

Criação de um Plano de Manutenção para o Equipamento Torno Descascadeira Utilizando Conceitos de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) e Manutenção Produtiva Total (MPT)

Ramiro Queirolo Marques (UFRGS) – marques84@terra.com.br

José Luis Duarte Ribeiro (UFRGS) – ribeiro@producao.ufrgs.br

Do ponto de vista estratégico, principalmente num setor que compete em custos como o siderúrgico, as metas e objetivos das empresas são traçados para aumentar a disponibilidade de suas máquinas a fim de diluir seus custos, aumentando assim suas receitas. Nesta linha, este artigo tem como objetivo o aumento da disponibilidade de uma máquina gargalo de produção. Para alcançar tal meta, este trabalho propõe um Plano de Manutenção gerado a partir da aplicação da ferramenta Análise do Tipo e Efeito de Falha (FMEA - Failure Mode and Effect Analysis) estendida, que se baseia nos conceitos de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) e Manutenção Produtiva Total (MPT). O Plano sugere um ganho financeiro de 3,82% por ano em relação ao cenário atual.

Palavras-chaves: MCC, MPT, FMEA, aumento disponibilidade, plano de manutenção

1. Introdução

A crescente competitividade do mercado mundial, alimentada pelo avanço industrial de países emergentes, impõe a necessidade de produtos com custos de produção menores e nível de qualidade a fim de atender as exigências de clientes dos diversos nichos de mercado. Neste contexto, as empresas têm buscado ferramentas que auxiliem no gerenciamento da produção (SANTOS *et al.*, 1999).

Neste contexto, é importante o aumento da disponibilidade dos equipamentos, principalmente daqueles que constituem os gargalos de produção. Para isso, um bom planejamento de manutenção é essencial. O desempenho insatisfatório das máquinas, a manutenção ineficaz e tempos de manutenção corretiva elevados levam ao aumento das perdas de produção, perdas de mercado, perdas de oportunidades e redução de lucros, entre outras consequências indesejáveis (NAGAO apud CAPETTI, 2005). Segundo Flogliatto e Ribeiro (2009), as tarefas de manutenção podem ser classificadas em: (i) preditivas, orientadas pelo desgaste, (ii) preventivas, orientadas pelo tempo ou (iii) reativas, realizadas após à falha.

Nesta área, sobressaem-se dois métodos de gerenciamento da manutenção que, combinados, resultam no aumento da disponibilidade dos equipamentos: Manutenção Produtiva Total (MPT) e Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC). A MPT é um programa de manutenção que envolve conceitos de manutenção de equipamentos e instalações, que têm como objetivo aumentar significativamente a produção e, ao mesmo tempo, a moral dos funcionários e a satisfação no ambiente de trabalho (ROBERTS, 1997). Já a MCC é definida por Moubray (1997) como um processo usado para determinar o que precisa ser feito para garantir que qualquer equipamento continue a desempenhar suas tarefas corretamente.

As empresas enfrentam seguidamente problemas por paradas inesperadas de máquinas, quebras e falhas, que atrasam sua produção além de elevar o custo produtivo. Os planos de manutenção preventiva muitas vezes não são eficazes e, por vezes, não existem parâmetros de controle padronizados para efetuar a manutenção preditiva. Sendo assim, a principal tarefa de manutenção executada é a corretiva. Mesmo na intenção de melhorarem seus sistemas de manutenção, muitas empresas têm dificuldades na implementação dos métodos de gerenciamento citados devido a alguns fatores particulares vinculados a sua estratégia e a sua cultura organizacional. O excesso de programas mal sucedidos, a falta de envolvimento de toda a organização, a falta de rotina de controle de resultados de eficiência, a falta de conhecimento e de lideranças podem ser apontadas como causas do insucesso na implantação da MPT (WILLIAMSON apud MORAES, 2004).

Desta maneira, o presente artigo tem como objetivo criar um plano de manutenção em uma empresa do setor siderúrgico, visando o aumento da disponibilidade de um Torno Descascadeira através da aplicação dos conceitos de MCC e MPT. Este trabalho relata a aplicação de conceitos e ferramentas vinculadas a estes métodos, assim como a análise de seus resultados e conclusões. Desta forma, pretende-se atingir os objetivos da empresa, reduzindo paradas desnecessárias de suas máquinas gargalos e aumentando a produtividade, paralelamente à redução dos custos de produção.

Este estudo é importante devido à necessidade das empresas e seus gestores manterem-se atualizados na questão de manutenção de seus equipamentos, visto que os processos aumentam sua complexidade e, por consequência, a necessidade de seu gerenciamento. Desta forma, os resultados do aumento da disponibilidade dos equipamentos e a diminuição da manutenção corretiva emergencial podem se refletir diretamente em uma melhor condição competitiva, nos moldes citados no primeiro parágrafo desta introdução.

Este artigo está organizado em cinco seções. Esta Introdução, apresentando o problema e os objetivos da pesquisa, seguida de um Referencial Teórico abordando os tópicos: Métodos e Ferramentas de gestão da manutenção; Indicadores para controle da manutenção; Análise de Custos da manutenção e Resultados obtidos com programas de gestão da manutenção. Após, a seção 3 apresenta uma descrição dos Procedimentos Metodológicos aplicados, enquanto a seção 4 apresenta o Desenvolvimento do Trabalho. Por fim, a seção 5 traz a Conclusão e suas considerações.

2. Referencial Teórico

2.1. Métodos e Ferramentas de Gestão da Manutenção

A MPT e a MCC são considerados os principais programas de gestão da manutenção. Assim, seus métodos e ferramentas serão discutidos nesta seção. Segundo Smith (1992), existem quatro fatores que definem e caracterizam a MCC, além de diferenciá-la dos demais métodos utilizados atualmente, os quais estão listados abaixo.

1. Preservar as funções do equipamento: segundo o autor, este é o mais importante aspecto da MCC e talvez o mais difícil de ser implementado. Certamente a manutenção irá preservar a operacionalidade do equipamento, porém este não pode ser o primeiro passo no processo. Primeiramente deve-se definir a saída esperada da máquina para então definir os pontos que exigem mais atenção, e não assumir que todos os itens do equipamento são igualmente importantes. Em outras palavras, deve-se decidir a criticidade de cada item no equipamento.
2. Identificar modos de falha que podem afetar as funções: após a definição dos itens críticos, o autor orienta que o segundo objetivo da MCC é identificar os modos de falhas específicos de cada um deles.
3. Priorização das funções via modos de falha: neste passo os modos de falha são classificados pela sua importância, assim priorizam-se as funções pela consequência da falha do item.
4. Selecionar apenas ações preventivas aplicáveis e efetivas: ser aplicável significa que a ação preventiva, sendo executada, de fato prevenirá falhas, detectará o aparecimento de uma falha ou descobrirá uma falha oculta. Ser efetiva significa que a empresa está disposta a utilizar os recursos necessários para realizá-la.

Na mesma linha, Fogliatto e Ribeiro (2009) definem a MCC como um programa que agrupa várias técnicas de engenharia, a fim de garantir que os equipamentos continuem realizando as funções especificadas. Segundo esses autores, a eficácia do programa está baseada em pilares como engenharia simultânea; estudo aprofundado nas consequências das

falhas; análises que abrangem segurança; meio ambiente; operação e custos; ênfase nas tarefas preventivas e preditivas e o combate às falhas ocultas (que não são facilmente identificadas e afetam a confiabilidade do sistema).

Já a MPT, método que tem como objetivo melhorar a eficácia e a longevidade das máquinas (NAKAJIMA,1989), tem como um de seus principais conceitos a pró-atividade de cada colaborador, ou seja, o cuidado de cada operador pela máquina que lhe compete, a integração homem – máquina - empresa e a preocupação geral de todos perante a manutenção dos meios de produção (KARDEC apud RIBEIRO, 2003). Ghinato (1995) define a MPT como “uma abordagem de parceria entre todas as funções organizacionais, mas particularmente entre a produção e a manutenção, para a melhoria contínua da qualidade do produto, a eficiência da operação e a garantia da capacidade e segurança”. O mesmo autor cita como resultado da aplicação da Manutenção Produtiva Total, o aumento da autoconfiança dos operadores, assim como a motivação gerada pela contribuição efetiva na melhoria continua do processo.

A identificação da função de cada componente, seus modos de falha, seus efeitos e suas causas e, por consequência, a classificação dos graus de criticidade, são resultados da aplicação da ferramenta de Análise do Tipo e Efeito de Falha (FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis*) estendida (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009). Estes são *inputs* fundamentais para a implementação da MCC e da MPT. Segundo os autores, após a definição da criticidade entre: (i) crítico, (ii) potencialmente crítico ou (iii) não crítico. Os itens críticos e potencialmente críticos devem ser incluídos nos programas de manutenção.

Na mesma linha, Lino (2010) defende que a aplicação da ferramenta FMEA permite também adquirir mais conhecimento técnico do processo e assim conhecer as possíveis falhas do mesmo, tornando possível a identificação e ação direta nas causas raízes das mesmas.

Tendo como objetivo aliar as práticas de MCC e MPT, a fim de aumentar a disponibilidade dos equipamentos, é natural que se busque a melhoria continua deste processo. Para tal, a ferramenta PDCA, também conhecida como Ciclo de Deming, é indicada, pois transforma a empresa numa escola em que os resultados são procurados paralelamente à busca de conhecimento.

O PDCA permite criar, aprender, copiar e difundir o conhecimento (FALCONI, 2009). O método é dividido em quatro etapas: planejamento, execução, verificação e ação. Segundo Campos (2001), este método leva a empresa a atingir os objetivos com a máxima eficiência. Moura (1997) descreve o ciclo do PDCA como uma ferramenta que orienta a sequência de atividades para se gerenciar uma tarefa, um processo ou uma empresa, enquanto

Andrade *et al.* (2004) afirmam que não existe metodologia PDCA sem a definição clara de uma meta a ser atingida.

2.2. Indicador para controle da manutenção

Para medir os resultados do processo de implementação, acompanhamento e melhoria na gestão de manutenção (etapa de verificação no PDCA), pode ser utilizada a ferramenta *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Originalmente desenvolvida para medir as melhorias na implementação da MPT, esta ferramenta permite que as empresas quantifiquem a real utilização e a disponibilidade dos seus equipamentos (NAKAJIMA apud SANTOS, 2009).

De acordo com Ron e Rooda (2005), o OEE não é apenas um indicador operacional, mas também um indicador que mede as atividades dos processos envolvidos com a operação, sendo recomendado para ambientes de alto volume de produção, onde a utilização da capacidade produtiva é um item de alta prioridade e paradas ou interrupções são onerosas em termos de perda de capacidade.

O OEE considera três dimensões de eficácia: (i) disponibilidade, (ii) performance e (iii) qualidade (LJUNGBERG, 1998). O mesmo autor complementa que, para a utilização deste indicador, é essencial que a empresa tenha uma coleta de dados de alta qualidade, seja ela manual ou automática.

A Figura 1 demonstra, resumidamente, como é feito o cálculo do OEE.

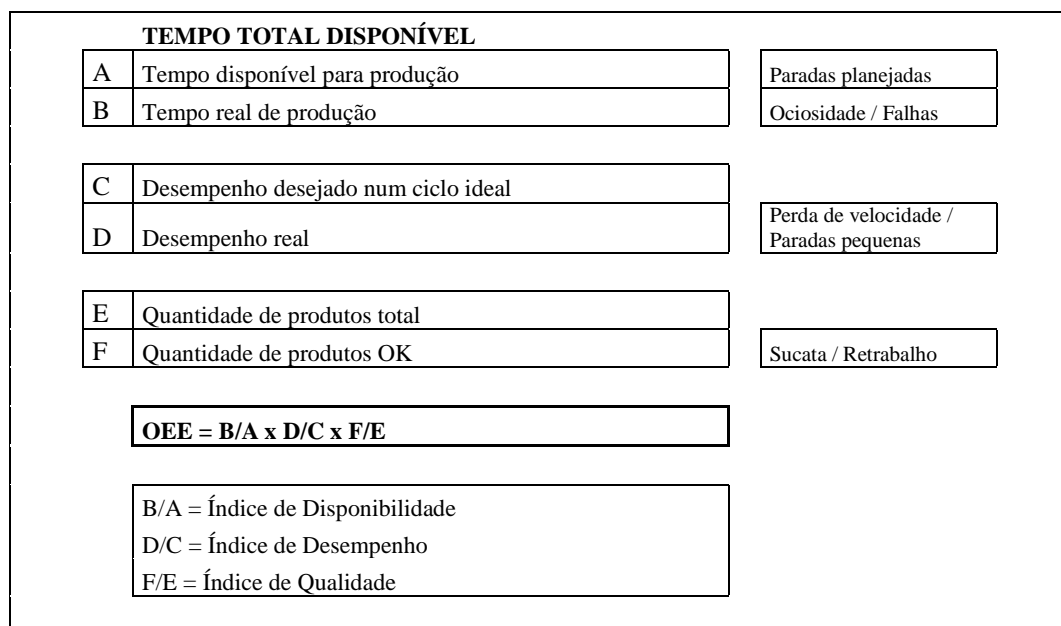


Figura 1- Cálculo do Indicador OEE – Fonte: The Productivity Development Team (1999) apud Santos (2009)

Segundo Santos (2009), a importância de se aperfeiçoar os equipamentos e atuar nas maiores perdas se concretiza quando há aumento de produção e a melhoria da eficácia descarta a necessidade de novos investimentos. Um bom gerenciamento do indicador OEE permite usá-lo como uma ferramenta de suporte para a melhoria no sistema de medição da eficiência de uma linha produtiva.

De acordo com Marcorin (2003), a falta de manutenção gera aumento nos custos da empresa. Os primeiros a serem identificados são os custos de mão de obra, ferramental, peças de reposição, entre outros custos visíveis. O aumento significativo está no custo de produção, ou seja, do equipamento parado em manutenção, da falta de disponibilidade, diminuição da qualidade e reprocessos. Estes custos ditos invisíveis devem ser o foco da empresa devido ao seu impacto no custo total de fabricação (MIRSHAWA & OLMEDO apud MARCORIN, 2003).

Por outro lado, se os níveis de manutenção preventiva forem elevados demais, a gestão da manutenção deixa de reduzir os custos operacionais e passa a aumentar os mesmos, devido aos grandes esforços e investimentos na manutenção preventiva que geram um baixo benefício. Segundo Murty e Naikan (1995), os lucros gerados pelo aumento da disponibilidade chegam, em um determinado momento, ao seu ponto ótimo. A partir deste ponto, a continuidade de esforço para o aumento da disponibilidade se torna muito cara, passando a diminuir o lucro até o ponto de gerar despesas, conforme exemplo na Figura 2.

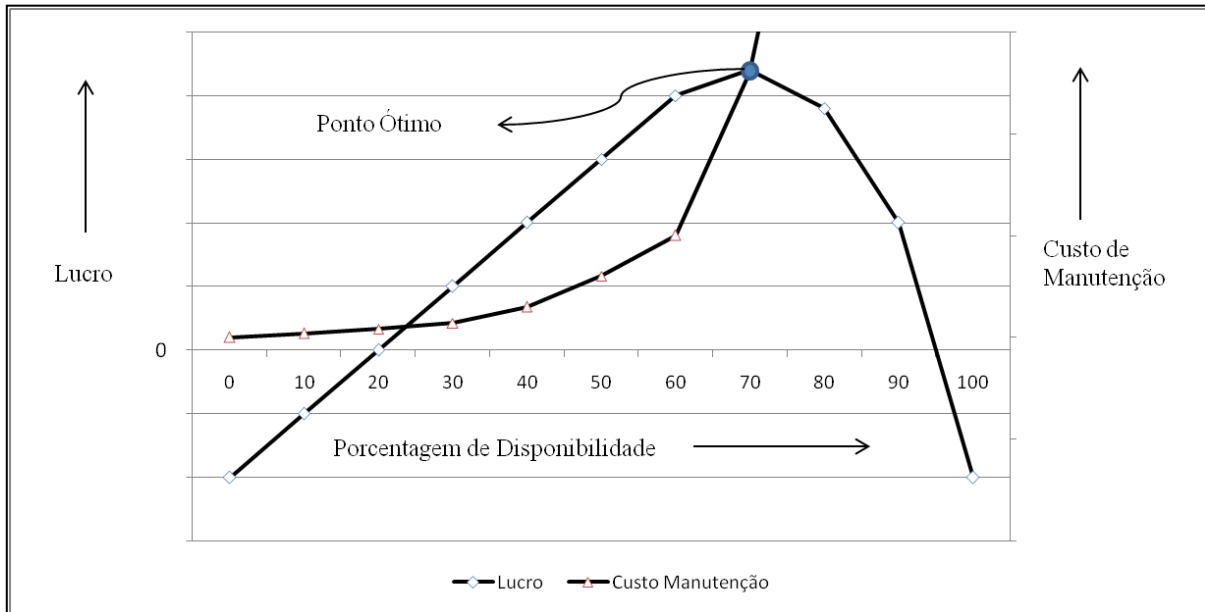


Figura 2 - Disponibilidade x Lucro – Fonte: Murty e Naikan (1995)

É importante salientar que, para cada equipamento, a empresa tem custos de disponibilidade, ociosidade, manutenção, reposição de peças, utilização de mão de obra diferentes, além do grau de importância da operação no processo produtivo. Portanto, esta análise deve ser individualizada por máquina, gerando assim um ponto ótimo particular para cada uma.

2.3. Resultados de programas de manutenção

Fleming *et al.* (1999) relatam que, de um modo geral, a ausência de dados de falha, coletados regularmente e de forma estruturada, reduziu a potencialidade do processo da MCC em todos os sistemas estudados. Entretanto, segundo os mesmos autores, a seleção das tarefas de manutenção foi melhorada com a MCC, pois passou a relacionar as consequências das falhas funcionais e interferir na discussão sobre custo – eficiência, fornecendo assim base para as otimizações futuras.

Segundo estudo realizado por Shahanagui (2009), a MPT, aplicada em indústrias de manufatura, obteve bons resultados, reduzindo a manutenção corretiva (quebra da máquina) de 2 paradas/mês para 0,4 interrupções inesperadas por mês. Este resultado é consequência da redução dos defeitos no equipamento de 40/mês para 14/mês e do aumento na confiabilidade dos equipamentos em 18%. Além disto, houve uma considerável melhora na qualidade do processo, o que resultou em um aumento da receita líquida da empresa, reduzindo o retrabalho.

Como resultado da aplicação da MPT, Vilarouca apud McKone (2001) indica uma diminuição em 70% nas perdas de produção, aumento entre 25% e 40% da capacidade, crescimento da produtividade em 50% e redução de custos de manutenção por unidade de 60% frente ao cenário anterior à aplicação da MPT.

Um ponto citado pela maioria dos autores como fundamental para o sucesso destas ferramentas de gestão da manutenção é o engajamento gerencial. Fleming *et al.* (1999) defendem, particularmente para a MCC, que, quando isto ocorre, as análises transcorrem de forma mais produtiva e com o reconhecimento do programa como ideal para a otimização de planos de manutenção e para a estruturação da coleta de dados de falha. Os mesmos autores complementam indicando que o plano de manutenção oriundo das análises de MCC deve ser periodicamente revistos a fim de manter o mesmo sempre atualizado, para que as técnicas de manutenção sejam sempre as mais efetivas disponíveis no mercado.

Fernandes (2003) observa que a maioria das empresas que aplicaram o MCC obtiveram ganhos significativos em competitividade e atingiram ou se firmaram em posições de liderança frente a seus concorrentes. O mesmo autor afirma que o sucesso na implantação do modelo é certo, contanto que se disponha de determinação, liderança, tempo e uma manutenção organizada, fruto de ações anteriores de engenharia de manutenção.

A MCC aplicada a uma empresa do setor manufatureiro teve seus benefícios convertidos em termos econômicos, fazendo com que a empresa alcançasse altos níveis de competitividade no mercado, em um estudo de Deshpand *et al.* (2002).

Fatores como pressão, alta rotatividade de profissionais, acúmulo e diversidade de atividades e falta de treinamento contínuo são responsáveis, em diversas empresas estudadas, por insucessos na execução de suas ações de manutenção e continuam sem uma solução ideal (FERNANDES, 2003).

3. Metodologia

A empresa em que este trabalho foi aplicado é uma siderúrgica que atua no mercado internacional e começou a sua história há mais de um século no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Ao longo dos anos, o grupo ampliou suas bases para a Argentina, Canadá, Chile, Colômbia, Espanha, Estados Unidos, Guatemala, Índia, México, Peru, República Dominicana, Uruguai e Venezuela, tornando-se a maior produtora de aços longos nas Américas e figurando entre as 10 maiores produtoras de aço do mundo, com uma capacidade produtiva superior a 25 milhões de toneladas de aço por ano. A empresa conta com

aproximadamente 45 mil colaboradores nos diversos países em que atua e, com cerca de 140 mil acionistas, e está listada nas bolsas de valores de São Paulo, Nova Iorque e Madri.

Dentre as diversas unidades filiais da empresa, o trabalho foi executado em uma usina localizada no estado do Rio Grande do Sul, no município de Charqueadas, na área de Transformação Mecânica, mais precisamente no setor de Acabamento. A aplicação dos métodos MCC e MPT foi direcionada ao equipamento Torno Descascadeira. A função deste equipamento é a remoção de material de barras de aço de perfil circular por meio de quatro ferramentas de corte que giram ao redor da barra, literalmente descascando o material. Com isso, a empresa garante isenção de defeitos superficiais para os clientes, além de um ótimo acabamento superficial da barra, ficando atrás apenas de material retificado neste quesito. Este equipamento é considerado vital para o funcionamento da área, visto que 50% do material que passa pelo Acabamento é descascado nele, configurando o mesmo como um dos gargalos do sistema produtivo e justificando a necessidade de aumento de disponibilidade do mesmo.

A pesquisa é de natureza aplicada, uma vez que busca a solução de um problema concreto, no caso o aumento da disponibilidade do torno descascadeira. A abordagem é quantitativa, pois serão coletados dados numéricos referentes às atividades da manutenção atual, e qualitativa, pois serão realizadas entrevistas com os operadores e mecânicos. Quanto aos objetivos, a pesquisa caracteriza-se como descritiva, pois visa o estudo detalhado da descascadeira, descrevendo todas as suas partes, modos de falha potenciais e ações possíveis para o aumento da disponibilidade do equipamento. Quanto aos procedimentos, é classificada como uma pesquisa-ação, onde os autores trabalham de forma cooperativa com outros colaboradores, visando o estudo de um problema de pesquisa e implementação de solução.

O trabalho foi dividido em quatro etapas, apresentadas a seguir.

1. Coleta de dados referentes às quebras do equipamento, falhas ocorridas e periodicidade de manutenção. Esta etapa envolve a verificação do banco de dados, remoção ou correção de dados espúrios e análise dos mesmos, visando obter informações referentes a tempos entre falhas e tempos de reparo para todos os componentes da descascadeira. Esta coleta foi realizada através do *software* de tratamento de falhas da empresa, onde é realizada a análise das causas raiz de todas as falhas abertas pela operação, do *software* de movimentação de materiais no estoque, onde é possível verificar toda a retirada de componentes utilizados na manutenção do equipamento e através de entrevistas com os operadores e mecânicos a respeito dos tempos médios de troca de cada componente. Estes dados foram recolhidos referentes ao período de 01/01/2009 até 31/12/2011.

2. Aplicação da ferramenta FMEA estendida voltada para confiabilidade dos equipamentos, como proposto por Fogliatto e Ribeiro (2009). Esta ferramenta permite a análise detalhada dos componentes, identificando seus modos de falha, respectivos efeitos e causas. Esta etapa permitiu uma revisão das tarefas de manutenção atualmente empregadas, indicando onde está adequado e onde é necessário alterar a tarefa ou a periodicidade.

3. Elaboração do plano de manutenção. Baseado nos resultados das etapas 1 e 2 foi elaborada uma versão revista do plano de manutenção da descascadeira.

4. Análise dos resultados obtidos. O plano de manutenção revisto foi analisado de forma quantitativa (evolução de indicadores) e qualitativa (entrevistas com os colaboradores), permitindo uma estimativa financeira do retorno que o mesmo pode gerar para a empresa.

4. Desenvolvimento do Trabalho

4.1. Coleta de dados

Os dados necessários para a realização do artigo foram coletados de diferentes formas para cada tipo de informação.

Para o histórico de falhas, foi consultado o *software* interno da empresa onde os operadores lançam as paradas e as falhas da máquina. Neste programa também é realizado o tratamento das falhas, o que facilitou a análise das mesmas. A partir dele foi gerado um relatório em formato de planilha eletrônica onde foi possível filtrar os eventos por data, tempo de parada, componente onde ocorreu a falha e a sua causa. Sendo assim, foi possível gerar um histórico dos fatores causadores das paradas mecânicas e o tratamento que foi dado aos mesmos e, a partir desses dados, enquadrar cada causa descrita pelos operadores em um dos modos de falha de cada componente, permitindo calcular um tempo médio de parada para cada modo de falha. Na Figura 3 é possível visualizar um resumo da planilha eletrônica gerada ao final da análise.

COMPONENTE	MODO DE FALHA ONDE A OCORRÊNCIA SE ENQUADRA	TEMPO MÉDIO DE PARADA (min)
Caixa Acionamento / Rolo tração	Quebra dos rolos	140
	falha hidráulica/perda de pressão	60
Caixa Acionamento / Rolo tração Total		100
Carro extrator	vazamento interno do cilindro hidraulico	760
	quebra das hastes	760
	quebra do pino que prende o pinhao	120
	quebra do parafuso que prende o suporte dos primas	1800
Carro extrator Total		860

Figura 3 - Tempo médio de parada por componente

Para coletar o número de intervenções em cada componente mais precisamente, buscou-se o histórico de movimentação das peças no estoque. Cada retirada de peças referentes a algum dos componentes foi contada como uma atividade de manutenção para este componente. Se, no mesmo momento, houve retirada de mais de uma peça que compõe um mesmo conjunto na máquina, foi contado como apenas uma intervenção na mesma. A partir desta coleta, foi gerada uma planilha com a contagem total das intervenções da manutenção em cada componente da máquina durante o período estudado de três anos, o que pode ser visto na Figura 4.

	DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES	Número de manutenções realizadas			TOTAL
		2009	2010	2011	
MANUTENÇÃO	Esteira de cavaco	4	3	7	14
	Guias de entrada	23	35	32	90
	Sistema de lubrificação	13	7	9	29
	Árvore	9	7	5	21
	Sistema hidráulico	4	5	3	12
	Caixa Acionamento / Rolos Tração	17	9	10	36
	Caixa principal	8	11	8	27
	Mesa de entrada	9	3	5	17
	Guias de saída	28	21	23	72
	Torre	15	18	11	44
Carro extrator	24	31	89	144	

Figura 4 - Número de intervenções de manutenção por componente

A partir destes dados foi possível iniciar a aplicação da ferramenta FMEA estendida, esta descrita na próxima subseção.

4.2. Aplicação da ferramenta FMEA estendida

Para a aplicação da ferramenta foram realizadas, primeiramente, entrevistas com os operadores da máquina objeto deste estudo. As perguntas foram baseadas nos campos de preenchimento da FMEA. Suas respostas anotadas e posteriormente passadas para a FMEA. Abaixo, as três questões que foram perguntadas aos operadores:

- Qual a função dos componentes?
- Em caso de falha no componente, que efeito que é observado na máquina?
- Quais as falhas operacionais que ocorrem para cada um dos componentes e quais as causas dessas falhas?

Após esta etapa, foi realizada uma entrevista com o mecânico responsável pela manutenção da máquina. Nesta entrevista foram levantados os seguintes aspectos:

- Revisados e confirmados os tempos médios de parada (durante o conserto)
- O que pode ser feito para evitar a falha (ações de prevenção)
- Classificação da consequência da falha:
 - Escondida – potencialmente crítica
 - Segurança – crítica
 - Ambiental – crítica
 - Operacional – crítica
 - Outra – não crítica)
- Tarefa indicada (Preditiva, Preventiva, Reativa ou Redesenho)
- Detalhe da tarefa (como deve ser feita)
- Responsável pela tarefa (ex: técnicos de manutenção)
- Intervalo entre tarefas

Após essas duas sessões de entrevistas, os dados coletados anteriormente (mostrados na subseção 4.1) foram incluídos na planilha da FMEA que, junto com as informações da entrevista citadas acima, completaram a parte teórica da ferramenta. A partir da parte teórica, foi realizada uma reunião/entrevista com o engenheiro chefe da manutenção do setor, onde todos os dados foram validados.

Com base nos resultados da FMEA, que pode ser visto no Anexo 1, foi possível identificar os modos de falha críticos em cada componente para manutenção na máquina. A seguir, a lista dos componentes com seus respectivos modos de falha críticos.

- Torre
 - Falha no cilindro das morsas que fazem o prensamento das barras
- Sistema de Lubrificação
 - Falha de lubrificação e quebra dos rolamentos da árvore
 - Vazamento de óleo
 - Contaminação do lubrificante
- Guias de Entrada
 - Desalinhamento
- Sistema Hidráulico
 - Contaminação
 - Trancamento de válvulas
- Árvore
 - Desgaste rolamento
- Guias de Saída
 - Desalinhamento
 - Desgaste de guia
- Carro Extrator
 - Vazamento interno do cilindro hidráulico
 - Quebra do pino que prende o pinhão
 - Quebra do parafuso que prende o suporte dos prismas

4.3. Elaboração do Plano de Manutenção

A partir dos modos de falha críticos definidos na subseção anterior, uma proposta de Plano de Manutenção para o cenário atual da máquina foi elaborada, onde se alterou a atividade de manutenção sugerida e/ou a periodicidade de sua realização apenas nos itens críticos, identificados por terem o risco acima de 80. O risco é calculado pela multiplicação dos índices de Probabilidade de Ocorrência, Severidade e Probabilidade de Detecção. Estes, por sua vez, são levantados durante a aplicação da ferramenta FMEA estendida. A Figura 5 apresenta uma representação comparativa resumida de como as atividades críticas eram feitas antes e como este artigo propõe que as mesmas sejam realizadas.

Modo de falha	ANTES					DEPOIS				
	Tarefa indicada	Tipo man	Responsável	Intervalo	Risco	Tarefa indicada	Tipo man	Responsável	Intervalo	Risco
Quebra dos rolamentos da árvore	realização de preventiva de lubrificação	Preventiva - recuperação programada	Operação	Quinzenal	84	realização de preventiva de lubrificação	Preventiva - recuperação programada	Operação	Semanal	56
Vazamento de óleo	completar reservatório e inspecionar local do vazamento	Preventiva - recuperação programada	Operação	20 em 20 dias	126	completar reservatório e inspecionar local do vazamento	Preventiva - recuperação programada	Operação	Semanal	72
Contaminação do lubrificante	troca dos retentores da árvore / trocar lubrificante	Preventiva - substituição programada	Manutenção	Mensal	210	troca dos retentores da árvore / trocar lubrificante	Preventiva - substituição programada	Manutenção	Quinzenal	48

Figura 5 - Tabela comparativa do risco associado ao modo de falha antes e depois do Plano de Manutenção

Este plano de manutenção foi sugerido à empresa com a proposta de reduzir o tempo de paradas mensais e, conseqüentemente, seu custo. Espera-se também uma considerável diminuição no custo de compra de novas peças para reposição nos casos de quebra.

4.4. Análise dos resultados obtidos

Considerando o Plano de Manutenção proposto, realizou-se uma estimativa do número de ocorrências anuais de cada modo de falha críticos de cada componente da máquina, baseada na porcentagem de redução do risco associado ao modo de falha. O cálculo foi realizado reduzindo o número de falhas médias por ano por componente na mesma proporção de redução do risco associado a ela. Chegou-se a um valor de 570 horas de redução no tempo total de paradas por motivos de manutenção. Isto representa um ganho de 46,57% no custo de paradas de manutenção por ano.

Também foi calculada a redução anual no gasto de compra das peças necessárias para a manutenção do equipamento. Primeiro multiplicou-se o valor de compra aproximado do grupo de peças necessário para o conserto de cada componente pelo número de intervenções necessárias no ano, baseados nos dados dos três anos estudados. Com isso, obteve-se o valor médio gasto por ano em peças sobressalentes. O mesmo raciocínio foi feito com os números estimados de paradas por ano com a aplicação do Plano de Manutenção, a partir das tarefas com motivos vinculados aos modos de falha críticos que tiveram suas atividades alteradas. Assim, chegou-se a uma redução proposta de 41,86% no gasto com peças novas por ano.

Por fim, calculou-se o ganho no indicador de Utilização (*OEE*) da máquina. Este cálculo baseia-se no valor financeiro anual que a utilização média da máquina gerou para a Empresa no período analisado. Considerando a redução de 46,57% nas paradas anuais de manutenção, as quais representam 26,33% das paradas da máquina em um ano, calculou-se um ganho econômico de 1,76% na utilização média anual da máquina.

A Figura 6 sintetiza todos os cálculos e apresenta uma estimativa do ganho total anual para a empresa, o que justifica a aplicação do Plano de Manutenção proposto. Alguns valores desta tabela foram alterados para manter o sigilo de informações que a empresa considera confidenciais.

CUSTO MAQ PARADA/HORA		R\$ 10.000,00		
	ANTES	DEPOIS	GANHO	REDUÇÃO
Paradas/ano (horas)	1.224	654	570	46,57%
Custo paradas/ano	R\$ 12.240.000,00	R\$ 6.539.825,40	R\$ 5.700.174,60	46,57%
Custo compra peças/ano	R\$ 21.500,00	R\$ 12.500,00	R\$ 9.000,00	41,86%
Aumento estimado utilização média anual	86,48%	88,00%	1,52%	1,52%
Ganho estimado utilização anual	R\$ 300.000.000,00	R\$ 305.272.895,47	R\$ 5.272.895,47	1,76%
TOTAL ANUAL	R\$ 287.738.500,00	R\$ 298.720.570,07	R\$ 10.982.070,07	3,82%

Figura 6 - Cálculos dos ganhos para a Empresa

Portanto, estima-se que a aplicação do Plano de Manutenção proposto à Empresa renderia um ganho de 3,82% por ano nas receitas da área de Transformação Mecânica, onde a máquina está locada.

5. Considerações finais

Este artigo descreveu um estudo realizado com o objetivo principal de aumentar a disponibilidade de um Torno Descascadeira em uma usina siderúrgica no estado do Rio Grande do Sul. Além disso, objetivos como aumento da produtividade e redução de custos também foram traçados, sendo eles pontos diretamente relacionados com a utilização do equipamento. Para alcançar tais objetivos, foi proposto um Plano de Manutenção, gerado a

partir da aplicação da ferramenta FMEA estendida proposta por Fogliatto e Ribeiro (2009), que se baseia nos conceitos de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) e Manutenção Produtiva Total (MPT).

Com intuito de atingir os objetivos de forma contundente e organizada, foi necessário seguir uma sequência de passos conforme o proposto na metodologia. Esses passos envolveram entrevistas e coleta de dados, contando com o apoio da liderança e da gerência do setor, que disponibilizaram recursos e tempo para tal.

Em um primeiro momento, foi realizada uma coleta de dados no sistema e nos *softwares* da Empresa. Estes dados foram compilados em planilhas eletrônicas e submetidos a filtros e cálculos, gerando um banco de dados de informações relevantes para as próximas etapas. Logo após estes dados estarem coletados e transformados em informação, a FMEA estendida foi preenchida. Esta etapa foi alimentada, além dos dados coletados, por entrevistas com operadores e lideranças, que auxiliaram, balizaram e ratificaram as informações reunidas. A aplicação da FMEA permitiu estabelecer um Plano de Manutenção para a máquina, sugerindo alterações nas rotinas de manutenção para os modos de falha identificados como críticos. Por fim, foi feita uma análise de resultados financeiros que podem ser obtidos caso a empresa aplique o Plano de Manutenção sugerido.

O Plano de Manutenção proposto atinge os objetivos traçados para este artigo. Segundo os cálculos feitos a partir dos dados coletados e da FMEA estendida, utilizando os conceitos de MCC e MPT, a disponibilidade do Torno Descascadeira deve aumentar em 1,52%, o que representa um ganho financeiro de aproximadamente 1,76%. Os demais objetivos propostos, como redução de custos e aumento de produtividade, são automaticamente atingidos também, uma vez que o aumento da disponibilidade, ou utilização, da máquina significa um maior tempo disponível de máquina operando, o que aumenta a produtividade da mesma. Paralelamente, com a redução no número de peças em estoque e dos custos de manutenção associados, os custos vinculados à máquina também reduzem. Portanto, os resultados foram satisfatórios perante os objetivos traçados.

6. Bibliografia

ANDRADE, F. F. de; MELHADO, S. B. **O Método de Melhorias PDCA**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. EPUSP. São Paulo, 2004.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. Ed. Desenvolvimento Gerencial. Belo Horizonte, 2001.

CAPETTI, E. J. **O papel da gestão da manutenção no desenvolvimento da estratégia de manufatura.** Curitiba, 2005.

DESHPAND, V. S. & MODAK, J.P. **Application of RCM to a médium scale industry.** Reliability Engineering and System Safety. v. 77, p. 31-43, 2002

FALCONI, V. **O verdadeiro poder.** Nova Lima: INDG, 2009.

FERNANDES, M. A. **Como aumentar a disponibilidade das máquinas e reduzir custos de manutenção.** Revista Máquinas e Metais, edição Abril, p.316-329, 2003.

FLEMING, P. V.; SILVA, M. F. da; FRANÇA, S. R. R. O. **Aplicando Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) em Indústrias Brasileiras: Lições Aprendidas.**

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial.** 1 ed. Porto Alegre: Elsevier. 2009

GHINATO, P. S. **Sistema Toyota de Produção: Mais do que simplesmente Just in Time.** Revista Produção, v.5, n.2, Jul/Dez, 1995

LINO, H. S. **Análise do indicador de eficiência global de equipamentos para elevação de restrições físicas em ambientes de manufatura enxuta.** Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá. 2009.

LJUNGBERG, Ö. **Department of operations management.** International Journal of operations & productions management, v.18, n.5, p.495-507. Chalmers University, Gothenburg, Sweden, 1998.

MARCORIN, W. R. & LIMA, C. R. C. **Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos.** Revista de Ciência e Tecnologia. v.11, n.22, p.35-42

MORAES, P. H. A. **MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL: estudo de caso em uma empresa automobilística.** Taubaté. 2004.

MOUBRAY, J. **Reliability-centered Maintenance.** 2 ed. Industrial Press Inc.. New York, EUA. 1997

MOURA, L. R. **Qualidade simplesmente total: Uma abordagem simples e prática da gestão da qualidade.** Ed. Qualitymark, Rio de Janeiro, 1997.

MURTY, A.S.R. & NAIKAN, V.N.A. **Availability and maintenance cost optimization of a production plant.** *International Journal of Quality & Reliability Management.* Cambridge, 12 (2): 28-35, 1995.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance.** Ed. IMC, São Paulo, 1989.

RIBEIRO, C. R. **Processo de Implementação da Manutenção Produtiva Total (TPM) na Indústria Brasileira.** Monografia apresentada no Departamento de Economia, Contabilidade e Administração. Universidade de Taubaté, Taubaté, 2003.

ROBERTS, J. **Department of Industrial and Engineering Technology.** Texas A&M University-Commerce. 1997.

RON, A. J. & ROODA, J. E. **Equipmente effectiveness: OEE revised.** Transactions on semi-conductor manufacturing. v. 18, n.1, 2005

SANTOS, F. C. A.; PIRES, S. R. I.; GONÇALVES, M. A. **Prioridades competitivas na administração estratégica da manufatura: estudos de casos.** Revista de administração de empresas, v. 39, n. 4, p. 78-84, Out./Dez., 1999.

SANTOS, A. C. O. **Análise do Indicador de Eficiência Global de Equipamentos para elevação de restrições físicas em ambientes de manufatura enxuta.** Tese de Mestrado em Ciências de Engenharia de Produção. Universidade Federal de Itajubá, Minas Gerais, 2009.

SHAHANAGHI, K. & YAZDIAN, S. A. **Analyzing the effects of implementation of Total Productive Maintenance (TPM) in the manufacturing companies: a system dynamics approach.** World Journal of Modelling and Simulation. v.5, n.2, p. 120-129, England, UK, 2009.

SMITH, A. M. **Reliability-Centered Maintenance.** Ed. Mcgraw Hill Ltda. 216 p. São Paulo, 1992.

**Creation of a Maintenance Plan for a Peeling Machine based on concepts of Reliability
Centered Maintenance (RCM) and Total Productive Maintenance (TPM)**

Ramiro Queirollo Marques (UFRGS) – marques84@terra.com.br

José Luis Duarte Ribeiro (UFRGS) – ribeiro@producao.ufrgs.br

From a strategic standpoint, especially in a segment that competes on costs such as steel, goals and objectives of the companies are outlined to increase the availability of their machines in order to spread more their costs, thus increasing their revenues. In this vein, this article aims to increase the availability of a machine that is the bottleneck in the production chain and therefore reducing their costs and increase productivity. To achieve these goals, this paper proposes a Maintenance Plan generated from the application of the tool Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) extended, based on the concepts of RMC and TPM. As can be seen at the end of this article, the Plan suggests a 1.52% increase in machine availability, which represents a financial gain of 1.72% over the current scenario.

Key words: RCM, TPM, FMEA, increase of availability, maintenance management