

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM UM CENTRO DE USINAGEM VERTICAL: UM ESTUDO DE CASO

GARCIA, Fabiano Luiz¹; NUNES, Fabiano de Lima²

RESUMO

A competitividade no atual cenário mundial condiciona as empresas a adotarem políticas de redução de custos e aumento da qualidade dos seus produtos. A manutenção dos equipamentos torna-se importante para uma organização, pois quando não realizada adequadamente, pode causar quebras e paradas de produção. Esse artigo visa apresentar um Estudo de Caso, embasado por uma pesquisa bibliográfica, com o objetivo de propor um plano de manutenção preventiva em um centro de usinagem vertical de uma empresa metalúrgica para aumentar sua disponibilidade. São apresentados os conceitos de manutenção preventiva, corretiva, detectiva e preditiva e os principais ganhos que a adequada gestão da manutenção pode proporcionar para a empresa. Um plano de manutenção preventiva bem definido pode proporcionar uma significativa redução nos custos e ganhos de qualidade na empresa. O resultado dessa pesquisa é o plano de manutenção preventiva, no qual a possibilidade de redução das paradas de máquina e melhorias de qualidade nas peças produzidas trazem ganhos de produção significativos e também maior competitividade à empresa.

Palavras-chave: Manutenção Preventiva. Indicadores. Disponibilidade.

ABSTRACT

The competitiveness in the current world scenario to conduct the companies adapt policies to reduce costs and increase the quality of products. The maintenance of the equipment is important to an organization, because when it's not performed properly can cause breakage and impairment of production. This article aims to present a case study based on a literature search, with the objective to propose a plan of preventive maintenance in a center vertical machining of a metallurgy to increase its availability. They are pretended the concepts of preventive maintenance, corrective maintenance, detective compliance and predictive and the major gains that the proper management of maintenance can provide to the company. A preventive maintenance plan as well set can provide a significant reduction in costs and quality gains in the company. The result of this research in the preventive maintenance plan, in which the possibility of reduction of impairments of machine and improvements in the quality of the parts produced, bring gains significant production and also improve the competitiveness of the company.

Keyword: Preventive maintenance. Indicators. Availability.

¹ Graduado em Gestão da Produção Industrial na Universidade Feevale. E-mail: flgarcia23@hotmail.com.

² Mestrando em Engenharia da Produção e Sistemas na Universidade do Vale dos Sinos e Professor no curso de Gestão da Produção Industrial da Universidade Feevale.

1 INTRODUÇÃO

No atual cenário mundial, a competitividade entre as organizações traz disputas acirradas pelo mercado, fazendo com que a produtividade seja essencial para obter maior lucratividade. Sendo assim, a tendência é exigir o máximo de eficiência no setor produtivo da empresa, sendo necessário minimizar o tempo perdido por falhas em equipamentos. Nesse contexto, a manutenção dos equipamentos é importante e não pode ficar em segundo plano.

A falta de manutenção dos equipamentos pode causar perdas para a empresa além de problemas de qualidade e atraso nas entregas. Assim, a disponibilidade e a confiabilidade dos equipamentos são peças importantes na produção das empresas, aumentando, então, a responsabilidade da manutenção. Um equipamento parado por quebra pode causar à produção prejuízos por espera pelo fornecimento de um componente e o ativo imobilizado perde por não ser devidamente conservado.

A responsabilidade da manutenção é grande para manter a disponibilidade dos equipamentos e deve buscar formas eficazes de prevenção das falhas, de forma que a qualidade, a competitividade e os prazos estabelecidos sejam diferenciais frente a outras empresas. Diante desses fatos, é apresentada uma pesquisa bibliográfica sobre tipos de manutenção, suas características e indicadores utilizados para avaliar o desempenho da manutenção. Dentre as classificações por tipos de manutenção, a manutenção preventiva destaca-se pela redução de despesas como serviços técnicos, gastos não previstos com peças, redução na quantidade de manutenção corretiva, aumento da vida útil e eficiência dos equipamentos.

Nesse contexto, o presente artigo apresenta a seguinte questão-problema de pesquisa: como aumentar a disponibilidade de um centro de usinagem vertical através da manutenção preventiva? Essa manutenção atua contra as falhas, evitando as paradas e quebras dos equipamentos, sendo que é inaceitável esperar a quebra da máquina, parando a produção, e somente depois pensar na manutenção do equipamento. A importância da manutenção preventiva é de manter os processos de produção contínuos e equipamentos funcionando em perfeito estado.

O objetivo geral desse trabalho é propor a manutenção preventiva como ferramenta para aumentar a disponibilidade de um centro de usinagem vertical *Anayak* 3000. Para alcançar o objetivo geral proposto, foram definidos os seguintes objetivos específicos: (a) descrever o

processo atual de manutenção utilizado na empresa estudada; (b) propor um plano de manutenção preventiva e (c) propor os indicadores da manutenção tempo médio para reparo, tempo médio entre falhas, disponibilidade e *backlog*.

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: fundamentação teórica, embasada pelos fundamentos teóricos de tipos de manutenção (SLACK et al., 1997; VIANA, 2002; XENOS, 2004; CORRÊA; CORRÊA, 2006; BRANCO FILHO, 2008; PEREIRA, 2011; KARDEC; NASCIF, 2013), tipos de indicadores (BRANCO FILHO, 2006), conceito de máquina CNC (SLACK et al., 1997; CORRÊA; CORRÊA 2006; OLIVEIRA, 2012), disponibilidade (SLACK et al., 1997; FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009), diagrama de causa e efeito (CORRÊA; CORRÊA 2006), metodologia, estudo de caso e considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 MANUTENÇÃO, PRINCIPAIS CONCEITOS E TIPOS

A manutenção é o conjunto de atividades que tem como objetivo conservar em condições operacionais e satisfatórias o patrimônio da empresa, como prédios, máquinas, utilidades, etc. De acordo com Slack et al. (1997 p. 635), “manutenção é o termo usado para abordar a forma pela qual as organizações tentam evitar as falhas cuidando de suas instalações físicas.” Kardec e Nascif (2013 p. 26), conceituam atualmente a manutenção como “garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo adequado”.

Na visão clássica, manutenção é reparar o item danificado, sendo assim, as atividades estariam limitadas e restritas. Num contexto mais atual, a manutenção tem como objetivo manter em funcionamento o equipamento conforme as condições de projeto, ou restaurá-lo para aquelas condições. Esse conceito permite uma ampla visão, pois inclui abordagem proativa, com rotinas de inspeção periódicas, reposição preventiva e monitoramento dos equipamentos (PASCHOAL et al., 2009).

O tipo de manutenção aplicada depende de vários fatores: tipo de processo, tipo de equipamento, valor econômico da parada produtiva, disponibilidade e qualidade da mão de obra, entre outros. Sendo assim, é necessária uma análise abrangente para determinação do tipo de manutenção a ser aplicado em cada equipamento/processo (VIANA, 2002). Nesse contexto,

aborda-se a seguir os tipos de manutenção, suas características e suas importâncias, que estão divididos em manutenção corretiva, preditiva, preventiva e detectiva.

2.1.1 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva tem como característica atuar no equipamento somente após sua falha, seja quebra, defeito ou baixo rendimento. O termo manutenção corretiva é amplamente conhecido no ramo industrial e ainda é a forma mais comum para reparo de um equipamento. Ela não é, necessariamente, a manutenção de emergência. A sua ação principal é corrigir ou restaurar as condições de funcionamento do equipamento. Do ponto de vista do custo de manutenção, é mais barata do que prevenir as falhas nos equipamentos, em contrapartida, pode causar grandes perdas na interrupção da produção (PEREIRA, 2011).

Para Kardec e Nascif (2013), a manutenção corretiva pode ser não planejada e planejada. Caracteriza-se pela manutenção não planejada o fato de já ter ocorrido a quebra, quando não há tempo para a preparação do serviço e nem um planejamento para a execução da manutenção. Essa manutenção implica em alto custo, pois as quebras são inesperadas, podendo acarretar perdas na produção, perda de qualidade do produto e elevado custo indireto de manutenção. Já a manutenção corretiva planejada é quando há um acompanhamento do equipamento através da preditiva, detectiva ou inspeção. Com essa manutenção, é possível substituir o equipamento por outro idêntico, ter um kit para reparo rápido ou preparar o posto de trabalho com dispositivos e ferramentas.

A manutenção corretiva não é uma manutenção recomendada, pois o problema é deixado chegar ao extremo, tornando-o, assim, muito mais grave e comprometendo a vida útil do equipamento, bem como a produção em si. Toda intervenção causada pela manutenção em máquinas no processo produtivo torna cada vez pior a programação de produção, da organização, além de atrasar todo o processo produtivo (VIANA, 2002).

2.1.2 Manutenção preditiva

A manutenção preditiva permite garantir a qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnica de análise, utilizando-se meios de supervisão centralizados ou de

amostragem para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a corretiva. Quando o grau de degradação aproxima-se ou atinge o limite previamente estabelecido, é tomada a decisão de intervenção. Normalmente, esse tipo de acompanhamento permite a preparação prévia do serviço, além de outras decisões e alternativas relacionadas à produção (KARDEC; NASCIF, 2013).

Segundo Xenos (2004), as técnicas de manutenção preditiva são de tecnologia bastante avançada e alheias aos outros métodos de manutenção. Conforme o uso da tecnologia, essa manutenção costuma ser tratada de forma diferenciada dentro das empresas. É fundamental que a equipe de manutenção responsável pela análise e diagnóstico seja bem treinada, pois as informações coletadas requerem análise dos resultados e a formulação de diagnósticos confiáveis. “O objetivo de tal tipo de manutenção é determinar o tempo correto de necessidade da intervenção mantenedora, com isso evitando desmontagem para inspeção, e utilizar o componente até o máximo de sua vida útil.” (VIANA, 2002, p. 12).

A desvantagem da manutenção preditiva é a grande necessidade de conhecimento teórico e experiência por parte do inspetor, registro permanente do teste e requer o preparo da superfície para sua aplicação (VIANA, 2002).

2.1.3 Manutenção detectiva

A manutenção detectiva surgiu na década de 1990, sua denominação está ligada à palavra Detectar – *Detective Maintenance*. A identificação de falhas ocultas é primordial para garantir a confiabilidade. Cada vez mais são utilizados computadores com instrumentação e controle de processo nos mais diversos tipos de plantas industriais. São sistemas de aquisição de dados, controladores lógicos programáveis, sistemas digitais de controle distribuído e outra infinidade de arquiteturas de controle somente possíveis com o advento de computadores de processos. Um problema a ser considerado na manutenção detectiva é a possibilidade de falha nos próprios sistemas de detecção de erros, embora essa possibilidade seja remota.

Para Kardec e Nascif (2013), de uma forma ou de outra, a redução dos níveis de paradas indesejadas por manutenções não programadas fica extremamente reduzida. Após a implantação da manutenção detectiva, é necessário melhorar ainda mais a competitividade de uma organização e, para isso, surge a necessidade da implantação de uma Engenharia de Manutenção

para solucionar problemas crônicos, melhorando a sistemática e aumentando a manutenibilidade de uma empresa.

2.1.4 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva procura evitar as ocorrências de falhas, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempos. A manutenção preventiva, feita periodicamente, deve ser a atividade principal de manutenção em qualquer empresa, sendo o centro das atividades de manutenção. Em determinados setores, como aviação, a adoção dessa manutenção é imperativa para determinados sistemas ou componentes, pois o fator de segurança se sobrepõe aos demais (XENOS, 2004).

A manutenção preventiva busca sempre a melhoria contínua, reduzindo a indisponibilidade e melhorando o desempenho das máquinas e equipamentos, aumentando a produtividade. Além desses itens citados, um plano de manutenção preventiva tem o objetivo de manter o equipamento em seu melhor estado operacional, diminuindo o risco de falhas do equipamento, aumentando a ausência de quebras, aumentando a confiabilidade e regularidade de operação do sistema produtivo (PEREIRA, 2011).

O plano de trabalho da manutenção preventiva consiste em um conjunto de ações com datas predefinidas. Um bom plano de manutenção é a base de todas as tarefas preventivas que devem ser tomadas para evitar uma falha e garantir o bom funcionamento do equipamento. Conforme Xenos (2004, p. 174), “quanto melhor for o conhecimento das necessidades de manutenção preventiva dos equipamentos, melhor será o conteúdo do plano”, sendo assim, é importante conhecer tecnicamente cada componente do equipamento e sua vida útil. No plano de manutenção, é necessário que haja informações, instruções detalhadas sobre o que inspecionar reformar ou trocar, com que frequência, por que e como essa tarefa deve ser executada.

Branco Filho (2008) destaca que o plano de manutenção preventiva deve ser elaborado sempre que necessário e as descrições das tarefas auxiliam no levantamento das necessidades de peças sobressalentes para o correto provisionamento e alocação de recursos financeiros, materiais e de espaço para guardar.

Os pontos negativos da manutenção preventiva são: substituição prematura de componentes que poderiam operar por um tempo maior do que previsto, além de causar

possíveis defeitos no equipamento por falha humana, de peças sobressalentes e falhas dos procedimentos de manutenção. A manutenção preventiva pode reduzir as paradas de produção por quebra de equipamento, proporcionando um controle sobre a produtividade (KARDEC; NASCIF, 2013).

De acordo com Rodrigues (2012), a manutenção preventiva tem como ponto positivo a facilidade por parte da produção em cumprir o planejado, assegura a continuidade do funcionamento das máquinas, aumento do tempo de vida das máquinas, diminui o número total de intervenções corretivas e reduz o custo da corretiva.

Segundo Kardec e Nascif (2013), os fatores que influenciam para adotar a manutenção preventiva são: quando não é possível realizar a manutenção preditiva; quando existirem aspectos relacionados com a segurança pessoal; quando houver risco de agressão ao meio ambiente; em equipamento complexo ou que atua em operação contínua.

Para adotar uma política de manutenção preventiva, Reis et al. (2010) apresentam um cronograma para ser seguido, conforme tabela 1.

Tabela 1 - Plano de manutenção preventiva

Manutenção Preventiva		
1ª Fase	Setor	Organização das ferramentas e do setor de manutenção.
2ª Fase	Documentação	Cadastrar e codificar os componentes críticos do equipamento.
3ª Fase	Plano	Elaborar um plano de manutenção preventiva indicando as frequências de inspeção.
4ª Fase	Banco de Dados	Criar um banco de dados para armazenar as informações.
5ª Fase	Indicadores	Definir os indicadores.
6ª Fase	Treinamento	Preparação da equipe para a inspeção.

Fonte: Adaptado de Reis et al. (2012)

Para obtenção de êxito na implantação da manutenção preventiva, é necessário manter e controlar as fichas dos equipamentos atualizadas, pois é nesses registros de inspeção que está a base das informações e programação da sua manutenção. Esses registros podem ser manuais, planilhas eletrônicas ou *software* específico para manutenção (REIS et al., 2010).

2.2 TIPOS DE INDICADORES

Indicadores são dados estatísticos relativos a uma situação, dados numéricos estabelecidos sobre algum processo que queremos controlar, podendo avaliar situações atuais com situações anteriores, servindo, assim, para medir o desempenho através de metas estabelecidas (BRANCO FILHO, 2006).

Os indicadores são formados por dados obtidos através do processo produtivo na busca de uma análise de desempenho da manutenção, em muitos casos para identificar uma oportunidade de melhoria no equipamento. Os indicadores de desempenho permitem gerenciar a manutenção de modo eficaz, sintonizados com os objetivos estratégicos da empresa.

Dentro da gestão de manutenção é possível escolher dentre diversos indicadores para aplicar nas empresas. Para o presente estudo, serão utilizados os seguintes indicadores: tempo médio para reparo (MTTR), tempo médio entre falhas (MTBF), disponibilidade e *backlog*. Esses indicadores foram escolhidos por estarem alinhados com os objetivos do artigo.

Com a utilização de indicadores nas organizações, é possível identificar pontos de baixo desempenho, identificar oportunidades, projetar valores econômicos para oportunidades, criar uma base para um programa de ações para melhoria contínua e também fundamentar justificativas para novos investimentos.

2.2.1 Disponibilidade

A disponibilidade é o tempo que um equipamento estará disponível para operar ou em condições para produzir. Para Fogliatto e Ribeiro (2009), o conceito de disponibilidade varia conforme a capacidade de reparo de uma unidade. Para unidades não-reparáveis, os conceitos de disponibilidade e confiabilidade equivalem-se. Em unidades reparáveis, possíveis estados de unidade em um tempo (t) de análise estão funcionando ou em manutenção. Se um equipamento está com o valor de disponibilidade de 0,95 ou 95, que dizer que está disponível 95% do tempo considerado. De acordo com Slack et al. (1997), a disponibilidade expressa-se matematicamente como uma relação entre o tempo médio entre falhas (MTBF) e pelo tempo médio para reparo (MTTR), conforme a equação 1.

$$DISP : \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (1)$$

DISP – Disponibilidade

MTBF – Tempo médio entre falhas

MTTR – Tempo médio para reparo

2.2.2 Tempo médio entre falhas – MTBF

Conhecido como MTBF, pelo termo *Mean Time Between Failures*, representa o tempo médio entre a ocorrência de uma falha e a próxima. Tem como finalidade determinar a média dos tempos de funcionamento de cada item reparável ou equipamento. Cada item reparável terá o seu indicador MTBF (BRANCO FILHO, 2006). “Se o valor do MTBF com o passar do tempo for aumentando, será um sinal positivo para a manutenção, pois indica que o número de intervenções corretivas vem diminuindo e, conseqüentemente, o total de horas disponíveis para a operação, aumentando.” (VIANA, 2002 p.142). O tempo médio entre falhas está representado pelo tempo de funcionamento e pelo número de falhas, conforme equação 2.

$$MTBF = \frac{T}{N} \quad (2)$$

MTBF – Tempo médio entre falhas

T – Tempo de funcionamento

N – Número de falhas

2.2.3 Tempo médio para reparo – MTTR

O tempo médio para reparo é conhecido pela sigla MTTR e pelo termo *Mean Time to Repair*. Esse indicador representa o tempo que a equipe de manutenção leva para reparar o equipamento (PEREIRA, 2011). Para Kardec e Nascif (2013), a MTTR depende da facilidade do equipamento ser mantido em condições ideais de trabalho, necessita de uma boa capacitação profissional de quem fez a intervenção e da característica de organização e planejamento da manutenção da empresa. O tempo médio para reparo, conforme equação 3, é formada pelo tempo em reparo total dividido pelo número de ciclos de trabalho.

$$MTTR = \frac{TRPT}{N} \quad (3)$$

MTTR – Tempo Médio para reparo

TRPT – Tempo em reparo total

N – Número de ciclos de trabalho

2.2.4 BACKLOG

Backlog é o tempo que a equipe de manutenção precisa para executar o serviço, considerando que não cheguem novos pedidos ou ordens de serviço durante a execução (VIANA, 2002). É ilustrado na equação 4.

$$Backlog = \frac{\sum HHC}{\sum HHI} \quad (4)$$

$\sum HHC$ – Somatório das horas-homem em carteira

$\sum HHI$ – Somatório das horas-homem instalado

2.3 CENTRO DE USINAGEM CNC

A máquina-ferramenta é uma máquina utilizada para a fabricação de peças de diversos materiais, podendo ser de operação manual ou através de Controle Numérico por Computador (CNC). Essas máquinas são dotadas por um computador próprio capaz de receber códigos entre números e letras, transformando os movimentos (OLIVEIRA, 2012). De acordo com Slack et al, (1997), o conjunto de instruções codificado e os computadores ligados à máquina tomaram o lugar do operador. Essa substituição dá mais acuidade, precisão, repetitividade ao processo e também produtividade.

As máquinas por comando numérico representam um passo adiante no uso da tecnologia, pois os equipamentos são capazes de substituir suas ferramentas de forma programada ou, em equipamentos mais sofisticados, são capazes de carregar ou descarregar automaticamente sem a interferência do operador (CORRÊA; CORRÊA, 2006).

A máquina ferramenta CNC, através de sua rapidez na programação e preparação das ferramentas, proporciona alta flexibilidade de produção e rendimento. O “Programa CNC, contém

todas as informações/instruções de movimento para a máquina realizar a tarefa na peça. Essas máquinas apresentam modelos variados de controle numérico e características para funcionamento, sendo seu propósito facilitar o trabalho humano, garantindo a alta qualidade dos serviços (OLIVEIRA, 2012), e está ilustrado conforme figura 1.



Figura 1 - Máquina CNC
Fonte: Site do fabricante Romi

O CNC é composto por uma unidade de assimilação de informações, recebidas através de leitora de fitas, entrada manual de dados, micro e outros usuais, e pela unidade calculadora, onde as informações recebidas são processadas e transmitidas a unidades motoras do equipamento. O circuito que integra a máquina e ferramentas ao CNC é denominado como interface (FERES, 2010), conforme ilustrado na figura 2.



Figura 2 – Interface CNC
Fonte: Site do fabricante Siemens

Mesmo possuindo um investimento financeiro inicial significativo, uma máquina-ferramenta CNC, dependendo da peça a ser produzida, possui uma relação “custo versus benefício” mais atrativa do que um equipamento convencional. A implantação de novas

tecnologias a partir do CNC, *softwares* de programação e máquinas-ferramentas multifuncionais, permitem operações simultâneas de diversos segmentos na usinagem, proporcionando ganhos às empresas.

3 METODOLOGIA

A natureza da pesquisa científica utilizada no presente trabalho é aplicada, visto que fornece conhecimento específico sobre o tema estudado, identificando oportunidades de melhorias no ambiente de estudo. O objetivo de pesquisa tem caráter descritivo e exploratório. O caráter descritivo, permite analisar e formular uma solução para o problema, mas sem nenhuma interferência sobre o processo atual, pelo caráter exploratório e pelo fato de proporcionar mais conhecimento sobre o assunto abordado. Diante da abordagem de pesquisa será da forma quantitativa em que serão utilizados dados coletados dos sistemas da empresa, buscando classificá-los e analisá-los. Também haverá uma abordagem qualitativa, em que a pesquisa tem o ambiente como fonte direta dos dados sem que haja uma manipulação intencional do pesquisador. Para a pesquisa bibliográfica será a partir de publicações como: livros, revistas, publicações, teses, internet, colocando o pesquisador em contato direto com o material já escrito sobre o assunto da pesquisa, e acompanhado de um estudo de caso.

4 ESTUDO DE CASO

Considerando-se os princípios da fundamentação teórica, o estudo de caso visa propor a manutenção preventiva no equipamento centro de usinagem vertical *Anayak 3000* na empresa, através do diagnóstico da situação atual, apontando as principais falhas e, assim, desenvolver uma ferramenta para atual gestão da manutenção, aumentando a disponibilidade do equipamento.

4.1 EMPRESA

A empresa objeto da pesquisa é sediada em São Leopoldo/RS e foi fundada em março de 1987. Os principais produtos da empresa são navalhas industriais planas ou circulares, atendendo empresas do ramo do papel/celulose, siderúrgico e fumageiro. O organograma da empresa é ilustrado conforme a figura 4.



Figura 4 - Organograma da Empresa estudada
Fonte: Dados da empresa

A empresa possui sua própria sede com aproximadamente 5.000 metros quadrados e conta com 70 funcionários. A área estudada na presente pesquisa é o setor de manutenção e conforme o organograma, o mesmo fica sob a responsabilidade da direção da empresa. A estrutura de gerenciamento da manutenção é centralizada, mantida sob um único responsável. O setor da manutenção é formado pelo Encarregado de Manutenção, tendo como auxiliar um assistente técnico nas atividades diárias.

4.2 DESCRIÇÃO/EVIDÊNCIAS

A empresa conta com 31 equipamentos das mais diversas aplicações como: máquinas de serra, fresadora CNC, centro de usinagem, tornos CNC, retífica plana e equipamentos de solda. Alguns equipamentos operam em dois turnos e outros em turno único, conforme a necessidade da demanda. Todos são essenciais para a produção, sendo importante estarem em bom estado de conservação e funcionabilidade, pois uma possível quebra inesperada pode causar grande prejuízo para a empresa e atraso nas entregas de pedidos.

O setor da manutenção está localizado em uma área com aproximadamente 8 metros quadrados e nesse espaço é realizada a manutenção dos equipamentos. Com um espaço reduzido, ficam restritas algumas atividades de reparo nos equipamentos, sendo necessário deslocar-se para outra área da empresa. O setor da manutenção é ilustrado na figura 5.



Figura 5 - Manutenção
Fonte: Dados da empresa

As disposições das ferramentas não estão identificadas e as peças sobressalentes ficam alocadas em caixas de papelão, conforme ilustrado na figura 6.



Figura 6 - Manutenção lateral
Fonte: Dados da empresa

Com a necessidade de uma maior disponibilidade do equipamento centro de usinagem vertical Anayak 3000, é necessário planejar medidas e planos para adoção de um plano de manutenção eficaz, que apresente resultados positivos. O estudo de caso realizado na empresa apresenta diversas situações em que ocorre baixa disponibilidade de máquina, ocasionada por quebras de equipamento devido à falta de uma política de manutenção preventiva na empresa. O equipamento do estudo de caso tem grande importância dentro da empresa. Aproximadamente 95% dos produtos têm processo de usinagem nesse equipamento. Quando ocorre alguma quebra, causa prejuízo para o processo produtivo. Por esses motivos, a escolha do equipamento para a

proposta de implantação de manutenção preventiva será no equipamento centro de usinagem Anayak 3000, conforme ilustrado na figura 7.



Figura 7 - Centro de usinagem vertical Anayak 3000
 Fonte: Dado da empresa

Para o estudo foi realizado um levantamento de dados de tempos de manutenção nos equipamentos através do software ERP (*Enterprise Resource Planning*). Os dados foram coletados no período de maio de 2013 a abril de 2014. Esses dados foram analisados em uma planilha eletrônica em que foi possível filtrar quantas paradas ocorreram, em qual máquina ocorreu cada parada, data da parada e tempo de parada. No gráfico 1, são apresentadas quantas horas de manutenção corretiva ocorreram nos equipamentos no período do estudo.

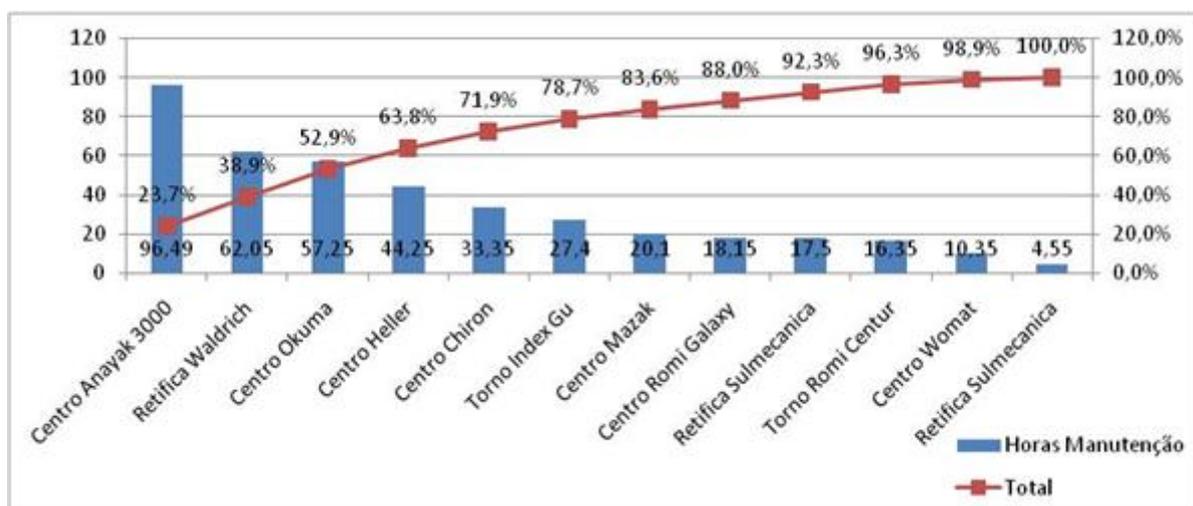


Gráfico 1 – Horas de manutenção (Maio de 2013 a Abril 2014)
 Fonte: Dados da empresa

Através da análise do gráfico 1, o equipamento com maior número de horas de manutenção corretiva não planejada foi o centro de usinagem Anayak 3000 com 96,49 horas. As horas de manutenção mensal estão ilustradas no gráfico 2.

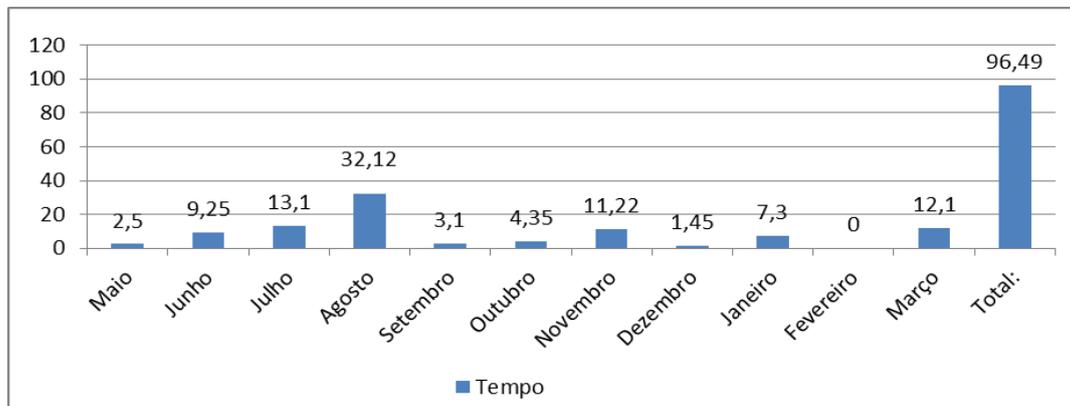


Gráfico 2 – Horas de manutenção mensal
Fonte: Dados da empresa

Durante o período analisado, foi observado o tempo de manutenção da máquina centro de usinagem Anayak 3000, totalizando 96,49 horas de manutenção corretiva não planejada para 4.464 horas/ano de trabalho programada no período estudado, proporcionando uma disponibilidade de 97,84% do equipamento. Para essa situação, o equipamento permanece em operação até que ocorra alguma falha, quebra ou perda de rendimento. Não há um plano de manutenção preventiva para verificar pontos em que possam ocorrer possíveis falhas.

Na empresa, quando o equipamento sofre uma falha, o supervisor de produção solicita ao encarregado de manutenção o seu conserto. Essa comunicação é verbal, não existindo padronização através de formulário, protocolo ou de ordem de serviço para a manutenção. Para fins de acompanhamento e controle, apenas é utilizado o software de ERP, onde é feito o apontamento da parada de máquina por manutenção. Como não há qualquer controle documental na empresa para esse fim, acaba prejudicando a manutenção dos equipamentos e também a produção, pois não há nenhum tipo de controle dos defeitos que surgem nos equipamentos para fins históricos.

A frequência de manutenção corretiva na empresa é elevada, ocasionando perdas produtivas e baixa disponibilidade de equipamento. Dessa forma, é necessária a realização de horas extra na produção decorrente destas perdas. O setor de manutenção realiza horas extras

semanais e não conhece este índice, ocupando essas horas principalmente com as manutenções corretivas dos equipamentos

A lubrificação das máquinas é realizada pelo setor de manutenção, mas é feita quando a máquina não está em condições normais de operação ou quando o sistema de alarme da máquina acusa a falta de lubrificação do equipamento. As informações do tipo de lubrificação ou óleo a ser utilizado no equipamento são extraídas do manual das máquinas. A lubrificação do equipamento do estudo é realizada apenas quando o sistema de alarme do equipamento emite uma mensagem de erro no equipamento, acusando a falta de óleo na central de lubrificação e é feita pelo próprio operador do equipamento.

Observou-se então a necessidade de intensificar o treinamento para a equipe de manutenção, sendo que, essa falta de treinamento, por muitas vezes, contribui com a baixa agilidade da manutenção na solução dos problemas simples nas máquinas.

Os custos da manutenção da empresa relacionados às peças e componentes para os equipamentos não são alocados aos centros custos específicos, onde, posteriormente, é possível obter os gastos totais de manutenção por área, sendo consideradas apenas despesas de manutenção. Também há os custos com a contratação de manutenção terceirizada na empresa, nas máquinas que necessitam de mão de obra mais especializada. Os custos relacionados ao período de maio de 2013 a abril de 2014 foram de R\$ 27.375,00. No equipamento em pesquisa, foram gastos, no mesmo período, R\$ 7.870,00.

Além do custo de manutenção, também há o valor da hora máquina do equipamento parado, em que o equipamento deixa de estar em produção, gerando prejuízo para a empresa, sendo que, no período estudado, houve um prejuízo de R\$ 23.398,85.

4.3 ANÁLISE CRÍTICA E PROPOSTA DE MELHORIAS

O objetivo desse estudo de caso é propor um plano de manutenção preventiva na empresa, que resulta num melhor desempenho nos equipamentos e maior disponibilidade de máquinas. Reis *et al.* (2010) apresentam um programa para implantar a manutenção preventiva com a proposta de diminuir as manutenções corretivas não planejadas, aumentando a disponibilidade dos equipamentos. Autores como Xenos (2004) e Branco Filho (2008) observam

que a manutenção preventiva feita periodicamente deve ser a principal atividade das empresas, gerando maiores lucros e obtendo resultados satisfatórios.

Para a implantação do plano de manutenção preventiva, é importante a conscientização da administração sobre os benefícios para a empresa. É necessário que haja o comprometimento de todos na organização, cientes da importância da manutenção preventiva, além de uma maior disponibilidade de equipamento, custo da fabricação, não prejudicar a produção ou evitar atrasos (PEREIRA, 2011). A proposta de melhoria para aumentar a disponibilidade do equipamento centro de usinagem CNC *Anayak 300* é propor um plano de manutenção preventiva, acompanhado com os indicadores tempo médio entre reparo (MTTR), tempo médio entre falhas (MTBF), *backlog* e disponibilidade.

4.4 ETAPA DE IMPLAMENTAÇÃO

4.4.1 Setor de manutenção

Levando em consideração os problemas encontrados atualmente, o setor de manutenção ocupa um pequeno espaço destinado para suas atividades. É necessário que seja organizado o local onde estão guardadas as ferramentas, dispositivos e peças sobressalentes, também se faz necessária a retirada de materiais e peças obsoletas ou danificadas, conforme Reis et al., 2010.

Para realizar o trabalho de manutenção, são necessárias ferramentas em condições ideais de trabalho, eliminando ferramentas danificadas e adaptadas que possam causar algum tipo de acidente. A figura 7 apresenta uma lista de ferramentas indicada para o setor da manutenção.

Lista de Ferramentas Mecânica	
1	Chaves Allen: 1,5/2/2,5/3/4/5/6/8/10mm
2	Jogo de chave combinada
3	Chaves de Fenda: 3/4/5,5/6,5mm
4	Chaves Phillips: PH0/PH1/PH2
5	Alicate de bico
6	Alicate universal 9"
7	Jogo alicate para aneis
8	Alicate de pressão
9	Alicate de Corte
10	Alicate Bomba D'Água 10"
11	Martelo Poliuretano 500g
12	Chave Ajustável 10
13	Multi-teste

Figura 7 - Ferramental
Fonte: Adaptado de Lima (2009)

4.4.2 Controle de equipamento

Tendo como objetivo registrar os dados dos equipamentos, é necessário desenvolver um cadastro para cada equipamento, contendo informações importantes. O registro do controle de cadastro visa conter informações como: nome do fabricante e modelo, número de série do equipamento, ano de fabricação e dimensões. É importante que manuais, catálogos, desenhos, orçamentos de peças, assim como dados de assistência técnica fiquem anexados ao registro técnico do equipamento, conforme ilustrado na figura 8 (REIS et al.,2010).

Nome:		Marca:		Modelo:	
Fabricante:		Dimensão:		Peso:	
Ano de Fabricação:		Sector Instalada:		Nº Interno:	
Características					
Acessórios do Equipamento					
Código:	Descrição	Local:	Data:	Quantidade:	Observação:

Figura 8 - Ficha de controle de equipamento
Fonte: Elaborado pelo autor

A implantação do documento visa desenvolver um histórico para cada equipamento, observando os dados técnicos e os componentes utilizados. A utilização desse documento é de grande valia para a manutenção, pois em caso de necessidade de contato com o fornecedor, temos as informações das máquinas e os dados técnicos.

4.4.3 Plano preventivo

Para Xenos (2004), o plano de manutenção preventiva tem como base os dados técnicos e manuais dos equipamentos. A proposta do plano é a realização da manutenção preventiva, em que o operador deverá realizar as inspeções diárias, semanais e semestrais, conforme o cronograma do plano. O cronograma de manutenção deverá apresentar informações dos

componentes, onde lubrificar, o tipo de lubrificante a ser utilizado e a frequência do serviço a ser realizado. O modelo proposto está ilustrado na figura 9.

PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA		Elaborado:			
		Aprov:			
MÁQUINA: Centro de usinagem ANAYAK 300		Nº: MP 32			
ITENS A SEREM MONITORADOS	PERIODICIDADE				
	DIÁRIO	SEMANAL	MENSAL	SEMANAL	
1- LIMPEZA EXTERNA DA MAQUINA E PAINEL					
2- RETIRADA DE CAVACOS DA ÁREA DE USINAGEM E DO TANQUE DE REFRIGERAÇÃO					
3- VAZAMENTO DE AR COMPRIMIDO					
4- VAZAMENTO NO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO					
5- MEDIR CONCENTRAÇÃO DO FLUIDO REFRIGERANTE QUE DEVE ESTAR ENTRE (5 E 9), CORRIGIR CONCENTRAÇÃO					
6- LIMPEZA DOS FILTROS DO SISTEMA PNEUMÁTICO					
7- FILTRO INTERNO DO LUBRIFICADOR					
8- LIMPEZA DOS FILTROS DOS VENTILADORES DO PAINEL ELÉTRICO					
9- LIMPEZA POR COMPLETO DO TANQUE DE REFRIGERAÇÃO					
10- LIMPEZA E REABASTECIMENTO DO LUBRIFICADOR DO SISTEMA PNEUMÁTICO					
11- VERIFICAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE TROCA DE FERRAMENTAS					
12- VAZAMENTO NO SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO					
13- LIMPEZA DOS COOLER MOTORES DE ACIONAMENTOS					
14- NIVELAMENTO DA MÁQUINA					
15- MICROS DE REFERÊNCIA E FIAÇÃO					

Figura 9 - Plano de manutenção
 Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 9 mostra os itens a serem monitorados no plano de manutenção. Para cada operação a ser realizada no equipamento foram extraídos do catálogo do fabricante os períodos a serem realizadas, bem como as fotos ilustrativas dos componentes que auxiliam na identificação do processo. Para a realização da manutenção desses equipamentos são realizadas manutenções específicas, pois as mesmas necessitam de mão de obra qualificada e treinada.

4.4.4 Banco de dados

Conforme Reis et al., (2010), faz-se necessário uma planilha eletrônica com a finalidade de armazenar todas as informações relacionadas à manutenção dos equipamentos, ordens de serviço e ordens de manutenção. Dessa forma, será possível manter um histórico de toda a manutenção de cada equipamento, quando foi realizada, qual seu custo, motivos de paradas, tempo de paradas e indicadores de desempenho mensal. Com esse gerenciamento, o responsável pelo setor de manutenção terá uma base para tomada de decisões gerenciais, podendo proporcionar maior rentabilidade, utilização mais eficiente dos recursos de mão de obra e materiais e melhorias nos desempenhos dos equipamentos. A planilha proposta está ilustrada na figura 10.

Ordem de Serviço			
Nº Solicitação	0001		Tempo de espera atendimento
Data	10/06/2014		
Hora	10:00		
Solicitante	Fabiano		
Setor	Usinagem		
Equipamento	Anayak 3000		
Nº	32		
Status	Parada		
Descrição do problema	Cartão de memória não reconhece		
Atendimento			Tempo de atendimento
Data	10/06/2014		00:15
Hora	10:15		
Status	Parada		
Manutenção	Corretiva		
Especificação	Eletrônica		
Preenchimento Resp. Manutenção	Limpeza do local do cartão		
Data Fim	10/06/2014		
Hora Fim	10:40		
Compras Serviço/Fornecedor			Tempo de espera compras
Data Entrada	Hora Entrada	Peças/Serviços	00:25
			00:00

Figura 10 - Planilha de Controle
 Fonte: Adaptado de Reis et al (2012)

Com a proposta acima apresentada, em qualquer irregularidade no equipamento será gerada uma ordem de serviço e preenchidas todas as informações solicitadas no formulário, e, sempre que necessário, esse documento poderá ser consultado.

4.4.5 Indicadores de desempenho

Com a finalidade de avaliar o desempenho dos equipamentos e do setor de manutenção será realizado um controle mensal de indicadores de manutenção, com o objetivo de medir e indicar alguma necessidade de melhorar algum equipamento. Conforme Fogliatto e Ribeiro (2009), a disponibilidade é definida como a capacidade de um item desempenhar sua função em um determinado instante do tempo. Para acompanhar a disponibilidade do equipamento, será aplicado o gráfico de disponibilidade conforme ilustrado no gráfico 3.

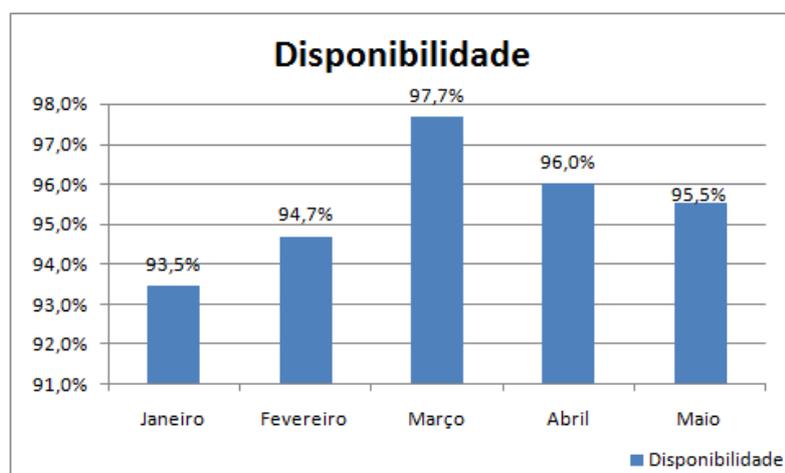


Gráfico 3 - Disponibilidade do equipamento
Fonte: Adaptado de Fogliatto e Ribeiro (2009)

A manutenção tem um papel importante diante do indicador do tempo médio entre falhas MTBF. Segundo Viana (2002, p. 142), quando o valor do indicador MTBF for aumentando, indica que o número de intervenções corretivas vem diminuindo e, conseqüentemente, o total de horas disponível para operação aumenta. O indicador MTBF proposto está ilustrado no gráfico 4.

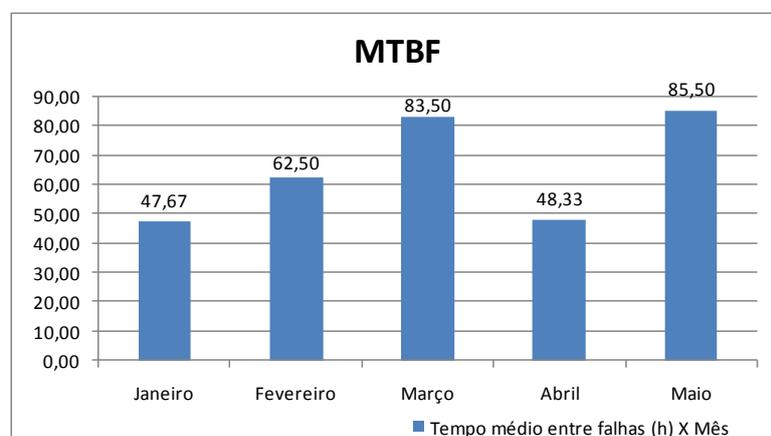


Gráfico 4 - Tempo médio entre falhas
Fonte: Adaptado Viana (2002)

Segundo Kardec e Nascif (2013), o tempo médio para reparo (MTTR) visa medir o desempenho da manutenção para colocar o equipamento em condições ideais de trabalho. O MTTR está ilustrado no gráfico 5.

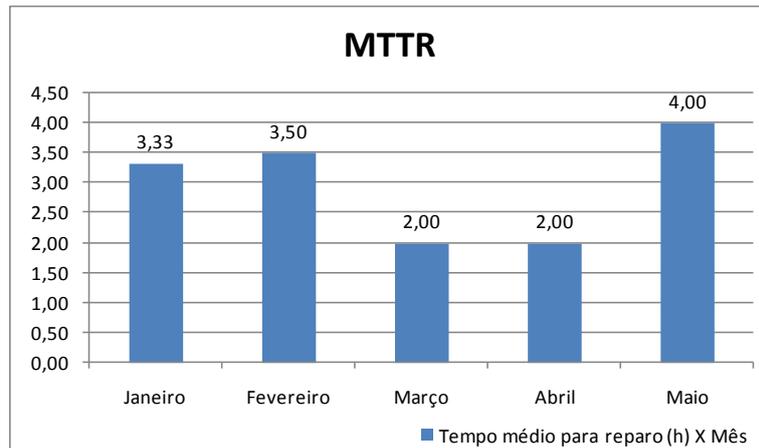


Gráfico 5 - Tempo médio para reparo
Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2013)

Segundo Viana (2002), o indicador *backlog* é o tempo que uma equipe de manutenção deve trabalhar para concluir todos os serviços pendentes, desde que não sejam adicionadas novas pendências durante a execução do trabalho. O indicador *backlog* está ilustrado no gráfico 6.

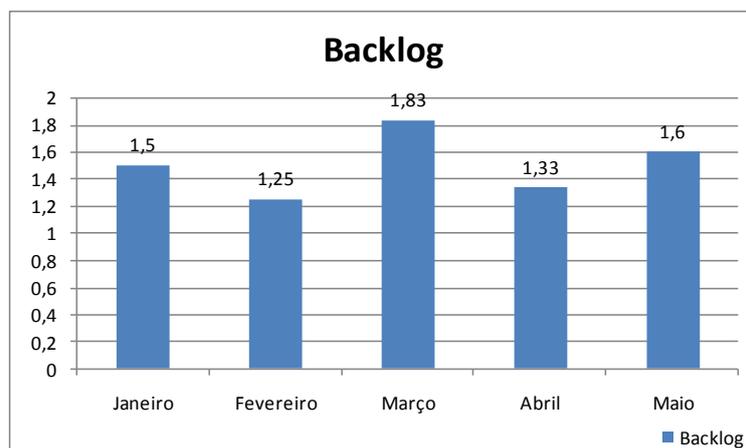


Gráfico 6 - Backlog
Fonte: Adaptado de Viana (2002)

Os indicadores de desempenho propostos possibilitam fornecer informações para uma melhor gestão das rotinas, assim como monitoramento de oportunidades de melhorias das atividades do setor de manutenção. Porém torna-se importante a capacitação das equipes nos temas relacionados.

4.4.6 Treinamento de manutenção

Conforme Reis et al., (2010), o treinamento e aperfeiçoamento das pessoas são fundamentais para a manutenção de qualquer empresa. O desempenho na função é vital no desenvolvimento da capacidade da pessoa na realização de suas atividades, um investimento de retorno seguro quando se deseja evitar a ocorrência de falhas e aumento da produtividade dos equipamentos. Para que sejam implantadas com sucesso as atividades da manutenção preventiva, é essencial a formação de uma equipe de trabalho capacitada tecnicamente na metodologia, e isso só é possível através do desenvolvimento das pessoas. Um programa de educação e treinamento equivale a um investimento. Todos os operadores receberão um manual de operação, limpeza e manutenção básica de suas máquinas. Durante esse treinamento, serão reforçados os cuidados básicos com operação, limpeza e conservação do equipamento. O próximo passo do enfoque é a realização de treinamentos técnicos ligados à hidráulica, pneumática, mecânica, elétrica e eletrônica básica. Esses treinamentos têm como finalidade melhorar a qualidade e o grau de profundidade das inspeções e análises das causas das inconveniências detectadas durante as inspeções. A aplicação do treinamento deve ser feita por uma instituição reconhecida, que garanta o cumprimento dos cronogramas e atenda os temas propostos pela empresa. A figura 11 apresenta uma estrutura provisória de treinamento, com disciplinas definidas para capacitar os funcionários da manutenção. Os tempos de duração estimados para o domínio de cada disciplina estão baseados em observações similares em outra empresa e na opinião dos supervisores da fábrica.

Treinamento Avançado	
Disciplina	Carga horária
Hidráulica	30
Eletrônica	40
Elétrica	35
Pneumática	25
TOTAL:	130

Figura 11 - Treinamento
Fonte: Adaptado de Lima (2009)

O tempo total que deve ser dedicado ao treinamento dos funcionários, como mostra a figura 11, é de 130 horas. O método de treinamento será baseado em aulas teóricas, com auxílio de apostilas, exercícios e avaliações combinadas com experiência prática junto aos equipamentos de trabalho.

5 CONCLUSÃO

A proposta deste estudo foi propor a implantação de um plano de manutenção preventiva para uma metalúrgica, objetivando aumentar a disponibilidade do equipamento centro de usinagem vertical *Anayak 3000*.

O artigo apresentou a importância da manutenção preventiva como ferramenta para o aumento da disponibilidade dos equipamentos e no ganho de produtividade. Para o estudo, foi feito um levantamento de dados e registros de manutenção e apontamentos através do software ERP da empresa e analisados os dados, em que foi possível analisar as perdas com manutenção corretivas não planejadas e com perda na produção.

Durante a proposta de implantar a manutenção preventiva, verificou-se a importância do uso dos indicadores de disponibilidade, tempo médio entre falhas, tempo médio para reparo e backlog, que, quando aplicados, através das medições e análises realizadas a partir destas, pode-se melhorar o desempenho e a disponibilidade dos equipamentos, tornando os equipamentos mais eficazes, reduzindo as paradas corretivas não planejadas e assim gerando aumento da produtividade.

Desta forma, o objetivo desse trabalho foi alcançado, sendo realizada a proposição de um plano de implantação de manutenção preventiva para aumentar a disponibilidade do equipamento *Anayak 3000*, na empresa estudada. Sendo assim, o modelo proposto apresentado pode ser muito importante para garantir a disponibilidade e confiabilidade do equipamento. Desta forma, acredita-se que, de forma geral, esta sugestão é aplicável e apresentará resultados positivos.

Para estudos futuros, sugere-se a pesquisa de implantação dos requisitos da norma NR-12, junto às máquinas e equipamentos da empresa. Também, sugere-se o aprofundamento da manutenção detectiva junto aos equipamentos, com o intuito de aumentar a disponibilidade dos recursos industriais.

REFERÊNCIAS

- BRANCO FILHO, Gil. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Rio de Janeiro, RJ: Ciência Moderna, 2008. 257 p.
- BRANCO FILHO, Gil. **Indicadores e índices de manutenção**. Rio de Janeiro, RJ: Ciência Moderna, 2006. 148 p.
- CORRÊA, Henrique Luiz; CORRÊA, Carlos Alberto. **Administração de produção e operações**. 2. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2006. 690 p.
- FERES, Fernanda. Complexidade operacional superada com a evolução da tecnologia CNC. **Revista O mundo da Usinagem**. São Paulo: Sandvik Coromant do Brasil., 8 ed., 70, ago. 2010. 6-10p. Disponível em < http://issuu.com/omundodausinagem/docs/omu_70> Acessado em: 05 mai. 2014
- FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luís Duarte. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2009. 265 p.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008. 200 p.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 4 ed. rev. ampl. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark, 2013. 413 p.
- LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. 1 ed. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark, 2001. 374 p.
- LIMA, Alexandre Nunes. **Plano de ação para implantação de manutenção autônoma em uma indústria gráfica**. São Paulo, SP, 2009. Disponível em: <pro.poli.usp.br/wp-content/uploads/2012/pubs/plano-de-acao-para-implantacao-de-manutencao-autonoma-em-uma-industria-grafica.pdf> Acesso em: 8 jun. 2014.
- MARQUES, Ramiro; RIBEIRO, José. **Criação de um plano de manutenção para equipamento torno descacadeira**. Porto Alegre, RS, 2012. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/65664/000858032.pdf?sequence=1>> Acesso em: 5 mai. 2014.
- OLIVEIRA, Jeferson Relvas. **Aplicação da manufatura auxiliada por computador no desenvolvimento de processos de usinagem**. Marília, SP, 2012. Disponível em: <<http://aberto.univem.edu.br/bitstream/handle/11077/893/TCC%20JEFERSON.df?sequence=1>> Acesso em: 10 mai. 2014.
- PASCHOAL, Débora Rodrigues de Souza; et al. **Disponibilidade e confiabilidade: Aplicação da gestão da manutenção na busca de maior competitividade**. 2009. Disponível em: <http://www.fsma.edu.br/EP/Artigos/REV_ENG_3_artigo_3.pdf> Acesso em: 15 mai. 2014.
- PEREIRA, Mario Jorge. **Engenharia de manutenção: teoria e prática**. 2 ed. rev. Rio de Janeiro, RJ: Ciência Moderna, 2011. 228 p.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani César de. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2013. Disponível em: <<http://docente.ifrn.edu.br/valcinetemacedo/disciplinas/metodologia-do-trabalho-cientifico/e-book-mtc>>. Acesso em: 04 mar. 2013.

REIS, Zaida Cristiane; DENARDIN, Carina Desconzi; MILAN, Gabriel Sperandio, **A implantação de um planejamento e controle da manutenção, um estudo de caso**. Niterói, RJ, 2010. Disponível em: <http://www.excelenciaemgestao.org/portals/2/documents/cneg6/anais/t10_0268_0981.pdf> Acesso em: 5 abr. 2014.

RODRIGUES, Felipe Francisco Nalesso. **Estudo de Caso – Implementação de plano de manutenção preventiva visando a melhoria de desempenho em moldes**. Sorocaba, SP, 2012. Disponível em: <<http://fatecsorocaba.edu.br/principal/pesquisas/nuplas/dissertacoes/TCCs1sem-2012/Felipe%20Francisco%20Nalesso%20Rodrigues.pdf>> Acesso em: 20 mai. 2014.

ROMI. Disponível em <http://www.romi.com.br/index.php?id=mf_romi_dcm62&L=ufascostrwempr> Acesso em: 20 mai. 2014.

SIEMENS. Disponível em: <<http://www.automation.siemens.com/mcms/mc-systems/en/automation-systems/cnc-sinumerik/sinumerik-controls/pages/sinumerik-controls.aspx>> Acesso em: 20 mai de 2014.

SLACK. Nigel et al.. **Administração da produção**. São Paulo, SP: Atlas, 1997. 723 pp.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. 2 ed. São Paulo, SP: Atlas, 2009. 190 p.

VERRI, Luiz Alberto. **Sucesso em paradas de manutenção**. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark, 2012. 216 p.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM: planejamento e controle da manutenção**. 1 ed. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark, 2002. 167 p.

WOCHNER, Carlos Alberto. **Gestão da Manutenção**. 2008, 90 p. Trabalho de Conclusão do Curso (monografia) – Curso de Engenharia Industrial Mecânica, Centro Universitário Feevale, Novo Hamburgo, RS, 2008. Disponível em: <<http://ged.feevale.br/virtual/MonografiaCarlosWochener.pdf>>. Acesso em 22 nov. 2013.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a manutenção produtiva**: Nova Lima: Falconi, 2004. 308 p.

YIN, K. Robert. **Estudo de Caso Planejamento e Métodos**: Porto Alegre, RS: Bookman, 2005. 212 pp.