

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
CENTRO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO DO MESTRADO: ESTRATÉGIAS E ORGANIZAÇÕES**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**O POTENCIAL DE IMPLANTAÇÃO DO MJIT-MANUTENÇÃO
POR JUST IN TIME EM INDÚSTRIAS DE PROCESSO DE
PRODUÇÃO CONTÍNUO NO ESTADO DO PARANÁ**

AUTOR: CARLOS AUGUSTO CANDÊO FONTANINI

CURITIBA, AGOSTO DE 1997

P A R E C E R

A Banca Examinadora da Dissertação, apresentada pelo Mestrando CARLOS AUGUSTO CANDÊO FONTANINI, sob o título “O POTENCIAL DE IMPLANTAÇÃO DO MJIT-MANUTENÇÃO POR JUST IN TIME EM INDÚSTRIAS DE PROCESSO DE PRODUÇÃO CONTÍNUO NO ESTADO DO PARANÁ”, após argüir o candidato e ouvir suas respostas e esclarecimentos, deliberou aprová-lo, com base nos seguintes Conceitos, pelos Membros: Professor Doutor - MICHITOSHI OISHI - 8,8 (oito inteiro e oito décimos), Professor Doutor JOSÉ DE JESUS PREVIDELLI - 8,5 (oito inteiro e cinco décimos), e Professor Doutor ROMEU ROSSLER TELMA - 8,5 (oito inteiro e cinco décimos), do que resulta a aprovação com o conceito “B” .

Em face da aprovação, deliberou, ainda a Banca Examinadora, na forma regimental, considerar com a presente dissertação que o candidato CARLOS AUGUSTO CANDÊO FONTANINI, atendeu a requisito parcial para obtenção do grau de “MESTRE EM ADMINISTRAÇÃO”.

É o Parecer,

Curitiba, 22 de agosto de 1997.



Prof. Dr. MICHITOSHI OISHI
Presidente



Prof. Dr. JOSÉ DE JESUS PREVIDELLI
Examinador



Prof. Dr. ROMEU ROSSLER TELMA
Examinador

CARLOS AUGUSTO CANDÊO FONTANINI

**O POTENCIAL DE IMPLANTAÇÃO DO MJIT-MANUTENÇÃO
POR JUST IN TIME EM INDÚSTRIAS DE PROCESSO DE
PRODUÇÃO CONTÍNUO NO ESTADO DO PARANÁ**

**Dissertação apresentada como
requisito parcial para obtenção do
grau de Mestre.**

**Centro de Pesquisa e Pós-Graduação
em Administração, Setor de Ciências
Sociais Aplicadas, Universidade
Federal do Paraná.**

Orientador: Prof. Dr. Michitoshi Oishi

Curitiba

1997

Nós podemos tomar por
companheira a fantasia, mas se
deve ter por guia a razão.

Samuel Johnson
1709 - 1784

Aos meus pais, Marli e Nivaldo, minha eterna gratidão pela dedicação e apoio durante toda esta trajetória.

AGRADECIMENTOS

- à CAPES, pelos dois anos de bolsa de estudo, que permitiram a realização desta pesquisa;
- ao Centro de Pesquisa e Pós-Graduação em Administração (CEPPAD) da Universidade Federal do Paraná, na pessoa de seus Professores, funcionários e Coordenador do Mestrado;
- ao Instituto Superior de Administração e a todos os amigos, pelo apoio e incentivo;
- a todos os colegas do mestrado;
- aos amigos Raul Landmann e Jerzy Wyrebski, pelo apoio, companheirismo e incentivo durante toda a pesquisa;
- ao Eng^o José Italo Candêo Fontanini, que, em todos os momentos, contribuiu para que esta pesquisa chegasse ao fim;
- a todos os funcionários da Universidade Federal do Paraná que contribuíram para a realização desta pesquisa, secretárias e bibliotecários;
- às indústrias, na pessoa de todos os administradores e engenheiros que participaram de forma exemplar, fornecendo os dados necessários à elaboração da pesquisa.

À Áurea, secretária do curso de Mestrado, meus agradecimentos por sua inestimável contribuição nos momentos difíceis, ajudando-nos a chegar ao final deste trabalho.

Ao Prof. Michitoshi Oishi que durante estes anos, me orientou não só para que pudesse concluir o curso, mas também me ensinou como ser um profissional, não limitando seus esforços em momento algum, meu muito obrigado.

SUMÁRIO

RESUMO	XI
ABSTRACT	XII
1 INTRODUÇÃO	01
1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	04
1.2 IMPORTÂNCIA DO ESTUDO	06
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA	09
2 BASE TEÓRICO-EMPÍRICO	12
2.1 MANUTENÇÃO PROGRAMADA	12
2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA	14
2.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA	23
2.4 MANUTENÇÃO PRODUTIVA	26
2.5 MANUTENÇÃO POR JUST IN TIME	34
2.5.1 COMPONENTES DO MJIT	35
SISTEMA DE CONTROLE DE EQUIPAMENTOS POR TODA A FÁBRICA	35
SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO	38
SISTEMA DE DIAGNOSE DE EQUIPAMENTOS POR TODA A FÁBRICA	38
SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS	39
SISTEMA <i>EXPERT</i>	40
SISTEMA DE ARQUIVOS ELETRÔNICOS	40
2.5.2 MÉTODOS DE DIAGNOSE APLICADOS A EQUIPAMENTOS E SEUS CONTEÚDOS	41
2.6 A PERCEPÇÃO LIMITADA DO SER HUMANO NA DETECÇÃO DE FALHAS	42

3 METODOLOGIA	46
3.1 ESPECIFICAÇÃO DO PROBLEMA	46
3.2 DELIMITAÇÃO E PERSPECTIVA DA PESQUISA	47
3.2.1 População e amostra	48
3.3 DADOS: FONTES, COLETA E ANÁLISE	48
3.3.1 Coleta de dados	48
3.3.2 Análise dos dados	49
3.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	50
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	52
4.1 Respostas do questionário	52
4.2 Simulação de implantação do MJIT em indústria de celulose e papel	70
4.3 Simulação de implantação do MJIT em agroindústrias	78
4.4 O setor de celulose e papel e o MJIT	88
4.5 O setor de agroindústrias e o MJIT	90
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	92
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
7. ANEXOS	101

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi verificar a existência de potencial de implantação de um procedimento de manutenção denominado MJIT- Manutenção por *Just In Time* em indústrias de processo de produção contínuo do Estado do Paraná, em especial de celulose e papel e agroindústrias. Esta pesquisa caracterizou-se como um estudo descritivo e exploratório, sendo os dados obtidos através de entrevistas preliminares e, posteriormente, havendo a aplicação de questionários elaborados com base nas entrevistas. A análise dos dados foi feita através da comparação das respostas dos questionários com o procedimento MJIT e com a simulação da aplicação deste novo procedimento em uma indústria de celulose e papel e em uma agroindústria. As indústrias pesquisadas possuem significativo número de paradas imprevistas, e a implantação deste sistema proporciona a redução destas paradas, aumentando a disponibilidade do sistema para a produção. Este procedimento de manutenção pode ser utilizado em outras indústrias que possuam processo de produção contínuo. Com a implantação do MJIT, a qualidade e a produtividade aumentam extraordinariamente devido à redução das paradas imprevistas e o lucro obtido com estas reduções faz deste sistema um grande agente de mudanças.

ABSTRACT

The aim of this research was to verify the existence of implantation potential of a maintenance proceeding called MJIT - Maintenance by Just in Time in continuous production process industries in the State of Paraná, especially pulp and paper and agricultural industries. This research was characterized as a descriptive and explanatory study, the data being obtained by means of preliminary interviews and afterwards with the application of questionnaires, elaborated based on the interviews. The data analysis was made comparing the answers from the questionnaires with the MJIT - proceeding, and simulating the application of this new proceeding in a pulp and paper industry and in an agricultural industry. The researched industries have a significant number of unforeseen stops and the implantation of this system provides a reduction of this stops, increasing the system's availability for production. This maintenance procedure can be used in other industries which have the continuous production process. With the implantation of the MJIT, the quality, and productivity increases extraordinarily due to the reduction of unforeseen stops and the gain achieved by these reductions makes the system a great agent of changes.

1 INTRODUÇÃO

A grande velocidade com que vêm ocorrendo as mudanças é a principal característica destas últimas décadas, sendo um desafio para as empresas acompanhá-las e antecipar-se a elas.

E neste mercado em mutação muitas organizações estão-se adaptando para conseguir manter-se no mercado, devido às exigências de seus clientes, quanto a preço, qualidade e menores prazos de entrega.

O sistema de manufatura utilizado na produção é fundamental para que se obtenham todos os itens acima citados.

Um sistema de manufatura eficiente busca a utilização otimizada dos recursos necessários à produção, para que se alcancem os objetivos da empresa.

No Brasil, o sistema de manufatura tem evoluído, mas mesmo assim tem-se mostrado insuficiente para o cumprimento dos objetivos das organizações, em vista do baixo nível de manutenção realizado nos equipamentos. Esta manutenção não criteriosa, gera freqüentemente paradas, com sensíveis quedas na produtividade e, pela própria falta de substituição dos equipamentos, caracterizando defasagem tecnológica, são utilizados equipamentos obsoletos em condições inadequadas de funcionamento, comprometendo deste modo a produção, devido a um alto número de paradas não programadas.

Pouca importância tem sido dada às atividades de administração da manutenção no Brasil, havendo pouca publicação nesta área, existindo algumas publicações em literaturas especializadas, mas de forma muito simplista, não sendo dada a devida importância que o tema merece. Afinal, são procedimentos para manter-se o equipamento em perfeitas condições de uso, que afetarão a qualidade do produto, o prazo de entrega, entre outros, e a falta de estudos nesta área gera dificuldade de desenvolvimento de trabalhos, impedindo a evolução da manutenção.

Nas próprias universidades, que deveriam fomentar o desenvolvimento ou mesmo o acompanhamento destes procedimentos, a atenção que tem sido dispensada ao tema parece que não está sendo suficiente.

Para KELLY e HARRIS (1980), existe um descaso das universidades e dos institutos politécnicos em não se envolverem de forma significativa no ensino e pesquisa nesta área, refletindo-se na escassez de publicações de nível sobre Administração e Engenharia de Manutenção, em especial dentro de uma orientação voltada para a prática.

Para HIPKIN e LOCKETT (1995), a administração da manutenção tem recebido mais atenção em revistas de negócios; entretanto, verifica-se limitação no que se refere à literatura acadêmica, fazendo com que haja dificuldade para a formação de profissionais e que o desenvolvimento de novos procedimentos de manutenção ocorra de forma lenta.

“Com o tempo, e sem manutenção adequada, as máquinas deterioram-se. A durabilidade das peças varia de acordo com a intensidade do uso e as exigências dos ambientes. Além disso a precisão do equipamento afeta a qualidade do produto; a baixa precisão pode provocar problemas de qualidade. Se um grande volume de sucata for gerado antes que alguém observe o problema, os lucros esperados se perdem e os custos das matérias-primas podem ser desperdiçados”.(TAKAHASHI e OSADA 1990, p. 5)

Ao implantar-se um programa de manutenção, têm-se como metas o aumento da confiabilidade do equipamento no que diz respeito à qualidade da produção, a manutenção, a prevenção de avarias, a segurança e a operacionalidade dos equipamentos existentes na fábrica, esclarecendo as causas das avarias nas máquinas e dos produtos de qualidade inferior, sempre com base na análise dos tipos de problemas dos equipamentos e defeitos resultantes.

Para manter-se um sistema de manufatura em operação, sem que haja problemas de interrupções na produção, haverá necessidade de planejar-se a manutenção, fazer uma programação da realização da manutenção, quanto a aquisição de peças, trocas e reposição dos componentes, compatibilizando o

plano de manutenção com o plano de produção, adequando este plano em função do plano de produção, para compatibilizá-los com o plano de vendas, para que não ocorram atrasos na entrega dos produtos e, por conseguinte, não criem transtornos aos clientes em decorrência das falhas nos equipamentos.

É comum as indústrias adotarem e possuírem tipos de sistemas de manutenção que muitas vezes não correspondem às suas expectativas em relação à redução de paradas não programadas.

Durante o desenvolvimento da pesquisa desta dissertação foram realizadas visitas a um grupo de indústrias com processo de produção contínuo, nos segmentos de celulose e papel e agroindústrias.

Juntamente com essas visitas, foram feitas as entrevistas que resultaram no questionário aplicado posteriormente. Com a aplicação dos questionários, levantou-se de forma mais detalhada a situação em que se encontra cada indústria, no que diz respeito à manutenção. Com os dados resultantes deste questionário, foi realizada uma análise comparativa entre as indústrias objeto de análise, identificando-se a situação em que se encontra cada segmento no que se refere aos procedimentos de manutenção e comparou-se com a MBC. MBC- Manutenção Baseada em Condições Operacionais é um procedimento desenvolvido pela *KAWASAKI TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT DIVISION* (1993) no Japão, que consiste num sistema integrado de monitoramento dos fenômenos físicos através de sensores e centro de diagnose que recebe os sinais destes sensores, prevendo as falhas que podem ocorrer *on line*, e realizando a manutenção no melhor instante quanto possível, razão pela qual o denominamos nesta dissertação MJIT-Manutenção por *Just In Time*. Com este sistema, torna-se possível conhecer de modo antecipado o que poderá acontecer, as paradas acidentais, antecipando as providências necessárias para o perfeito andamento do sistema.

Os resultados da pesquisa entre as organizações estudadas e o MJIT demonstraram que existe grande potencialidade para aplicação deste sistema nessas indústrias, com obtenção de benefícios extraordinários com a implantação do sistema.

O objetivo da pesquisa da dissertação é mostrar que, com a introdução do MJIT, se buscará o melhor instante para a realização da manutenção, com minimização das falhas de percepção humana sobre os sintomas que os equipamentos apresentem em operação, com estimativa de vida útil ou com previsão das possíveis paradas acidentais; pretende mostrar, também, que os sistemas de manutenção hoje existentes (a manutenção preventiva, a preditiva e a produtiva, todas baseadas em tempo-MBT) são falhos, visto que a quebra pode ocorrer antes como depois do tempo previsto.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A manutenção programada apresenta uma ineficiência em relação às estimativas de vida útil do equipamento e seus componentes por serem realizadas através de probabilidades. Essas probabilidades, na maioria das vezes, não coincidem com a realidade, podendo acontecer as paradas antes dos prazos previstos, bem como depois, realizando-se as paradas para manutenção nas épocas mais prováveis, sem o conhecimento do momento em que acontecerá a quebra.

A manutenção programada atua mais como uma medida de segurança procurando diminuir os prejuízos. Desta forma, ainda não é suficiente para suprir as falhas nos equipamentos.

Sendo assim, a adoção da manutenção programada que é baseada em probabilidades, comprometerá sempre o controle de produção, visto que as paradas para manutenção serão nas épocas mais prováveis de quebra.

O aumento do custo de aquisição de componentes, a necessidade de reparos fora da época prevista, em conjunto com a perturbação das atividades normais e de rotina, a parada da produção, que gera a queda na receita, se converterão em prejuízos, conseqüentes também da manutenção baseada em probabilidades ou na vida útil do equipamento.

Com a ocorrência das paradas, eleva-se o custo da produção, diminuindo a produtividade e comprometendo a qualidade dos produtos em processo. A produtividade diminui em função da redução da taxa de utilização dos equipamentos.

Assim, faz-se necessário desenvolver um procedimento de manutenção que possa suprir essas necessidades, pois a dificuldade encontrada nas indústrias para resolução de seus problemas com a manutenção dos equipamentos tem sido crucial.

Prejudicam ainda mais o sistema adotado, a manutenção programada, a falta de critérios na adoção de programas de manutenção, o uso de registros que permitiriam fazer um levantamento histórico de todos os equipamentos e componentes da manutenção, problemas com a substituição e reposição das peças e as faltas em estoque.

Os operadores que executam este trabalho na tentativa de um bom desempenho deste procedimento de manutenção, também, contribuem para o seu insucesso, isto devido a diversos problemas, desde a contratação de pessoal não especializado, com pouco ou nenhum treinamento, a falta de motivação desses funcionários que atuam de maneira direta ou indireta na manutenção, sendo de competência da área uma reformulação de todo o ambiente de trabalho.

Existe, ainda, outro fator que prejudica a manutenção programada, que é a capacidade limitada do ser humano em detectar falhas que passam despercebidas, produzindo itens de qualidade inferior.

Com isso, ocorrem quebras dos equipamentos, falhas, desperdícios, atrasos na entrega, causados pelas paradas imprevistas, em consequência do uso desordenado de tal processo, sem os devidos critérios associados com a manutenção adequada; existindo um procedimento mais adequado para suprir estas necessidades quanto à utilização otimizada dos recursos e equipamentos, para não comprometer o resultado operacional da indústria.

Deste modo, será descrito nesta pesquisa o MJIT-Manutenção por *Just in Time*, que consiste em um sistema integrado de monitoramento dos fenômenos

físicos, através de sensores nos equipamentos e centro de diagnose que recebe os sinais desses sensores, prevendo as falhas que podem acontecer, *on line*, visando a realizar a manutenção no melhor instante quanto possível.

Com este sistema é possível conhecer antecipadamente o que poderá acontecer, as paradas acidentais, permitindo antecipar as providências necessárias quanto à aquisição de peças, para estarem disponíveis na hora da parada, reparos, alocação de pessoal, entre outros, compatibilizando essas paradas ou readaptando-as com o plano de produção, para atender os prazos de entrega dos produtos e reduzindo drasticamente o custo de manutenção, minimizando as paradas acidentais.

De acordo com o apresentado no item anterior, pretende-se investigar o seguinte problema de pesquisa:

É possível, através da implantação de procedimento de manutenção inovador baseado em condições operacionais, aumentar, técnica e economicamente, o resultado operacional de indústrias com processo de produção contínuo?

1.2 IMPORTÂNCIA DO ESTUDO

Os problemas de interrupções freqüentes na produção, verificados nas indústrias visitadas, são causados, na maioria da vezes, pela programação ineficiente da manutenção. Seria necessário fazer uma programação da realização da manutenção quanto à aquisição de peças, à troca e reposição de componentes, ao aprimoramento da mão-da-obra, para a obtenção de produtos com a qualidade desejada, minimizando ou zerando as paradas imprevistas, objetivando a otimização operacional global dos equipamentos.

Para isso, é necessário implantar o MJIT - Manutenção por *Just in Time*, explicado em detalhes no capítulo dois.

Qualquer sistema hoje existente, por mais aprimorado que seja, não consegue zerar as falhas, isto devido à complexidade dos equipamentos, a participação do ser humano e as características de cada procedimento de manutenção.

No que diz respeito à complexidade dos equipamentos, a dificuldade encontrada não tem sido somente no equipamento, mas também na alta temperatura gerada por estes, na dificuldade de acesso a alguns pontos pelo pessoal da manutenção, tornando cada vez mais difícil realizá-la por procedimentos tradicionais.

A participação do ser humano é a principal característica na manutenção produtiva. A atribuição das tarefas ao operador é fundamental para o desenvolvimento desta manutenção. Nas manutenções preditiva e preventiva também existe sua participação, mas com menor ênfase.

A capacidade limitada do ser humano é fator preponderante na manutenção. Sua percepção para detecção de falhas muitas vezes faz com que aconteçam vários erros, não só por desmotivação, fadiga, falta de treinamento, mas devido à impossibilidade de detecção de algumas delas através dos sentidos.

“ Além das falhas de qualidade, provocadas por problemas do equipamento, um número significativo de defeitos resulta de falhas humanas durante o processo de produção.” (TAKAHASHI e OSADA, 1993, p. 86)

Outro fator importante da geração de falhas são os procedimentos de manutenção utilizados em cada indústria.

Em todos os procedimentos de manutenção utilizados nestas indústrias, a condição da peça ou componente é prevista através da estimativa de vida útil ou tempo de uso. São procedimentos por MBT-Manutenção Baseada em Tempo , ou seja, com determinado tempo de uso, a peça ou o componente será substituído.

Conforme OISHI e FONTANINI (1997), pesquisas em algumas empresas brasileiras mostram a existência de alguns esforços para monitoramento e diagnose da condição dos equipamentos de forma bastante tímida e com baixos resultados.

Com base nestas entrevistas, identificaram-se algumas características dos programas de manutenção hoje adotados:

- a) A manutenção preventiva hoje realizada baseia-se mais no tipo de uso e/ou na estimativa de vida útil de equipamentos e seus componentes.
- b) Existem alguns sistemas mais direcionados para controles de operação, mas quase nada para manutenção baseada em condições operacionais. Existem somente para os equipamentos de modo isolado, por meio de captação de vibrações, temperaturas, pressão e outros.
- c) Em vista da sua probabilidade não coincidir com a realidade, na manutenção preventiva, têm acontecido as paradas antes do previsto, causando grandes prejuízos.
- d) Ambiente não motivador.
- e) Ciclo negativo estabelecido, de que resulta a necessidade de sua quebra por procedimento novo, inovador, que não dependa somente de sensibilidade, motivação, conhecimento e experiências profissionais.
- f) Produção de itens de qualidade inferior ou ocorrência de erros provocados por descuidos, pela negligência humana.
- g) Quando a ocorrência de avarias do equipamento é freqüente ou o índice de reparos é alto, as operações anteriores e subseqüentes ficam paralisadas.
- h) O excesso de manutenção corretiva acaba prejudicando todo o cronograma de produção, por ser uma manutenção ineficaz, e conseqüentemente, impossibilita o planejamento adequado ao atendimento dos compromissos assumidos com os clientes.

Com a utilização da MBT-Manutenção Baseada em Tempo, as falhas podem ocorrer tanto antes como depois do tempo previsto pela manutenção, e as

peças ou os componentes terão sua vida limitada, ou mais longa que o tempo recomendado pelo fabricante .

A complexidade dos procedimentos de manutenção somada a equipamentos complexos faz com que, toda vez que houver a paralisação de um equipamento para manutenção e ocorrer sua abertura para reparos, isso incitará a substituição das peças, devido à dificuldade para nova paralisação e abertura do equipamento, fazendo com que a substituição das peças ou componentes seja executada.

Existe, também, a preocupação de falhas nos equipamentos, que podem afetar inúmeros processos, exigindo grande quantidade de tempo para recuperação e ajuste.

Nestas circunstâncias, a MBT apresenta uma ineficiência, pois a troca é feita por estimativas de vida útil e não através da condição em que se encontram as peças, aumentando a necessidade de troca e também o custo da manutenção.

Com o MJIT, é possível minimizar as falhas humanas nas percepções dos sintomas que os equipamentos apresentam em operação, passar da MBT para manutenção baseada em condições operacionais, minimizando drasticamente ou zerando a possibilidade da troca de peças através da estimativa de vida útil ou da previsão das possíveis paradas acidentais.

A implantação do MJIT nas indústrias estudadas proporcionará um aumento extraordinário de produtividade e a redução dos custos de manutenção.

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo geral desta pesquisa é verificar se existe potencial para implantação do MJIT nas indústrias em estudo.

Como objetivos específicos, pretende-se:

- a) determinar as vantagens técnico-econômicas para as indústrias com a introdução do MJIT;

- b) ratificar que, mesmo nos procedimentos de manutenção mais evoluídos, existe a possibilidade de ocorrência de falhas, grande parte atribuídas à participação do ser humano.

Para atingir os objetivos desta pesquisa, foram desenvolvidos cinco capítulos da presente dissertação.

No primeiro capítulo, foi apresentada a necessidade de mudanças no sistema de manufatura das indústrias brasileiras, devido aos procedimentos de manutenção inadequados utilizados, que geram as paradas imprevistas, causando quedas na produtividade e na qualidade dos produtos e com os conseqüentes atrasos nos prazos de entregas. Apresentou-se, também, a dificuldade de encontrar literatura que pudesse fornecer maiores informações a respeito da manutenção de equipamentos, podendo contribuir também para o desenvolvimento do assunto dentro das próprias indústrias. Assim, da necessidade de mudanças nos procedimentos de manutenção de equipamentos, formulou-se o problema de pesquisa a ser investigado, os objetivos a serem alcançados e a importância do estudo para a realização da pesquisa.

O segundo capítulo trata da base teórico-empírica. Neste capítulo, discorre-se sobre os tipos de procedimentos de manutenção existentes, a manutenção preventiva, a manutenção preditiva, a manutenção produtiva, que para efeito de pesquisa foram denominados "manutenção programada". Também neste capítulo foi tratado o MJIT-Manutenção por *Just in Time* e a percepção limitada do ser humano na detecção das falhas.

No terceiro capítulo, é apresentada a metodologia utilizada na pesquisa.

O quarto capítulo é composto pela apresentação e análise dos dados, a simulação de implantação do MJIT em uma agroindústria e em uma indústria de celulose e papel, assim como as perspectivas para esta indústrias nos mercados em que atuam, existindo grande potencial de mercado e vantagem quando da implantação do referido procedimento de manutenção, fundamentado no que foi exposto em capítulos anteriores.

Por último, o quinto capítulo contém as conclusões referentes aos benefícios para as indústrias pesquisadas, inclusive a simulação do que ocorreria com a implantação do MJIT em duas dessas indústrias, com dados fornecidos pelas mesmas, e a utilização deste procedimento de manutenção por outras indústrias que venham a adotá-lo, buscando os benefícios propostos.

2 BASE TEÓRICO-EMPÍRICA

Neste capítulo, tratar-se-á da manutenção programada, nome adotado nesta pesquisa de dissertação para designar as manutenções preventiva, preditiva e produtiva, evitando-se citar de modo repetitivo estes termos. Também é apresentado o MJIT, onde é feita sua descrição e, por fim, trata-se da percepção limitada do ser humano na identificação das falhas que podem ocorrer nos outros procedimentos de manutenção.

2.1 MANUTENÇÃO PROGRAMADA

Quando se faz a manutenção preventiva, a manutenção preditiva e/ou a manutenção produtiva, tem-se a preocupação de fazer a manutenção antecipada, ou seja, antes que ocorra a quebra dos equipamentos.

Estas manutenções têm como objetivo a redução das interrupções freqüentes na produção, que são causadas, na maioria das vezes, por seu planejamento ineficiente.

Existe a necessidade de se fazer o planejamento da manutenção, quanto à aquisição de peças, troca e reposição dos componentes, ao aprimoramento da mão-de-obra, de modo a obter produtos com a qualidade desejada, minimizando as paradas imprevistas, proporcionando a entrega dos produtos nos prazos corretos, com a otimização operacional global dos equipamentos, fazendo a manutenção antes das paradas e não depois, como tem ocorrido.

A manutenção preventiva, ou seja, é a manutenção realizada com períodos de tempos pré-estabelecidos, na qual inspeções, trocas ou reparos de peças ou componentes, têm por objetivo reduzir a probabilidade das paradas imprevistas.

A manutenção preditiva é uma filosofia que busca evitar a tendência à supermanutenção, como a manutenção de reparos excessivos, avaliando e

controlando as mudanças físicas das instalações, prevendo e antecipando as falhas com o objetivo de tomar as medidas apropriadas.

A manutenção produtiva constitui-se num conjunto de atividades com total envolvimento dos empregados com a empresa e tem como objetivo a maximização do rendimento operacional das máquinas, gerando produtos com qualidade. Esta manutenção é realizada diariamente pelo operador para manter seu equipamento em perfeitas condições de uso.

Nesta pesquisa define-se manutenção programada como sendo a manutenção preventiva, manutenção preditiva e manutenção produtiva, visto possuírem as mesmas características, ou seja, são realizadas durante certos períodos de tempo e dentro de um certo planejamento, antecipando a manutenção, procurando reduzir as paradas imprevistas ou as quebras, utilizando dados estatísticos, histórico do equipamento, experiência dos operadores e do pessoal de manutenção para levantar as necessidades, dando subsídios ao seu planejamento.

Estes tipos de manutenção não são estanques, não podem ser utilizados separadamente, pois alguns de seus procedimentos são similares, sendo utilizados tanto em uma quanto em outra manutenção, havendo uma simultaneidade quando empregados.

Os dados utilizados ou gerados quando da implantação de um destes tipos de manutenção servirão de subsídios aos outros tipos de manutenção. Devido ao fato de não serem estanques, os procedimentos que envolvem estas manutenções serão usados como recursos na execução do serviço, como por exemplo, os dados gerados na manutenção preditiva sendo utilizados na manutenção produtiva para diagnosticar causas de possíveis falhas em equipamentos.

Todos os dados históricos do equipamento são resultados de investigações ou serviços executados, subsidiando novos procedimentos. A seguir descrevem-se, de maneira mais pormenorizada, os três tipos de manutenção, definidos como manutenção programada.

2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Reparar os equipamentos depois que eles quebram não é a melhor política de manutenção, porque se torna muito dispendiosa, além de paralisar o equipamento ou, mesmo, todo o processo de produção.

Somado ao custo da manutenção dos equipamentos, está o alto custo no atraso da entrega dos pedidos dos materiais em processamento, de empregados e máquinas parados, e da produção menor.

Segundo SLACK *et alii* (1997), a manutenção preventiva visa eliminar ou reduzir as probabilidades de falhas por manutenção (limpeza, lubrificação, substituição e verificação) das instalações em intervalos pré-planejados.

Manutenção preventiva é a manutenção que realiza as inspeções, as trocas ou reparos de peças ou componentes de acordo com períodos de tempo preestabelecidos, com o objetivo de reduzir a probabilidade das paradas imprevistas.

Esta manutenção é programada para evitar interrupções de emergência, colocando o equipamento novamente em condições de operação.

Os benefícios resultantes de um programa de manutenção preventiva bem planejado e implantado são vários. Os benefícios de um programa de manutenção preventiva, parcialmente implantado, são poucos e constituem um mau investimento.

Um programa de manutenção preventiva é oneroso em seu início, mas, a longo prazo, minimizará tanto os custos de produção quanto os custos de manutenção. Um bom programa pode ajudar a corrigir o desbalanceamento entre o pessoal de manutenção disponível para qualquer eventualidade e os altos custos de fabricação resultantes dos períodos em que o equipamento se encontrar danificado.

A manutenção preventiva é baseada em aspectos econômicos que podem ser medidos e controlados. Sua utilização reduzirá os custos de manutenção, através da eliminação das tarefas mais onerosas e da correção de problemas potenciais, reduzindo as paradas de emergência, permitindo a preparação do

orçamento da manutenção, devido ao trabalho poder ser previsto. Através da manutenção preventiva, a necessidade de substituição de equipamento poderá ser menor, conseqüentemente reduzindo as paradas e atrasos de produção, riscos de acidentes e aumentando a vida útil dos bens.

Os passos necessários para estabelecimento de um programa de manutenção preventiva podem ser aprendidos analisando-se os fracassos de outras fábricas neste campo. Os programas falham por diversas razões, entre elas a falta de apoio, compreensão e interesse demonstrada pelos operadores e pessoal da produção, o não convencimento deste pessoal dos benefícios do sistema, acarretando a não conscientização da filosofia da manutenção preventiva, pouco treinamento do grupo responsável por esta manutenção em seus deveres e responsabilidades e, finalmente, a falha em não estabelecer e formalizar as políticas que devem nortear o programa.

A manutenção preventiva é vista como uma inspeção periódica, compreendendo limpeza, lubrificação programada, substituição de peças críticas, reposição de conjuntos e serviços necessários para manter os equipamentos em condições de funcionamento. É uma técnica de manutenção que mantém um controle contínuo sobre os equipamentos e efetua as operações quando conveniente, tanto em relação ao menor índice de falhas, como a intervalos regulares.

Porém, um programa completo também comporta a programação e o planejamento da substituição de equipamentos problemáticos que oneram a produção para os anos seguintes. Além disso, inclui inspeções que resultarão em vistorias e recondicionamento do equipamento de produção e dos equipamentos auxiliares.

Um programa de manutenção preventiva tem duas partes distintas, que devem receber a mesma atenção durante o planejamento, implantação e operação do sistema. A primeira são os formulários de procedimento e, em seguida, os manuais de trabalho. Os formulários de procedimento são as listas de verificação, folhas de rotina, formulários de programação e planejamento, registro de equipamentos e relatórios de controle. Estes documentos são utilizados nas

operações diárias e servem para organizar e estabelecer o trabalho, além de fornecerem os dados para o controle e estabelecimento dos objetivos do setor de manutenção.

Integrados aos formulários de procedimento, estão os manuais de trabalho, que compreendem limpeza, ajustes, pequenos consertos, lubrificação e inspeção.

Tal como na produção, o trabalhador da manutenção preventiva executará melhor o seu trabalho se ele souber o que deve ser feito, onde deve ser feito, quando deve ser feito e o tempo disponível para a realização da tarefa.

A melhor maneira de implantar a manutenção preventiva é analisá-la e implantá-la numa seção ou departamento de cada vez. Os responsáveis pela implantação desta manutenção, com o conhecimento das técnicas adequadas, devem, de início, realizar um exame geral da organização. Contando com a ajuda de colaboradores de manutenção bem treinados, farão, primeiro, a implantação. A passagem do sistema de manutenção preventiva desta implantação piloto para toda a fábrica deve ser feita gradualmente. Após a verificação do funcionamento correto do programa em um determinado setor, deve-se passar a outro, e assim sucessivamente, até que o programa cubra toda a organização.

O responsável deve certificar-se de que a política de manutenção seja escrita e, além disso, seja realmente seguida. Muitos programas de manutenção preventiva falham devido à falta de ordens escritas, resultando disso a desorganização do pessoal de manutenção. A gerência, nestes casos, recai na experiência e iniciativa do grupo de manutenção em providenciar o serviço necessário à manutenção dos equipamentos. Se tudo correr bem, alguns sucessos serão conseguidos, principalmente no que diz respeito à lubrificação. Com esse tipo de procedimento, o que acontecerá é que o equipamento de manutenção mais acessível receberá uma carga de trabalho maior dos que os equipamentos de manutenção mais difíceis, o que não é recomendável. E além disso, mesmo que o trabalho esteja sendo feito corretamente, não se pode garantir que esta situação se mantenha com o correr do tempo. Controle e organização devem ser estabelecidos de forma a garantir o serviço a ser executado nas unidades de produção, fornecendo meios para isto e fazendo o

acompanhamento necessário para verificar se o trabalho está sendo feito segundo as especificações.

Através de listas de verificação que são preparadas para determinados equipamentos ou grupos de equipamentos, são realizadas as verificações periódicas.

Em geral, existem cinco tipos de listas de verificação: mecânica, lubrificação, instrumentação, eletricidade e tubulações. Outras listas podem ser acrescentadas se necessário. Estas listas devem conter as bases para um manual de procedimentos e controle. Alguns formulários de rotina também podem ser criados para serem usados juntamente com as listas de verificação. Quando o responsável pelo trabalho de manutenção está seguindo um caminho, anota, na lista de verificação, a operação especificada que ele tem que executar para a próxima tarefa de produção em sua trajetória. É através da utilização destes formulários que o trabalho efetivo da manutenção preventiva é realizado.

O tamanho do grupo de manutenção preventiva varia com o tamanho da fábrica e o nível de manutenção estabelecido pelo gerente de fabricação, juntamente com os departamentos de produção e manutenção. Cada operário pode inspecionar e reparar o equipamento relacionado com seu trabalho, isto é, eletricitas responsáveis pelo equipamento elétrico, ajustadores responsáveis por válvulas e tubulações e assim por diante, ou então criar uma seção específica para realizar todo o trabalho de manutenção preventiva. A organização pode ser influenciada pelo arranjo físico da fábrica e pelos acordos trabalhistas. Os dois sistemas apresentam vantagens e desvantagens, mas ambos funcionam. Um setor específico para manutenção preventiva sob o comando de um supervisor qualificado é, geralmente, o mais indicado.

Um programa de inspeções bem sucedido é básico para um programa de manutenção preventiva. Pela coleta e relato das condições do equipamento, ela possibilita a correção dos defeitos antes que se tornem críticos. A explicação de todas as instruções nas listas de verificação serve para dirigir ações do responsável pelo trabalho de manutenção na descoberta de erros e falhas.

As rotinas de manutenção preventiva devem ser planejadas de modo a requerer entre duas e três horas para serem executadas. Ao final deste tempo, o responsável pode iniciar outra tarefa de inspeção e assim proceder até o fim do dia de trabalho. A razão para este curto período de inspeção é para permitir um controle melhor por parte do setor de manutenção preventiva.

As operações de lubrificação ocorrem regularmente, são programadas e devem possuir tempo padrão estabelecido. Raramente são feitas junto com as inspeções. Um procedimento simples e efetivo, mas geralmente pouco empregado, é a utilização de um código de cores. Os locais de lubrificação coloridos poderão, assim, indicar o tipo e a qualidade do lubrificante a ser usado, a frequência ou, mesmo, o dia específico para lubrificação. Os locais de estoques dos lubrificantes podem ter códigos parecidos. Empregados recém-admitidos, mesmo com baixo preparo, serão capazes de, após um pequeno treinamento, executar a lubrificação, desde que estejam de posse das listas de verificação, das folhas de rotina e do código de cores.

Um último ponto sobre a lubrificação é a necessidade de um estudo cuidadoso sobre os óleos e graxas disponíveis no mercado. Quase sempre, do total de óleos e graxas oferecidos pelo mercado, são necessários apenas alguns tipos para a fábrica, padronizando-se a utilização dos mesmos.

Os trabalho de manutenção preventiva são determinados e programados, e as ordens para operação devem ser dadas por escrito. Estas são as ordens de serviço, onde a própria lista de verificação é um tipo de ordem de serviço. Existem outros tipos de ordem de serviço que são importantes para o sucesso das operações. Estas também devem ser escritas e devem conter todas as informações necessárias, de modo que possam ser analisadas, avaliadas, medidas e controladas.

O acompanhamento e finalização dos trabalhos de reparo são essenciais para evitar uma parada no programa de manutenção preventiva. Nada é mais desanimador para um inspetor ou para o responsável pelo trabalho de manutenção, que relatar o mesmo defeito várias vezes e verificar que nada está sendo feito para corrigi-lo.

Os pedidos para manutenção podem ter como fonte os supervisores de produção. Essas ordens podem relacionar-se com as atividades de manutenção preventiva ou diretamente com a pessoal da manutenção geral. O pessoal da manutenção deve ser incluído na operação do programa de manutenção preventiva. Eles tem um conhecimento muito grande dos equipamentos e já estão familiarizados com eles. Desta forma, podem contribuir muito para a manutenção, indicando os pontos críticos do equipamento, sua lubrificação e talvez possam realizar pequenos ajustes. No entanto, suas responsabilidades de manutenção devem ser claramente especificadas por escrito.

O ponto mais importante para as ordens de serviço, rotinas de manutenção preventiva e serviços diretos de manutenção são os registros de equipamentos. Serão as análises periódicas destes registros que mostrarão onde existe uma incidência maior de falhas e situações de emergência. Eles também mostrarão a necessidade ou não de preparação de novas listas de verificação de manutenção preventiva ou adaptação das existentes.

O programa de manutenção preventiva necessita de uma sistemática de inspeção dos equipamentos críticos para detectar e prevenir emergências. Para que as inspeções de rotina funcionem adequadamente, é necessário introduzir um sistema de realimentação no programa de manutenção. Esta realimentação é obtida com o emprego de um tipo de formulário chamado de registro de dados históricos do equipamento, que é parte essencial do programa de manutenção preventiva. Sem um sistema de inspeção e registro de equipamentos, informações valiosas são perdidas ou necessitam ser pesquisadas novamente.

O gerente deve verificar sempre se os registros de equipamentos são analisados sistematicamente. A freqüência e o conteúdo das listas de verificação de manutenção preventiva e das folhas de rotina devem ser revistos freqüentemente até que se consiga um bom nível de manutenção, ou seja, haja um balanceamento entre o custo das situações de emergência e o custo da manutenção preventiva.

Algumas indústrias organizam seu registro de dados de equipamento em arquivos, enquanto outras usam computador para isso. Com computadores, é

possível acessar estes dados das mais variadas formas. Histórico dos reparos, custos, frequência, probabilidades, podem ser obtidos rapidamente assim que o gerente faça o pedido.

Deve-se tomar cuidado para não manter registros de dados, mesmo em computadores, apenas com o objetivo de ter um arquivo de dados. Os gerentes estão interessados neste arquivo apenas com o objetivo de receber informações oportunas e precisas, que lhes sirvam de base para tomada de decisões.

Outra fase importante do planejamento e programação do trabalho de manutenção preventiva é a chamada inspeção em paradas de equipamento. Nesta fase, o responsável pelo trabalho de manutenção ou o mecânico determina as condições gerais de parte do equipamento quando ele está parado e que talvez necessite de uma desmontagem. Este procedimento tanto pode ser aplicado a uma pequena bomba como a um equipamento de grande importância. É necessário que se siga uma norma de procedimento por escrito. As inspeções de manutenção planejadas devem ser feitas juntamente com as inspeções em paradas de equipamento, podendo seguir uma programação do tipo caminho crítico, compreendendo o trabalho não coberto durante as inspeções normais de manutenção preventiva.

No início do programa de manutenção preventiva e durante a implantação de normas de procedimento, deve haver a verificação constante de todos os equipamentos. Deve-se escolher quais destes equipamentos serão submetidos a uma inspeção visual durante seu funcionamento ou quais devem ser inspecionados quando parados. A manutenção preventiva executada durante a parada dos equipamentos deve ser feita em perfeita coordenação com a programação da produção. Esta talvez seja a fase mais difícil de um programa de manutenção preventiva. Isto é devido à variação da programação da produção e ao compreensível desejo do gerente de fabricação de alcançar o nível de produção desejado. Paradas para manutenção preventiva são geralmente adiadas e, quando realizadas, têm seu tempo diminuído para colocar o equipamento novamente em operação. Para otimizar os custos de manutenção preventiva, outros custos de manutenção e custos de produção, o gerente de

fabricação deve estabelecer políticas de paradas, baseadas tanto no registro de equipamentos como na programação da produção. Estas políticas podem e devem ser mudadas quando o registro histórico dos equipamentos mostrar que novas circunstâncias se apresentam. A programação de inspeções em paradas de equipamentos deve ser feita tendo por base a análise de freqüência e o desempenho da produção.

A freqüência da manutenção é uma parte essencial do plano de inspeções de manutenção preventiva. Se os intervalos entre inspeções forem muito grandes, não se constatarão as falhas potenciais a tempo e se os intervalos forem muito pequenos, acarretarão custos excessivos na produção e inspeção.

Dentro da manutenção preventiva, existe também a substituição planejada de equipamentos; embora seja sempre considerada, é realmente formalizada, todo ano, na ocasião da preparação do orçamento da manutenção preventiva. Geralmente, a substituição vem como conseqüência do custo excessivo de manutenção ou dos custos excessivos de produção. Em cada caso, a substituição vem a ser o passo necessário para a redução das falhas e reparos da instalação.

A medição e o controle do trabalho podem ser aplicados a pelo menos 80% a 90% do total de horas da força de manutenção preventiva. Os tempos-padrão para as ordens de serviço devem ser de conhecimento dos responsáveis pela manutenção, antes de iniciarem suas rondas ou realizarem qualquer tarefa.

O trabalho medido para manutenção fornecerá ao gerente de fabricação um meio prático para controlar os custos de manutenção preventiva. Os relatórios resultantes deste trabalho apontarão onde poderão ser feitos melhoramentos no programa e na redução de custos. Isto fornecerá os meios para estabelecer um balanceamento entre mão-de-obra e o nível de manutenção desejado. Além disso, possibilitará o emprego de uma carga de trabalho adequada para executar um serviço de bom nível.

O controle do funcionamento da manutenção preventiva é tão importante quanto a existência do programa. É necessário acumular dados históricos, freqüência e custos para cada período de tempo. Usando estes dados, podem-se

ajustar as listas de verificação, folhas de rotinas, tempos-padrão e frequência, refletindo as situações reais, para que cumpram um desempenho ótimo todos os equipamentos da fábrica.

Os dados gerados na manutenção preventiva serão submetidos, pelo menos duas vezes ao ano, a uma avaliação e análise. Alguns dos dados retirados da ordem de serviço, já totalmente preenchida, tal como o tempo utilizado, podem ser analisados diretamente pelo setor de planejamento de manutenção com o objetivo de comparar o tempo-padrão da tarefa com o tempo real despendido, obtendo, dessa forma, índices de desempenho individuais ou departamentais.

Com base nestas avaliações e análises, tomam-se certas decisões relativas ao programa. Elas podem incluir mudanças de rotinas de manutenção preventiva, ajustes de frequência, balanceamento de mão-de-obra, planos para novos equipamentos, modificação no plano de lubrificação, entre outros.

O gerente deve receber, periodicamente, relatórios de controle, mostrando, por exemplo, o número total de ordens de serviço originárias da análise do registro de equipamentos e a relação entre as horas trabalhadas e o total de horas-padrão de manutenção do trabalho realizado no mesmo período. Estes índices e porcentagens variarão consideravelmente, dependendo da indústria, do tipo de equipamentos, entre outros.

Durante os estágios iniciais da implantação da manutenção preventiva, é natural que o total de horas de trabalhos de emergência alcance uma alta porcentagem em relação ao total de horas de manutenção. Infelizmente, os trabalhos de emergência não podem ser totalmente eliminados, mas o tratamento preventivo das máquinas ou equipamentos acarretará na diminuição dos níveis de estoques e redução de investimentos nos equipamentos.

Para realização da manutenção preventiva será necessário o uso de calendário programando as paradas de acordo com a produção. Com isto, o custo das operações eleva-se devido à periodicidade que, com a desmontagem, mesmo que parcial do equipamento, incitará a substituição de peças, provocada

pela precaução, e a multiplicidade da operação de desmontagem aumentará o risco da introdução de novas avarias.

2.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

TAKAHASHI e OSADA (1990) entendem a manutenção preditiva como a avaliação ou controle das mudanças físicas das instalações, prevendo e antecipando as falhas e tomando as medidas reparadoras apropriadas.

“Manutenção preditiva é a medição periódica e a tendência do processo ou parâmetros das máquinas com o objetivo de prognosticar as falhas antes que elas ocorram.” (ROBINSON e GINDER, 1995, p. 28)

A manutenção preditiva do equipamento deve incluir a inspeção periódica para detectar e adotar medidas adequadas contra condições nocivas que possam acarretar falhas abruptas ou deterioração do funcionamento e da qualidade do produto. É de suma importância que as fontes de problemas sejam eliminadas, os ajustes sejam feitos ou as medidas de recuperação sejam tomadas enquanto os problemas ainda estão no estágio inicial.

Portanto, o objetivo da manutenção preditiva baseia-se em medidas econômicas contra a deterioração do equipamento.

Conforme TAKAHASHI e OSADA (1990), existem três tipos de medidas para evitar a deterioração do equipamento. A primeira atividade para evitar a deterioração do equipamento é através da manutenção diária, a segunda é o uso de técnicas preditivas e a terceira, através de reparos e ajustes.

Segundo os mesmos autores, existem dois tipos de situações que podem afetar a extensão da vida útil do equipamento, sendo o primeiro os operários engajados nas atividades de produção estarem treinados para compreender as estruturas e funções do equipamento e, em segundo lugar, lubrificação do equipamento, ajustes, limpeza, regulagens, procedimentos indispensáveis e que são obtidos através da manutenção diária.

Através de detecção dos fenômenos físicos apresentados pelos equipamentos, será possível diagnosticar a situação em que se encontram estes equipamentos, ou seja, antecipar a expectativa da vida útil das peças e componentes importantes com as inspeções, visando ao uso máximo desses elementos pelo maior tempo possível.

Dentre estes fenômenos físicos, estão: análise da vibração, temperatura, pressões e tensões anormais, desgaste e deterioração, alinhamento, corrosão; procedendo-se a investigação das funções e estruturas de todos os equipamentos, determina-se o melhor período para a manutenção, reduzindo o volume de trabalho.

Independente da inspeção diária de rotina, a avaliação da deterioração pode ser considerada um tipo de atividade que estima as condições anormais e a própria deterioração, utilizando técnicas de inspeção avançadas para prever a vida útil do equipamento.

Dentre as tarefas de vistoria que exigem a paralisação do equipamento, estão a verificação do alinhamento ou inspeções com equipamentos de teste não-destrutivos, como por exemplo, detectores magnéticos, aferidores de profundidade para medir a extensão de fissuras, aferidores ultrassônicos de espessura, detectores de danos nas tubulações, entre outros.

O objetivo destas medidas é obter um programa de reparos planejados racional e eficiente, visando a preservar economicamente o equipamento da deterioração.

Um programa de manutenção preditiva reduz os custos proporcionais das perdas decorrentes de paralisações provocadas por falhas abruptas do equipamento e das perdas por acidentes e reparos.

As atividades de inspeção do equipamento são elaboradas com o objetivo do aumento da eficiência da manutenção preditiva, adotando as etapas adequadas para prevenir a deterioração com base nos resultados dessas inspeções.

As inspeções podem ser feitas com o equipamento em funcionamento ou realizadas durante as paralisações. Na inspeção por desmontagem, além do

número considerável de etapas operacionais, a determinação do ciclo de inspeção impõe um problema teórico bastante complexo.

Independente da dificuldade da tarefa, os ciclos de inspeção devem basear-se nas opiniões dos engenheiros e fabricantes do equipamento, bem como na experiência passada, a fim de evitar paralisações.

Entretanto, se alguns sintomas podem ser detectados com o equipamento em funcionamento, é possível adotar medidas reparadoras no ciclo de reparo, podendo-se esperar resultados significativos. Por isso, o envolvimento de vários itens no desenvolvimento de técnicas de inspeção com o equipamento em funcionamento.

A inspeção *on line* é uma técnica que estima o estado dos elementos internos com base em observações dos fenômenos externos em um determinado componente do equipamento. Neste sentido, é diferente das técnicas de inspeção por desmontagem das técnicas utilizadas para analisar a causa das avarias. Em muitos casos, o equipamento pode apresentar sintomas antes do surgimento da avaria, dando sinais que alertam para o comportamento anormal da operação. Um estudo detalhado pode permitir o reconhecimento desse tipo de sintoma, possibilitando a previsão de uma avaria. Para evitar uma avaria em um grande complexo de equipamentos, os operadores que estão em contato constante com os equipamentos, precisam observar cuidadosamente e compreender os sintomas, analisando minuciosamente e cuidadosamente a causa do problema, em cooperação com os técnicos de manutenção.

Para a promoção da manutenção preditiva eficaz, com base no estudo de técnicas de diagnóstico, é necessário utilizar um enfoque sistemático que evite as atividades desordenadas.

As avarias ocorridas no passado devem ser classificadas e analisadas de acordo com os fenômenos físicos apresentados pelo equipamento.

Através do uso de ferramentas que possibilitam o diagnóstico preliminar das máquinas e equipamentos, é possível medir os parâmetros físicos, com o intuito de detectar as anomalias sem precisar desmontar o equipamento, prevenindo a quebra e executando o reparo o mais tarde possível, otimizando os

custos dos materiais substituídos um pouco antes da ruptura, aumentando a produtividade pela programação das paradas, aumentando a vida útil do equipamento, diminuindo a quantidade de peças de reposição e com a monitoração contínua ou periódica de parâmetros significativos que indiquem o estado do equipamento.

Como metas da manutenção preditiva, podem-se citar a determinação do melhor período para execução da manutenção, a redução do volume de trabalho de manutenção preventiva, a diminuição das avarias abruptas e a redução do trabalho de manutenção não planejado, o aumento da vida útil das máquinas, peças e componentes, a melhora da taxa de operação eficaz do equipamento; a redução dos custos de manutenção, a melhora da qualidade do produto, a melhora do nível de precisão da manutenção do equipamento.

Através do estudo da vibração, da temperatura gerada, das pressões e tensões anormais, do desgaste e da deterioração, do alinhamento e da corrosão dos equipamentos, podem-se realizar as atividades de manutenção preditiva.

Esses itens, acima descritos, servirão de tópicos para investigação. Enfatizando as funções e estruturas de todos os equipamentos com prioridade a partir desses tópicos, é possível promover a manutenção preditiva.

Com o uso de técnicas de diagnóstico e utilização de um enfoque sistemático, evitar-se-ão as atividades desordenadas.

Deste modo, a não ser que as medidas reparadoras ou os métodos de ajuste sejam eficazes, a detecção precisa dos problemas não será suficiente para reduzir as avarias ou o número de etapas operacionais para o reparo.

2.4 MANUTENÇÃO PRODUTIVA

“É uma sistemática de manutenção, de forma total, que tem como objetivo fundamental a maximização do rendimento operacional das máquinas, gerando produtos com qualidade certa no tempo certo”.(NAKAJIMA, 1989, p.23)

A Manutenção Produtiva Total constitui-se de atividades com total envolvimento dos empregados com a empresa e está entre os métodos mais efetivos para transformar uma fábrica em uma operação com administração orientada para o equipamento.

A Manutenção Produtiva Total ou TPM - *Total Productive Maintenance* é baseada nos princípios de melhoria do pessoal, melhoria dos equipamentos industriais e melhoria da companhia como um todo. (SUZUKI, 1992).

Conforme TAKAHASHI e OSADA (1990), a primeira exigência para esta transformação da empresa é que todas as pessoas, inclusive a alta administração, supervisores e operadores, direcionem suas atenções para todos os componentes da fábrica - moldes, instalações, ferramentas, instrumentos industriais, sensores, reconhecendo a importância e o valor da administração orientada para o equipamento, conforme tendências atuais, sendo que entender a administração orientada para o equipamento é crucial, pois a confiança, segurança, manutenção e características operacionais de uma fábrica, constituem-se em elementos decisivos para a qualidade, a quantidade e o custo dos produtos.

A inovação tecnológica deve ser implementada de maneira agressiva em operações de manufatura, em que alguns pontos, entre outros são relevantes, tais como: diminuir investimentos desnecessários em equipamentos, fazer o máximo uso dos equipamentos existentes, aumentar a taxa de utilização dos equipamentos, garantir a qualidade dos produtos, através do uso correto dos equipamentos, reduzir o custo de pessoal, através da intensificação do uso dos equipamentos, reduzir os custos de energia e matéria-prima através de inovações em equipamentos e melhorias nos métodos de seus usos.

“ A TPM visa eliminar a variabilidade em processos de produção, a qual é causada pelo efeito de quebras não planejadas.” (SLACK *et alii*, 1997, p.483)

Segundo os mesmos autores, a eliminação da variabilidade é alcançada através do envolvimento de todos os funcionários na busca do aprimoramento na manutenção. Os donos do processo são incentivados a assumir a

responsabilidade por suas máquinas e a executar atividades rotineiras de manutenção e reparo simples.

A manutenção produtiva total, como visto, são procedimentos com total envolvimento dos empregados com a empresa, onde o operário passa a ser o “dono” do seu equipamento, sendo o responsável por tudo o que é inerente a este equipamento, desde a desmontagem até a detecção de sintomas que possam vir a ocorrer, causando as falhas.

A manutenção produtiva tem sido levada adiante pelos funcionários através dos pequenos grupos de trabalho. (NAKAJIMA, 1989, p.5)

De acordo com SUZUKI (1992), para realizar este ideal, os operadores devem, com frequência, checar e observar seus equipamentos. A primeira e mais importante das atividades dentro da TPM é a manutenção autônoma, sendo uma estratégia de posse do equipamento pelo operador, fazendo com que ele tenha responsabilidade e cuidados com o equipamento.

SUZUKI (1992) identifica quatro grandes mudanças na direção da aplicação da TPM:

1. O uso efetivo da TPM, cada vez mais, nos processos industriais;
2. A aceleração da implantação da TPM nos equipamentos industriais;
3. A extensão da TPM para outros departamentos além da produção e manutenção, incluindo administração, pesquisa e desenvolvimento e vendas;
4. A proliferação das atividades da TPM em indústrias fora do Japão.

A prática de treinamento para operadores e pessoal da manutenção é a base da TPM. Melhoria do pessoal não é simplesmente um problema de ensino, mas também treinamento de técnicas e práticas de manutenção. Operadores devem querer melhorar seus equipamentos e, para tal procedimento, devem desenvolver habilidades, construindo um caráter e cultivando atitudes corretas.

Para SHIROSE (1992), o propósito da manutenção autônoma é ensinar aos operadores de equipamentos como manter seus equipamentos em perfeitas condições, através de checagens diárias, lubrificação, substituição de peças, reparos, checagens precisas e outras tarefas. Tradicionalmente, o pensamento geral dos operadores a respeito do equipamento tem sido “eu faço, você conserta”. Os operadores se consideram responsáveis somente pela operação dos equipamentos. Para eles, a manutenção destes equipamentos é de responsabilidade do pessoal da manutenção.

Segundo TAKAHASHI e OSADA (1990), na manutenção produtiva total, mesmo com total participação do ser humano nas atividades, ainda assim será impossível eliminar as falhas humanas, provocando um significativo número de defeitos no processo de produção ou produtos de qualidade inferior.

As medidas criadas para eliminar totalmente os problemas de qualidade dos produtos ou nos processos são limitadas devido às falhas humanas.

Existe também um número significativo de problemas causados pela manipulação inadequada do equipamento, técnicas inadequadas para regulação e ajuste destes equipamentos e de uma rotina de manutenção diária incapaz de contornar os erros provocados por descuidos do ser humano.

“Falhas humanas na montagem, manipulação e preparação contribuem para 40% dos problemas.” (OSADA, 1992, p. 95)

De acordo com PARIS (1995), com a TPM é possível investigar toda a história operacional de um determinado equipamento, com o controle efetivo de peças sobressalentes, de tempos de paradas, de executor do serviço, enfim, tudo o que é necessário para manter o equipamento em perfeitas condições de funcionamento e, o que é mais importante, com a participação direta do operador.

Conforme JACOBI (1995), para um número limitado de quebras que ocorrem, somente uma pequena porcentagem é causada pela fadiga das peças. As principais causas são a falta de lubrificação, a contaminação, a montagem das peças de maneira errada, a negligência do operador. Através da limpeza, lubrificação, inspeção, que é a base para a TPM, pode ser obtido o aumento da competitividade e da produtividade.

ROBINSON e GINDER (1995) fazem uma crítica a respeito da TPM, dizendo que as melhorias deveriam ser tão rápidas quanto contínuas, onde a tendência e o futuro das fábricas vencedoras combinará rapidez e agilidade. Para alcançar ou manter uma posição de liderança na indústria, a companhia deve continuamente melhorar seu desempenho para competir. Sua performance, busca de objetivos, devem ser dinâmicos e não estáticos. Se uma companhia tem um conjunto de objetivos, distâncias que se pode atingir, buscando níveis de alta performance, ela tem que ir atrás, mesmo que para isso precise aumentar o período para atingir tais objetivos.

Segundo os mesmos autores, o sucesso com a implantação da TPM provém de organizações que já possuem práticas fundamentais de manutenção. Por exemplo, um sistema de administração da manutenção computadorizado, se usado corretamente, ajudará com suas informações a eliminar arquivos e papeladas, entre outros.

Segundo UMEDA (1992), na concretização do *CIM-Computer Integrated Manufacturing* é fundamental que a automatização da área produtiva esteja integrada com a área de manutenção, tendo os dados variáveis em *real time*.

As aptidões técnicas em manutenção, diagnóstico, ferramentas para desmontagem e montagem, fazem parte das atividades de manutenção, sendo que essas aptidões técnicas são de fundamental importância.

A qualidade do reparo executado por este operador não pode ser facilmente explicada, enquanto que a qualidade do produto pode ser definida em termos quantitativos.

Determinar a qualidade dos reparos ou regulagens do equipamento será uma tarefa muito difícil. Cada etapa do trabalho precisa ser verificada do começo ao fim.

A qualidade da manutenção dos reparos será verificada por meio de testes. Se surgirem problemas, esta qualidade não satisfará às condições especificadas para o funcionamento do equipamento.

Por mais treinado e motivado que o ser humano possa estar para exercer sua função na manutenção, ainda assim seu trabalho estará suscetível a falhas, identificadas de imediato ou a problemas que ocorrerão no futuro.

Os erros operacionais ou a qualidade da manutenção dos equipamentos são resultados da falta de aptidão e de uma condição limitada do ser humano em trabalhar com os equipamentos detectando falhas. A experiência desenvolvida durante muitos anos, capacitando o ser humano com excelente nível de aptidão técnica para execução das atividades de manutenção, com considerável profundidade e treinamento eficiente, ainda assim não será capaz de detectar algumas falhas que ocorrerão.

Nos sistemas gerenciais, os elementos que o compõem, são as pessoas e, mesmo que a execução das atividades de manutenção sejam realizadas dentro de certos padrões claros, o ato de julgar será realizado pelo ser humano.

Isto significa que, quando há necessidade de agir em resposta a alguns problemas, poderá surgir um número imprevisível de mudanças, porque as ações finais são determinadas por este ser humano.

Na TPM - *Total Productive Maintenance*, a participação do ser humano é a base para seu desenvolvimento e busca efetiva do resultado, que tem por objetivo a redução das falhas nos equipamentos.

Vários autores afirmam que a participação dos funcionários neste programa terá grande importância.

“Para realizar o máximo de benefícios, a TPM requer participação total de todos os trabalhadores.” (PATTERSON *et alii*, p.61, 1995)

Dizem, ainda, esses mesmos autores, que muitas companhias utilizam práticas de manutenção que resultam em redução de inventário e má performance. Usualmente estas empresas vêem a manutenção como uma operação cara, evitando investimentos nesta área, desconhecendo deste modo os benefícios que o TPM pode trazer com sua implantação.

HAMRICK (1994) descreve a TPM focalizando os custos do ciclo de vida do equipamento, combinando manutenção preventiva com melhorias na manutenibilidade, e no projeto da prevenção da manutenção. Com a TPM, o

operador adquire conhecimentos sobre seu equipamento, maximizando seu uso, com envolvimento de todos os empregados, inclusive alta gerência, com times individuais participando do programa. A TPM é usado para gerenciar todas as operações de manutenção buscando realizar o máximo de eficiência.

De acordo com CHEN (1994), a TPM busca o aumento máximo da eficiência através do envolvimento total do empregado e inclui o uso da manutenção autônoma pelos operadores, pequenos grupos de atividades para melhorar a segurança do equipamento, a sustentabilidade e a produtividade. A TPM, segundo o mesmo autor, utiliza também o princípio do aperfeiçoamento contínuo, o *kaizen*, para elevar constantemente os padrões dos serviços realizados.

JOSTES e HELMS (1994) desenvolveram um estudo sobre a ligação existente entre a TPM - *Total Productive Maintenance* e o TQM - *Total Quality Management*, descrevendo uma relação sinérgica entre todas as funções organizacionais, particularmente entre produção e manutenção, para aumento contínuo da qualidade do produto, eficiência operacional, capacidade de garantia e segurança. Muitas ferramentas e sistemas de medição usadas em programas de TQM bem sucedidos são colocados para uso em programas de TPM, sendo a mais importante o desenvolvimento do operador. A verdadeira força da TPM e TQM é usar o conhecimento e experiência de todos os trabalhadores.

O TQM é um acesso para a melhoria contínua que envolve todos os níveis de uma organização.

O TQM e a TPM são processos montados para fazer a empresa mais competitiva. À medida que ambos os processos avançam, os custos são reduzidos, a satisfação do cliente aumenta e os prazos de entrega são reduzidos. Estas melhorias tornam a empresa mais competitiva. Com a TPM os operadores de equipamentos devem também examinar cuidadosamente uma mudança em sua maneira de pensar. Eles não são mais apenas operadores; montam os equipamentos, fazem limpeza e lubrificação nos equipamentos e realizam consertos. Com isso, eles vão assumindo os cuidados e reparos em seus equipamentos, devendo também aceitar treinamentos e assumir muitas das

tradicionais responsabilidades de manutenção. Se o grupo de trabalho quer aprender, eles se tornarão colaboradores muito melhores para a empresa.

MAGGARD e RHYNE (1992) trabalham na integrada relação entre produção e manutenção através da TPM - *Total Productive Maintenance*, com a forte participação dos funcionários, com presença efetiva dos times de trabalho e um sistema básico de gerenciamento da manutenção para acelerar e acentuar a implementação da TPM. A TPM é uma aproximação entre todas as funções organizacionais, mas particularmente entre a produção e a manutenção, para melhoria contínua da qualidade do produto, operação eficiente, garantia da produção e segurança.

Segundo WILLMOTT (1994), a TPM tem por objetivo aumentar a lucratividade com a eliminação de falhas oriundas das partes de equipamentos, reduzindo o tempo gasto na montagem de um processo de produção, mantendo em boas condições a velocidade das máquinas, eliminando as paradas imprevistas e aperfeiçoando a qualidade do produto final.

Para este autor, a TPM é um conceito de orientação que começa pela liberação da criatividade normalmente escondida e inexplorada em qualquer grupo de trabalhadores, onde estes, freqüentemente atarefados em trabalhos aparentemente repetitivos, têm muito para contribuir, caso isto lhes seja permitido, promovendo uma cultura na qual os operadores sintam que eles “possuam” seus equipamentos, aprendendo muito mais sobre eles, e no processo se libertem de sua ocupação prática para se concentrarem no diagnóstico dos problemas e projetos de aperfeiçoamento do equipamento. A TPM resulta num ambiente onde é dada autoridade às pessoas, recursos e tempo para tomar decisões dentro de limites estabelecidos, tornando as pessoas mais produtivas, tratando-as com respeito e restaurando a auto-estima no local de trabalho.

Estes tipos de manutenção descritos, ou seja, a manutenção programada, apresentam uma ineficiência: as paradas imprevistas continuam ocorrendo, devido às estimativas de vida útil do equipamento e seus componentes serem

realizadas através de probabilidades. Estas probabilidades muitas vezes não coincidem com a realidade, podendo acontecer as paradas antes dos prazos previstos, bem como depois, realizando as paradas para manutenção nas épocas mais prováveis, sem o conhecimento do melhor momento em que pode acontecer a quebra.

A manutenção programada, mesmo sendo muito usada hoje em dia, não somente em nível de Brasil mas também em outros países, ainda não é suficiente para suprir as falhas nos equipamentos.

2.5 MJIT - MANUTENÇÃO POR *JUST IN TIME*

A exigência da tecnologia de controle de equipamentos para estabilidade da produção e melhoria dos produtos vai-se intensificando com o avanço tecnológico, o desenvolvimento de processos contínuos e a automação em diversas áreas no processo de produção.

Dentro desta concepção, existe o MJIT, que conduz o custo de manutenção ao mínimo.

Conforme a *Kawasaki Technological Development* (1993), o MJIT consiste em um sistema integrado de monitoramento, através de sensores nos equipamentos e centro de diagnose que recebe os sinais, prevendo as falhas que podem acontecer, *on line*.

Como meio para concretização do MJIT, torna-se necessário um Sistema Total estruturado por Sistema *Expert* e Sistema de Diagnose, através de monitoramento *on line* das informações.

A abordagem progressiva para concretização do Sistema Total com a aplicação eficiente de computadores e a tecnologia de sistematização é o problema cardinal da estratégia de empresas na atualidade.

Características do MJIT:

1. Concretização do Sistema Total abrangendo o Sistema de Gerenciamento (Controle de Produção, Controle de Manutenção).
2. Concretização do Sistema de Controle de Equipamentos *on line*, interligando-se por rede em larga extensão.
3. Concretização do Sistema de Controle de Equipamentos interligado com o sistema de Diagnose *on line*.
4. Avanço (inovação) da MBT - Manutenção Baseada em Tempo para MBC-Manutenção Baseada em Condições Operacionais.
5. Concretização do serviço adequado às necessidades diversas e reais, desde o relativo a sensores isolados até ao Sistema Total.

2.5.1 COMPONENTES DO MJIT:

SISTEMA DE CONTROLE DE EQUIPAMENTOS POR TODA A FÁBRICA

Este sistema consiste em 7 subsistemas:

1. Sistema Padrão de Equipamentos:

Este sistema coloca códigos (números) por todos os equipamentos e itens de controle, como o inventário de peças sobressalentes, reparos e checagens. Este sistema registra, modifica ou elimina o sistema de informação-padrão.

2. Sistema de Planejamento de Manutenção:

Este sistema faz o plano-mestre através do plano-padrão de reparos e os planos de checagem e lubrificação do departamento de manutenção para um ano e meio, com base nos padrões de manutenção.

3. Sistema de Verificação e Diagnose:

Esta é uma função que julga se deve ou não executar o plano de reparos-padrão feito pelo sistema de planejamento da manutenção.

4. Sistema de Controle de Execução de Reparos:

Este sistema registra os processos, as instruções de reparos e a evolução dos trabalhos.

5. Sistema de Inventários e Controle de Materiais:

Este sistema realiza o plano de suprimento, requisição, compra, recebimento e entrega, estoque, de todos os itens necessários para o trabalho de reparo.

6. Sistema de Controle de Orçamento:

Este sistema realiza automaticamente o plano de orçamento com base nos planos de reparos do sistema de planejamento de manutenção e planos de demanda para o sistema de inventário e controle de materiais.

7. Sistema de Avaliação e Análise

Este sistema controla as quebras dos equipamentos e as operações com o sistema de coleta de informações da manutenção. Também acumula o histórico do equipamento acrescentando a informação de cada subsistema.

O Sistema de Controle de Equipamentos controla o trabalho de reparos, estoques de sobressalentes, planejamento de orçamento, performance, coleta de dados e avaliação baseada em informações recebidas de diagnose de máquinas.

É possível também serem interligados funcionalmente com o Sistema de Controle Operacional de toda a fábrica e capazes de ajustar o plano para condição operacional.

Características:

1. Concretização do Sistema Total.

- Este sistema cobre todas as atividades de controle de equipamentos. (padronização, planejamento, performance, resultado e avaliação).

- Este sistema é adaptado a todos os campos de controle de equipamentos (máquinas, eletricidade, instrumentação, energia, química, execução de obras).

2. Novo Sistema-Padrão de Manutenção. Mudança da MBT - Manutenção Baseada em tempo, para MBC - Manutenção Baseada em Condições Operacionais (expansão do controle quantitativo de dados de inspeção e previsão de vida útil).

3. Unificação de Sistema de Informações (aperfeiçoamento efetivo de base de dados), ação eficiente através de fácil verificação e análise.

4. Promoção da Sistematização de Controle Total de Equipamentos em *on line* por meio de conjunção dos Sistemas de Diagnose e de Monitoramento Remoto de Equipamentos.

5. Elevação da Eficiência das Atividades de Processamento de Documentos. Promoção da simplificação das atividades de processamento de desenhos e textos e automação de escritórios.

SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO

É destinado para monitoração no tempo real dos equipamentos e instalações, em extensa área interligada por rede do sistema de diagnose, computadores de processos e equipamentos mecatrônicos.

Características:

1. Monitoração de condições operacionais isoladas e em conjunto, interligando, por meio de rede, equipamentos de processos mecatrônicos de diferentes tipos, marcas e fornecedores.
2. É possível aumento, indicação, alteração e redução de carga de máquinas por meio da programação no circuito. É também possível o controle de histórico de equipamentos.
3. Preparação dos gráficos, curvas de tempo, imagens de equipamentos, sem programação.
4. Permite a reprodução das condições anormais (Função de Reprodução de Anormalidades), além do fornecimento da indicação dos pontos de falha, as causas e as providências necessárias a tomar na ocasião da geração da anormalidade (Função de Diagnose da Anormalidade).

SISTEMA DE DIAGNOSE DE EQUIPAMENTOS POR TODA A FÁBRICA

Este sistema realiza o monitoramento permanente das condições operacionais do equipamento que influem nas operações e qualidade dos produtos. Se acontecer qualquer anormalidade, realiza automaticamente as

investigações das causas através de matriz de causa e efeito, relativas a equipamentos e qualidade dos produtos, fornecendo as orientações necessárias para os operadores.

As informações e dados não considerados anormais são transferidos para o Sistema de Controle da Fábrica através da rede, após processados para o uso de controle de toda a fábrica a médio e longo prazo.

Características:

1. Possui funções de diagnose para operações e qualidade.
2. Possui funções automáticas de diagnose.
3. Prepara automaticamente os relatórios.
4. Pode ser conectado com o Sistema de Controle Operacional mais abrangente ou Sistema de Controle de Fábrica.
5. Possui funções de controle de dados utilizando disquetes de microcomputador, funções de Inteligência Artificial.

SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS

Este sistema divide-se em 2 subsistemas:

1. Sistema de diagnose de Equipamento por meio de Processamento de Imagens.

Este sistema identifica desajustes ou más condições operacionais quantitativamente, através de informações de monitoramento feito por câmera de vídeo, acionando uma sirene, se necessário.

2. Sistema de Base de Dados para Imagens de Equipamentos.

Este sistema capta as imagens de equipamentos através de fotografias, memória fotográfica, câmera de vídeo, e apresenta-as no monitor ou imprime-as, conforme a necessidade.

Características:

1. Este sistema é capaz de diagnosticar objetos em movimento.
2. Em função da necessidade, o operador poderá verificar as condições operacionais através do televisor-monitor.
3. Este sistema é capaz de combinar-se com sistema de alarme e som.
4. É possível transmitir as imagens por fibra ótica.

SISTEMA EXPERT

Este sistema realiza julgamento, sinteticamente, de toda fábrica, sobre a perfeição dos equipamentos, a operação e a qualidade dos produtos, utilizando respectivamente os sinais colocados nos equipamentos, indicadores de operação da fábrica e das medidas de qualidade.

Uma vez completada a medição dos sinais de processos e coletados seus dados, este sistema construirá sistemas mais avançados, utilizando os conhecimentos e o *know-how* do pessoal de operação, do controle de qualidade e da manutenção.

SISTEMA DE ARQUIVOS ELETRÔNICOS

Este sistema acessa ou registra as informações dentro de arquivos eletrônicos através da estação de trabalho ou microcomputador ligado por LAN (*Local Access Network*).

Este sistema constrói o sistema de arquivos utilizando microcomputadores com núcleo.

O sistema pode ser conectado às variadas funções de comunicação. Suas funções podem ser ampliadas com a construção da rede.

Fácil utilização por qualquer usuário. É apresentado na versão *Windows* e é operado por *mouse*.

Características:

1. Este sistema se conecta com o sistema aberto - Arquitetura Aberta.
2. Este sistema utiliza processamento de alta velocidade na rede-processamento de dados de alta velocidade.

MÉTODOS DE DIAGNOSE APLICADOS A EQUIPAMENTOS E SEUS CONTEÚDOS

Método	Equipamentos	Conteúdo de Diagnose
1. Diagnose de Vibração	Bombas, Motores, Sopradores, Rolos	Mancais (rolamentos, anéis internos e externos, má lubrificação), entortamento de eixos, desgastes por desvio, mau alinhamento, engrenagens (falta de dentes, riscos), base (falta de resistência, desvios), cavitação.
2. Diagnose de Mudança de Posicionamento	Turbinas, Bombas	Entortamento de eixos, desgaste por desvio, base (falta de resistência), desvios, ressonância.
3. Diagnose da Temperatura	Bombas, Motores, Equipamentos de Refrigeração	Má lubrificação de eixos, mau enrolamento de fios, sobrecarga, falta de meio refrigerante.
4. Diagnose de Acústica	Motores, Sopradores	Barulho anormal de atrito, falha da hélice, desbalanceamento.
5. Diagnose de Aeração	Bombas, Tubulação, Válvula	Cavitação, vazamento, entupimento.
6. Diagnose de Torque	Motores, Rolos, Redutores	Eixos, pinos de trava.
7. Diagnose de Correntes Elétricas	Motores, Limpadores de encrustação, Correias Transportadoras	Penetração de sujeiras, cargas anormais, correntes de transmissão danificadas.
8. Diagnose de Pressão	Bomba, Tubulação, Tubulação de graxas, Equipamentos de refrigeração	Vazamento da tubulação, falhas nas válvulas

2.6 A PERCEPÇÃO LIMITADA DO SER HUMANO NA DETECÇÃO DE FALHAS

Qualquer sistema de produção depende da confiabilidade do equipamento, sendo este acompanhado pelo ser humano.

E para existir essa confiabilidade, o ser humano necessitará estar motivado, passando a conhecer tudo o que ocorre em seu equipamento.

Motivar o ser humano para exercer determinada função depende de como fazer para mantê-lo motivado, e que esse estado de motivação não será constante.

Mesmo motivado para desempenhar de forma satisfatória sua função, isto ainda será insuficiente em relação ao MJIT, porque o ser humano possui capacidade limitada, em sua sensibilidade para detecção de falhas e na execução de alguns serviços não poderá evitá-las.

A motivação relaciona-se com o comportamento do ser humano. Manter o ser humano motivado para exercer sua função é extremamente difícil, considerando ainda que os comportamentos têm por finalidade a realização de objetivos e são orientados conforme as necessidades que as pessoas enfrentam, ou seja, o rendimento do trabalho de cada um depende não só da capacidade mas também da vontade de realizar determinada tarefa.

É necessário compreender quais são os motivadores do comportamento do ser humano na organização, para obter a qualidade do serviço executado.

JURAN (1990) define esses motivadores como padrões culturais, onde toda organização é definida como uma sociedade humana, onde esse padrão cultural é um corpo de crenças, práticas e hábitos que o ser humano desenvolve para lidar com problemas percebidos.

Dentro desta limitação do ser humano, ele pode desenvolver ou executar várias tarefas, mas com a implantação do MJIT, essas dificuldades serão superadas, devido ao sistema automatizado, não dependendo somente de sua sensibilidade.

Com a automatização do sistema, em que o ser humano exercia sua função, com o MJIT, as falhas serão detectadas antecipadamente, realizando o reparo no melhor momento, enquanto que, com a capacidade limitada do ser humano em detectar falhas, o número de erros seria elevado.

Alguns autores confirmam esta propensão do ser humano em errar e também em não perceber algumas falhas que ocorrem durante o processo.

“Os seres humanos tendem, por natureza, a cometer erros. Eles são incapazes de se manter atentos 100% do tempo, de manter esforços musculares em 100% do tempo, lembrar de todos os eventos passados, tomar decisões 100% acertadas. Além dessa propensão a erros, os seres humanos variam suas capacidades.” (JURAN, 1990a p.260)

Segundo JURAN (1990a), nos casos de não tolerância de erros de inadvertência (erros não intencionais, imprevisíveis e, freqüentemente, despercebidos, onde a pessoa que faz o erro não tem conhecimento de tê-lo feito), como nos assuntos relacionados com a segurança humana, devemos recorrer a soluções tecnológicas, que são projetos à prova de falhas e de mau uso, processos automáticos.

“ Este ser humano age com base em suas percepções e, se estas percepções estiverem erradas, sua ações provavelmente também estarão.” (JURAN, 1990b, p.305)

Segundo o mesmo autor, sem motivação, os trabalhadores não podem executar suas funções com boa qualidade. Esses trabalhadores não estão preparados, não tendo condições de produzir de forma desejada, podendo apenas evitar de fazer um mau trabalho. Todos os processos operacionais envolvem algum grau de participação humana. Entretanto, o desempenho humano está sujeito a vários erros devidos a inadvertências, falta de técnicas e tendências.

“Em alguns processos, incluindo alguns processos críticos, o fator limitante para se obter alta qualidade é a propensão a erros dos participantes humanos.” (JURAN, 1990b, p.132)

JURAN (1990a) fala dos sensores como dispositivos para detecção e reconhecimento de certos fenômenos, convertendo esse conhecimento em informação. O autor define, também, os sensores humanos, como trabalhadores que avaliam as características dos processos e produtos de forma sensorial, como por exemplo, pelo paladar, olfato e tato.

“O homem possui certas características fisiológicas, psicológicas e sociológicas, que definem, ao mesmo tempo, sua capacidade e suas limitações diante de uma situação de trabalho.” (BUFFA, 1972, p.354)

Segundo o mesmo autor, a eficácia do homem como um elemento do processo de produção depende de vários fatores, entre os quais o ajustamento dos requisitos da tarefa à suas limitações fisiológicas e psicológicas, ao fluxo de trabalho, ao seu entrosamento em relação ao plano geral da produção, à sua motivação e satisfação com a tarefa.

“Na maioria das vezes, esquecemos que as pessoas não conseguem concentrar-se muito, nem durante muito tempo em tarefas complexas. Por isso, é importante nos conscientizarmos de que as pessoas são propensas a acidentes e tendem a cometer erros.” (OSADA, 1992, p.9)

“Os sentidos humanos são sabiamente menos precisos que os sensores tecnológicos. Os sensores humanos estão sujeitos a distorções graves.” (JURAN, 1990a, p.98)

Segundo JURAN e GRYNA (1993), muitos sensores são designados para produzir informações em termos de unidade de medida. Para assuntos de controles operacionais, os sensores são usualmente instrumentos tecnológicos ou seres humanos empregados como instrumentos; para assuntos gerenciais, os sensores são sistemas de informações.

De acordo com BOURN, *apud* JORDAN (1996), pessoas são os melhores tipos de automação que se pode obter, mas a dificuldade é que elas cometem erros, precisam estar motivadas, devem ser pagas, insistem em férias e são facilmente aborrecidas e, estas mesmas pessoas são totalmente flexíveis, mas igualmente muito inseguras.

Para OISHI (1995), existem alguns elementos que influenciam a eficiência, entre eles a velocidade de execução das tarefas, tanto por parte dos funcionários como por outros meios utilizados, onde a velocidade das máquinas e outros meios físicos são controláveis, enquanto a velocidade das pessoas na execução das tarefas é difícil de ser controlada, tornando a eficiência do pessoal variável.

Conforme SLACK *et alii* (1997), as falhas na produção podem ocorrer por razões muito diferentes. As máquinas podem quebrar, os clientes podem fazer pedidos inesperados que a produção não consegue atender, o pessoal pode cometer erros, os materiais dos fornecedores podem estar com defeito, entre outras coisas. Os erros cometidos por pessoas podem ser de dois tipos: erros e violações. Os erros são enganos de julgamento e violações são atos claramente contrários ao procedimento operacional definido.

3 METODOLOGIA

No capítulo anterior procurou-se delinear o referencial teórico-empírico deste estudo, discorrendo-se sobre a Manutenção Programada - Manutenção Preventiva, Manutenção Preditiva, Manutenção Produtiva, - Manutenção por *Just In Time* e a percepção limitada do ser humano na detecção das falhas.

No presente capítulo é apresentada a metodologia utilizada para identificar o potencial de implantação da Manutenção por *Just In Time* nas indústrias em pesquisa.

A hipótese do trabalho que orientou o presente estudo é que os sistemas de manutenção existentes não são eficazes, sob o ponto de vista de que as paradas imprevistas continuam ocorrendo.

3.1 ESPECIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Partindo do pressuposto de que a pesquisa pretende responder às perguntas de pesquisa examinando o problema de pesquisa formulado, a investigação foi direcionada pelas perguntas que se seguem:

- a) É possível, através dos procedimentos de manutenção adotados nas indústrias em pesquisa, reduzir drasticamente as paradas imprevistas?
- b) Com os procedimentos de manutenção existentes é possível reduzir os erros causados pela capacidade limitada do ser humano?
- c) As trocas de peças antecipadas, sem que haja realmente necessidade, podem ser evitadas com os sistemas de manutenção existentes?
- d) É possível, através da implantação do MJIT, reduzir significativamente os custos da manutenção?

3.2 DELIMITAÇÃO E PERSPECTIVA DA PESQUISA

Segundo SELTZ *et alii* (1967), o estudo descritivo apresenta as características de uma situação, um grupo ou um indivíduo específico, verificando a frequência com que algo ocorre ou com que está ligado a alguma coisa.

A presente pesquisa, em um primeiro momento, se caracteriza como um estudo descritivo, na medida em que se buscou junto às indústrias que formaram a população, identificar como estas indústrias estão, no que diz respeito aos procedimentos de manutenção utilizados, caracterizando a situação em que se encontram.

Em um segundo momento, esta pesquisa caracterizou-se também como estudo exploratório.

De acordo com os mesmos autores, estudo exploratório é a familiarização com o fenômeno em estudo, conseguindo nova compreensão para este, aumentando o conhecimento do pesquisador acerca deste novo procedimento que se deseja investigar, sendo estabelecidas prioridades para pesquisas futuras, com a obtenção de informações sobre as possibilidades práticas de realização de pesquisas em situações de vida real.

Desta forma, com a identificação do potencial para implantação deste novo procedimento de manutenção nas indústrias estudadas, bem como a compreensão destas na dificuldade para a implantação, quebram-se velhos paradigmas, simulando e estabelecendo prioridades para pesquisas futuras.

A perspectiva orientadora deste estudo é a transversal, sendo os dados coletados em um ponto no tempo, com base em uma amostra selecionada para descrever uma população nesse determinado momento (RICHARDSON, 1989).

A escolha das indústrias participantes da pesquisa deve-se ao fato de que todas possuem processo de produção contínuo e o conhecimento de algumas destas indústrias facilitou o acesso aos dados.

3.2.1 População e amostra

A população desta pesquisa é formada por:

Indústrias que representam os setores de celulose e papel e agroindústrias, num total de sete indústrias, sendo três agroindústrias e quatro de celulose e papel, com grande porte nos setores em que atuam, com elevado grau de automação e possuindo processo de produção contínuo, localizadas no Estado do Paraná; escolhidas tendo em vista serem mais afetadas pelo procedimento de manutenção inadequado, quando da utilização de processo de produção contínuo.

Nesta pesquisa utilizou-se amostra não probabilística por conveniência, em virtude das organizações facilitarem o acesso aos dados, conseqüente de visitas realizadas nas mesmas durante a execução do projeto.

3.3 DADOS: FONTES, COLETA E ANÁLISE

3.3.1 Coleta de Dados

Em indústrias que possuem processo de produção contínuo, os prejuízos são diretamente gerados por qualquer parada, desde que esta não esteja prevista.

A partir destas características, foram realizadas visitas para avaliação da situação das indústrias que formam a população da pesquisa, quanto aos seus procedimentos de manutenção, com perspectivas de viabilidade de implantação do MJIT. Durante esta fase, visitaram-se, também, algumas indústrias que não formaram a população desta pesquisa, em outros Estados, com as mesmas características e necessidades de mudanças.

Durante as visitas, foi possível identificar a situação real de cada indústria quanto aos procedimentos de manutenção adotados.

O questionário abordou todos os pontos necessários para que se pudesse obter o máximo de informações, de forma segura e com o comprometimento dos respondentes - diretores e gerentes.

Alguns questionários foram aplicados durante visita agendada previamente por telefone. Outros questionários, despachados pelo correio, completaram o número de questionários previstos a serem aplicados.

3.3.2 Análise dos Dados

Com o levantamento, através de questionários, da situação em que se encontram as indústrias pesquisadas e do que pode ser melhorado com a implantação do MJIT, tendo como hipótese a existência de potencial de melhoria nestas indústrias, pesquisou-se quais os benefícios para a empresa e facilidade de implantação do MJIT nestas indústrias com processo de produção contínuo, assim como a verificação da viabilidade técnica e econômica desta implantação.

No primeiro momento, através das respostas ao questionário, foi feito um confronto destas respostas com o MJIT.

Para efeito de comparação, sendo a população composta por sete indústrias, foram retiradas dentre estas as respostas que melhor representavam a situação de cada indústria em relação à manutenção, fazendo com que, quanto mais dispersas ou afastadas, fossem deixadas de lado para efeito de comparação com o MJIT, embora de grande importância para a revelação da situação em que a indústria se encontrava, no que diz respeito aos procedimentos de manutenção adotados.

Nas indústrias onde os procedimentos de manutenção eram mais sofisticados e evoluídos, esses foram comparados com o MJIT.

As respostas desconsideradas para efeito de comparação revelaram a necessidade de melhorias nos procedimentos de manutenção e o potencial para as mudanças.

Num segundo momento, com dados fornecidos pelas indústrias participantes, foram selecionadas duas indústrias para que, através de seus

dados, pudesse ser mostrada a performance resultante da implantação do MJIT, através de simulação.

Na seleção da indústria, considerou-se o número de funcionários envolvidos na manutenção, o custo com peças sobressalentes, o índice de paradas acidentais e o valor de homem-hora gasto na manutenção.

Chegou-se a alguns resultados interessantes com a simulação da implantação do MJIT, como o aumento da produção em função da redução das paradas, o aumento no lucro obtido por tonelada de produto produzido, a redução nos valores de custo de manutenção, entre outros.

Através dos resultados, constata-se que realmente existe potencial para implantação do MJIT nas agroindústrias e indústrias de celulose e papel no Estado do Paraná, podendo ser estendido a todas as indústrias que possuem as mesmas características, devido ao fato de que, neste tipo de processo contínuo, a exigência de procedimento de manutenção desta natureza - MJIT supre as necessidades em relação aos problemas detectados, sendo que, em outro tipo de processo de produção, o fator tempo contribui para a execução das atividades de manutenção, ou seja, como existem as paradas, há possibilidade de realizar a manutenção nestes instantes. Com o MJIT, podem-se obter melhorias significativas nos resultados da indústrias.

3.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Existem algumas limitações na presente pesquisa, sendo que a primeira é referente ao número de empresas participantes.

Buscou-se estudar indústrias de processo de produção contínuo no Estado do Paraná que possuem maior representatividade dentro de suas categorias, em volume de produção, faturamento e número de funcionários.

Com a pesquisa foi possível detectar a situação em que se encontram estas indústrias em relação à manutenção executada, e a possibilidade de

aumentar a população da pesquisa poderia ser considerada, para obter maior abrangência do estudo em questão.

Outra limitação é a respeito ao uso de entrevistas, das quais posteriormente alguns dados foram extraídos para montar o questionário. Nas entrevistas, podem existir vieses causados por esquecimento, influências do entrevistador, não caracterizando todo o processo como de fato ocorreu.

Na primeira parte da análise dos resultados, onde foi comparada a situação em que se encontram as indústrias pesquisadas com o MJIT, existem algumas restrições quanto ao processo utilizado, sendo que com este tipo de análise, sem a utilização de um tratamento estatístico, não se chegou a números exatos, mas evidenciou-se a superioridade do novo procedimento de manutenção em relação aos procedimentos adotados nas indústrias que mais se destacam em relação à manutenção, não só pelo tipo de processo, mas também pela preocupação de se elevar o nível de manutenção executada.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, é apresentada a análise dos dados obtidos com o desenvolvimento da pesquisa.

Primeiramente, apresentam-se os questionários que foram obtidos a partir de entrevistas nas indústrias, onde se procurou, com os resultados dos mesmos, compará-los com o novo procedimento de manutenção estudado. Seguiu-se uma ordem em que se apresentam as respostas das agroindústrias e, em seguida, das indústrias de celulose e papel. Seguindo às respostas, houve a comparação com o MJIT, e, para cada resposta, foi apresentado como este novo procedimento pode melhorar todo o sistema de manutenção existente.

Em uma segunda etapa, apresentam-se simulações de implantação do MJIT em uma indústria de celulose e papel e uma agroindústrias, que melhor representam o segmento em que atuam.

4.1 RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO

1. Como são determinadas as paradas para a execução da manutenção?

Nas agroindústrias pesquisadas, as paradas para manutenção são definidas através de intervalos regulares, com períodos pré-determinados. Estas paradas são realizadas em comum acordo com a produção para que não ocorram problemas como o atraso na entrega, a alocação de pessoal, entre outros.

Nas indústrias de celulose e papel pesquisadas, os procedimentos para paradas do equipamento para a realização da manutenção são divididos em duas etapas:

Com equipamentos de grande porte, as paradas são definidas em intervalos regulares (manutenção preventiva), através dos históricos de manutenção, podendo haver prorrogação ou diminuição do tempo. A manutenção de equipamento de médio e pequeno porte é realizada

através de monitoramento sistemático (manutenção preditiva), com diversas faixas de operação, sendo que, quando a curva de tendência está no final da curva regular/início da faixa crítica, é programada a manutenção completa do equipamento.

Com a utilização do MJIT, será possível identificar as anormalidades que o equipamento apresenta. As paradas serão definidas de acordo com as informações captadas através de sensores nos equipamentos e centro de diagnose que recebe os sinais, prevendo as falhas que podem acontecer.

Essas paradas, com a utilização do MJIT, não serão mais através de estimativas de vida útil do equipamento ou tempo de uso, que acabam resultando em análises imprecisas, mas sim, após informações baseadas na condição em que se encontram os componentes, sem a necessidade de desmontar o equipamento.

A utilização fará com que as paradas programadas aconteçam, mas sabendo exatamente o melhor momento para a parada, ao contrário do que acontece com os outros tipos de manutenção, quando, muitas vezes só se conhece a condição dos componentes de um equipamento após sua abertura.

No MJIT, o Sistema de Diagnose de Equipamentos realiza o monitoramento permanente das condições operacionais dos equipamentos e a qualidade dos produtos. Se acontecer qualquer anormalidade, este sistema realiza automaticamente as investigações das causas e efeitos relativos aos equipamentos e qualidade dos produtos, fornecendo as informações necessárias aos operadores para a realização das paradas e execução da manutenção. Sendo assim, as paradas são definidas em intervalos regulares, de acordo com o monitoramento das condições operacionais.

2. Na execução da manutenção é utilizado algum enfoque sistemático para evitar a perturbação da produção, com o uso das características físicas que o equipamento pode apresentar?

Nas mesmas agroindústrias, a utilização de alguns instrumentos de medição possibilita obter um levantamento aproximado da situação dos componentes do equipamento, como ruídos anormais, vibração, alta temperatura, não identificando a situação exata em que se encontram esses componentes, sendo limitada sua condição para tal procedimento e, também, sua eficácia. Mesmo com a utilização destes instrumentos, haverá necessidade de parar o equipamento, desmontá-lo e, somente assim, saber como está seu estado.

Os resultados dos questionários apresentados pelas agroindústrias indicam que quase 50% das paradas para manutenção são realizadas aproveitando a parada programada para substituição, dados estes fornecidos através de relatórios do departamento de manutenção.

Nas indústrias de celulose e papel pesquisadas, levantou-se que a manutenção é realizada através de fenômenos físicos que os equipamentos apresentam, percebidos com a utilização de instrumentos de medição, ruído, temperatura, vibração, análise de óleo e, na necessidade de alinhamento, com a utilização do feixe de *laser*.

Em equipamentos não vitais, a inspeção é feita semanalmente através de *check-list* pelo pessoal da manutenção quando, detectando alguma irregularidade, se aciona o inspetor da manutenção preditiva, sendo tomada a decisão em conjunto para acompanhamento dos equipamentos.

Mas os dados mostram que a substituição das peças é feita em 50% das vezes em que se realiza este procedimento, devido às quebras. Sendo assim, esta coleta de dados está sendo feita de forma incorreta ou os instrumentos utilizados não demonstram confiança. Pode ocorrer, também, que a interpretação dos dados coletados não está sendo feita de forma correta pelos funcionários da manutenção.

Com o MJIT, o monitoramento e a coleta das informações são feitos através de sensores, e o julgamento destas informações não é feito pelo ser humano. Somente assim será possível a obtenção de dados que

realmente expressam a condição dos componentes dos equipamentos, tomando as providências necessárias, aumentando a capacidade produtiva com a redução das paradas.

Qualquer anomalia que o equipamento apresente será detectada e julgada pelo Sistema *Expert*, que gera informações sobre a situação dos equipamentos em operação, utilizando os sinais colocados nos equipamentos.

Isto faz com que a manutenção seja executada através das interpretações resultantes do monitoramento contínuo dos equipamentos.

3. Qual o procedimento para quantificar :

- A) utilização de mão-de-obra para reparo;
- B) utilização de mão-de-obra de terceiros;
- C) porcentagem de peças substituídas antes em que houvesse, realmente, a necessidade da troca.

As agroindústrias e as indústrias de celulose e papel pesquisadas utilizam, na quantificação da mão-de-obra empregada nos reparos, como fonte de dados, o histórico e as experiências dos operadores e do pessoal da manutenção; para quantificar a mão-de-obra de terceiros, as empresas que já prestaram algum serviço, sempre com *know-how* e visando à redução dos custos.

O procedimento utilizado para quantificar a porcentagem de peças substituídas antes da necessidade da troca não foi informada, pela dificuldade em se apurarem os dados de forma que realmente representassem tal situação.

Para solução destes problemas, com o uso MJIT, a quantificação da mão-de-obra utilizada pode ser feita através de relatórios do Sistema *Expert* de Equipamentos, que indicarão o que se fazer em relação às trocas e aos

reparos, informando a situação do equipamento, facilitando o trabalho a ser executado, e podendo quantificar esta mão-de-obra.

Quanto à utilização de mão-de-obra por terceiros, é possível identificar, com o MJIT, o grau de especialização do funcionário para executar o serviço, ou a viabilidade de contratação de terceiros para executar a tarefa, sendo possível conhecer antecipadamente o que está acontecendo.

A porcentagem de peças substituídas antes da necessidade de troca será detectada pelo MJIT, informando a condição em que se encontra a peça, eliminando a substituição a não ser que haja realmente necessidade.

4. Existe treinamento para incremento das habilidades dos operadores e do pessoal da manutenção, com o objetivo de diminuir as falhas atribuídas a descuidos por parte dessas pessoas?

Sim.

Nas agroindústrias, existe o treinamento para incremento das habilidades dos operadores e do pessoal da manutenção para diminuir as falhas atribuídas a descuidos.

Neste caso, o treinamento para os funcionários, conforme a escala que foi desenvolvida para o preenchimento do questionário, entre ótimo e péssimo, nestas indústrias, estaria no nível regular, e o número de falhas atribuídas a descuidos seria médio.

Nas indústrias de celulose e papel também existe o treinamento e, utilizando a mesma classificação das agroindústrias, este é bom, e o número de falhas atribuídas a descuido é médio.

No MJIT, a ênfase é muito mais no uso do sistema do que na habilidade e uso de experiências pessoais, porque o julgamento ou análise das informações serão realizados pelo Sistema *Expert*.

5) Em relação à substituição de peças, ela se faz da maneira seguinte:

Os resultados apurados nesta questão evidenciam a situação atual nas indústrias quanto à substituição das peças. Nas agroindústrias apurou-se que quase 50% das vezes em que ocorre a substituição das peças aproveita-se a parada para a substituição.

Isto mostra que, já que os equipamentos estão parados, aproveita-se este tempo para substituir as peças, sem que haja realmente a necessidade de troca. Mas, como não se sabe com exatidão quando o equipamento vai quebrar, como prevenção é feita a substituição.

Pode ser que determinada peça estivesse boa ainda e não houvesse necessidade de substituição; ou, havendo também a necessidade de troca, já que se parou, realiza-se a troca.

No caso das indústrias de celulose e papel, em 50% das vezes, aproveita-se a parada programada para substituição. Fica caracterizada, uma situação igual à que ocorre nas agroindústrias.

Com o MJIT, isto não ocorrerá, porque a utilização de sensores nos pontos de medição, distribuídos por toda a fábrica, permitirá diagnosticar a situação em que se encontram as peças ou componentes dos equipamentos.

Com este sistema, as indústrias deixam de fazer a substituição das peças como tem sido feita, passando a efetuá-la através das condições operacionais, que é o resultado do monitoramento dos equipamentos através de sensores e centro de diagnose. A tendência é que, em 100% das vezes em que houver paralisação do equipamento para manutenção, seja conhecido o melhor momento para realizá-la.

6. É possível detectar as anomalias que o equipamento apresenta sem desmontá-lo? Como?

Sim.

Nas agroindústrias e indústrias de celulose e papel pesquisadas, foi levantado que, algumas vezes, é possível detectar as anomalias que o equipamento apresenta sem desmontá-lo, através de medições, ruídos, qualidade dos produtos gerados nestes equipamentos, experiência dos operadores e do pessoal da manutenção.

A técnica utilizada por estas indústrias acaba se tornando muito subjetiva, dependendo muito mais dos instrumentos de medição, principalmente; sendo que, verificou-se, o uso dos mesmos está possibilitando diagnosticar de forma bastante rudimentar, devido ao tipo de instrumento utilizado, que não permite avaliações precisas. Utiliza-se, também, a experiência dos operadores para este tipo de detecção de anomalias com baixo resultado, porque, além da subjetividade das informações geradas pelo ser humano, o mesmo estará sujeito também à fadiga, à desmotivação, à falta de treinamento, entre outros.

Com o MJIT, é possível detectar o que o equipamento apresenta sem desmontá-lo, pois com o Sistema de Processamento de Imagens, a identificação de desajustes ou más condições operacionais através de informações provindas do monitoramento contínuo e, também, com captação das imagens dos equipamentos através de fotografias, memória fotográfica, câmara de vídeo, apresentando as informações no monitor ou imprimindo-as conforme a necessidade, será permitido tal procedimento.

Assim, as paradas para manutenção serão realizadas de forma que realmente se possa conhecer a condição dos componentes de um equipamento, com a parada no melhor momento.

7. À medida que as empresas introduzem novas máquinas e outras inovações tecnológicas, a tendência é enfatizar a aquisição de *know-how* necessário para o uso dessas máquinas e o treinamento dos operários nessas novas tecnologias.

Como é feito o treinamento do pessoal para aquisição dessas habilidades?

- Dentro da própria empresa (*on the job training*)

- Através dos fornecedores de equipamentos
- Outros

O treinamento nas indústrias pesquisadas é feito através dos fornecedores e *on the job training*.

Quando é adquirido um novo equipamento ou, até mesmo, alguns componentes, o próprio fornecedor oferece o treinamento aos funcionários para que os mesmos possam desempenhar seu papel de forma eficaz, demonstrando para os mesmos o quanto é importante tal equipamento para a empresa.

O treinamento é realizado, também, na própria empresa (OJT), através de funcionários mais experientes, repasse de informações por aqueles funcionários que receberam treinamento, geralmente supervisores e gerentes.

Nas indústrias de celulose e papel existem os grupos informais que se reúnem espontaneamente, quando recebem treinamento específico sobre as ferramentas necessárias à condução do trabalho.

Com o MJIT, se fazem necessárias as técnicas de utilização do sistema, sendo que as especificações pessoais não são tão importantes, como por exemplo, na TPM-*Total Productive Maintenance*. O ser humano no MJIT, não julga a situação das peças ou componentes; sendo assim, não existem erros provocados pela insatisfação do funcionário ou, até mesmo, pela condição limitada do ser humano para tal função.

8. A empresa possui uma classificação das modalidades de falhas, identificando quais são os itens a que pode ser atribuído o maior número de causas das falhas?

Sim. Nas agroindústrias, verificou-se que, com uma classificação de modalidades de falhas, 55% das vezes em que elas acontecem, são

atribuídas aos métodos utilizados, seguido de 35% das vezes devidas ao pessoal.

Sim. Nas indústrias de celulose e papel, 40% das vezes que acontecem as falhas, elas são atribuídas ao pessoal envolvido no processo, seguido pelas matérias-primas e equipamentos em 30% das vezes.

No MJIT, o Sistema de Arquivo Eletrônico acessa ou registra as informações dentro de arquivos eletrônicos através da estação de trabalho ou microcomputador, sendo possível acessar de imediato as informações registradas, como por exemplo, a classificação das modalidades de falha.

O MJIT permite reduzir drasticamente os erros provocados por pessoal, matéria-prima, equipamentos, métodos utilizados, devido a toda uma estruturação e organização com a utilização de um Sistema Total, abrangendo o Sistema de Gerenciamento, o Sistema de Controle de Equipamentos, interligado por rede, obtendo-se as informações em *on line*, por toda a fábrica.

O Sistema Total cobre as atividades de controle de equipamentos (Padronização, Planejamento, Performance, Resultados e Avaliação), sendo adaptado a todos os campos de controle de equipamentos (Máquinas, Instrumentação, Energia Química, Execução de Obras, entre outros).

9. A meta do gerenciamento de peças sobressalentes é tornar o estoque mais econômico, aumentando, em contrapartida, o nível de confiabilidade e a facilidade de manutenção do equipamento. Como é feito este gerenciamento?

As indústrias pesquisadas, tanto as agroindústrias como as indústrias de celulose e papel, têm feito o gerenciamento de peças sobressalentes através do consumo médio mensal, com o estabelecimento de um saldo mínimo de peças, para não ocorrerem problemas com falta em estoque e

observando, também, a importância destas peças no processo produtivo, bem como seu prazo de entrega.

Assim sendo, não é possível trabalhar de forma segura quanto à confiabilidade e à facilidade de manutenção do equipamento com este tipo de gerenciamento.

Com o Sistema de Controle de Equipamentos do MJIT, serão possíveis o controle do trabalho de reparos, dos estoques de sobressalentes, o planejamento de orçamento, da performance, a coleta de dados e avaliação baseada em informações recebidas de diagnose de máquinas.

Isto permite conhecer antecipadamente o que poderá acontecer, como por exemplo, as paradas acidentais, possibilitando tomar as providências necessárias quanto à aquisição de peças disponíveis na hora da parada, à realização de reparos, alocação de pessoas, compatibilizando essas paradas ou readaptando-as com o plano de produção, atendendo aos prazos de entrega dos produtos e, conseqüentemente, reduzindo o custo da manutenção.

10. A empresa, com o objetivo de evitar erros na execução das tarefas da manutenção, possui listas de verificação de tarefas e sistema de atribuição de responsabilidade definida?

Sim. Com o objetivo de evitar erros na execução das tarefas de manutenção, as agroindústrias e as indústrias de celulose e papel possuem listas de verificação de tarefas, bem como sistema de atribuição de responsabilidade definida.

Com o MJIT, através dos relatórios que identificam, entre outras coisas, o estado dos componentes, a necessidade de troca, faz com que todos os componentes do sistema produtivo sejam acessados a qualquer momento para verificação e controle.

A implantação deste sistema, nestas indústrias, faria com que pudessem ser melhoradas estes *check-lists*, havendo controle total por toda a fábrica

através dos resultados do monitoramento contínuo, gerando informações necessárias para tomadas de decisão.

Quanto à atribuição de responsabilidades para os funcionários, também com a utilização deste sistema, a divisão destas responsabilidades poderá ser feita levando-se em consideração o trabalho realizado, seu desempenho, o cumprimento das tarefas, tudo isso diagnosticado pelo Sistema *Expert*, que realiza julgamento sinteticamente de toda a fábrica sobre a perfeição dos equipamentos, sua operação e a qualidade dos produtos.

11. O operário é treinado de modo que ele mesmo possa realizar a manutenção do seu equipamento? (Desenvolver aptidão para que ele mesmo possa diagnosticar os problemas)

Em uma das agroindústrias pesquisadas, o treinamento é desenvolvido tendo em vista a implantação da TPM - *Total Productive Maintenance*, em andamento. Nas demais indústrias, é feito através do conhecimento dos equipamentos, da montagem e desmontagem, para que o operador passe a entender o funcionamento do seu equipamento, o que também é regra básica para a TPM.

Nas indústrias de celulose e papel, este treinamento, igualmente, é desenvolvido com incentivo aos operadores a executarem as tarefas básicas de manutenção, como limpeza e lubrificação, o que também é o início da TPM.

Com a implantação do MJIT, a participação do ser humano será mínima, inexistindo desta forma as falhas atribuídas à capacidade limitada do ser humano, assim como e também as falhas devido ao cansaço, a própria falta de treinamento, a desmotivação, entre outros.

Com isso, a ênfase é muito mais no uso do sistema como um todo, do que na habilidade e uso de experiências pessoais.

12. Existe algum acompanhamento dos equipamentos para deixá-los sempre em condições de operação, sendo possível atingir a redução do estoque de sobressalentes, dando prioridade aos componentes quanto ao uso?

Sim. Nas indústrias pesquisadas, agroindústrias e celulose e papel, existe acompanhamento dos equipamentos, deixando-os sempre em condições de operação, podendo com isso ser alcançada a redução do estoque de sobressalentes, bem como a prioridade aos componentes em estoque.

Este tipo de acompanhamento é muito usual nas indústrias e, com procedimentos simples, é possível evitar alguns problemas. O acompanhamento é uma forma de prevenir e, até mesmo, de evitar alguns problemas, mas não impede que o equipamento pare, ou seja, as paradas imprevistas.

No MJIT, o Sistema *Expert* realiza o julgamento, sinteticamente, de toda a fábrica, sobre a perfeição dos equipamentos, sua operação e a qualidade dos produtos, utilizando os sinais colocados nos equipamentos, indicadores de operação da fábrica e das medidas de qualidade.

Assim, será possível reduzir o estoque de sobressalente, bem como dar prioridade aos componentes em estoque, conhecendo antecipadamente quais os componentes de maior importância, ou seja, que possuem maior rotatividade ou maior número de quebras.

13. Existem na empresa alguns fatores utilizados na motivação do pessoal?

Sim. Os três mais freqüentes, utilizados nas agroindústrias pesquisadas, são respectivamente o treinamento, a atribuição de responsabilidade e a participação nos lucros.

Nas indústrias de celulose e papel pesquisadas, os fatores utilizados para motivação do pessoal são respectivamente a atribuição de responsabilidade, a participação nos lucros e o treinamento.

Mesmo com o treinamento que é dispensado aos funcionários como fator de motivação, o número de falhas atribuídas ao pessoal ainda é muito alto. Como já foi exposto, com o MJIT são necessárias as técnicas de utilização do Sistema, sendo que as especificações pessoais não são de grande importância para o desempenho do processo. O ato de julgar as informações, providências a serem tomadas, é função do Sistema

Expert e independem do ser humano para obtenção dos resultados.

Fazer com que o ser humano esteja 100% do tempo atento às suas tarefas é impossível.

14. Como se vêm comportando os equipamentos com a adoção de providências tomadas no passado? Houve a redução das paradas e em que porcentagem?

(nos últimos 12 meses)

Nas agroindústrias a redução das paradas resultante de providências tomadas no passado é de aproximadamente 15%.

Nas indústrias de celulose e papel, a redução é de aproximadamente 10%. Com o MJIT, o registro de todas as ocorrências e também os registros dos dados já captados, permitem visualizar os dados históricos da operação da máquina e o que foi realizado.

Com isso, também é possível antecipar providências a serem tomadas e o comportamento de todo o processo em qualquer período.

Para aquisição de dados referentes ao equipamento, em qualquer momento é possível obtê-los, sejam simples ou complexos, e com precisão, sem utilização de estimativas. Portanto, com todos estes controles, a redução das paradas imprevistas poderá chegar a zero.

15. Em relação à manutenção, quais são os planos para melhoria e solução dos problemas a serem implementados na empresa?

As agroindústrias têm planos para melhorias, e a resolução dos problemas está centrada na implantação e implementação da TPM.

Nas indústrias de celulose e papel, os planos contemplam a implantação de um sistema de controle mais eficiente dos serviços executados e das informações coletadas na manutenção preditiva.

O maior problema encontrado para implantação destes planos tem sido cultural.

O MJIT consiste num sistema integrado de monitoramento dos fenômenos físicos, através de sensores e centro de diagnose que recebe os sinais destes sensores, prevendo as falhas que podem acontecer, tudo *on line*.

Com este sistema é possível detectar, antecipadamente, o que poderá acontecer, as paradas acidentais, permitindo antecipar as providências necessárias quanto à aquisição de peças para estarem disponíveis na hora da parada, reparos, alocação de pessoal, entre outras coisas, compatibilizando ou readaptando essas paradas com o plano de produção, para atender os prazos de entrega dos produtos, reduzindo drasticamente o custo de manutenção, com o objetivo de eliminar as paradas acidentais.

Com o MJIT, pode-se obter um revolucionário aumento de produtividade, reduzindo drasticamente os custos.

16. Todos os processos operacionais envolvem algum grau de participação humana. Entretanto, o desempenho humano está sujeito a vários erros devido a inadvertências, falta de técnicas e hábitos.

A) Tem sido possível, através da motivação e do treinamento do pessoal da produção, eliminar os erros provocados por falhas humanas? (Esquecimento, fadiga, insatisfação, etc.)

B) Que modalidade de motivação tem sido utilizado?

Não. Nas agroindústrias, não está sendo possível eliminar os erros provocados por falhas humanas através do treinamento e motivação do pessoal, mesmo através de prêmios, 5S e outros.

Sim. Nas indústrias de celulose e papel, de acordo com os responsáveis pela manutenção e produção, está sendo possível reduzir os erros provocados por falhas humanas através da distribuição de prêmios.

No MJIT, a participação do ser humano é mínima, não dependendo de sua percepção para detectar falhas onde esses tipos de erros inexistem.

Tanto nas agroindústrias como nas indústrias de celulose e papel, ou em qualquer outro tipo de indústria como as estudadas nesta pesquisa, de processo contínuo, é impossível eliminar os erros provocados por falhas humanas, por mais bem motivados, treinados, que possam se encontrar os funcionários.

O MJIT possui tecnologia de automação para atuar onde a sensibilidade, os conhecimentos ou as experiências do ser humano não são capazes de prever as possíveis falhas que ocorrem ou podem ocorrer nos equipamentos.

17. Mesmo depois da ocorrência de uma avaria, o pessoal da produção freqüentemente erra na hora de reconhecer o problema. A que pode ser atribuída esta falha?

Nas agroindústrias, o erro na hora de reconhecer um problema no equipamento pode ser atribuído à falta de treinamento, em quase 40% das vezes.

Nas indústrias de celulose e papel, em 35% das vezes, o erro na hora de reconhecer o problema pode ser atribuído à falta de treinamento dos funcionários.

A falta de treinamento, o desinteresse, o não conhecimento do equipamento, o tempo escasso para a realização das tarefas, a fadiga,

elementos que tornam o ser humano incapaz de se manter atento durante a realização das suas tarefas, fazem com que, freqüentemente, existam os erros devidos às falhas humanas, não se sabendo diagnosticar, com freqüência, o que o equipamento apresenta.

Com o MJIT, será possível diagnosticar o que o equipamento apresenta sem depender do julgamento do ser humano em tal tarefa, sendo o diagnóstico realizado pelo sistema através do monitoramento contínuo das condições do equipamento.

O MJIT depende das técnicas de utilização do sistema e, muito pouco, das especificações pessoais.

18. Quais são os critérios utilizados para determinar a melhor época da parada de produção?

O critério utilizado pelas agroindústrias para determinar a melhor época da parada da produção, em 45% das vezes, é devido o tempo de uso do equipamento.

No caso das indústrias de celulose e papel, 40% das vezes é devido ao tempo de uso do equipamento.

Com o Sistema *Expert*, que realiza o julgamento preciso, rápido e aprimorado para informação relativa à diagnose para detecção de causas de falha e causas de anormalidades, será possível determinar a melhor época da parada da produção. Com outros tipos de sistemas essas paradas são realizadas através do tempo de uso, da vida útil, dos dados estatísticos, podendo-se realizar as paradas antes, bem como depois da real necessidade, mediante informações estimadas.

Nos procedimentos de manutenção utilizados por estas indústrias, seja a TPM ou qualquer outro tipo, os critérios utilizados para determinar a melhor época para realizar a parada de produção serão sempre estimativas de

vida, fazendo com que a manutenção seja realizada antes, bem como depois da quebra.

Com isso, é muito difícil diagnosticar a situação do equipamento e mais difícil, ainda, prever quando o equipamento vai quebrar.

A implantação do MJIT revoluciona toda a manutenção que até então era baseada em tempo, passando a manutenção baseada em condições operacionais.

Assim, paradas para realização da manutenção são conhecidas antecipadamente, podendo ser tomadas as providências antecipadas para solucionar o problema.

A introdução do MJIT em indústrias no Japão, conforme relação em anexo, permitiu uma redução significativa nos custos da manutenção, refletindo-se de forma significativa, no custo total de produção.

Tomando-se por base três indicadores - paradas acidentais, homem-hora utilizado na manutenção e o custo da manutenção, houve uma redução de 50% neste índice, nas indústrias que adotaram o MJIT no Japão.

A possibilidade de sucesso com a implantação do MJIT nas indústrias pesquisadas é considerável, sabendo-se que o tempo gasto com as paradas acidentais, o custo de mão-de-obra ou homem-hora utilizado na manutenção e o custo da manutenção são elevados e que os objetivos seriam alcançados e a vantagem econômica obtida, mesmo nas empresas mais evoluídas, como nas empresas estudadas.

Com a implantação do MJIT nas indústrias pesquisadas, a redução em 40% nas paradas faria com que a produção destas indústrias aumentasse extraordinariamente devido à maior disponibilidade, havendo o aumento da capacidade produtiva, ou seja, a disponibilidade do sistema de produção para produzir minimizando os custos.

As indústrias de celulose e papel e as agroindústrias têm grande demanda para seus produtos, tanto no mercado interno como no externo, sendo que,

nestas indústrias estudadas, sua produção é absorvida pelo mercado, conseqüentemente quanto mais produtivas forem estas indústrias, maior será o lucro.

“ A produção é determinada e liberada de acordo com a demanda existente.” (STARR, 1971, p.445)

Com isso o aumento da produção, tendo em vista o mercado consumidor com demanda mais alta do que a produção existente, segundo a ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE PAPEL E CELULOSE (1996), com a redução dos custos de manutenção numa média de 40%, tornará a indústria mais competitiva, repercutindo no custo final agregado do produto, produzindo maior volume em função da redução das paradas acidentais.

Para efeito de segurança nesta pesquisa, foram utilizados não os 50% adotados no Japão, conforme a *KAWASAKI TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT DIVISION* (1993), mas 40%, como margem de segurança, pois a manutenção no Brasil se encontra em um estágio precário comparado ao do Japão, trazendo uma queda ainda maior que este índice adotado.

Em relação à mão-de-obra envolvida, esta pode se dedicar ao desenvolvimento e aprimoramento da manutenção e produção. Uma análise aprofundada para tratamento do pessoal excedente será de suma importância para aproveitamento em outras funções.

Com o aumento da produção e a redução das paradas acidentais, o custo unitário do produto cairá, tornando a empresa mais competitiva, alcançando um grande diferencial em relação às outras indústrias.

4.2 SIMULAÇÃO DE IMPLANTAÇÃO DO MJIT EM INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL

Tomando-se por base uma das indústrias pesquisadas, levantaram-se os seguintes dados:

O custo da mão-de-obra empregada na manutenção é de cerca de R\$1.100.000/mês e o custo de peças ou componentes para a manutenção é de cerca de R\$1.300.000/mês.

Com a introdução do MJIT na indústria citada, o número de funcionários envolvidos na manutenção seria reduzido em torno de 40%, sendo que no Japão esse índice é de 50%. No Brasil, pode-se chegar a índices maiores do que este usado para a simulação de implantação do MJIT, isto devido a manutenção programada se encontrar em um estágio precário comparada com a manutenção realizada no Japão. Com a redução do número de pessoas envolvidas na manutenção, poderiam ser extintas algumas atividades que antes eram atribuídas a estes funcionários, podendo estes serem realocados em outras funções.

O custo de peças ou componentes para a manutenção teria uma redução significativa, conhecendo-se, antecipadamente, o que poderia acontecer, permitindo antecipar as providências necessárias quanto à aquisição de peças, com foi explicado no capítulo 2.

Algumas indústrias que já implantaram o MJIT no Japão, obtiveram excelentes resultados, que serviram de parâmetros para nossa pesquisa, os quais se encontram em anexo na página nº 100.

A apresentação de alguns dados numéricos referente à performance da implantação do MJIT, fornecidos por uma indústria de celulose e papel, faz-se necessária, conforme abaixo:

Custo de mão-de-obra empregada na manutenção: R\$1.100.000/mês

Número de pessoas envolvidas na manutenção: 400 pessoas

Custo por homem-hora: R\$12

Preço de venda por tonelada de produto : R\$950

Total de toneladas de produtos por mês: 12.018 t.

Custo unitário de matéria-prima gasta na produção de uma tonelada de produto: R\$398

Custo unitário de energia elétrica gasta na produção de uma tonelada de produto: R\$83

RESOLUÇÃO:

$\Delta L = \Delta F - \Delta C$, onde:

ΔL = variação do lucro

ΔF = variação do faturamento

ΔC = variação do custo

Para cálculo do ΔL , primeiro é necessário conhecer o ΔF . Então $\Delta F = F_2 - F_1$.

F_2 é o faturamento/mês após a implantação do MJIT. Através da seguinte expressão, será possível conhecer o F_2 .

$F_2 = Q_2 \times P_u$, onde:

Q_2 = tonelada produzida/mês após implantação do MJIT.

P_u = Preço unitário/tonelada de papel.

$P_u = R\$950/t$.

Para cálculo de Q_2 , será utilizada a seguinte expressão:

$$Q_2 = \left(1 + \frac{tn_1 \times r_n}{H_1 - H_2} \right) \times Q_1, \text{ onde:}$$

tn_1 = tempo não produtivo antes da implantação do MJIT.

$$tn_1 = 12 \text{ horas/mês}$$

r_n = redução percentual do tempo de parada, que equivale ao acréscimo percentual do tempo produtivo após implantação do MJIT.

$$r_n = 0,4$$

H_1 = total de horas disponíveis no mês para a produção. A indústria na qual foi feita a simulação de implantação do MJIT, possui processo de produção contínuo. O total de horas/dia de trabalho é de 24 horas, 30 dias ao mês, o que equivale a um total de 720h/mês disponíveis para a produção.

$$H_1 = 720 \text{ horas/mês.}$$

H_2 = total de horas/mês gastas com as paradas acidentais, antes da implantação do MJIT, equivalente a tn_1 .

$$H_2 = 12 \text{ horas/mês}$$

Q_1 = toneladas/mês de papel produzidas antes da implantação do MJIT.

$$Q_1 = 12.018 \text{ t./mês}$$

$$Q_2 = \left(1 + \frac{12 \times 0,4}{720 - 12} \right) \times 12.018$$

$$Q_2 = 1,0067796 \times 12.018$$

$$Q_2 = 12.099 \text{ t./mês, depois da implantação do MJIT}$$

Então, para cálculo da variação do faturamento:

$$\Delta F = P_u (Q_2 - Q_1)$$

$$\Delta F = 950 (12.099 - 12.018)$$

$$\Delta F = R\$76.950$$

Após a implantação do MJIT, a indústria obteve uma variação no seu faturamento em R\$76.950, sendo que o preço unitário (Pu) da tonelada de papel para venda corresponde a R\$950.

Em seguida, é necessário calcular a variação do custo de produção através da expressão:

$$\Delta C = \Delta C_1 + \Delta C_2, \text{ onde:}$$

ΔC = variação do custo

ΔC_1 = variação no custo de produção

ΔC_2 = variação no custo de manutenção

Para cálculo do ΔC_1 é necessário conhecer C_{12} , que corresponde ao custo de produção depois da implantação do MJIT, e C_{11} , que é o custo de produção antes da implantação do MJIT. Q_1 (12.018 t./mês) corresponde ao total de toneladas de papel produzidas /mês antes da implantação do MJIT.

O custo unitário de matéria-prima por tonelada de produto corresponde a R\$398.

O custo unitário de energia-elétrica por tonelada de produto corresponde a R\$83.

Esses custos unitários, matéria-prima e energia elétrica, tanto antes como depois da implantação do MJIT, foram considerados constantes.

Então:

$$\Delta C = \Delta C_1 + \Delta C_2$$

Para se conhecer ΔC_1 :

$$\Delta C_1 = C_{12} - C_{11}, \text{ onde:}$$

$$C_{11} = Q_1 (MP + EE)$$

$$C_{11} = 12.018 (398 + 83)$$

$$C_{11} = R\$5.780.658$$

O custo da produção/mês antes da implantação do MJIT é de aproximadamente R\$5.780.658.

Para cálculo de C_{12} :

$C_{12} = Q_2 (MP + EE)$, onde Q_2 (12.099 t./mês) corresponde ao total de toneladas de papel produzidas por mês depois da implantação do MJIT.

$$C_{12} = 12.099 (398 + 83)$$

$$C_{12} = R\$5.819.619$$

O custo da produção/mês depois da implantação do MJIT é de aproximadamente R\$5.819.619.

Sabendo-se o C_{12} e o C_{11} , pode ser calculada a variação no custo de produção, como segue:

$$\Delta C_1 = C_{12} - C_{11}$$

$$\Delta C_1 = 5.819.619 - 5.780.658$$

$$\Delta C_1 = R\$38.961$$

O custo de produção aumentará em aproximadamente R\$38.961, com a implantação do MJIT.

Para calcular ΔC_2 , que corresponde à variação no custo da manutenção, será utilizada a seguinte expressão:

$$\Delta C_2 = C_{22} - C_{21}, \text{ onde:}$$

ΔC_2 = variação no custo de manutenção.

C_{21} = custo do pessoal de manutenção antes da implantação do MJIT.

R\$1.100.000, com considerações a respeito.

C_{22} = Custo do pessoal de manutenção depois da implantação do MJIT.

São necessárias algumas considerações a respeito do custo do pessoal de manutenção antes da implantação simulada do MJIT (C₂₁). Na indústria onde se procedeu à tal simulação, o custo do pessoal da manutenção é de R\$1.100.000/mês. Neste valor estão incluídos os salários pagos aos engenheiros, mecânicos, operadores, eletricitas e a todas as pessoas envolvidas na manutenção dos equipamentos.

Com a introdução do MJIT e de acordo com as indústrias japonesas que implantaram o sistema, houve uma queda de 50% no custo do pessoal de manutenção e, para efeito de segurança, nesta simulação de aplicação do MJIT, trabalhou-se com um índice de 40%, podendo-se chegar a índices superiores, devido ao estágio em que se encontra a manutenção no Brasil, muito precária e em níveis bem abaixo da manutenção realizada no Japão.

A indústria onde foi feita a simulação tem 400 funcionários na manutenção, trabalhando em 3 turnos, 24 horas/dia, num total de 720 horas/mês.

Destas 720 horas/mês, 12 horas ocorrem devido às paradas acidentais, sendo que as 708 horas restantes são para manutenção de rotina. Paradas acidentais são situações em que não estavam previstas tais paradas, prejudicando o fluxo de produção.

Esta mesma indústria possui, em cada turno de trabalho, aproximadamente 133 funcionários a um custo de R\$12 homem-hora e 12 horas/mês de paradas acidentais. É necessário calcular qual é o custo da mão-de-obra aplicada para reparos de paradas acidentais, considerando os itens acima:

$$133 \times R\$12 \times 12h = R\$19.200$$

O custo da mão-de-obra aplicada em paradas acidentais é de R\$19.200.

Com um total de R\$1.100.000 gastos com o pessoal da manutenção, menos R\$19.200 que é o custo da mão-de-obra aplicada para reparo das paradas acidentais, restam R\$1.080.080, o que equivale ao custo da mão-de-obra aplicada na manutenção de rotina. Conforme dados fornecidos pela indústria,

55% de R\$1.080.800, ou seja, R\$594.440 do valor empregado na mão-de-obra, reduzem-se na proporção de redução do tempo de paradas. Os 45% restantes, que correspondem a R\$486.360, serão fixos. Este valor não sofre alterações com a redução do tempo de parada, ou seja, podem estar inclusos neste índice os salários pagos a alguns funcionários envolvidos na manutenção, sendo que, mesmo ocorrendo a redução das paradas acidentais, alguns desses funcionários permanecerão em seus respectivos cargos relacionados com a manutenção. Os outros 55% do pessoal envolvido na manutenção poderão ser realocados em outras funções.

Então, a diferença entre o total do custo do pessoal envolvido na manutenção antes da implantação do MJIT (R\$1.100.000) e os 45% (R\$486.360) que correspondem ao valor que não sofre redução com o tempo de parada, é igual a R\$613.640, correspondendo ao custo da mão-de-obra empregada na manutenção antes da implantação.

$$C_{21} = R\$613.640$$

Para conhecer C_{22} , será utilizada a seguinte expressão:

$$C_{22} = C_{21} \left(\frac{tn_1 x (1 - r_n)}{tn_1} \right)$$

onde:

tn_1 = tempo não produtivo antes da implantação do MJIT.

$$tn_1 = 12 \text{ horas/mês}$$

r_n = acréscimo do tempo produtivo após implantação do MJIT.

$$r_n = 0,4$$

$$C_{22} = C_{21} \left(\frac{tn_1 x (1 - r_n)}{tn_1} \right)$$

$$C_{22} = C_{21} (1 - r_n)$$

$$C_{22} = C_{21} (1 - 0,4)$$

$$C_{22} = 613.640 \times 0,6$$

$$C_{22} = R\$368.184$$

O custo do pessoal da manutenção, depois da implantação do MJIT, é de, aproximadamente, R\$368.184.

Então, para se chegar à variação no custo do pessoal envolvido na manutenção, é necessário utilizar a seguinte expressão:

$$\Delta C_2 = C_{22} - C_{21}$$

$$\Delta C_2 = 368.184 - 613.640$$

$$\Delta C_2 = R\$ - 245.456$$

Houve uma redução na variação do custo do pessoal envolvido na manutenção depois da introdução do MJIT em R\$245.456.

Conhecendo-se ΔC_1 e ΔC_2 , foi possível calcular ΔC , que corresponde à variação no custo de produção:

$$\Delta C = \Delta C_1 + \Delta C_2$$

$$\Delta C = 38.961 + (-245.456)$$

$$\Delta C = R\$ - 206.495$$

A variação no custo de produção após a implantação do MJIT nesta indústria foi de menos R\$206.495.

Apurando-se a variação do lucro, chegou-se ao seguinte resultado:

$$\Delta L = \Delta F - \Delta C$$

$$\Delta L = 76.950 - (- 206.495)$$

$$\Delta L = R\$283.445$$

Com a simulação da implantação do MJIT nesta indústria, obteve-se um aumento no lucro da empresa de aproximadamente R\$283.445/mês.

O investimento feito para implantação do MJIT em uma indústria deste porte, é de aproximadamente R\$300.000.

Aplicando a uma taxa de custo de oportunidade de 1,5%/mês, em aproximadamente 30 dias obtém-se o retorno deste investimento em uma aplicação financeira.

Através desta comparação, que não é o objetivo deste estudo, pode-se demonstrar o tempo de retorno deste investimento em uma aplicação financeira.

Com a implantação do MJIT nesta indústria, busca-se a automação da indústria, proporcionando a melhoria do desempenho do sistema produtivo e, portanto, a elevação da competitividade.

4.3 SIMULAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DO MJIT EM AGROINDÚSTRIA

Uma segunda simulação foi feita com dados fornecidos por uma das agro-indústrias pesquisadas, cujos produtos são destinados tanto ao mercado interno como ao externo.

Foi utilizado o mesmo índice da simulação na indústria de celulose e papel, ou seja, 40%, que foi adotado como margem de segurança, podendo ser este índice bem superior. Como visto anteriormente, no Japão, alcançou-se uma redução de 50% nas paradas acidentais, no pessoal envolvido na manutenção e no custo de manutenção.

Alguns dados necessários fornecidos por uma agroindústria:

Custo de mão-de-obra empregada na manutenção: R\$65.000/mês.

Número de pessoas envolvidas na manutenção: 65 pessoas

Custo por homem-hora: R\$9

Preço de venda por tonelada de produto : R\$6.350

Total de toneladas de produtos por mês: 1.100 t.

Custo unitário de matéria-prima gasta na produção de uma tonelada de produto:
R\$3.850

Custo unitário de energia elétrica gasta na produção de uma tonelada de produto:
R\$279

RESOLUÇÃO:

$\Delta L = \Delta F - \Delta C$, onde:

ΔL = variação do lucro

ΔF = variação do faturamento

ΔC = variação do custo

Para cálculo do ΔL , primeiro é necessário conhecer o ΔF . Então $\Delta F = F_2 - F_1$.

F_2 é o faturamento/mês após a implantação do MJIT. Através da seguinte expressão será possível conhecer o F_2 .

$F_2 = Q_2 \times P_u$, onde:

Q_2 = tonelada produzida/mês após implantação do MJIT.

P_u = Preço unitário para venda/tonelada de café solúvel.

$P_u = R\$6.350/t$.

Para cálculo de Q_2 será utilizada a seguinte expressão:

$$Q_2 = \left(1 + \frac{inxr_n}{H_1 - H_2} \right) \times Q_1$$

t_{n1} = tempo não produtivo antes da implantação do MJIT.

$$t_{n1} = 14 \text{ horas/mês}$$

r_n = redução percentual do tempo de parada que equivale ao acréscimo percentual do tempo produtivo após a implantação do MJIT.

$$r_n = 0,4$$

H_1 = total de horas disponíveis no mês para a produção. A indústria na qual foi feita a simulação de implantação do MJIT, possui processo de produção contínuo. O total de horas/dia de trabalho é de 24 horas, 30 dias ao mês, o que equivale a um total de 720h/mês disponíveis para a produção.

$$H_1 = 720 \text{ horas/mês.}$$

H_2 = total de horas/mês gastas com as paradas acidentais, antes da implantação do MJIT, equivalente a t_{n1} .

$$H_2 = 14 \text{ horas/mês}$$

Q_1 = toneladas/mês de papel produzidas antes da implantação do MJIT.

$$Q_1 = 1.100 \text{ t./mês}$$

$$Q_2 = \left(1 + \frac{14 \times 0,4}{720 - 14} \right) \times 1.100$$

$$Q_2 = 1,007932 \times 1.100$$

$$Q_2 = 1.108 \text{ t./mês, depois da implantação do MJIT}$$

Então, para cálculo da variação do faturamento:

$$\Delta F = P_u (Q_2 - Q_1)$$

$$\Delta F = 6.350 (1.108 - 1.100)$$

$$\Delta F = R\$50.800$$

Após a implantação do MJIT, a indústria obteve uma variação no seu faturamento em R\$50.800, sendo que o preço unitário (Pu) da tonelada de café solúvel para venda corresponde a R\$6.350.

Em seguida, é necessário calcular a variação do custo de produção através da expressão:

$$\Delta C = \Delta C_1 + \Delta C_2, \text{ onde:}$$

ΔC = variação do custo

ΔC_1 = variação no custo de produção

ΔC_2 = variação no custo de manutenção

Para cálculo do ΔC_1 , é necessário conhecer C_{12} , que corresponde ao custo de produção depois da implantação do MJIT, e C_{11} , que é o custo de produção antes da implantação do MJIT. Q_1 (1.100 t./mês) corresponde ao total de toneladas de café solúvel produzidas /mês antes da implantação do MJIT.

O custo unitário de matéria-prima por tonelada de produto corresponde a R\$3.850.

O custo unitário de energia elétrica por tonelada de produto corresponde a R\$279.

Esses custos unitários, matéria-prima e energia elétrica, tanto antes como depois da implantação do MJIT, foram considerados constantes.

Então:

$$\Delta C = \Delta C_1 + \Delta C_2$$

Para se conhecer ΔC_1 :

$$\Delta C_1 = C_{12} - C_{11}, \text{ onde:}$$

$$C_{11} = Q_1 (MP + EE)$$

$$C_{11} = 1.100 (3.850 + 279)$$

$$C_{11} = R\$4.541.900$$

O custo da produção/mês antes da implantação do MJIT é de aproximadamente R\$4.541.900.

Para cálculo de C_{12} :

$C_{12} = Q_2 (MP + EE)$, onde Q_2 (1.108 t./mês) corresponde ao total de toneladas de papel produzidas por mês depois da implantação do MJIT.

$$C_{12} = 1.108 (3.850 + 279)$$

$$C_{12} = R\$4.574.932$$

O custo da produção/mês depois da implantação do MJIT é de aproximadamente R\$4.574.932.

Sabendo-se o C_{12} e o C_{11} , pode ser calculada a variação no custo de produção, como segue:

$$\Delta C_1 = C_{12} - C_{11}$$

$$\Delta C_1 = 4.574.932 - 4.541.900$$

$$\Delta C_1 = R\$33.032$$

O custo de produção aumentará em aproximadamente R\$33.032, com a implantação do MJIT.

Para calcular ΔC_2 , que corresponde à variação no custo de manutenção, será utilizada a seguinte expressão:

$$\Delta C_2 = C_{22} - C_{21}, \text{ onde:}$$

$$\Delta C_2 = \text{variação no custo de manutenção.}$$

C_{21} = custo do pessoal de manutenção antes da implantação do MJIT.

R\$65.000, com considerações a respeito.

C_{22} = Custo do pessoal de manutenção depois da implantação do MJIT.

Nesta simulação, também se fazem necessárias algumas considerações a respeito do custo do pessoal de manutenção antes da implantação simulada do MJIT (C_{21}). Nessa agroindústria onde se procedeu a tal simulação, o custo do pessoal da manutenção é de R\$65.000/mês; também foi utilizado o índice de 40%, como na simulação na indústria de celulose e papel.

Com 65 funcionários na manutenção, essa agroindústria trabalha em 3 turnos, 24 horas/dia, num total de 720 horas/mês.

Destas 720 horas/mês, 14 horas ocorrem devido às paradas acidentais, sendo que as 706 horas restantes são para manutenção de rotina.

Esta agroindústria possui, em cada turno de trabalho, aproximadamente 22 funcionários, a um custo de R\$9 homem/hora, e 14 horas/mês de paradas acidentais. É necessário calcular qual é o custo da mão-de-obra aplicada para reparos de paradas acidentais, considerando os itens acima:

nº de funcionários/turno: 22 funcionários

custo homem-hora: R\$9

paradas acidentais hora/mês: 14 horas

$$22 \times R\$9 \times 14h = R\$2.772$$

O custo da mão-de-obra aplicada em paradas acidentais nessa agroindústria é de aproximadamente R\$2.772.

Com um total de R\$65.000 gastos com o pessoal da manutenção, menos R\$2.772, que é o custo da mão-de-obra aplicada para reparo das paradas acidentais, restam R\$62.228, o que equivale ao custo da mão-de-obra aplicada na manutenção de rotina. Conforme dados fornecidos por essa agroindústria,

70% de R\$62.228, ou seja, R\$43.560 do valor empregado na mão-de-obra, reduzem-se na proporção de redução do tempo de paradas. Os 30% restantes, que correspondem a R\$18.668, serão fixos. Este valor não sofre alterações com a redução do tempo de parada, ou seja, podem estar inclusos, neste índice, os salários pagos a alguns funcionários envolvidos na manutenção, sendo que, mesmo ocorrendo a redução das paradas acidentais, alguns desses funcionários permanecerão em seus respectivos cargos relacionados com a manutenção. Os outros 70% do pessoal envolvido na manutenção poderão ser realocados em outras funções.

Então, a diferença entre o total do custo do pessoal envolvido na manutenção antes da implantação do MJIT (R\$65.000) e os 70% (R\$43.560) que correspondem ao valor que não sofre redução com o tempo de parada, é igual a R\$21.440, correspondendo ao custo da mão-de-obra empregada na manutenção antes da implantação.

$$C_{21} = R\$21.440$$

Para conhecer C_{22} , será utilizada a seguinte expressão:

$$C_{22} = C_{21} \left(\frac{tn_1 x (1 - r_n)}{tn_1} \right)$$

onde:

tn_1 = tempo não produtivo antes da implantação do MJIT.

$$tn_1 = 14 \text{ horas/mês}$$

r_n = acréscimo do tempo produtivo após implantação do MJIT.

$$r_n = 0,4$$

$$C_{22} = C_{21} \left(\frac{tn_1 x (1 - r_n)}{tn_1} \right)$$

$$C_{22} = C_{21} (1 - r_n)$$

$$C_{22} = C_{21} (1 - 0,4)$$

$$C_{22} = 21.440 \times 0,6$$

$$C_{22} = R\$12.864$$

O custo do pessoal da manutenção depois da implantação do MJIT será de aproximadamente R\$12.864.

Para se chegar à variação no custo do pessoal envolvido na manutenção, é necessário utilizar a seguinte expressão:

$$\Delta C_2 = C_{22} - C_{21}$$

$$\Delta C_2 = 12.864 - 21.440$$

$$\Delta C_2 = R\$ - 8.576$$

Houve uma redução na variação do custo do pessoal envolvido na manutenção depois da introdução do MJIT em R\$8.576.

Conhecendo-se ΔC_1 e ΔC_2 , foi possível calcular ΔC , que corresponde à variação no custo de produção:

$$\Delta C = \Delta C_1 + \Delta C_2$$

$$\Delta C = 33.032 + (- 8.576)$$

$$\Delta C = R\$ 24.456$$

A variação no custo de produção após a implantação do MJIT, nesta indústria, foi de R\$24.456.

Com a apuração da variação do lucro, chega-se ao seguinte resultado:

$$\Delta L = \Delta F - \Delta C$$

$$\Delta L = 50.800 - 24.456$$

$$\Delta L = R\$26.344$$

Com a simulação da implantação do MJIT nessa agroindústria, obteve-se um aumento no lucro da empresa de aproximadamente R\$26.344/mês.

Aplicando, também, a uma taxa de custo de oportunidade 1,5%, com o valor do investimento nesta indústria de aproximadamente R\$170.000, em sete meses obtém-se o retorno deste investimento em uma aplicação financeira, não sendo o objetivo deste estudo, mas sim demonstrando que, com investimentos na automação da indústria, será proporcionada a melhoria do desempenho do sistema produtivo.

Através de dados fornecidos por indústrias pesquisadas e com a simulação da implantação do MJIT, comprova-se o benefício obtido.

O cálculo utilizado resultou em valores bastante aproximados, comprovando a eficácia do novo sistema.

Para realização deste cálculo não foram levados em conta os gastos com substituição de peças sobressalentes. A substituição de peças nesta indústria é feita mediante estimativas de vida útil. Deste modo, será realizada antes ou após a necessidade de troca, ou seja, a peça pode durar menos que o recomendado pelo fabricante, bem como ultrapassar a expectativa de vida útil recomendada. Com isso, os custos se elevam devido à substituição das peças, sem necessidade real de troca. Esses procedimentos resultam das manutenções hoje adotadas, manutenções baseadas em tempo (MBT).

As peças dos equipamentos de maior relevância para a produção, ou aquelas que causariam maiores danos com a paralisação da produção, na maioria das vezes, peças caras, têm sua vida útil estimada em 2 anos, nestas indústrias em que se realizou a pesquisa.

Com a implantação do MJIT, pode-se prever a substituição das peças no melhor momento, eliminando a substituição antes ou depois do tempo necessário, obtendo-se significativa economia com a implantação do novo sistema.

Com uma projeção de redução de 20% na substituição de peças, caso ocorra no momento mais apropriado, no MJIT, com este índice de melhor aproveitamento da peça, ainda seria muito baixo, subestimando sua utilização, obtendo uma economia de 20% no custo de manutenção. As peças substituídas antes do tempo necessário são eliminadas, não tendo mais utilidade nas indústrias.

Nas indústrias pesquisadas, todas com processo de produção contínuo, o MJIT proporcionará grande vantagem econômica e técnica, através do aumento do faturamento com a redução das paradas e da diminuição do número de pessoas envolvidas na manutenção.

No caso da indústria de celulose e papel, o lucro obtido com a implantação do MJIT aumenta em R\$ 283.455, cálculo estimado conforme apuração total de toneladas/mês, que é de 12.018 t., desconsiderando a troca de peças não realizada no momento certo.

A mesma indústria gasta mensalmente R\$ 1.300.000 com peças de reposição. Com a implantação do MJIT, podem ser obtidos, no mínimo, 20% de economia, trabalhando-se com índices abaixo da capacidade do sistema MJIT, o qual propicia, com sua implantação, índices de 80% a 100% na redução das trocas sem necessidade, com a eliminação total das substituições das peças desnecessárias.

Nesta indústria, o custo mensal dos componentes de manutenção é de R\$ 1.300.000. Se, com a implantação do MJIT, a indústria reduzir em 20% o número das peças trocadas sem necessidade, será obtida uma economia de R\$ 260.000, o equivalente ao custo de implantação do MJIT.

Os benefícios obtidos nesta indústria de celulose e papel podem ser, também, obtidos nas agroindústrias, considerando-se o mesmo tipo de processo, que possuem problemas semelhantes, cuja dificuldade de solução tem sido muito dispendiosa, sem obtenção de resultados significativos.

De acordo com a indústria de celulose e papel, o índice de troca de peças sem que haja necessidade é em torno de 15%, ou seja, em 15% das vezes em que as peças são substituídas, não se sabe a condição em que se encontra tal peça, antes que se abra o equipamento e se possa conhecer seu estado. Nas agroindústrias, em especial aquela em que foi feita a simulação, este índice pode chegar até 20%. Com a implantação do MJIT, este índice será reduzido a algo próximo ou igual a zero, pois conhece-se o estado da peça e as trocas são executadas somente quando necessário.

Esta indústria de celulose e papel é automatizada e está entre as indústrias mais modernas em seu segmento; em nível nacional, está muito bem colocada, por isso tem um baixo índice de reposição de peças, estimado pela vida útil ou manutenção baseada em tempo. A agroindústria está crescendo, a maior parte de sua produção é destinada ao mercado externo, sendo que, há quatro anos começaram a distribuir seus produtos também no mercado interno e, inclusive a produzir para outras marcas.

4.4 O SETOR DE CELULOSE E PAPEL E O MJIT

De acordo com a ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE PAPEL E CELULOSE (1996), no ano de 1995 a produção nacional atingiu um volume de 5,8 milhões de toneladas de papel, 2,6% acima do ano anterior, e de 5,9 milhões de toneladas de celulose, superando a produção do ano de 1994 em 1,8%.

Conforme a mesma Associação, o consumo nacional de papel cresceu 16,7%, chegando a 5,4 milhões de toneladas, com um consumo per capita elevado para 34,5 kg. As vendas domésticas absorveram 63,4% e 77,4% da celulose e do papel produzidos. Por segmento industrial, esta composição se situou em 1,2 milhão de toneladas de papel e 2,0 milhões de toneladas de celulose. A receita das exportações cresceu 50,8%, chegando a US\$2,7 bilhões.

As atividades proporcionaram 101,4 mil empregos diretos, divididos em 63,7 mil na área industrial e 37,7 mil na área florestal.

O setor de papel e celulose é composto por 220 empresas que operam 255 unidades industriais, localizadas em 16 estados brasileiros (ANFPC, p.1, 1997).

O Brasil é o 7º e 12º colocado entre os maiores produtores mundiais de celulose e papel. No período de 1986-1996, a taxa de crescimento médio anual da produção nacional de papel foi de 2,7% e a de celulose, 4,8%.

Conforme a ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE PAPEL E CELULOSE (1997), a capacidade instalada do setor situa-se em 7,1 milhões de toneladas de papel e 7,0 milhões de toneladas de celulose. A produção brasileira de papel no ano de 1996 foi de 5,9 milhões de toneladas e a produção de celulose, 5,8 milhões de toneladas. O setor exportou 1,2 milhão de toneladas de papel e 2,2 milhões de toneladas de celulose, registrando, em relação ao ano anterior, 1995, crescimento de 0,4% e 10,8% respectivamente, com US\$1,9 bilhão de receita de exportações. Representando, aproximadamente, 1,3% do Produto Interno Bruto, o faturamento do setor, em 1996, foi estimado no equivalente a US\$7,3 bilhões, e os impostos diretos gerados pelas empresas foram de US\$948 milhões. No exercício de 1996, o país importou 909 mil toneladas de papel e 214 mil toneladas de celulose, com um valor de US\$987 milhões, 9,7% abaixo daquele do ano de 1995.

Ainda de acordo com a ANFPC (1997), o setor conta com alto nível de capacitação técnico-profissional e investe, continuamente, na atualização e expansão do seu parque produtivo. As taxas médias de crescimento do consumo nacional estão estimadas em 5% para o período 1996 - 2000 e 6% para 2001 - 2005 e, segundo um estudo desenvolvido pelo BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - BNDES, *apud* ANFPC (1997), mantida a atual capacidade do setor, o Brasil, em 1998 passará de exportador a importador de papel se o setor brasileiro não iniciar, com urgência, os investimentos de que necessita para ocupar os espaços previstos de crescimento do consumo nacional e as oportunidades que se apresentam no mercado

mundial. O estudo prevê, ainda, que no período de 1996 a 2005, o setor brasileiro de celulose e papel necessitará de investimentos adicionais de US\$10,8 bilhões, além dos US\$3,1 bilhões em execução, e que o consumo mundial de papel deverá crescer, nesse período, à taxa média anual de 3,3%. A oferta mundial de papel e celulose, projetada para 2005, deverá alcançar um déficit da ordem de 70 a 71 milhões de toneladas.

Conforme a ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE PAPEL E CELULOSE (1996), o Brasil possui 220 empresas de celulose e papel, operando 255 unidades industriais. Foram selecionadas as 56 melhores indústrias de celulose e papel para fins deste estudo, selecionadas por produzirem no ano de 1996 acima de 46.000t.

Com uma produção total de 11.759.690t. de celulose e papel em 1996, selecionando-se as 56 melhores indústrias, chegou-se à conclusão de que, teoricamente, pelo menos em 56 indústrias deste segmento existe potencial de implantação do MJIT, supondo que o nível de desenvolvimento tecnológico de produção esteja no mesmo patamar, isto em relação à indústria de celulose e papel cujo dados foram utilizados na aplicação simulada do MJIT, com uma produção de 145.000t. no ano de 1996, conforme ANFPC, valor este inferior à média de 206.000t./empresa no ano de 1996, corroborando, então, a existência de potencial de implantação deste sistema em outras indústrias deste segmento.

4.5 O SETOR DE AGROINDÚSTRIA E O MJIT

Conforme a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE CAFÉ SOLÚVEL - ABICS (1997), a receita das exportações de café solúvel durante o primeiro semestre de 1997, foi US\$195,1 milhões com um total de 28.328 toneladas exportadas. A expectativa da ABICS é que as receitas com o produto deverão oscilar entre US\$320,0 milhões e US\$350,0 milhões no ano de 1997.

Ainda conforme a mesma Associação, as exportações chegarão em 1997, a 56.000 toneladas, com um total de nove indústrias.

Com produção total de 80.000 t. no ano de 1996 e seis indústrias de café solúvel com produção mensal superior a 10.000 t./mês, pode-se concluir que, teoricamente, existe potencial de implantação do MJIT nestas indústrias, supondo-se que o nível de desenvolvimento tecnológico de produção delas esteja no mesmo patamar que o da indústria onde se efetuou a simulação da aplicação do MJIT, quando houve uma produção de 12.500 t. de café solúvel no ano de 1996, enquanto que a média entre as demais indústrias foi de 14.000 t./empresa no ano de 1996.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

À medida que se acelera a mudança do mundo econômico, o agravamento da concorrência internacional com conseqüente globalização, a diversificação das necessidades de mercado, com a busca da qualidade e não da quantidade, o desenvolvimento tecnológico de processamento e automação nos sistemas de transformação, que enfatiza a necessidade da flexibilização ao mercado dinâmico e acelera a evolução da tecnologia da informação, eliminando as barreiras do tempo e distância, somente sobrevivem ou tornam-se vitoriosas as indústrias que se adaptam a esta realidade.

Dentro deste contexto, a modernização e a melhoria da tecnologia de produção são fatores fundamentais.

A manutenção dos equipamentos faz parte da tecnologia de produção e, sem o seu desenvolvimento, é quase impossível acompanhar as mudanças que estão ocorrendo nas indústrias.

As indústrias no Brasil, principalmente de processo de produção contínuo, parecem não ter recebido a atenção devida no que diz respeito à manutenção de equipamentos, gerando paradas, comprometendo a produtividade e a produção, com alto número de paradas não programadas.

A escassez de publicações nesta área parece prejudicar ainda mais o desenvolvimento da manutenção dos equipamentos.

Com o objetivo de estudar a situação em que se encontram algumas indústrias com processo de produção contínuo em relação à manutenção, com a possível implantação de um procedimento de manutenção inovador denominado MJIT-Manutenção por *Just In Time*, reduzindo os custos da manutenção, com a eliminação dos produtos de baixa qualidade e dos atrasos na entrega, foi realizada esta pesquisa em agroindústrias e indústrias de celulose e papel no Estado do Paraná, detectando as falhas que ocorrem durante os procedimentos de manutenção e o que pode ser feito para melhorar o desempenho destas indústrias.

No referencial teórico, procurou-se descrever os procedimentos de manutenção hoje adotados, suas falhas e limitações, sendo denominados, nesta pesquisa, de manutenção programada.

Em seguida, foi descrito um procedimento de manutenção inovador, o MJIT-Manutenção por *Just In Time*, que visa a realizar a manutenção no melhor momento possível, sem que a troca seja feita antes da necessidade, bem como depois, evitando o alto custo da substituição.

Com esta pesquisa, foi possível concluir que, com a introdução do MJIT nas indústrias estudadas, podem-se obter ganhos com a redução das paradas acidentais e a substituição das peças e componentes no melhor momento.

A metodologia adotada para o desenvolvimento desta pesquisa partiu de entrevistas feitas junto aos responsáveis pela manutenção.

Após análise das entrevistas, montou-se um questionário, aplicado posteriormente.

A pesquisa caracterizou-se como sendo descritivo-exploratória. Em um primeiro momento, foi descrita a situação em que se encontram tais indústrias em relação à manutenção adotada e, em seguida, procurou-se explorar a introdução do procedimento MJIT.

Com os resultados dos questionários aplicados, foi possível delinear a situação em que se encontram estas indústrias, comparando as respostas com o que se observou no MJIT, averiguando como este último contribuiria à solução dos problemas encontrados na manutenção programada.

Em uma segunda etapa, foi estimado o benefício que se poderia obter com a adoção do MJIT, com os dados fornecidos por duas indústrias pesquisadas, tomando-se por base três indicadores - paradas acidentais, homem-hora utilizado na manutenção e custo da manutenção, sabendo-se que, com a implantação do MJIT em indústrias japonesas, foi obtida uma redução de 50% nestes índices.

Isto permitiu a hipótese de que há potencial de redução de pelo menos 40% - índice utilizado para ensaio - em indústrias brasileiras, em especial em agroindústrias e indústrias de celulose e papel. Apesar de as indústrias japonesas

terem alcançado um nível aprimorado de manutenção programada, houve a queda de 40% nos índices de paradas acidentais, quadro de pessoal e custos de manutenção com a introdução do MJIT. No Brasil, onde se mostrou a manutenção programada num estágio precário, comparada com a que se observou no Japão, a introdução do MJIT nas indústrias pesquisadas traria uma queda ainda maior que 40%.

Para estimativa de variação do lucro com a introdução do MJIT, foi necessário calcular a variação do faturamento, do custo de produção e do custo de manutenção, chegando-se ao resultado procurado, não considerando a redução do custo de peças e componentes de reposição.

A matéria-prima, a energia elétrica e a mão-de-obra empregada na manutenção corretiva, foram considerados custos variáveis, e os demais custos, como constantes, bem como o custo por homem-hora.

Com a redução no custo das peças ou componentes para reposição, se considerados, a variação do lucro seria ainda maior.

Na indústria de celulose e papel, a produção mensal de celulose era de 12.018 toneladas/mês, e, com a redução das paradas acidentais em 40%, aumentaram-se 4,8 horas/mês no tempo produtivo, aumentando a produção mensal para 12.099 toneladas/mês. Isto resultou em um aumento no faturamento de aproximadamente R\$76.950. O aumento no custo da matéria-prima e da energia elétrica em função do aumento do tempo produtivo correspondeu a aproximadamente R\$38.961 e a redução no custo de mão-de-obra envolvida na manutenção, em função da queda do tempo de parada em 40%, ficou em, aproximadamente, R\$245.560.

Isto é devido às seguintes considerações:

Uma parcela do custo da mão-de-obra, aplicada na manutenção, correspondente às paradas acidentais, reduzir-se-ia a uma proporção de 40%.

Uma parte do restante do custo da mão-de-obra da manutenção cairia na mesma proporção da taxa de redução do tempo de paradas acidentais. Outra parte seria semivariável e outra, invariável.

Desta forma, o aumento no lucro estimado vem a ser $\Delta L = \Delta F - (\Delta C_1 + \Delta C_2)$, sendo que ΔC_1 corresponde ao aumento no custo de matéria-prima e energia elétrica e ΔC_2 é a redução do custo da mão-de-obra na manutenção, cujo valor resultou em $\Delta L = 76.950 - (38.961 - 245.560)$, $\Delta L = R\$283.589$, aproximadamente.

O custo da implantação do MJIT em uma indústria deste porte é estimado em R\$300.000.

Na agroindústria onde a simulação foi realizada, a produção mensal era de 1.100 toneladas/mês de café solúvel, e reduzidas as paradas acidentais em 40%, aumentou-se em 5,8 horas/mês o tempo produtivo, passando a produção mensal a 1.108 toneladas/mês após implantação do MJIT, aumentando o faturamento da indústria em R\$50.800. O aumento no custo da matéria-prima e da energia elétrica em função do aumento do tempo produtivo correspondeu a, aproximadamente, R\$33.032, e a redução no custo de mão-de-obra envolvida na manutenção, em função da queda do tempo de parada em 40%, foi de, aproximadamente, R\$8.576.

O aumento no lucro obtido, como resultado da implantação do MJIT nesta agroindústria, foi de aproximadamente, R\$26.344/mês.

Nas indústrias pesquisadas, com significativo número de paradas imprevistas, a implantação deste sistema faz com que se obtenha a redução destas últimas, aumentando a disponibilidade do sistema para a produção.

Comprovando-se a existência de grande potencial para implantação deste sistema nestas indústrias, ele pode ser estendido para outras indústrias que possuam as mesmas características, ou seja, o processo de produção contínuo.

Com a implantação do MJIT, a produtividade e a qualidade aumentam extraordinariamente, devido à redução das paradas imprevistas, e o lucro obtido com tais reduções faz deste sistema um grande agente de mudanças.

A modernização e a melhoria da tecnologia de produção são fatores fundamentais para o alcance do desenvolvimento tecnológico, permanecendo no mercado somente as indústrias que souberem administrar seus recursos, formando uma estrutura empresarial apta a sobreviver nos novos tempos.

Algumas recomendações para pesquisas futuras:

- que a aplicação simulada do MJIT-Manutenção por *Just In Time* possa ser estendida a outros tipos de indústrias de processo de produção contínuo, indústrias químicas, siderúrgicas e outras com as mesmas características;
- que um estudo mais amplo da aplicação simulada deste sistema não fique restrito apenas à produção;
- que se passe da simulação para a implantação efetiva, nestas ou em outras indústrias, do referido sistema, podendo assim apresentar dados mais concretos, ou seja, a partir das situações geradas quando desta implantação;
- que, considerando-se o MJIT um dos componentes básicos para integração da mecanização de toda a empresa, vise à implantação do CIM-*Computer Integrated Manufacturing*, razão pela qual se julga indispensável a instalação de sistema desta natureza.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ SOLÚVEL. Desempenho da Indústria Brasileira de Café Solúvel no 1º sem. 1997. **Relatório Estatístico**. 1997.

ASSOCIAÇÃO DOS FABRICANTES DE PAPEL E CELULOSE. O setor de papel e celulose - 1995. **Relatório Estatístico**. 1996.

_____. _____ . 1996. **Relatório Estatístico**. 1997.

BUFFA, Elwood S. **Administração da produção**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1972.

CHEN, Frederick. Benchmarking: preventive maintenance practices at japanese transplants. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v.11, n.8, p.19-26, 1994.

HAMRICK, James. Maintenance. **Industrial Engineering**, v.26, n.10, p.17-18, 1994.

HIPKIN, I.B.; LOCKETT, G. A study of maintenance technology implementation. **Omega, The International Journal of Management Science**, v. 23, n.1, p.79-88, 1995.

JACOBI, Justin M. Cleanliness, fit, lubrication keys to preventing bearing failures. **Pulp & Paper**, v.69, n.8, p.110-113, 1995.

JORDAN, Steve. Man and machine in harmony? **Assembly Automation**, v.16, n.1, p.13-17, 1996.

JOSTES, Robert; HELMS, Marilyn M. Total productive maintenance and its link to total quality management. **Work Study**, v. 43, n.7, p. 18-20, 1994.

JURAN, J.M. **Juram planejando para a qualidade**. São Paulo: Editora Pioneira, 1990a.

_____. **Juram na liderança pela qualidade - um guia para executivos**. São Paulo: Editora Pioneira, 1990b.

JURAN, J. M.; GRAYNA, Frank M. **Quality planning and analysis**. Third edition, New York: McGraw-Hill, 1993.

KAWASAKI TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT DIVISION. **Kawasaki total operation control system**. Tokio, 1993.

KELLY, A.; HARRIS, M.J. **Administração da manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Petróleo, 1980.

MAGGARD, Bill N.; RHYNE, David M. Total productive maintenance: a timely integration of production and maintenance. **Production and Inventory Management Journal**, v. 33, n.4, p. 6-10, fourth quarter, 1992.

NAKAJIMA, Seiichi. **Tpm development program: implementing total productive maintenance**. Portland, Oregon: Productivity Press, 1989.

_____. **Introdução ao tpm - total productive maintenance**. São Paulo: IMC International Sistemas Educativos Ltda, 1989.

OISHI, Michitoshi; FONTANINI, Carlos A. Candêo. MJIT-Manutenção por just in time: manutenção otimizada realizada no tempo exato baseado em condições operacionais. **Revista Produção**, v.7, n.1, p. 75-83, julho 1997.

- OISHI, Michitoshi. **TIPS: Técnicas integradas na produção e serviços**. São Paulo: Pioneira, 1995.
- OSADA, Takashi. **Housekeeping, 5s, seiri, seiton, seiketsu, shitsuke**. São Paulo: Instituto Iman, 1992.
- PARIS, J. William. There's value added in tpm. **Industrial Distribution**, v.84, n.4, p.96, 1995.
- PATTERSON, J. Wayne *et alii*. Total productive maintenance is not for this company. **Production & Inventory Management Journal**, v.36, n.2, p.61-64, 1995.
- PATTON, Joseph D. Jr. **Preventive maintenance**. New York: Instrument Society Of America, 1983.
- RICHARDSON, Robert *et alii*. **Pesquisa Social: métodos e técnicas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1989.
- ROBINSON, Charles J.; GINDER, Andrew P. **Implementing tpm: the north american experience**. Portland, Oregon: Productivity Press, 1995.
- SELLTIZ, Claire *et alii*. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. 2. ed. São Paulo: Herder, 1967.
- SHIROSE, Kunio. **Tpm for workshop leaders**. Portland, Oregon: Productivity Press, 1992.
- SLACK, Nigel *et alii*. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

STARR, Martin K. **Administração da produção-sistemas e sínteses**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1971.

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. **Tpm-total productive maintenance**. Asian Productivity Organization, Tokio, 1990.

SUZUKI, Tokutaro. **New directions for tpm**. Massachusetts: Productivity Press, inc, 1992.

UMEDA, T. **CIM e administração estratégica**. Associação de Pesquisas Industriais, Tóquio, 1992.

WILLMOTT, Peter. Total quality with teeth. **The TQM Magazine**, v. 6, n.4, p.48-50, 1994.

7 ANEXOS

Algumas empresas japonesas que implantaram o MJIT:

Kawasaki Steel Corporation

Idemitsu Engineering Co.

Koa Oil Co.

POSCO

Toyo Steel & Plate Co.

Sekisui Chemical Industries Co.

Ouji paper Co.

Ube Industries Co.

Hokuetsu Paper Co.

Honshu Paper Co.

Mitsubishi Rayon Co.

Kyushu Electric Power Co.

Nissan Motors Co.

Nippon Denso Co.

Nagoya Pulp Co.

Kobe Steel Co.

Toyo Aluminium Co.

Furukawa Electric Co., Ltd.

Daihatsu Motor Industries Co.

Too Soo Co.

Furukawa Aluminium Industries Co.

Nihon Paper Co.

Kia Motors Co.

Sumitomo light Metal Co.

Osaka Cement Co.

Hino Motor Industries Co.

Showa Shell Oil Co.

Toyo Can Company

Carta de apresentação para início da coleta dos dados nas indústrias.

Conforme contato telefônico, gostaria de obter a colaboração por parte de sua empresa, no preenchimento do questionário que segue, possibilitando uma complementação do meu estudo e, posteriormente, sendo possível, repassar o resultado para que sua empresa eventualmente o utilize nas atividades de manutenção.

Para findar minha dissertação, sendo que já concluí todos os créditos, sua colaboração será de relevante importância.

Como mestrando da Universidade Federal do Paraná, sou financiado pelo Governo Federal através da **CAPES-COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR.**

Quanto às informações apresentadas por V.S., posso garantir que permanecerão totalmente anônimas e confidenciais.

Certos de podermos contar com sua valiosa atenção, agradecemos antecipadamente.

QUESTIONÁRIO

OBS.: Em algumas perguntas, conseqüentemente, as respostas serão sim ou não. Se possível, para fins de análise e compilação das informações, dar uma justificativa para estas respostas.

1. Como são determinadas as paradas para execução da manutenção?

2. Na execução da manutenção, é utilizado algum enfoque sistemático para evitar a perturbação da produção, com o uso das características físicas que o equipamento pode apresentar?

3. Qual o procedimento para quantificar :

A) utilização de mão-de-obra para reparo;

vida útil		
quebra		
aproveitando a parada programada para substituição		
excesso abundante		
outros - explique		

Obs.: Nesta questão, pede-se a ordem em que acontece a substituição, ou seja, dando prioridade a uma ordem de substituição, classificando-se de 1 a 5, e qual a porcentagem que cada item representa no geral.

6. É possível detectar as anomalias que o equipamento apresenta sem desmontá-lo? Como?

7. À medida que as empresas introduzem novas máquinas e outras inovações tecnológicas, a tendência é enfatizar a aquisição de *know-how* necessário para o uso dessas máquinas e o treinamento dos operários nessas novas tecnologias.

Como é feito o treinamento do pessoal para aquisição dessas habilidades?

- Dentro da própria empresa (*on the job training*)
- Através dos fornecedores de equipamentos
- Outros

8. A empresa possui uma classificação das modalidades de falhas, identificando quais são os itens aos quais pode ser atribuído o maior número de causas das falhas?

	ordem de classificação	%
peçoal		
matéria-prima		
equipamento		
métodos utilizados		
outros		

Obs.: semelhante à questão nº 5

9. A meta do gerenciamento de peças sobressalentes é tornar o estoque mais econômico, aumentando, em contrapartida, o nível de confiabilidade e a facilidade de manutenção do equipamento. Como é feito este gerenciamento?

10. A empresa, com o objetivo de evitar erros na execução das tarefas da manutenção:

A) possui lista de verificação de tarefas?

sim

não

B) possui um sistema de atribuição de responsabilidade definida?

sim

não

11. O operário é treinado de modo que ele mesmo possa realizar a manutenção do seu equipamento? (Desenvolver aptidão para que ele mesmo possa diagnosticar os problemas)

 sim

 não

Se existe, qual o método utilizado para este treinamento?

12. Existe algum acompanhamento dos equipamentos para deixá-los sempre em condições de operação, sendo possível atingir os seguintes objetivos

A) redução do estoque de sobressalentes

 sim

 não

B) prioridade aos componentes em estoque

 sim

 não

13. Existem na empresa alguns fatores utilizados na motivação do pessoal? Assinale os três mais freqüentes em sequência:

aumento de salário	
participação nos lucros	
treinamento	
recreação	
atribuição de responsabilidade	

14. Como vêm se comportando os equipamentos com a adoção de providências tomadas no passado? Houve a redução das paradas e em que porcentagem?

(nos últimos 12 meses)

15. Em relação à manutenção, quais são os planos para melhoria e solução dos problemas a serem implementados na empresa?

16. Todos os processos operacionais envolvem algum grau de participação humana. Entretanto, o desempenho humano está sujeito a vários erros devido a inadvertências, falta de técnicas e hábitos.

A) tem sido possível através da motivação e treinamento do pessoal da produção, eliminar os erros provocados por falhas humanas? (Esquecimento, fadiga, insatisfação, etc.)

B) que modalidade de motivação tem sido utilizado?

17. Mesmo depois da ocorrência de uma avaria, o pessoal da produção freqüentemente erra na hora de reconhecer o problema. A que pode ser atribuída esta falha?

	ordem de classificação	%
treinamento		
desinteresse		
não conhece o equipamento		
tempo escasso		
outros		

Obs.: semelhante às questões nºs 5 e 8

18. Quais são os critérios utilizados para determinar a melhor época da parada de produção?

	ordem de classificação	%
tempo de uso		
vida útil		
histórico do equipamento		
dados estatísticos		
experiência		

Obs.: semelhante às questões nºs 5, 8 e 17

RESUMO DE ALGUMAS ENTREVISTAS

INDÚSTRIA DE CAFÉ SOLÚVEL

A manutenção da indústria, em 1985, envolvia oitenta pessoas para executarem os consertos dos equipamentos.

No mesmo ano, foi montado um grupo para trabalhar na manutenção. Eram três áreas distintas, área técnica com instrumentação, elétrica e mecânica.

Entre os anos de 1986 e 1987, foi implantada a manutenção corretiva, inexistindo uma periodicidade no que deveria ser feito.

A maior dificuldade para a manutenção era parar os equipamentos.

A partir destas dificuldades, criou-se um programa de manutenção preventiva, gerando informações para a implementação da manutenção preditiva, passando-se, posteriormente, a focar a filosofia da TPM-*Total Productive Maintenance*.

Com a aquisição de um sistema para fazer o planejamento da manutenção, que até então era feito anualmente, definiu-se um intervalo, de modo que a manutenção preditiva do equipamento passasse a ser realizada mensalmente, negociando junto à produção as datas para as paradas.

Uma vez por ano, de 20 a 30 dias, é realizada uma parada na indústria para manutenção geral dos equipamentos.

A equipe de manutenção pratica os 5S, concentrando-se nos serviços de manutenção dos equipamentos, com a filosofia da TPM adotada.

Alguns anos atrás, os operários não eram treinados para a realização da manutenção em seu equipamento. Foram feitas mudanças para que esses operadores passassem a diagnosticar seus equipamentos, participando e, principalmente, sugerindo melhorias no trabalho de manutenção, devido ao fato da motivação ser um fator extremamente importante no desenvolvimento de um programa de manutenção, pois é através da participação dos funcionários que poderá um programa ser bem sucedido.

Com a introdução da TPM, passou a ser delegado aos funcionários da produção o cuidado com o equipamento, fazendo com que os mesmos conheçam tudo sobre seus equipamentos, identificando os problemas e, se possível, recuperando-os, com a idéia de que “do meu equipamento, quem cuida sou eu”.

Antes da implementação dos programas de manutenção, os equipamentos apresentavam um alto índice de quebras. O retrabalho na indústria é baixo, mas quando se revisa um equipamento, colocando-o novamente em condições de operação, sempre haverá o risco de erros prejudicando a produção.

A localização geográfica da fábrica impede o trabalho com estoque reduzido de peças. A distância entre fornecedores e indústria dificulta a reposição rápida das peças.

Com um programa de manutenção bem planejado, a segurança em relação a estoques mínimos é maior, ao contrário do que acontece quando não se possui uma manutenção eficaz, podendo ter sérios prejuízos de um momento para o outro.

COOPERATIVA - ÓLEO VEGETAL (SOJA)

O departamento de manutenção da fábrica programa as paradas para o período de entressafra.

Fora desse período, é realizada, em alguns equipamentos, a manutenção preventiva, enquanto que, em outros, é feita uma monitoração para diagnosticar algum sintoma que o equipamento possa apresentar.

O critério normal de planejamento é a manutenção preventiva obedecendo uma periodicidade, a manutenção preditiva na monitoração e, eventualmente, a manutenção corretiva, obedecendo às características do próprio fabricante do equipamento.

Para diminuir o número de pessoas envolvidas na manutenção, também se utiliza a manutenção terceirizada.

O ajuste e a substituição de peças é maior no período de entressafra e a lubrificação dos equipamentos é feita diariamente durante a operação.

Através do acompanhamento dos equipamentos, procura-se deixá-los em perfeitas condições de funcionamento, diminuindo desta forma o estoque de sobressalentes, mantendo apenas alguns itens indispensáveis em estoque.

Os funcionários desenvolveram o “Programa de Segurança Integrada”, que analisa todas as falhas ocorridas nos equipamentos, fazendo um levantamento das causas e monitorando tudo o que ocorre dentro da indústria.

Junto a este programa, existem as inspeções de ordem e limpeza, pelos “fiscais da fábrica”, verificando todos os componentes conforme prioridades, motivando os funcionários a realizarem suas tarefas da melhor forma possível.

A falta de treinamento para os funcionários envolvidos com a produção é o principal fator da causa do retrabalho, ocorrendo quando a manutenção é executada de forma incorreta.

INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL - 1

Na execução da manutenção, são utilizados alguns instrumentos com o objetivo de evitar perturbações na produção. Na medição da vibração, utiliza-se o equipamento A 2011 Data Logger fabricado pela SPM, indústria sueca.

Para outros fenômenos físicos apresentados pelos equipamentos: temperatura através de termopar, vazão com medidor de vazão, corrente com alicate amperímetro. O equipamento A 2011, utilizado na medição de vibração, capta as informações através de pulsos de choque, com o objetivo de monitorar a condição do rolamento. Esse instrumento é muito utilizado por indústrias de celulose e papel, sendo esta tecnologia desenvolvida dentro destas indústrias.

As informações coletadas pelo equipamento SPM são lançadas dentro de um software, onde é feita a análise destes dados, estabelecendo para cada ponto de medição níveis de alarme, emitindo relatório conforme sejam atingidos esses níveis.

Estabelece-se uma periodicidade para estas leituras devido ao fato de existirem vários pontos de medição, estabelecendo rotas para facilitar o trabalho do encarregado da medição, com intervalos de leitura de trinta dias. À medida em que, pela que análise destes resultados, ultrapassem os limites aceitáveis e entrem em zona de alarme, os equipamentos passam a ser monitorados com menor intervalo de tempo, diariamente, semanalmente, analisando a progressão, sendo que a parada não pode ser realizada a qualquer momento.

O objetivo do SPM é evitar a troca por tempo, monitorando a condição, estendendo a vida útil da peça ou componente, mesmo que as características recomendadas pelo fornecedor sejam menores.

O parâmetro SPM possibilita identificar o grau de deterioração do rolamento, como no caso da vibração, informa o desbalanceamento, o desalinhamento, fazendo a medição do rolamento e determinando sua condição, a gravidade do problema, o estado de lubrificação e quando será necessária a troca.

Com um software especialista com rotinas pré-definidas, evita-se a tendenciosidade através do mau humor e fadiga do funcionário.

A análise espectral nesta indústria, através de pessoas, seria difícil de realizar, devido aos milhares de pontos a serem analisados e ao alto número de distorções que poderiam ocorrer com os resultados.

A periodicidade não pode ser tomada como parâmetro adotado para a manutenção, pois a troca da peça ou componente pode ocorrer tanto antes como depois do necessário.

A interpretação técnica é feita com base nos dados coletados, sem o uso de software para tal procedimento. Chegar a uma informação básica em nível de alarme é complicado, tendo a indústria estabelecido rotas para facilitar o trabalho. O analista utiliza o SPM para medições e os transfere para o computador através de serial; com isso o sistema pode fornecer uma lista de alarmes. Faz-se necessária a presença do ser humano para a coleta dos dados. No sistema que a indústria possui, o ser humano é o elemento principal, sendo cético quanto às mudanças, criando restrições ao uso de novos programas.

A falta de conhecimento técnico em função da distância dos grandes centros faz com que a mão-de-obra não seja especializada em manutenção. Na maioria das vezes essas pessoas são treinadas dentro da própria empresa.

O treinamento é dado também através dos fornecedores.

Existe uma grande preocupação da direção da indústria quanto ao treinamento do pessoal, especialmente manutenção e produção, pois, na maioria das vezes, os problemas são gerados por falhas na operação.

INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL - 2

As paradas para a realização da manutenção são definidas através de históricos de manutenção, fazendo com que as máquinas e os equipamentos de grande porte sejam parados com intervalos regulares. Às vezes, pode ocorrer a prorrogação ou o recuo destes tempos.

Nos equipamentos de médio e pequeno porte, é utilizado o monitoramento sistemático (manutenção preditiva), com diversas faixas de operação, sendo que, quando a curva de tendência está no final da faixa regular-início da faixa crítica, é programada a manutenção completa do equipamento.

Todos os roteiros de manutenção, registros de tendência de parada de máquinas, registro do histórico dos reparos de análise de lubrificantes, análise de falhas e reposição de peças são guardados cuidadosamente. A condição de monitoração é realizada com o uso de fichas de controle, planos do ponto de partida e registro do tempo de operação. As fichas de controle são baseadas na variabilidade entre os limites de controle mais altos e mais baixos. Os planos do ponto de partida estão baseados nas mudanças repentinas na média do processo. As horas do registro do tempo que são recomendadas pelos fabricantes, são observadas rigorosamente.

Estes registros são analisados para estimar o tempo médio entre os colapsos, para otimizar a frequência de manutenção, prevendo as falhas.

Muito destas análises depende de ter uma compreensão da história do tipo de equipamento. Um ponto de partida são os procedimentos de manutenção recomendados pelo fabricante, mas estes, freqüentemente, são estimativas “brutas”. Estas estimativas estão freqüentemente baseadas na experiência de uma classe de equipamentos com níveis variáveis de semelhanças, estudadas sob diferentes condições de operação. A efetiva frequência de manutenção exigida dependeria da seriedade do ambiente de operação em uma determinada instalação e da proporção de uso, bem como do plano de manutenção.

A guarda de todos esses registros permite a criação de um banco de dados e o acúmulo de conhecimento das características de operação do equipamento. Com isto, podemos fazer a experimentação com o exame do cálculo do tempo em diferentes tipos de máquinas. A empresa utiliza sempre o banco de dados para a melhoria das operações, reduzindo os custos do ciclo de vida das peças, aumentando os intervalos de manutenção e identificando os tipos de falhas mais constantes.

Os problemas são identificados como sendo causados por ação inadequada do operador, por manutenção preventiva inadequada ou por processos de montagem inadequados. Quando da ação inadequada do operador, é feita uma investigação para levantar o porquê de tal situação. Por exemplo, se for devido a treinamento inadequado, os procedimentos para treinamento serão revistos, podendo ser mudados para que se possam minimizar tais procedimentos.

O pessoal da manutenção e os operadores trabalham juntos para estabelecer os procedimentos mais adequados, para poderem determinar, entre outras coisas, as causas das paradas das máquinas. Os fatores fundamentais que levam às causas são procurados e esta compreensão é necessária para evitar futuras ocorrências. Este conhecimento é divulgado para todo o pessoal de manutenção, podendo ser aplicado a outras situações parecidas.

Os procedimentos utilizados para a monitoração da condição dos equipamentos consideram temperatura, lubrificante, corrosão, ruído, vibração e alinhamento.

O pessoal da manutenção está freqüentemente procurando maneiras de reduzir os custos de operação, melhorando o ciclo de vida dos componentes, diminuindo os desperdícios e aumentando a eficiência.

O ambiente dos trabalhadores é importante para o bom desempenho do trabalho. A indústria adotou sistema de recompensas por serviço bem feito e por resultados. O compromisso de treinamento significa exigências rigorosas, educação contínua e procedimentos de treinamentos formalizados. É através do

conhecimento dos trabalhadores muito bem treinados que a indústria pode aumentar a criatividade de todo o pessoal para competir eficazmente.

Os grupos de melhorias que são criados espontaneamente pelos próprios funcionários, facilitam para o treinamento, pois já conhecem alguns dos procedimentos.

O treinamento é dado pela própria indústria, *on the job training*, bem como pelos fornecedores de máquinas e equipamentos.