário de Carga) - Instituto Militar de Engenharia, Exército Brasileiro, Rio de Janeiro, 2012.

SIMEI, L. C. **A Definição da Manutenção**, 2012. Disponível em: <<http://manutenabilidade.blogspot.com.br/2012/09/a-definicao-da-manutencao.html>>. Acessado em: 26 de maio 2016.

SOUZA, F. J. **Formulação estratégica da manutenção industrial com base na confiabilidade dos equipamentos**. 2004. 115p. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

SOUZA, N. A. F. **Análise Crítica de Rotas de Processamento de Minérios de Ferro Itabiríticos**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2010. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Metalúrgica, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

TAVARES, L. **Manutenção**, 2011. Disponível em: <[www.mundomecanico.com.br/wp-content/uploads/2011/01/manutencao\\_i.pdf](http://www.mundomecanico.com.br/wp-content/uploads/2011/01/manutencao_i.pdf)>. Acesso em: 06 jun. 2016.

THIAGO, D. B. **Melhoria da performance nos processos de planejamento, programação e controle da manutenção dos equipamentos portuários: reach stackers e empilhadeiras**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2013. Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

VIANA, H. R. G. **Fatores de sucesso na gestão da manutenção de ativos**. Rio de Janeiro: Bookstart, 2016.

WUTTKE, R. A.; SELLITTO, M. A. Cálculo da disponibilidade e da posição na curva da banheira de uma válvula de processo petroquímico. **Revista Produção On Line**, Santa Catarina, v. 8, n. 4, dez. 2008.

ZAIOS, D. R. **Consolidação da metodologia de manutenção centrada em confiabilidade em uma planta de celulose e papel**. 2003. 219 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

---

**Milla Caroline Gomes**

Bacharel em Ciência e Tecnologia e em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM. Mestranda em Engenharia Mecânica, Laboratório de Ensino e Pesquisa em Usinagem – LEPU, Universidade Federal de Uberlândia – UFU.

---

---

**Thonson Ferreira Costa**

Professor do Instituto da Ciência e Tecnologia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM

---

---

**Paulo César de Resende Andrade**

Professor Associado do Instituto da Ciência e Tecnologia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM

---