



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS  
DE SERGIPE FANESE  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ALEXANDRE RAMOS DE FIGUEIREDO**

**PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO COMO  
FERRAMENTA ESTRATÉGICA NA METALÚRGICA ACEJ**

**Aracaju - Sergipe  
2009.2**

**ALEXANDRE RAMOS DE FIGUEIREDO**

**PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO COMO  
FERRAMENTA ESTRATÉGICA NA METALÚRGICA ACEJ**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Engenharia de Produção da FANESE, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Profa. MSc. Helenice L. Garcia

Coordenador: Prof. Dr. Jefferson A. Freitas

**ALEXANDRE RAMOS DE FIGUEIREDO**

**PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO COMO  
FERRAMENTA ESTRATÉGICA NA METALÚRGICA ACEJ**

Monografia apresentada à banca examinadora da Faculdade de Administração de Negócios de Sergipe – FANESE, como requisito parcial para cumprimento do Estágio Curricular e elemento obrigatório para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção, no período de 2009.2.

---

Profa. MSc. Helenice Leite Garcia

---

Prof. Esp. Marcos Antonio de Souza Aguiar

---

Profa. Dra. Ana Eleonora Almeida Paixão

Aprovado com média: 10,00

Aracaju (SE), 10 de dezembro de 2009.

## **AGRADECIMENTOS**

A meus pais, por me darem todos os subsídios necessários para realização dos meus objetivos.

A minha noiva, Jackeline, por entender as minhas ausências.

À Metalúrgica ACEJ Ltda., por aceitar o desafio de expormos e analisarmos as deficiências do assunto abordado neste estudo.

À Profa. Helenice, por me orientar e por fazer de mim um Engenheiro.

A todos os colegas do curso de Engenharia de Produção e, principalmente, aqueles que hoje fazem parte do meu ciclo de amizades.

Nem tudo que se enfrenta pode ser modificado, mas nada pode ser modificado até que seja enfrentado.

Albert Einstein

## **RESUMO**

**A ferramenta estratégica desenvolvida para Planejamento, Controle e Manutenção (PCM) é o tema deste trabalho, que consiste em um estudo de caso na área produtiva do setor de usinagem da Metalúrgica ACEJ Ltda. O trabalho foi desenvolvido com o intuito de apresentar a importância da implementação da ferramenta PCM para os equipamentos do setor de usinagem da Empresa pesquisada. Das ferramentas para gerenciamento da manutenção, a Metodologia 5S, Manutenção Produtiva Total (TPM) e Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), contribuem para a redução de custos em organizações. Neste trabalho ressalta-se um sistema informatizado de manutenção, hábil na oferta de suporte à área de planejamento, programação e controle da manutenção. Um setor de manutenção e uma nova estrutura foram sugeridos e verificados os ganhos que a empresa pode obter. A nova estrutura de controle da manutenção, quando implementada e poderá resultar na identificação de dados confiáveis para a gestão da manutenção e na maior disponibilidade dos equipamentos, mostrando que a implantação da ferramenta PCM é uma estratégia de competitividade e de crescimento para a empresa.**

**Palavras-chave: Planejamento, Controle e Manutenção. Ferramentas estratégicas. Manutenção de equipamentos.**

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 – Vista do Setor de Usinagem Industrial – ACEJ.....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 2 – Manutenção Preditiva.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 3 – Resultados em função dos tipos de manutenção.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 4 – Os oito pilares do TPM.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 5 – Gráfico de Gantt.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 6 – Ilustração de um torno CNC.....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 7 – Fresadora.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 8 – Processo de usinagem por fresamento.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 9 – Processo de usinagem por fresamento - Sequência de etapas.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 10 – Plaina.....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 11 – Organograma da estrutura atual da ACEJ.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 12 – Organograma reestruturado da ACEJ.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 13 – Tela do SIGMA - Gerenciamento de Equipamentos.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 14 – Tela do SIGMA - Centro de Custo por Equipamento.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 15 – Tela do SIGMA - Algoritmo de Criticidade.....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 16 – Algoritmo das Atividades.....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 17 – Plano Estratégico de Manutenção.....</b>	<b>50</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 – Evolução da Manutenção.....</b>	<b>15</b>
<b>Quadro 2 – Esquema de Implantação do TPM.....</b>	<b>24</b>
<b>Quadro 3 – Índices de Riscos para Tomada de Decisão.....</b>	<b>31</b>



## LISTA DE EQUAÇÕES

<b>Equação 1 – Confiabilidade de Equipamento ou de Produto.....</b>	<b>26</b>
<b>Equação 2 – Taxa de Falhas.....</b>	<b>29</b>
<b>Equação 3 – Tempo Médio entre Falhas.....</b>	<b>29</b>
<b>Equação 4 – Tempo Médio para Reparo.....</b>	<b>30</b>
<b>Equação 5 – Taxa de Disponibilidade.....</b>	<b>30</b>

## SUMÁRIO

RESUMO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE EQUAÇÕES

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1 Objetivos</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1.2 Objetivos específicos</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2 Justificativa</b> .....	<b>12</b>
<b>1.3 Caracterização da Empresa</b> .....	<b>13</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1 Histórico da Manutenção</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2 Conceito de Manutenção</b> .....	<b>16</b>
<b>2.3 Gestão da Manutenção</b> .....	<b>17</b>
<b>2.4 Tipos de Manutenção</b> .....	<b>18</b>
<b>2.4.1 Manutenção corretiva</b> .....	<b>19</b>
<b>2.4.2 Manutenção preventiva</b> .....	<b>19</b>
<b>2.4.3 Manutenção preditiva</b> .....	<b>20</b>
<b>2.4.4 Manutenção detectiva</b> .....	<b>20</b>
<b>2.4.5 Manutenção autônoma</b> .....	<b>21</b>
<b>2.4.6 Engenharia de manutenção</b> .....	<b>21</b>
<b>2.5 Ferramentas para Gerenciamento da Manutenção</b> .....	<b>22</b>
<b>2.5.1 Metodologia 5S</b> .....	<b>22</b>
<b>2.5.2 Manutenção produtiva total (TPM)</b> .....	<b>23</b>
<b>2.5.3 Manutenção centrada na confiabilidade (MCC)</b> .....	<b>26</b>
<b>2.5.3.1 análise de modos de falhas e efeitos (FMEA)</b> .....	<b>28</b>
<b>2.5.3.2 indicadores e índices de manutenção</b> .....	<b>29</b>
<b>2.6 Gráfico de Gantt</b> .....	<b>31</b>
<b>2.7 Sistema Informatizado de Manutenção</b> .....	<b>32</b>
<b>2.8 Processo Mecânico de Usinagem</b> .....	<b>33</b>
<b>2.8.1 Equipamentos de usinagem</b> .....	<b>33</b>
<b>2.8.1.1 torno</b> .....	<b>33</b>
<b>2.8.1.2 fresa</b> .....	<b>35</b>
<b>2.8.1.3 plaina</b> .....	<b>36</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>38</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>40</b>

<b>4.1 Análise das Necessidades.....</b>	<b>40</b>
<b>4.2 Estrutura da Empresa .....</b>	<b>41</b>
<b>4.3 Reestruturação da Empresa.....</b>	<b>42</b>
<b>4.4 Caracterização do PCM.....</b>	<b>43</b>
<b>4.4.1 Definição das atividades.....</b>	<b>46</b>
<b>4.5 Programação e Estratégia de Manutenção .....</b>	<b>49</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>55</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>59</b>
<b>APÊNDICE A – Programação Anual das Atividades de Manutenção .....</b>	<b>60</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

Com a globalização, as indústrias nacionais foram obrigadas a buscar a qualidade total, isto é, redução de custo e melhoria da qualidade de seus produtos e serviços, aliada a um custo operacional capaz de permitir um maior poder competitivo. A sobrevivência dessas organizações deve-se diretamente às condições de operação, agilidade e habilidade para surpreender, em coerência com fatores como preço e prazo na entrega dos produtos. Surge assim, a necessidade de aquisição de máquinas com tecnologia de ponta, excelentes recursos humanos, programas consistentes de controle de qualidade e um eficaz plano de manutenção dos instrumentos de produção.

No intuito de prolongar a vida útil, além de manter a margem de precisão destes equipamentos produtivos, motivado pelo alto investimento neste segmento, surge a preocupação com a manutenção. Para esta são aplicados controles confiáveis e eficientes com a finalidade de reduzir a quantidade de paradas indesejadas, danos materiais e atraso na entrega dos pedidos aos clientes, o que acarretaria altos custos e grandes prejuízos para a empresa.

A manutenção, como função estratégica das organizações, é a responsável direta pela disponibilidade dos ativos e tem importância capital nos resultados da empresa, os quais serão melhores, quanto mais eficaz for a manutenção.

Dentro de uma organização, o controle dos ativos é gerenciado pelo setor de engenharia de manutenção que coordena todas as atividades da manutenção, garantindo a redução do tempo de parada dos equipamentos da organização, perda de produtividade e dos riscos de acidente durante a operação.

Diante do exposto, este trabalho consiste em um estudo de caso na área produtiva do setor de usinagem da Metalúrgica ACEJ Ltda., constituindo uma proposta para implantação do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) para os equipamentos de usinagem industrial desta empresa.

## **1.1 Objetivos**

O desenvolvimento deste trabalho visa contribuir efetivamente com a definição de uma estrutura de manutenção industrial para os equipamentos de usinagem. Neste sentido, este trabalho apresenta os seguintes objetivos:

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Propor a implantação da ferramenta PCM visando melhorias na produtividade da Metalúrgica ACEJ Ltda.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Identificar os equipamentos críticos e as causas das paralisações durante o processo produtivo;
- Caracterizar as deficiências na manutenção dos equipamentos de usinagem industrial;
- Analisar ferramentas que, consideradas boas práticas de manutenção moderna, orientam o planejamento e controle da manutenção.

## **1.2 Justificativa**

Em uma economia globalizada, a sobrevivência das organizações depende diretamente de sua eficiência e habilidade para inovar e efetuar melhorias contínuas. Neste sentido, as organizações vêm buscando, cada vez mais, novas ferramentas de gerenciamento que as direcionem para uma maior competitividade, através do aumento da produtividade e da qualidade de seus produtos, processos e serviços.

Atualmente, a necessidade de agilidade imposta às organizações demanda, a cada vez, mais eficácia na tomada de decisões por parte destas, e tem levado às mutabilidades organizacionais constantes. Certamente, toda essa dinâmica exige uma maior efetividade nas atividades operacionais das empresas, ou seja, maior empenho em garantir disponibilidade de equipamentos, produzindo

resultados de modo a torná-las mais competitivas e conferindo-lhes *status* de excelência.

Os ganhos referentes à implantação de um sistema de manutenção ou de um modelo centrado nos conceitos de manutenção tornam mais viáveis os resultados positivos para todos os setores da empresa. De tal forma que a implantação de um planejamento e controle da manutenção não é apenas fator para o aumento de produtividade, mas também é essencial para que a empresa se mantenha no mercado.

A função estratégica da manutenção consiste em garantir rentabilidade, considerando essa manutenção um centro de lucro que amplia a disponibilidade dos ativos dos sistemas e, portanto, o acréscimo da produtividade com o menor custo. A manutenção tem passado por grandes transformações, inclusive conceituais, nos últimos anos, para obter informações com maior rapidez e versatilidade das atividades.

Neste contexto, a manutenção é uma estratégia para que as empresas mantenham sua eficácia de produtividade e resultados dela decorrentes, pois reúne ações imprescindíveis para a conservação ou restauração de determinado item, que permanecerá em conformidade com uma condição especificada. Além disso, quando a manutenção é uma atividade estruturada da empresa, integrada às outras atividades, viabiliza o fornecimento de soluções para a maximização dos resultados esperados.

### **1.3 Caracterização da Empresa**

Fundada em outubro de 1987 e localizada na cidade de Aracaju/SE, a Metalúrgica ACEJ Ltda. é uma indústria que aplica tecnologia de ponta na fabricação de peças especiais, destinadas à indústria automotiva, petrolífera, naval, construção civil, além de outros segmentos industriais.

Com mais de vinte e um anos atuando no ramo de manutenção industrial, a Metalúrgica ACEJ possui mais de 380 clientes cadastrados, entre estes: multinacionais do ramo de exploração de petróleo, companhia de saneamento, distribuidora de energia elétrica, cerâmicas, fábrica de fertilizantes nitrogenados e hipermercados.

Faz parte da linha de produção em série da Metalúrgica ACEJ uma variedade de peças usinadas, entre estas: tampa para explosivos, conexões 'wecco' para linha de petróleo, elementos para transmissão para veículos automotores, engrenagem e eixos diversos. A Figura 1 fornece uma vista parcial do setor da empresa estudada.



**Figura 1** – Vista do Setor de Usinagem Industrial - ACEJ  
**Fonte:** Autor da pesquisa

Para fabricar seus produtos, a ACEJ dispõe de instalações industriais que abrangem os processos de Usinagem, Soldas Especiais, Tratamentos e Têmperas, todas trabalhando de forma integrada, monitoradas por um rígido Controle de Qualidade.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, encontram-se informações – histórico, conceitos e classificações de manutenção – adquiridas por intermédio de pesquisa bibliográfica, com o principal propósito de embasar o desenvolvimento do tema proposto e de subsidiar o pesquisador para que os objetivos sejam alcançados.

### 2.1 Histórico da Manutenção

A evolução da manutenção é confundida com a história da industrialização. As necessidades dos primeiros reparos surgiram no final do século XIX, com o advento da mecanização das indústrias. No início deste século, a manutenção era realizada pelo próprio pessoal da operação, pois essa atividade não era considerada relevante para as indústrias (TAVARES, 1999). Segundo Pinto e Xavier (2006), desde os anos 30 a evolução da manutenção pode ser dividida em três gerações, conforme mostra o Quadro 1.

**Quadro 1 – Evolução da Manutenção**

PRIMEIRA GERAÇÃO	SEGUNDA GERAÇÃO		TERCEIRA GERAÇÃO
Antes de 1940	1940	1970	Após 1970
AUMENTO DA EXPECTATIVA EM RELAÇÃO À MANUTENÇÃO			
<ul style="list-style-type: none"><li>• Conserto após a falha</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Disponibilidade crescente do equipamento</li><li>• Maior vida útil do equipamento</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>• Maior disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos</li><li>• Melhor custo-benefício</li><li>• Melhor qualidade dos produtos</li><li>• Preservação do meio ambiente</li></ul>
MUDANÇAS NAS TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO			
<ul style="list-style-type: none"><li>• Conserto após a falha</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Computadores grandes e lentos</li><li>• Sistemas manuais de planejamento e controle do trabalho</li><li>• Monitoração por tempo</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>• Monitoração de condição</li><li>• Projetos voltados para confiabilidade e manutenibilidade</li><li>• Análise de risco</li><li>• Computadores pequenos e rápidos</li><li>• Softwares potentes</li><li>• Análise de modos e efeitos da falha (FMEA)</li><li>• Grupos de trabalho multidisciplinares</li></ul>

**Fonte:** Adaptado de Pinto e Xavier (2006, p. 8).



Pinto e Xavier (2006) comentam que a primeira geração corresponde ao período antes da Segunda Guerra Mundial, quando as indústrias detinham poucos recursos e a questão da produtividade não era prioritária. Conseqüentemente, não havia necessidade de uma manutenção sistematizada, apenas serviços de limpeza, lubrificação e reparo após a quebra, ou seja, a manutenção era fundamentalmente, corretiva.

A segunda geração compreende desde a Segunda Guerra Mundial até os anos 60, período marcado pelo forte aumento da mecanização e da complexidade das instalações industriais, quando a produtividade desperta maior disponibilidade e confiabilidade nos equipamentos. Ainda nessa fase, o custo da manutenção começou a ser levado em consideração e comparado com outros custos operacionais, expandido os sistemas de planejamento e controle de manutenção, parte integrante da manutenção moderna (PINTO; XAVIER, 2006).

Pinto e Xavier (2006) mencionam que na terceira geração, iniciada nos anos 70, a tendência mundial dos sistemas *just-in-time* agravou os efeitos dos períodos de paralisação, que diminuía a capacidade produtiva, aumentavam os custos e afetavam a qualidade dos produtos. O crescimento da automação e da mecanização passou a indicar uma necessidade maior de disponibilidade e confiabilidade nos equipamentos já que falhas frequentes afetam a capacidade de manter padrões de qualidade dos produtos e serviços.

## **2.2 Conceito de Manutenção**

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), pela norma TB-116 de 1975, definiu manutenção como o conjunto de todas as ações necessárias para que um item seja conservado ou restaurado de modo a poder permanecer de acordo com uma condição especificada. Na versão de 1994, designada Norma Brasileira Registrada / NBR-5462, a manutenção foi indicada como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.

O termo manutenção engloba os conceitos de prevenção (manter) e correção (restabelecer), e serviço determinado implica na predeterminação do objetivo esperado, com quantificação dos níveis característicos. Monchy (1989) comenta, ainda, sobre a lacuna deixada por grande parte das definições, a de não

fazerem referência ao aspecto econômico envolvido na realização de uma manutenção eficiente, que deveria assegurar que suas atividades conduzissem a um custo global otimizado.

Na concepção de alguns autores, a exemplo de Slack (1997), emprega-se o termo 'manutenção' para abordar a forma pela qual as organizações tentam evitar as falhas, cuidando de suas instalações físicas. Pode-se afirmar ainda, que as causas e os efeitos das falhas merecem atenção especial e permanente, assim como o desenvolvimento de ações pró-ativas, com vistas a minimizar a ocorrência e as consequências das falhas, caso ocorram.

Até pouco tempo, o conceito predominante de manutenção era a missão de restabelecer as condições originais dos equipamentos/sistemas. Hoje, a missão da manutenção é garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados (PINTO; XAVIER, 2006).

### **2.3 Gestão da Manutenção**

A norma NBR ISO 9000:2000 estabelece que gestão é a atividade coordenada para dirigir e controlar uma organização. Esta norma também estabelece que a organização é um grupo de instalações e pessoas com um conjunto de autoridades, responsabilidades e relações.

De acordo com Pinto e Xavier (2006), para que a gestão da manutenção se integre de maneira eficaz, não devem existir mais espaços para improvisos e arranjos, pois as características básicas das empresas e das organizações que têm competitividade como razão de sua sobrevivência são: competência, criatividade, flexibilidade, velocidade, cultura de mudança e trabalho em equipe. A condução moderna dos negócios da empresa requer uma mudança profunda de mentalidade e de posturas, sendo necessário sustentar-se por uma visão de futuro e regida por processos de gestão, em que seus produtos e serviços e a qualidade total sejam o balizador fundamental para seus processos produtivos.

As transformações experimentadas pelo setor tecnológico e industrial exigiram uma atenção muito mais intensa aos efeitos dos períodos de paralisação da produção, por exemplo, em face da tendência mundial de se trabalhar com estoques

reduzidos (técnicas associadas ao *just-in-time*). Aliado a isso, a complexidade cada vez maior dos equipamentos, com a aceleração da automação, transformou a confiabilidade e a disponibilidade em fatores primordiais para o desempenho operacional, refletidos diretamente nas atividades de manutenção (NUNES; VALADARES, 2009).

Ainda conforme Nunes e Valadares (2009), a gestão da manutenção foi transformada em um segmento estratégico para o sucesso empresarial, em virtude dos seguintes motivos: evolução tecnológica dos equipamentos; processos e técnicas de manutenção; a necessidade de controles cada vez mais eficientes e de ferramentas de apoio à decisão; desenvolvimento de estudos relativos ao desgaste e controle das falhas e suas conseqüências; dependência de equipes treinadas e motivadas para enfrentar estes desafios; desenvolvimento de novas técnicas e, conseqüentemente, os custos de manutenção em termos absolutos e proporcionalmente às despesas globais.

Uma visão contemporânea da gestão da manutenção deve considerar que sejam atendidos os interesses dos empresários que esperam que esses ativos gerem retorno financeiro do investimento realizado, os interesses dos operadores dos ativos que esperam que esses equipamentos mantenham um padrão esperado de desempenho e da sociedade que espera que esses ativos operem sem colocar em risco o meio ambiente.

Dessa forma, os padrões de qualidade, tanto nos serviços quanto nos produtos, passaram a ser extremamente exigentes e a análise das falhas e, principalmente, de suas conseqüências para a segurança e o meio-ambiente, representaram, em muitos casos, a garantia de sobrevivência das empresas, tamanha é a vigilância e a cobrança da sociedade.

Nesse sentido, na gestão da manutenção, o aspecto econômico, sempre presente na vida das organizações, deve ainda ser analisado, considerando o compromisso com o retorno do capital investido, com montantes cada vez maiores e escassos.

## **2.4 Tipos de Manutenção**

A forma como se aborda a paralisação dos equipamentos de produção é como se caracteriza os tipos de manutenção existentes. Entre essas políticas de

manutenção, tem-se os seguintes tipos: Manutenção Corretiva; Manutenção Preventiva; Manutenção Preditiva; Manutenção Detectiva; Manutenção Autônoma; e Engenharia de Manutenção (VIANA, 2002).

#### **2.4.1 Manutenção corretiva**

Consta, nas normas da ABNT, que a Manutenção Corretiva é a “manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a colocar um item em condições de executar uma função requerida”. Ou seja, não há para esta política de manutenção uma preocupação com planejamento, as atuações são feitas por ocorrência de falha ou decorrente da diminuição do desempenho. Este tipo é apenas uma intervenção aleatória necessária para evitar graves conseqüências aos instrumentos de produção, à segurança do trabalhador ou ao meio ambiente, sendo conhecida nas empresas como “apagar incêndio”.

Segundo Pinto e Xavier (2006), há dois tipos de manutenção corretiva: A manutenção corretiva planejada e a manutenção corretiva não planejada. Nessa primeira, a perda de produção é reduzida ou mesmo eliminada, além de que o tempo de reparo e o custo são minimizados, havendo garantia de sobressalentes, equipamentos, ferramental e mão de obra especializada, enquanto que na segunda, acontece exatamente o oposto.

Desse modo, embora a manutenção corretiva seja a mais praticada, esta implica em altos custos, pois a indisponibilidade do equipamento acarreta perdas na produção, na qualidade do produto e elevados custos indiretos de manutenção.

#### **2.4.2 Manutenção preventiva**

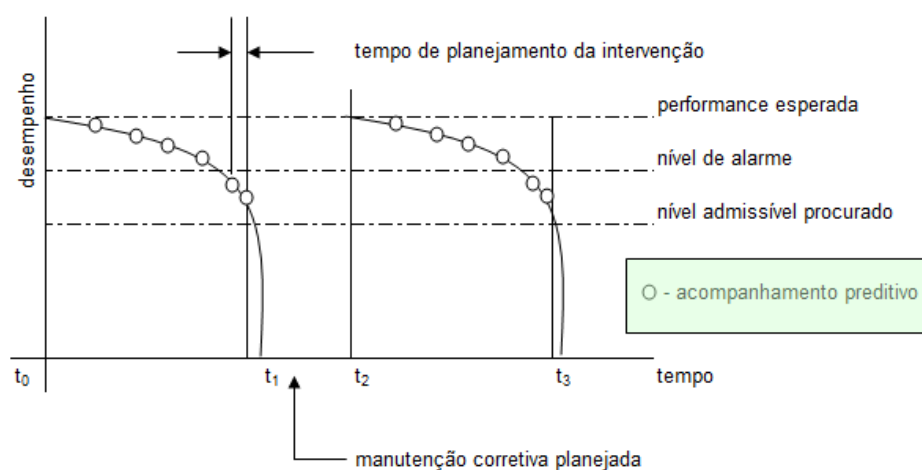
Do ponto de vista de Viana (2002), caracteriza-se manutenção preventiva todo serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, estando com isto em condições operacionais ou em estado de zero defeito.

Nesta política, as paradas atendem a intervalos predeterminados, de acordo com critérios prescritos por técnicos da área de manutenção, no intuito de reduzir a probabilidade de falha, fazendo com que os equipamentos de produção trabalhem em suas condições normais e sem comprometer o Planejamento e Controle da Produção (PCP).

### 2.4.3 Manutenção preditiva

Também conhecida por Manutenção sob Condição ou Manutenção com base no Estado do Equipamento, a manutenção preditiva tem como objetivo utilizar o máximo da vida útil de cada componente do equipamento, havendo, para isso, um sistemático acompanhamento estatístico.

A Figura 2 ilustra esta política, na qual os círculos indicam os acompanhamentos preditivos no intuito de prever a proximidade da ocorrência da falha para que seja determinado o tempo ( $t_1$  e  $t_2$ ) correto da necessidade de intervenção mantenedora, consistindo em manutenção corretiva planejada. É importante ressaltar que essa política tem como finalidade fazer com que o equipamento esteja disponível o maior tempo possível, e com que a manutenção atue somente quando o sistema de monitoramento indicar que tal serviço for necessário. Desse modo, tornam-se desnecessárias as manutenções de rotina corretivas e preventivas determinadas por tempo (VIANA, 2002; PINTO; XAVIER, 2006).



**Figura 2** – Manutenção Preditiva  
**Fonte:** Pinto e Xavier (2006, p. 43).

### 2.4.4 Manutenção detectiva

A manutenção detectiva é definida, segundo Pinto e Xavier (2006), como a atuação efetuada em sistemas de proteção, que sempre visa à confiabilidade no

sistema, buscando detectar falhas, ocultas ou não, perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção. Um exemplo simples dessa ação é o botão de teste de lâmpadas para sinalização e alarme em painéis.

A utilização da manutenção detectiva é cada vez maior em computadores digitais em instrumentação e controle de processo nos mais diversos tipos de plantas industriais. Segundo Jardim (1993), sistemas de aquisição de dados são, dentre vários outros: Controladores Lógicos Programáveis (CLPs), sistemas de aquisição de dados, Sistemas Digitais de Controle Distribuído (SDCDs) e *multi-loops* com computador supervisor.

#### **2.4.5 Manutenção autônoma**

Conforme Viana (2002), no momento em que há um planejamento e programação para realização de serviços por parte dos operadores, tem-se uma atividade mantenedora presente e efetiva no organismo produtivo, influenciando decisivamente na política de manutenção a ser encaminhada por uma empresa. Essa modalidade consiste em desenvolver o sentimento de propriedade e zelo já que cada operador é responsável pela execução da manutenção, seja simples ou complexa, nos equipamentos que operam.

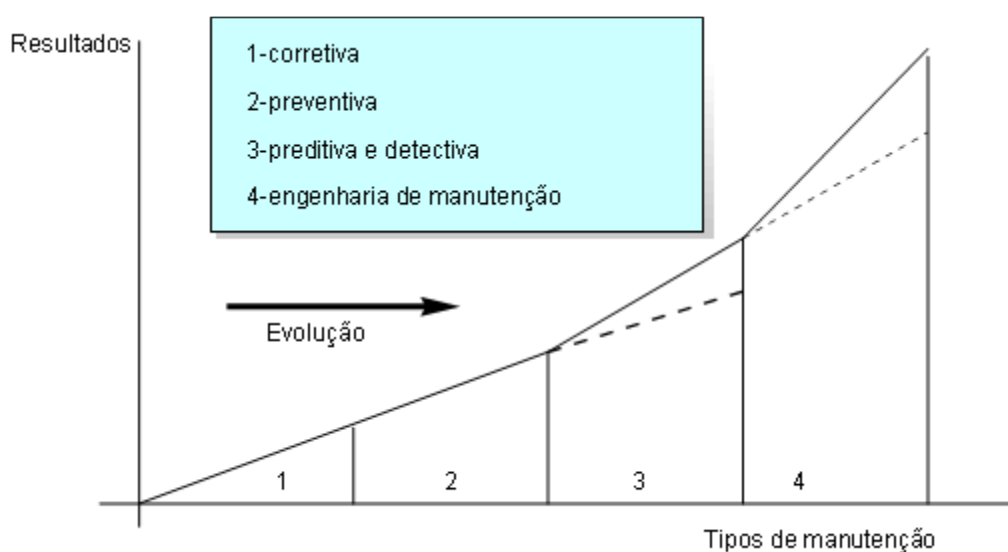
#### **2.4.6 Engenharia de manutenção**

Segundo Pinto e Xavier (2006), a Engenharia de Manutenção tem a finalidade de evitar a necessidade de consertos contínuos pela identificação das causas básicas e, conseqüentemente, realizar as seguintes ações: modificar situações permanentes de mau desempenho, deixar de conviver com problemas crônicos, melhorar as sistemáticas, desenvolver a manutenibilidade, dar *feedback* ao Projeto e interferir tecnicamente nas compras. Desse modo, com a Engenharia de Manutenção, a empresa pode, com maior facilidade, perseguir *benchmarks*, aplicar técnicas modernas, além de se manter nivelada com as melhores técnicas existentes (PINTO; XAVIER, 2006).

Assim sendo, quando a área de manutenção de uma empresa passa a praticar a engenharia de manutenção, sua cultura é transformada, dando início à investigação das causas das quebras e interrupções para, enfim, garantir maior

disponibilidade à planta, com a utilização de técnicas consagradas a custos aceitáveis. Neste mesmo sentido, a engenharia de manutenção encarrega-se da gestão do processo de manutenção, procurando melhorar continuamente a eficiência do mesmo.

A Figura 3 indica a adoção cada vez maior de técnicas preditivas e a prática da engenharia de manutenção, demonstrando uma evolução ou uma melhoria dos resultados à medida que melhores técnicas vão sendo introduzidas.



**Figura 3** – Resultados em função dos tipos de manutenção  
**Fonte:** Pinto e Xavier (2006, p. 43).

## 2.5 Ferramentas para Gerenciamento da Manutenção

### 2.5.1 Metodologia 5S

A metodologia 5S é uma das mais poderosas ferramentas, essencial à obtenção de condições mais favoráveis à aplicação de técnicas mais avançadas. O método 5S é o início de um processo de mudança de postura diante da função manutenção, tratando-se, por si só, de técnica suficiente para baixar os custos da manutenção e da indisponibilidade, consistindo em ferramenta preventiva (HIRANO, 1994).

De acordo com Hirano (1994), os 5S é abreviação das cinco palavras japonesas *seiri*, *seiton*, *seisoh*, *seiketsu* e *shitsuke*, que conceituadas significam, respectivamente, arrumação, ordenação, limpeza, asseio e autodisciplina. Estas

correspondem aos cinco processos de transformação capazes de elevar a eficiência de uma fábrica ao nível de primeira classe. Esses processos consistem nas etapas de liberação da área (eliminação de itens desnecessários), organização e padronização.

O programa 5S pressupõe um melhoramento contínuo, criando novas atitudes do homem com relação ao ambiente de trabalho no qual o mesmo está inserido, atitudes essas congruentes com aquelas necessárias para realizar serviços de qualidade superior (VERRI, 2007)

Apesar de se adequarem a toda a organização, esses processos têm aplicação direta no chão de fábrica e na melhoria das condições de operação e manutenção das máquinas, trazendo grande redução de custos, com a diminuição do desperdício e das falhas provocadas por excesso de sujeira (SOUZA, 1992).

### **2.5.2 Manutenção produtiva total (TPM)**

A Manutenção Produtiva Total, do inglês, *Total Productive Maintenance* (TPM), teve início no Japão, através da empresa “Nippon Denso KK”, integrante do grupo Toyota. A TPM visa à “eficácia da empresa através de maior qualificação por treinamento e capacitação das pessoas e melhoramentos introduzidos nos processos e equipamentos” (NAKAJIMA, 1989 apud PINTO; XAVIER, 2006, p. 181).

Para Fogliatto e Ribeiro (2009), a TPM estabelece que as pessoas que utilizam o equipamento são as que possuem os maiores conhecimentos referentes a ele. Assim, estas estão em posição ideal para contribuir nos reparos e modificações, visando melhorias de qualidade e produtividade.

A TPM engloba aspectos como: normalização, sistematização, administração, produtividade e qualidade, redução de custos, diminuição dos acidentes de trabalho, meio ambiente e clima organizacional. Além disso, o TPM é definido como a integração total do homem x máquina x empresa, ou seja, a administração das máquinas é feita por toda a organização. A manutenção é feita com participação de todos. (NAKAJIMA, 1989 apud VERRI, 2007, p. 34).

Fleming e França (1997) discutem o uso da MCC como ferramenta na construção do pilar manutenção planejada. Estes autores, também, salientam a redução dos custos de manutenção na aplicação da TPM, na medida em que



permite reduzir perdas e coloca o equipamento em condições ótimas de operação, em um processo de alta disponibilidade.

A TPM, conforme se observa no Quadro 2, é mais do que uma ferramenta de manutenção, pois consiste em uma filosofia de trabalho tida como missão da empresa na manutenção da produtividade (FLEMING; FRANÇA, 1997).

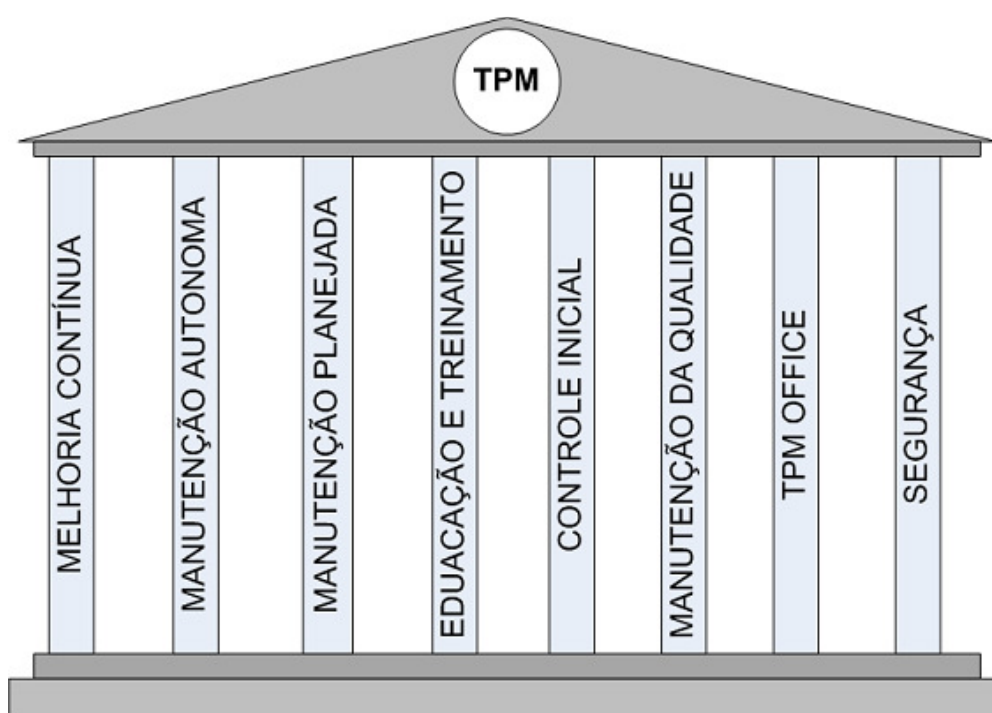
**Quadro 2 – Esquema de Implantação do TPM**

Fase	Nº	Etapa	Ações
P R E P A R A T Ó R I A	1	Comprometimento da alta administração	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Divulgação do TPM em todas as áreas da empresa</li> <li>• Divulgação através de jornais internos</li> </ul>
	2	Divulgação e treinamento inicial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seminário interno dirigido a gerentes de nível superior e intermediário</li> <li>• Treinamento de operadores</li> </ul>
	3	Definição do Órgão ou Comitê responsável pela implantação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estruturação e definição das pessoas do Comitê de Implantação</li> </ul>
	4	Definição da Política e Metas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escolha das metas e objetivos a serem alcançados</li> </ul>
	5	Elaboração do Plano Diretor de Implantação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detalhamento do plano de implantação em todos os níveis</li> </ul>
Introdução	6	Outras atividades relacionadas com a introdução	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convite a fornecedores, clientes e empresas contratadas</li> </ul>
I M P L E M E N T A Ç Ã O	7	Melhorias em máquinas e equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definição de áreas e/ou equipamentos e estruturação das equipes de trabalho</li> </ul>
	8	Estruturação da Manutenção Autônoma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementação da Manutenção Autônoma, por etapas, de acordo com programa</li> <li>• Auditoria de cada etapa</li> </ul>
	9	Estruturação do Setor de Manutenção e condução da Manutenção Preditiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condução da Manutenção Preditiva</li> <li>• Administração Plano MPd</li> <li>• Sobressalentes, Ferramentas, Desenhos...</li> </ul>
	10	Desenvolvimento e capacitação do pessoal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Treinamento de pessoal de operação para desenvolvimento de novas habilidades relativas à manutenção</li> <li>• Treinamento de pessoal de manutenção para análise, diagnóstico etc.</li> <li>• Formação de líderes</li> <li>• Educação de todo o pessoal</li> </ul>
	11	Estrutura para controle e gestão dos equipamentos numa fase inicial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestão do fluxo inicial</li> <li>• <i>Life Cycle Cost</i> (LCC)</li> </ul>
	12	Realização da TPM e seu aperfeiçoamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Candidatura ao Prêmio PM</li> <li>• Busca de objetivos mais ambiciosos</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Pinto e Xavier (2006, p. 187).

Na sua configuração inicial, a TPM contava com 5 (cinco) pilares ou atividades, estabelecidos como básicos para dar sustentação ao desenvolvimento da metodologia. Posteriormente, foram incluídos mais 3 (três) atividades, quais sejam: manutenção com vistas à melhoria da qualidade, gerenciamento e segurança, higiene e meio ambiente (YAMAGUCHI, 2005).

Desse modo, ainda conforme Yamaguchi (2005), na TPM, para a eliminação das perdas do equipamento, implementam-se as oito atividades seguintes designadas como 8 pilares de sustentação do desenvolvimento da TPM, conforme mostra a Figura 4.



**Figura 4** – Os oito pilares do TPM

**Fonte:** Pinto e Xavier (2006, p. 185).

Segundo Yamaguchi (2005, p. 20), os pilares que constituem a TPM são os seguintes:

1. Melhoria individual dos equipamentos para elevar a eficiência;
2. Elaboração de uma estrutura de manutenção autônoma do operador;
3. Elaboração de uma estrutura de manutenção planejada do departamento de manutenção;

4. Treinamento para a melhoria da habilidade do operador e do técnico de manutenção;
5. Elaboração de uma estrutura de controle inicial do equipamento;
6. Manutenção com vistas à melhoria da qualidade;
7. Gerenciamento e
8. Segurança, higiene e meio ambiente.

### 2.5.3 Manutenção centrada na confiabilidade (MCC)

O termo confiabilidade na Manutenção, do inglês, *Reability*, teve origem nas análises de falha em equipamentos, durante a década de 50, nos Estados Unidos. Essa palavra significa a probabilidade de desempenho da função requerida de um item, em intervalo de tempo estabelecido sob condições definidas de uso. Assim sendo, quanto melhor for o resultado para os clientes e usuários, maior será a confiabilidade no equipamento (PINTO; XAVIER, 2006).

A confiabilidade de um equipamento ou produto pode ser indicada, segundo a distribuição exponencial, pela Equação 1:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (1)$$

Sendo:

$R(t)$  = confiabilidade a qualquer tempo;

$e$  = base dos logaritmos neperianos ( $e = 2,303$ );

$\lambda$  = taxa de falhas (número total de falhas por período de operação)

$t$  = tempo previsto de operação.

A metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) ou *Reliability-Centred Maintenance* (RCM) é definida, segundo Moubray (2000), como um processo usado para determinar o que deve ser feito para assegurar que qualquer ativo físico continue a fazer o que seus usuários querem que este faça no seu contexto operacional. Esta metodologia foi desenvolvida na indústria de aviação comercial, estudando as diversas formas de como um componente pode vir a falhar, visualizando as ações de bloqueio pertinentes a serem tomadas.

Nesse processo, cabe à manutenção identificar o índice da confiabilidade de cada equipamento e do processo como um todo e como essa confiabilidade pode ser melhorada. Conforme sua característica científica, esta metodologia requer uma equipe de manutenção mais especializada para o desenvolvimento dos estudos de confiabilidade: é a chamada Engenharia de Manutenção (MOUBRAY, 2000).

Segundo Smith (1993, apud MARCORIN; LIMA, 2003), a equipe de MCC buscará o alcance de quatro objetivos da manutenção centrada na confiabilidade. Estes objetivos são: preservar as funções do sistema; identificar modos de falha que influenciam as funções dos equipamentos; indicar a importância de cada falha funcional; definir tarefas preventivas em relação às falhas funcionais, otimizar a disponibilidade, minimizar o custo do ciclo de vida e realizar apenas as atividades que precisam ser feitas.

Um bom estudo de confiabilidade pode proporcionar ao sistema maior racionalidade na aplicação dos recursos destinados à manutenção e melhor controle do estoque de peças, das ordens de serviço e das paradas programadas. A MCC auxilia na otimização do nível de disponibilidade de máquinas e dos custos, na medida em que permite reduzir as intervenções periódicas (MOUBRAY, 2000).

Mais aplicado à indústria, o estudo de Deshpande e Modak (2002, apud MARCORIN; LIMA, 2003) mostra, com uma análise de custos, como a MCC pode ser usada na otimização das intervenções preventivas, reduzindo o custo dos sistemas de operação e manutenção, uma vez que as paradas são programadas com base em um estudo mais científico das probabilidades de falha.

Smith (1993, apud MARCORIN; LIMA, 2003) também aborda a questão da redução de custos pela aplicação da MCC e mostra como o estudo de confiabilidade e as ações tomadas a partir deste permitiram às companhias diminuir os gastos com manutenção preventiva com a implementação de sistemas redundantes.

Do ponto de vista de Picanço (2003), para entendimento de como a MCC pode ser aplicada, é necessária a análise do desenvolvimento dos seguintes passos:

- a) Definição das funções de cada ativo em seu contexto operacional e seus padrões de desempenho desejados;

- b) Definição das falhas funcionais, ou seja, estados de falha no qual um ativo deixa de preencher a função, num padrão de desempenho aceitável;
- c) Identificação dos modos de falha, ou todos os eventos prováveis de causar cada estado de falha, incorporando as falhas causadas por desgaste ou deterioração e erros humanos em operação, manutenção e projetos;
- d) Avaliação da consequência da falha;
- e) Definição da técnica de gerenciamento apropriada ao modo de falha do ativo.

As técnicas de gerenciamento alternativas, conforme Marcorin e Lima (2003), estão agrupadas da seguinte forma:

- a) Tarefas Pró-ativas são ações realizadas antes da ocorrência da falha, como: restauração programada, descarte programado e manutenção sobre condição.
- b) Ações de Tratamento são aquelas realizadas durante a falha: pesquisa de falhas ocultas, re-projeto do componente ou ativo e substituição após a falha permitida.

### **2.5.3.1 análise de modos de falhas e efeitos (FMEA)**

A Análise do Modo de Falha ou *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) é uma abordagem que ajuda a identificar, avaliar e priorizar falhas potenciais em equipamentos, sistemas ou processos. A FMEA é um sistema lógico que analisa e hierarquiza falhas em processos e produtos, com objetivo de prever efeitos indesejados, possibilitando a tomada de decisão de forma antecipada, conforme comenta Lellis (2002).

A escolha desta análise é devido a sua abordagem do problema a partir da causa para o efeito, documentando todos os passos das análises. Este registro auxiliará a equipe de MCC a determinar todos os modos de falhas possíveis, bem como suas consequências. A FMEA é um processo formal que utiliza especialistas dedicados a analisar as falhas e solucioná-las (LELLIS, 2002).

Um estudo de FMEA envolve a identificação sistemática de aspectos para cada função de uma instalação, tais como: função, falha funcional, modo de falha, causa de falha, efeito de falha e criticidade (SIQUEIRA, 2005).

Segundo Pinto e Xavier (2006), a FMEA direciona falhas potenciais e suas causas. As ações necessárias podem ser tomadas com vista a evitar futuros prejuízos, antes que os mesmos aconteçam.

### 2.5.3.2 indicadores e índices de manutenção

A melhoria no desempenho da manutenção por MCC é considerada por eficiência e eficácia. A MCC é medida por indicadores e índices de manutenção, que são: Taxa de falhas, Tempo médio entre falhas, Tempo médio para reparo e Taxa de disponibilidade (PINTO; XAVIER, 2006).

- a) **Taxa de falhas ( $\lambda$ ):** é a razão entre o número de falhas e o número de total de operação da unidade, conforme Equação 2.

$$\lambda = \frac{\text{Número de falhas}}{\text{Número total de horas de operação da unidade}} \quad (2)$$

- b) **Tempo médio entre falhas (TMEF):** também designado como sendo o tempo médio de bom funcionamento, é a relação entre o somatório dos tempos disponíveis do equipamento para operação e o número de paralisações do equipamento em determinado período (Equação 3).

$$\text{TMEF} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_N}{N} \quad (3)$$

Sendo:

T = tempo disponível para produção

N = número de paralisações

c) **Tempo médio para reparo (TMPR):** é a relação entre o somatório dos tempos gastos com reparo, incluindo todas as esperas que retardam a colocação do equipamento novamente em operação e o número de paralisações do equipamento em determinado período. Este também pode ser designado de tempo sem produção e é calculado através da Equação (4).

$$\text{TMPR} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n}{N} \quad (4)$$

Sendo:

t = tempo de indisponibilidade do equipamento para produção

d) **Taxa de disponibilidade:** é a relação entre o tempo em que o equipamento ou instalação ficou disponível para produzir em relação ao tempo total. Este índice é determinado através da Equação (5).

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{TMEF}}{\text{TMEF} + \text{TMPR}} \quad (5)$$

A disponibilidade é função da confiabilidade e da manutenibilidade. Para aumentar a disponibilidade de uma planta, deve-se aumentar a confiabilidade e reduzir o tempo gasto para reparo.

Pode-se hierarquizar as falhas utilizando o índice de risco (IR) definindo sua criticidade. Para tanto, é necessário classificar, para cada falha levantada, os índices de gravidade (IG), ocorrência (IO) e detecção (ID).

O uso do Quadro 3 facilita a compreensão quanto aos princípios do FMEA, para que a equipe de manutenção possa levar para o diagrama de decisão modos e falhas com valor de gravidade igual a 5 e IR maior que 60, sabendo que seu máximo é 250.

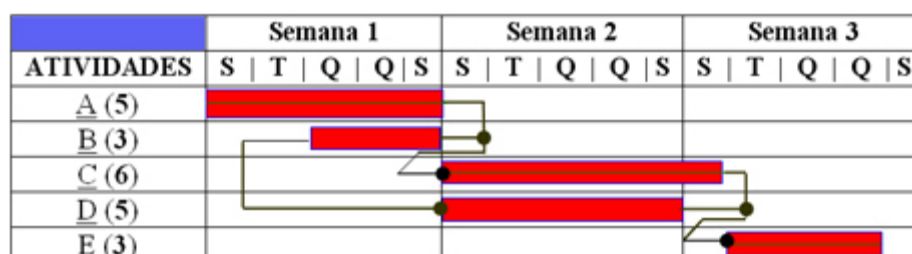
**Quadro 3 – Índices de Riscos para Tomada de Decisão**

ÍNDICES	VALORES NORMALIZADOS
<b>Índice de Ocorrência (IO)</b>	Probabilidade de Ocorrência: Muito Remota (excepcional) = 1 Muito Pequena = 2 Pequena = 3 Moderada = 4 – 5 – 6 Alta (freqüente) = 7 – 8 Muito Alta (inevitável) = 9 – 10
<b>Índice de Gravidade (IG)</b>	Sem Consequência = 1 Leve Consequência = 2 Média Consequência = 3 Parada de subsistema por menos de quatro horas = 4 Parada de subsistema por mais de quatro horas = 5
<b>Índice de Detecção (ID)</b>	Facilmente detectada = 1 Razoavelmente detectada = 2 Difícilmente detectada = 3 Muito difícilmente detectada = 4 Impossível de ser detectada = 5
<b>Índice de Risco</b>	$IR = IG \times IO \times ID$

Fonte: Viana (2002).

## 2.6 Gráfico de Gantt

Dentre as ferramentas de administração de projetos, o Gráfico de Gantt, também denominado de Gráfico de Barras, é a mais antiga, e foi desenvolvido com a finalidade de atender a fins militares e estratégicos. Conforme ilustra a Figura 5, nesta ferramenta são utilizadas barras horizontais colocadas dentro de uma escala de tempo. O comprimento relativo das barras determina a duração das atividades. Quanto às linhas que conectam as barras (flechas), representam as ações entre as atividades (GUIA PMBOK®, 2004).



**Figura 5** – Gráfico de Gantt

Fonte: Adaptada de Knorst (1998).

Atualmente, o Gráfico de Gantt é utilizado como ferramenta em Gerenciamento de Projetos, para visualizar da situação em que se encontra um



projeto. Desse modo, as atividades do cronograma, ou os componentes da estrutura analítica do projeto, são listados verticalmente no lado esquerdo do gráfico, as datas são mostradas horizontalmente na parte superior e as durações das atividades são exibidas como barras horizontais posicionadas de acordo com as datas (GUIA PMBOK<sup>®</sup>, 2004).

Caso as tarefas se conectem sequencialmente, é possível modelar relações de precedência por uma flecha com base na tarefa superior para a tarefa inferior, de forma que a tarefa inferior não pode ser executada enquanto a tarefa da parte superior não for realizada (GUIA PMBOK<sup>®</sup>, 2004).

Após a alocação de recursos e o cálculo da duração do projeto e as interações entre as atividades, é necessário verificar se nenhum recurso está alocado em quantidade superior ao limite máximo disponível para o período. Há formas de conciliar os recursos, dentre elas: substituição do recurso por outro similar, troca da escala de trabalho, realização do trabalho em regime de horas extras e nivelamento de recursos.

## **2.7 Sistema Informatizado de Manutenção**

Diante do volume de informações a serem processadas, atualmente, torna-se cada vez mais difícil a execução de um Planejamento e Controle da Manutenção sem o auxílio de *software* para processar as informações.

A importância de um sistema de manutenção recai na necessidade de um controle efetivo das ações mantenedoras, desde seus cadastros até sua análise de relatórios.

Segundo Viana (2002), um sistema de manutenção informatizado permite a interligação da manutenção com as demais áreas da empresa, tornando o gerenciamento de custos, suprimentos e pessoal mais ágil e seguro. O fator primordial da informatização da manutenção é o gerenciamento das estratégias de manutenção através dos seguintes pontos: planejamento, organização e padronização dos procedimentos relacionados aos serviços de manutenção; facilitação na obtenção de informações ligadas à manutenção; aumento da produtividade com informações para otimizar e priorizar serviços e mão de obra, visando o controle desses serviços e fornecimento dos relatórios de histórico dos equipamentos e instalações.

Pode-se dizer que um sistema de manutenção informatizado possui um papel importante na evolução do processo de manutenção, dinamizando o mesmo através do fluxo rápido das informações. Desta forma, esse sistema é utilizado como ferramenta para o gerenciamento, além de formar um banco de dados que permita o uso de históricos na busca de informações para o planejamento e para o rastreamento de problemas que já ocorreram.

## **2.8 Processo Mecânico de Usinagem**

A história do processo mecânico de usinagem relaciona-se, além de outros fatores, com a necessidade de moldar o ouro, para fins de ornamentação e de armazenamento de riqueza, em virtude do brilho e cor desse metal. Neste sentido, o domínio do fogo exerceu influência direta nos primeiros procedimentos e técnicas de amoldamento e trabalhabilidade dos metais.

As primeiras máquinas-ferramenta devem-se à evolução dessas técnicas de conformação de metais, que permitem a fabricação de peças em diversas formas geométricas. Estas máquinas-ferramenta operam com um movimento regulável de avanço da ferramenta de encontro à superfície da peça, removendo material de acordo com as condições as dimensões desejadas (STOETERAU, 2007).

A usinagem, como ferramenta de produção, é um processo baseado principalmente na mecânica (atrito e deformação), termodinâmica (calor) e nas propriedades dos materiais. Aplica-se essa ferramenta a todos os processos de fabricação nos quais ocorrem remoção de material em forma de cavaco, conferindo à peça dimensão, forma e acabamento. O cavaco é qualquer resíduo que seja removido de um material bruto ou em fase de transformação que possua forma irregular, conforme comenta Stoeterau (2007).

### **2.8.1 Equipamentos de usinagem**

#### **2.8.1.1 torno**

De acordo com Bello (2008), o torno mecânico é uma máquina operatriz extremamente versátil utilizada na confecção ou acabamento em peças, que é composta por duas superfícies retificadas e orientadoras paralelamente chamadas

barramento. Este é a base de um torno, pois sustenta a maioria de seus acessórios, como lunetas e cabeçotes, além de ser o principal responsável pela precisão da máquina durante o processo produtivo. Este equipamento permite a usinagem de variados componentes mecânicos, possibilitando a transformação do material em estado bruto, em peças extremamente complexas. Vale ressaltar que, além de realizar as suas funções, o torno, desde que conectado a alguns acessórios, exerce funções de outras máquinas-ferramenta, a exemplo da furadeira, plaina, fresadora e da retífica.

Conforme Ferraresi (1970), torneamento consiste em um processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de superfícies de revolução com o auxílio de uma ou mais ferramentas. Para tanto, a peça gira em torno do eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta se desloca simultaneamente segundo uma trajetória coplanar com o referido eixo. Com a necessidade de se aumentar a capacidade produtiva, associado ao incremento da informática no desenvolvimento de máquinas programáveis com capacidade de fabricação em série, usina-se mais peças em menos tempo, com acabamento impecável e uma precisão fora do alcance do processo mecânico habitual.

Os Comandos Numéricos Computadorizados (CNC), juntamente com os centros de usinagens, são alguns dos mais modernos equipamentos no ramo siderúrgico. Os tornos CNC, conforme mostra a Figura 6, são projetados para trabalhar produzindo peças por longos intervalos de tempo sem haver a necessidade de paralisações frequentes para *check up*, remoção de cavacos, alimentação de matéria-prima, injeção manual de lubrificantes, bastando apenas, por amostragem, aferir algumas peças no intuito de conferir medidas em caso de desgaste de ferramentas específicas de usinagem.



**Figura 6** – Ilustração de um torno CNC  
**Fonte:** Rosa et al. (2009, p. 10).

### 2.8.1.2 fresa

A fresa é uma máquina-ferramenta (Figura 7) que realiza o processo de fresamento ou fresagem, continuamente. Essas ferramentas, geralmente, são formadas de diversos gumes distribuídos em volta do seu eixo de rotação, de modo a garantir os movimentos indispensáveis para a remoção da aparas e geração da superfície maquinada.



**Figura 7** – Fresadora  
**Fonte:** Autor da pesquisa (2009).

A fresa pode realizar os movimentos de rotação da ferramenta, de avanço da peça, ou ambos, para remover o material e gerar a superfície a partir do movimento relativo entre a peça e a ferramenta (STOETERAU, 2007).

As Figuras 8 e 9 mostram o processo de usinagem, por uma fresadora, na fabricação de uma engrenagem com dentes helicoidais, sendo possível perceber geometrias mais complexas, tornando necessário maior percepção por parte do operador para calcular os módulos que são usados para remoção do metal aplicado e para divisão dos dentes específicos.



a) Etapa inicial



b) Etapa final

**Figura 8** – Processo de usinagem por fresamento, a) Etapa inicial b) Etapa final

Fonte: Autor da pesquisa (2009).

**Figura 9** – Processo de usinagem por fresamento (Sequência de etapas)

Fonte: Autor da pesquisa (2009).

### 2.8.1.3 plaina

Os elementos básicos que constituem uma plaina são os seguintes: base, coluna e êmbolo horizontal; este é composto de movimento de vaivém – com velocidade que pode variar –, cabeçote – regulável mediante movimento vertical, ao qual se fixa o porta-ferramenta.

A plaina, ilustrada na Figura 10, é caracterizada, principalmente, pelos seguintes aspectos: peso total, deslocamento máximo dos movimentos vertical e horizontal, potência do motor, curso máximo do cabeçote móvel, deslocamento máximo do movimento transversal e do porta-ferramentas, dimensões da mesa, potência do motor e peso total (STOETERAU, 2007).



**Figura 10** – Plaina

**Fonte:** Autor da pesquisa (2009).

### **3 METODOLOGIA**

A metodologia consiste no caminho a ser percorrido para que o objetivo proposto no estudo seja alcançado. Quanto à definição dos métodos utilizados numa pesquisa, dependem da proposta de trabalho ou da área de concentração do estudo (SANTOS; PARRA FILHO, 1998).

Desse modo, os métodos se caracterizam pela amplitude de raciocínio concernente aos procedimentos. Os métodos são operacionalizados por técnicas, que são procedimentos mais restritos, através da utilização dos instrumentos adequados (SEVERINO, 2002). Assim, o presente estudo caracteriza-se pela utilização da metodologia da pesquisa descritiva, dos métodos e técnicas de coleta de dados. Esta foi realizada através da observação direta e de levantamento documental.

Uma pesquisa é definida de acordo com os seguintes aspectos: objetivos (exploratória, descritiva, explicativa, aplicada etc.), meios (bibliográfica, estudo de caso, documental, de campo experimental etc.) e tipo de abordagem (quantitativa, qualitativa ou ambas) (BATISTA, 2007). A pesquisa descritiva é aquela que permite descrever fatos por meio das suas características, atribuindo a percepção das variáveis definidas para o estudo de caso (ALVES, 2003).

Assim sendo, esta pesquisa se define como um estudo de caso. Para Gil (1999), o estudo de caso consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento. Desse modo, a presente pesquisa consiste em um estudo de caso de caráter exploratório, a respeito do planejamento e controle da manutenção como ferramenta estratégica para aumento da produtividade na Metalúrgica ACEJ Ltda., universo da ação e pesquisa deste projeto.

Conforme a abordagem, algumas pesquisas são mistas, ou seja, quantiqualitativa ou qualiquantitativa, bem como podem ser configuradas separadamente em uma mesma pesquisa. Neste caso, quando a pesquisa não só obtém dados, descrevendo-os quantitativamente, através de resultados estatísticos, mas também busca, analiticamente e em profundidade, explicações qualitativas que justifiquem os

parâmetros do fenômeno ou problema medidos ou estudados separadamente (BATISTA, 2007).

Com base no critério de classificação de pesquisa proposto por Vergara (2004), quanto aos meios, o presente estudo utilizou as pesquisas bibliográfica, documental e de campo. A partir da pesquisa bibliográfica foram obtidos materiais para a elaboração da fundamentação teórica, incluindo livros e artigos de revistas especializadas no tema proposto. Através da pesquisa documental foi possível levantar informações acerca das condições ideais para a operação das máquinas-ferramenta na Metalúrgica ACEJ Ltda.

Neste estudo, o sujeito da pesquisa foi o histórico de paralisações indesejadas na Metalúrgica ACEJ Ltda. Neste sentido, a ferramenta PCM deve ser apresentada de acordo com a realidade da Metalúrgica ACEJ Ltda., ou seja, considerando os seguintes aspectos: equipamentos críticos; as causas das paralisações durante o processo produtivo; as deficiências na manutenção dos equipamentos de usinagem industrial e ferramentas que norteiam a ferramenta PCM.



## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Análise das Necessidades**

Embora existam planos para manutenção preventiva, desenvolvidos e propostos pelos fabricantes das máquinas com o objetivo de garantir a disponibilidade e manter o bom funcionamento e conservação dos equipamentos, bem como evitar falhas ou quebras inesperadas, estes não são realizados conforme recomendações dos fabricantes. Neste caso, não há um controle rigoroso para cumprimento destas atividades mantenedoras respeitando a carga de trabalho imposta pela demanda dos serviços.

Dentro do setor de usinagem da ACEJ, observou-se a necessidade de tornar estratégico o tema de manutenção, para que, desta forma, fossem minimizadas as perdas do processo metalúrgico com melhorias no processo, padronização de atividades e fortalecimento do trabalho em grupo.

A partir de uma análise do cronograma da produção da empresa, observando data dos pedidos e prazo para entrega aos clientes, considerou-se como críticos, os tornos comandos numéricos computadorizados que respondem por aproximadamente 68% do volume total da produção do setor de torneamento. Sabendo que estes equipamentos foram projetados para produção seriada de peças em alta velocidade, inclusive peças com maior nível de complexidade, torna-se, desta forma, inviável redirecionar pedidos com muitas unidades para a produção manual dos tornos convencionais, o que acarretaria em aumento do custo unitário além de atraso na entrega dos serviços.

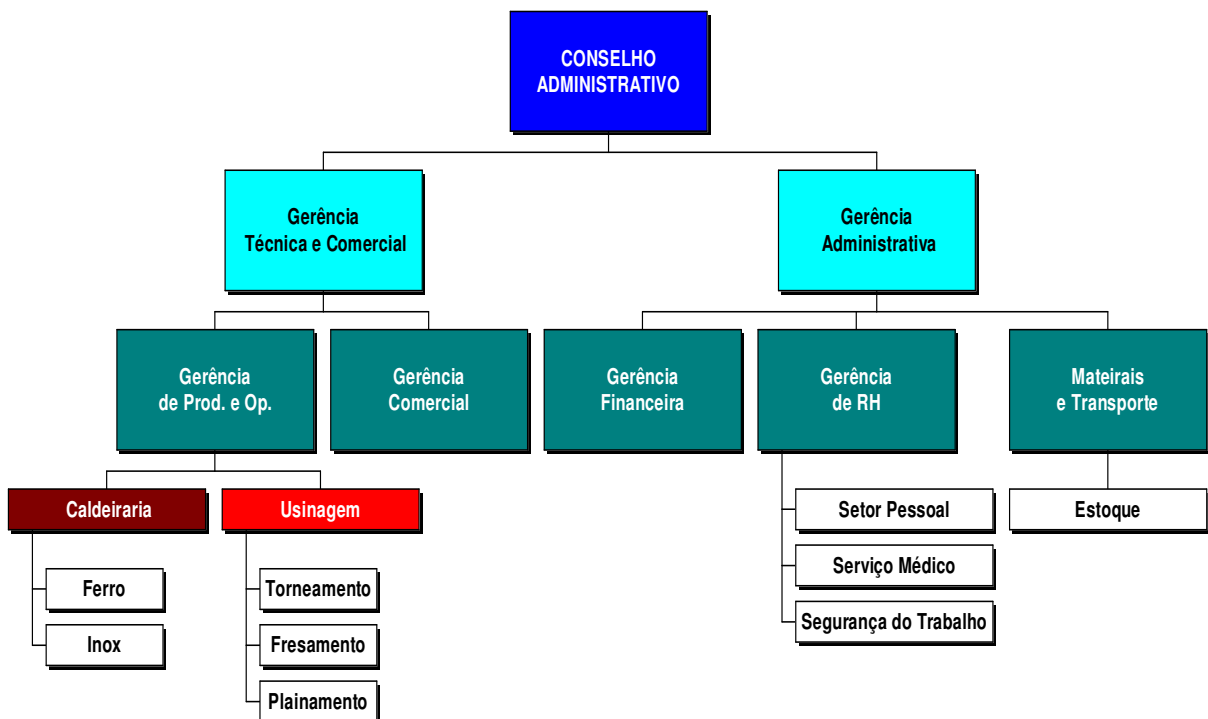
A inexistência de um planejamento de manutenção dessas máquinas gera uma indisponibilidade significativa que acarreta sobrecarga para os outros operadores de tornos mecânicos, cabendo a estes funcionários garantir a falta da produção das outras máquinas.

A deficiência no controle das atividades de manutenção impacta em vários processos da empresa, gerando manutenções corretivas, ou seja, há intervenções sem planejamento de atividades e de materiais. Assim sendo, acarreta

no aumento do custo da manutenção, visto que o problema poderia ser sanado em menor proporção, aumentando o custo da produção por paradas sem programação, o que torna o processo produtivo mais desgastante tanto para os operadores quanto para os gestores no tocante ao cumprimento de metas.

## 4.2 Estrutura da Empresa

O presente estudo foi desenvolvido na Metalúrgica ACEJ Ltda., particularmente no setor de usinagem, que é dirigido pela Gerência de Produção e Operação. Esta gerência é subordinada ao setor de Gerenciamento Técnico e Comercial, e este ao Conselho Administrativo, primeiro nível da Empresa, conforme organograma mostrado na Figura 11.



**Figura 11** – Organograma da estrutura atual da ACEJ  
**Fonte:** Autor da pesquisa (2009).

Convém mencionar dois aspectos que também fundamentam a proposta desta pesquisa: a estrutura da Metalúrgica ACEJ Ltda. não é formalizada e a manutenção é realizada pelos próprios operadores. Desse modo, ressalta-se a importância de implementação da ferramenta PCM, que se concretizará quando

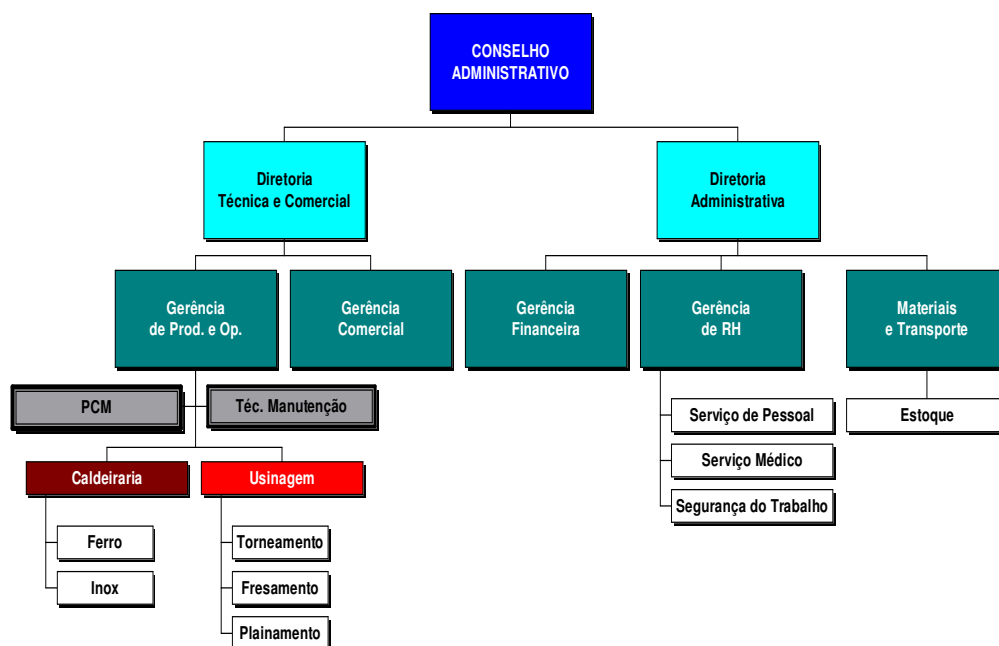
implantado o setor correspondente e que requer uma modificação na estrutura da empresa.

### 4.3 Reestruturação da Empresa

Conforme identificado, torna-se indispensável a criação de uma estrutura de planejamento, conforme o organograma ilustrado na Figura 12, que atue diretamente na programação e controle da manutenibilidade. O objetivo é aumentar a disponibilidade dos equipamentos, reduzindo, desta forma, elevados índices de indisponibilidade dos equipamentos de usinagem industrial.

A reestruturação do setor de Gerência de Produção e Operação consiste na inclusão do setor PCM com um programador e um Técnico em manutenção que, portanto, estarão subordinados à referida Gerência, tendo em vista a importância de ambos para uma área de manutenção. Além disso, uma estrutura bem definida na área de planejamento é essencial para uma área que tem como um dos seus principais objetivos ser considerada como manutenção de qualidade.

Para a reestruturação proposta, implementação da área de planejamento, programação e controle da manutenção na ACEJ, faz-se necessária, inicialmente, uma avaliação da situação atual, a partir da qual será verificado se todos os setores da Empresa serão beneficiados pela ferramenta PCM.



**Figura 12** – Organograma reestruturado da ACEJ

Fonte: Autor da pesquisa (2009).

#### 4.4 Caracterização do PCM

A proposta inicial é, conforme mencionado, criar uma estrutura de PCM formada, primeiramente, por um técnico de manutenção e um programador de manutenção. Estes deverão criar e formalizar a programação anual de manutenção de cada equipamento, em combinação com o planejamento do gerente de produção da empresa.

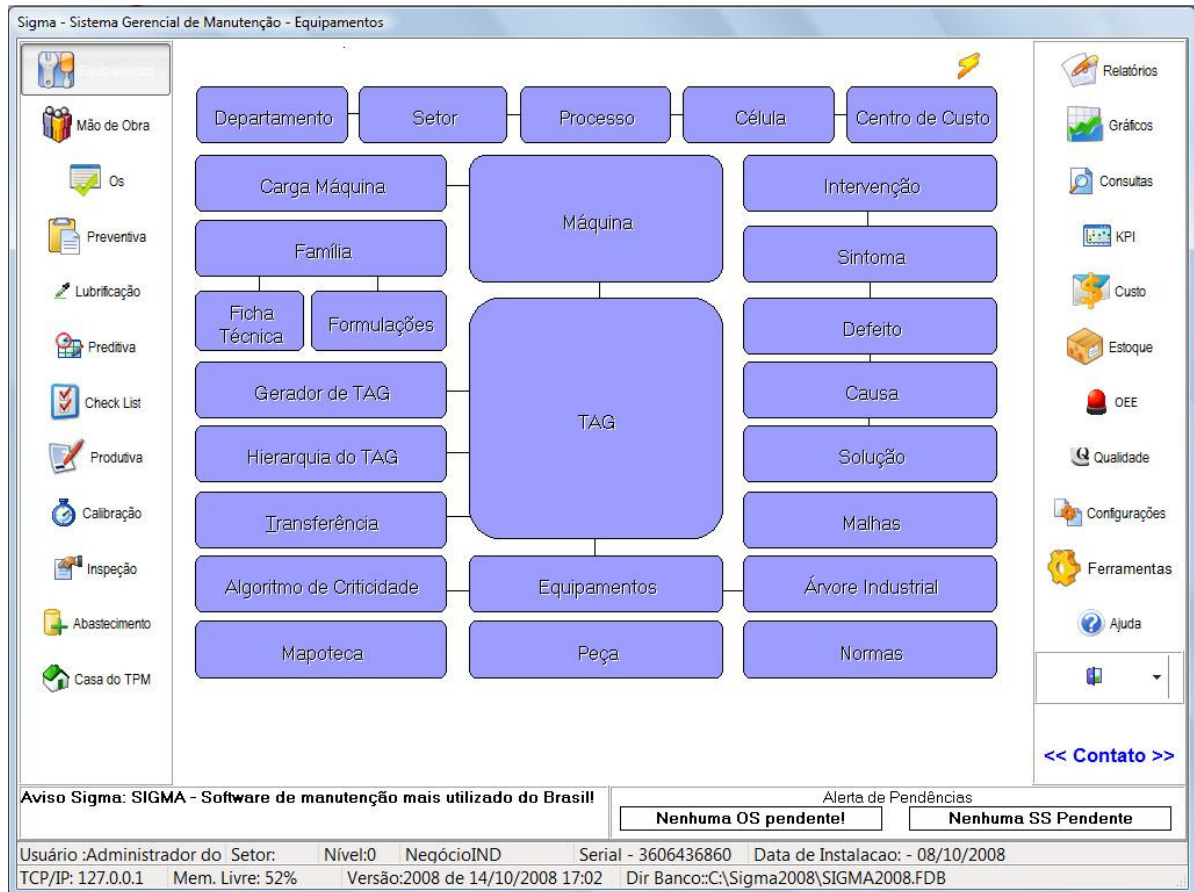
Desse modo, com a implantação do setor de PCM, tem-se como objetivos centralizar as informações de manutenção e apoiar a equipe com boas práticas de Gestão. Sob a responsabilidade do PCM, ficarão as seguintes atividades: gerenciar os indicadores de manutenção; intervir nas anomalias do sistema de manutenção; estratificar e apontar melhorias nas áreas; coordenar as atividades de manutenção corretivas, preventivas e preditivas; diagnosticar as áreas para levantamento de melhorias e inserir o tema de manutenção na rotina das áreas.

Levando em consideração o objetivo de tornar a manutenção estratégica, foi tomada a importante decisão de adotar um *software* de sistema de gerenciamento da manutenção de equipamentos e instalações no setor de usinagem industrial da ACEJ, como ferramenta que permitirá a unificação e a organização da informação, assim como toda gestão de apoio do PCM.

A equipe de manutenção deverá entender todo o fluxo operacional do setor em questão para iniciar a implantação dessa estrutura dentro do Sistema de Gerenciamento da Manutenção (SIGMA) escolhido para gerenciamento dos ativos da Metalúrgica ACEJ, para realizar cadastramento de todas as informações como: segmentação por departamentos, setores, máquinas, fichas técnicas, dados das máquinas, TAGs e funcionários, conforme ilustrado na Figura 13. Desse modo, busca-se garantir a confiabilidade das informações.

Além disso, o SIGMA terá como objetivos: fazer análise de manutenção planejada e sistemática; elaborar controle de custo por manutenção em equipamento; elaborar estrutura de análise de ocorrências e anormalidades nos equipamentos; criar indicadores de desempenho; padronizar os processos da execução de atividades; gerar históricos atualizados dos equipamentos; propor treinamento específico para o pessoal envolvido; circular e unificar as informações internas e externas e expor evidências objetivas para análise da manutenção

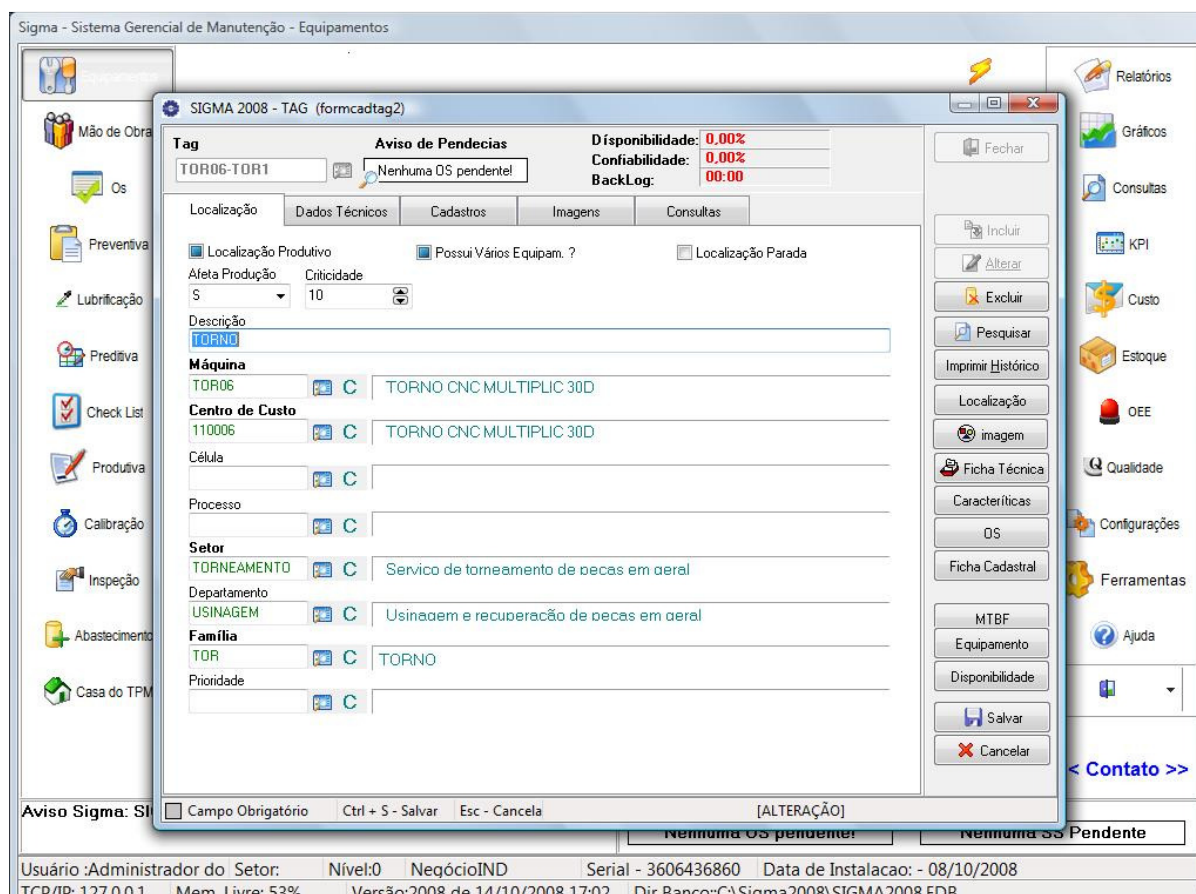
preventiva ou corretiva de acordo com os manuais de fabricantes para operação dos equipamentos.



**Figura 13** – Tela do SIGMA - Gerenciamento de Equipamentos  
**Fonte:** Autor da Pesquisa (2009).

Neste sentido, deve ser criado, conforme mostra a Figura 14, um centro de custo para cada máquina, setor e departamento, a fim de gerenciar os custos operacionais e de manutenção, além de obedecer a orçamentos anuais para despesas com cada equipamento.

Assim sendo, facilitará a equipe de manutenção na identificação das ocorrências de paradas indesejadas e reincidências ocasionadas por falha na manutenção.



**Figura 14** – Tela do SIGMA - Centro de Custo por Equipamento  
**Fonte:** Autor da pesquisa (2009).

O SIGMA estabelece, de acordo com o ilustrado na Figura 15, a hierarquização da criticidade das máquinas e equipamentos, além de identificar a melhor política de paralisação para manutenção, seja a preditiva, a preventiva ou corretiva, segundo critérios riscos de segurança e meio ambiente (AS), qualidade e produtividade (QP), taxa de ocupação (TO) – o quanto o equipamento influencia no processo produtivo, frequência de quebra (FQ) – e manutenibilidade (MT).

SIGMA 2008 - (formalgorit\_criticidade)

Tag: TOR06-TOR1

Criticidade de:  Tag  Máquina  Equipamento

Mover a Seta

salvar Alterar Fechar

**A parada repentina do equipamento provoca:**

<b>SA</b>	<b>Sergurança e Meio-ambiente</b>	
<input type="checkbox"/> Acidentes Pessoais, Agressões ao Meio-ambiente e Danos Materiais	<input checked="" type="checkbox"/> Exposição a Risco de Acidentes ao Meio-ambiente ou do Patrimônio	<input type="checkbox"/> Nenhum Risco
<b>QP</b>	<b>Qualidade e Produtividade</b>	
<input type="checkbox"/> Produtos com defeito, redução da Velocidade e Produção	<input checked="" type="checkbox"/> Variação da Qualidade ou da Produtividade	<input type="checkbox"/> Não afeta
<b>TO</b>	<b>Taxa de Ocupação</b>	
<input type="checkbox"/> 24 horas por dia	<input checked="" type="checkbox"/> Dois turnos ou horário administrativo	<input type="checkbox"/> Ocasionalmente ou não faz parte do Processo Produtivo
<b>OP</b>	<b>Oportunidade de Produção</b>	
<input type="checkbox"/> Cessa todo o Processo	<input checked="" type="checkbox"/> Cessa parte do Processo	<input type="checkbox"/> Não afeta
<b>FQ</b>	<b>Frequência de Quebra</b>	
<input type="checkbox"/> Intervalo menor que 6 meses	<input checked="" type="checkbox"/> Em média uma vez por ano	<input type="checkbox"/> Raramente ocorre
<b>MT</b>	<b>Mantenabilidade</b>	
<input type="checkbox"/> O tempo e/ou custos dos reparos são elevados	<input checked="" type="checkbox"/> O tempo e/ou custos dos reparos são suportáveis	<input type="checkbox"/> O tempo e/ou custos dos reparos são irrelevantes

A B C

Preditiva Preventiva Corretiva

**Valor Criticidade 5**

reiniciar processo

**Figura 15** – Tela do SIGMA - Algoritmo de Criticidade  
 Fonte: Autor da Pesquisa (2009).

#### 4.4.1 Definição das atividades

A função do técnico de manutenção, conforme o presente contexto de planejador de manutenção, é definir os métodos e tarefas de manutenção preventiva que levem à maximização do desempenho global dos equipamentos e minimização do custo global de Manutenção.

O planejador de manutenção deve definir basicamente ‘o que’ e ‘quando’ fazer, no sentido das frequências ou periodicidades. Esta sequência é mostrada no Apêndice A, que apresenta a programação anual da ACEJ, fundamentada nos planos de manutenção.

A função do programador de manutenção abrange o desenvolvimento das atividades, conforme o algoritmo ilustrado na Figura 16.

a) Análise da carteira de serviço: atualizar diariamente a carteira semanal de Ordem de Serviço (O.S.) pendentes e ordenar as O.S. por Prioridade.

b) Análise das condições dos recursos: verificar se os recursos materiais e logísticos necessários à execução dos serviços estão disponíveis, e caso não estejam, verificar com o planejador se é possível replanejar e solicitar o replanejamento.

c) Análise das condições físicas, operacionais e de segurança: verificar se há condições físicas, operacionais, de segurança e meio ambiente para execução do serviço.

d) Programação de serviços: elaborar cronograma semanal de serviço (7 dias) no software de manutenção *SIGMA / MS Project* para estabelecer as Ordens de Serviço a serem executadas, a sequência de execução, as interferências, as especialidades, a quantidade de pessoas e o tempo de execução para cada atividade.

e) Negociação de paradas: cabe ao planejador entregar uma cópia do cronograma para o programador negociar as paradas dos equipamentos com a Operação, em tempo hábil para que seja possível realizar as atividades na data prevista.

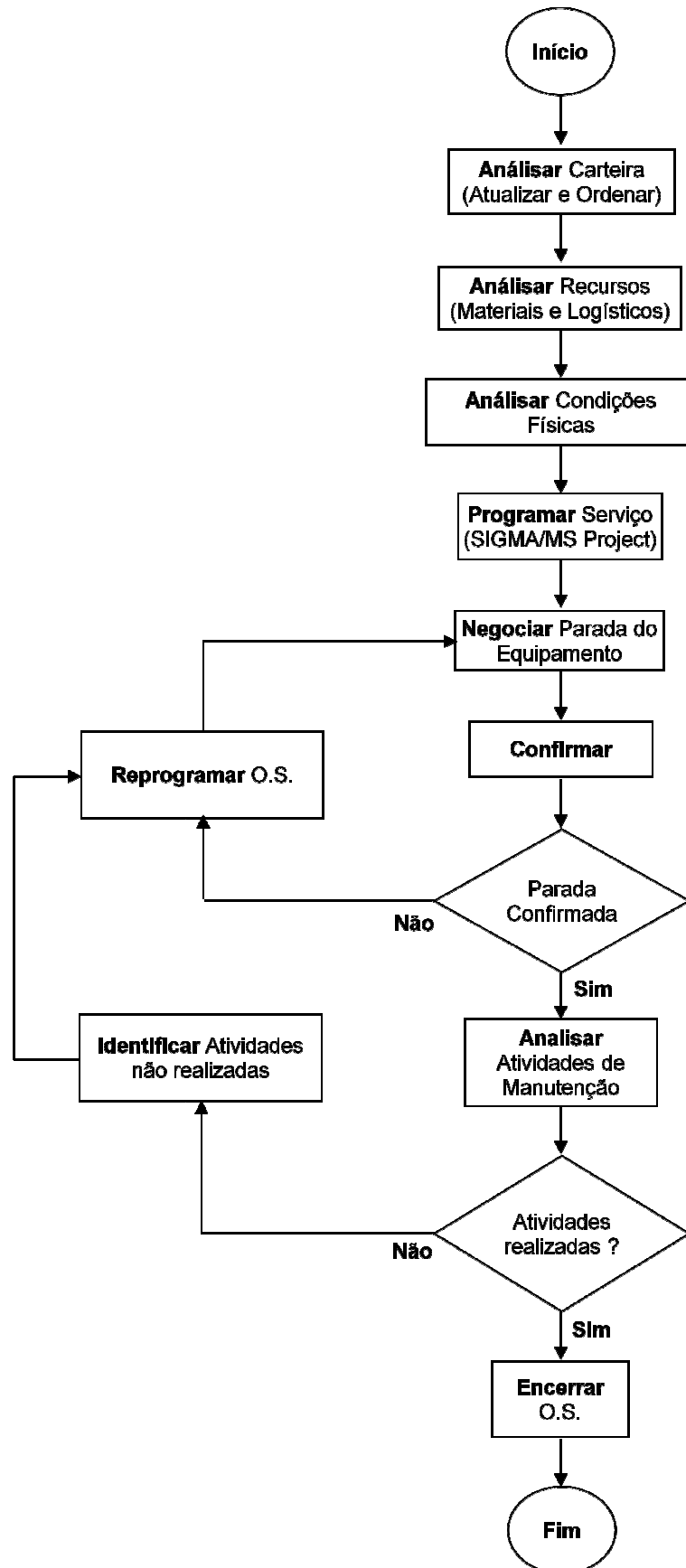
f) Confirmação de paradas: diariamente, o programador deverá confirmar com a Operação as paradas dos equipamentos para manutenção.

g) Encerramento das Ordens de Serviço: o executante deverá encerrar as O.S. fornecendo todos os dados para registro histórico e cálculo de indicadores de manutenção.

h) Reprogramação: as ordens de serviço que não forem executadas deverão ser reprogramadas. Este retorno deverá ser dado pelo executante da tarefa, voltando a O.S. para a condição de 'Aguardando programação'.

O desenvolvimento dessas atividades está mostrado no algoritmo ilustrado na Figura 16, o qual serve para tomada de decisão do programador, no que diz respeito à implementação do plano de manutenção.





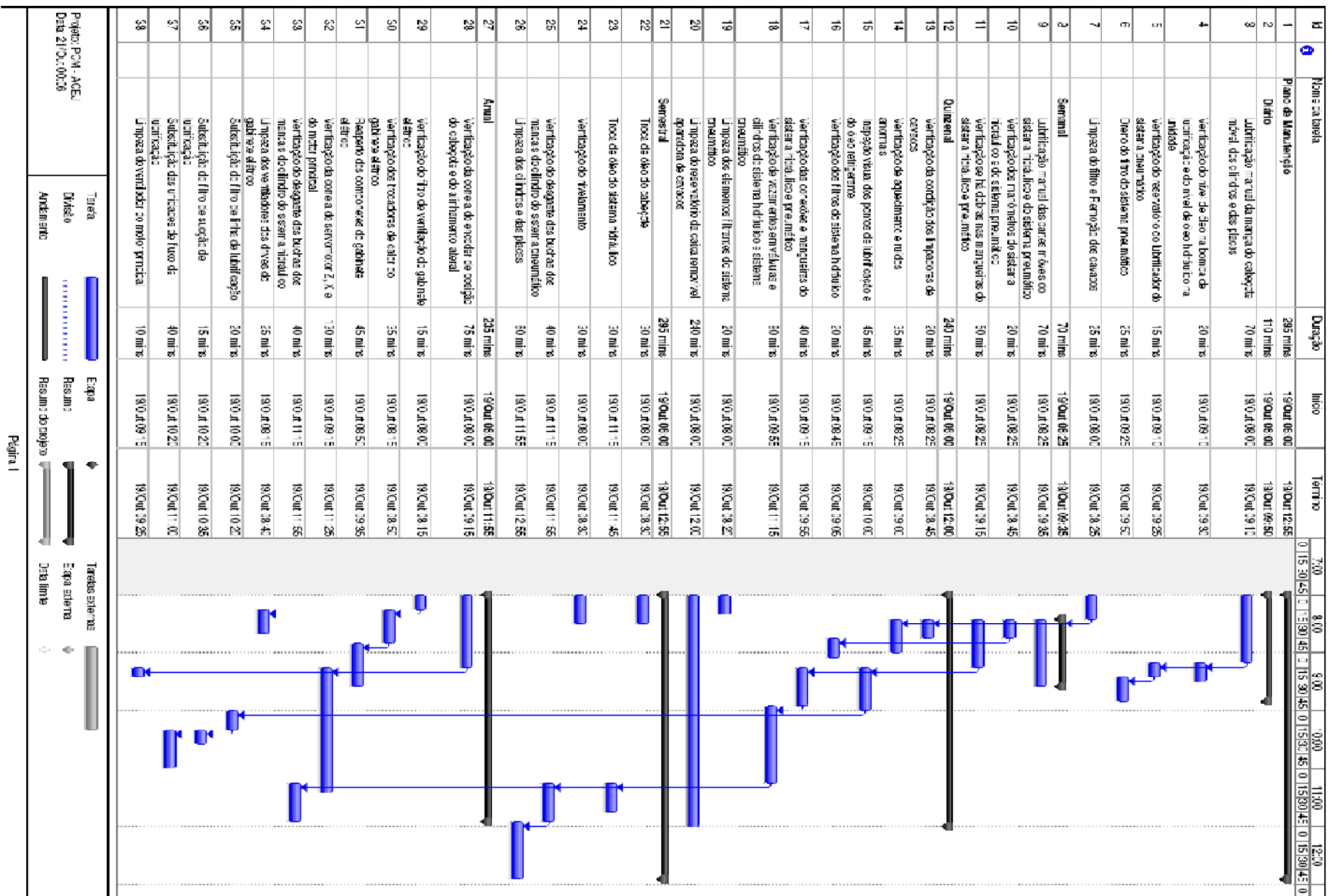
**Figura 16** – Algoritmo das Atividades  
**Fonte:** Autor da pesquisa (2009).

#### **4.5 Programação e Estratégia de Manutenção**

A programação das atividades de manutenção para o equipamento considerado crítico é especificada em um cronograma de intervenções para realização do plano, conforme apresentado no Apêndice A.

Quanto à apresentação de manutenção por oportunidade, é aquela em que se realiza e aproveita a parada programada para execução de todas as atividades de manutenção, ou seja, na parada de manutenção de frequência anual são realizadas as atividades mensais, quinzenais e diárias.

Desse modo, de acordo com o ilustrado na Figura 17, um plano estratégico de manutenção relaciona as mesmas atividades, levando em consideração as especificações do Gráfico de Gantt no MS Project: tempo para realização das atividades, quantidade de mão-de-obra executante, dependência entre as atividades de manutenção do plano exposto e tempo total gasto durante o determinado período com essas atividades.



Página 1

Projeto: PGM - AGE  
Data: 21/04/2008Tarefa  
Diário  
ArquivoEscala  
Resumo  
Resumo do projetoTarefas externas  
Escala externa  
Data limite

Figura 17 – Plano Estratégico de Manutenção

Fonte: Autor da Pesquisa (2009)

Foi identificado, recentemente na empresa, que durante um período de aproximadamente três dias uma máquina de torneamento, considerada crítica, operou com 85 % da velocidade de avanço para remoção de material metálico. Nesta, a placa que prende e rotaciona o material é pneumática e seus reparos não estavam conseguindo manter a pressão habitual imposta pelo operador de máquina. Conseqüentemente, houve uma redução de, no mínimo, 15% do rendimento do equipamento, o que compromete a eficiência do mesmo e a programação do setor de usinagem. Cabe ressaltar que esta estimativa seria mais precisa se os dados do sistema fossem analisados, quanto à vida útil de peças.

Assim, ao observar que na Metalúrgica ACEJ Ltda. não há um controle das atividades executadas e que não existe qualquer acompanhamento de tempo das atividades que são rotineiras, sugere-se:

- Conscientização por parte da Diretoria Técnica e Comercial sobre a importância do PCM como ferramenta estratégica, pois ainda é observada a parada de equipamentos, ou até mesmo falta de sobressalentes, comprovando a inexistência de planejamento e acompanhamento quando ao ciclo de vida de itens simples como: correias, contactores, chaves, fusíveis etc.
- A implantação da ferramenta PCM considerando, especialmente, o objetivo de aumentar a produção com os mesmos ativos. Além disto, com vistas à qualificação e capacitação da força de trabalho e a um sistema de manutenção que interaja de maneira eficaz com as demais interfaces, tornando mais fácil o manuseio e geração de informações.
- O aprimoramento da correta funcionalidade dos planos, na conservação e aumento da disponibilidade dos equipamentos. Neste sentido, gerenciar a manutenção correta destes equipamentos exige habilidades e conhecimentos, pois equipamentos parados em momentos inoportunos comprometem a produção e geram um alto custo para a manutenção.
- O envolvimento de toda a equipe, inclusive dos gestores, para a reestruturação da empresa, no tocante à infiltração direta da equipe de manutenção na área produtiva.

- A identificação das deficiências dos equipamentos, pela equipe, que deverá dividir os equipamentos em sistemas e subsistemas, para garantir maior levantamento de potenciais falhas para neutralizar ou reduzir as ocorrências corretivas.
- O desenvolvimento e aplicação de rotinas padronizadas que devem ser feitas, também, com estudos de tempos e métodos para que a manutenção deixe de ser vista como despesa e com custos incontroláveis para que seja considerada atividade científica, com programação prévia, controle de tempos de execução e de materiais, ferramentas e custos.
- A ampliação da disponibilidade, produtividade e controle dos custos que proporcionará a operação uma confiabilidade de todo o sistema, para traçar estratégias de produção que podem viabilizar um aumento da mesma. Neste sentido, a projeção de investimentos futuros e previsibilidade no consumo de peças sobressalentes, tão necessárias para o bom funcionamento do equipamento.
- Estabelecimento de uma rotina através da criação de um plano estratégico de manutenção.
- A utilização da estratégia de manutenção, pela equipe responsável, com o intuito de visualizar, em um determinado período, as datas e frequência com que cada ativo receberá uma intervenção, seja esta elétrica, mecânica, lubrificação, preditiva ou inspeção. Pela estratégia de manutenção também é possível mensurar se o dimensionamento de uma equipe para atendimento de manutenções está de acordo com sua necessidade.

## 5 CONCLUSÃO

Neste estudo, considerou-se, dentre outros aspectos, que na era da globalização, em que o processo de produção nas organizações é baseado nos princípios da qualidade total de produtos e serviços, os índices de manutenção cada vez mais se configuram como ferramentas de controle. Desse modo, a melhoria contínua proposta pelo sistema PCM pode levar a resultados mais significativos na Metalúrgica ACEJ Ltda.

Foi possível constatar que os equipamentos críticos são os tornos CNC, que respondem por aproximadamente 68% do volume total da produção do setor de torneamento na Metalúrgica ACEJ Ltda. Esses tornos são utilizados na produção de peças seriadas em alta velocidade, inclusive algumas mais complexas, o que torna inviável o redirecionamento de pedidos com muitas unidades para a produção manual dos tornos convencionais. Como consequência disto, está o provável aumento do custo unitário, bem como o atraso na entrega dos serviços.

Além disso, foram identificadas como sendo as causas das paralisações durante o processo produtivo da empresa, as deficiências nas atividades de manutenção e o não aproveitamento de manutenção por oportunidade.

No que tange às deficiências na manutenção dos equipamentos de usinagem, caracterizam-se pela inexistência de um plano de manutenção específico, o que confirma a necessidade de implantação da ferramenta PCM na Metalúrgica ACEJ Ltda.

Como resultado da proposta da implantação da ferramenta PCM visando melhorias na produtividade da Metalúrgica ACEJ Ltda., infere-se que para uma produção efetiva dentro de uma estrutura organizacional é imprescindível considerar fatores que influenciam na previsibilidade da manutenção de equipamentos. Deste modo, tornou-se mais evidente a importância de administrar planos de manutenção, os quais possibilitam um melhor desempenho da capacidade produtiva dos equipamentos de usinagem.

Constatou-se, ainda, a possibilidade da implantação da ferramenta PCM, em virtude da disponibilidade de uma equipe qualificada, bem como de equipamentos de alta capacidade produtiva, baixo investimento, retorno a curto prazo e ganhos nos resultados operacionais.

Depois de identificadas e analisadas as necessidades da Metalúrgica ACEJ Ltda., especialmente no setor de usinagem, apresentou-se a estrutura dessa empresa, propondo-se, portanto, a reestruturação do setor de Gerência de Produção e Operação pela inclusão do setor PCM com um programador e um técnico.

Quanto à caracterização do PCM na Metalúrgica ACEJ Ltda., inferiu-se que é necessário adotar um *software* de sistema de gerenciamento da manutenção de equipamentos e instalações no setor de usinagem, consistindo em ferramenta através da qual a informação e toda gestão de apoio do PCM serão unificadas e organizadas.

Desse modo, a equipe de manutenção deverá entender todo o fluxo operacional do setor de usinagem para iniciar a implantação dessa estrutura dentro do SIGMA, sistema selecionado para gerenciamento dos ativos da Metalúrgica ACEJ Ltda., pelo qual serão cadastradas todas as informações como: segmentação por departamentos, setores, máquinas, fichas técnicas, dados das máquinas, TAGs e funcionários.

Quanto às paradas não programadas, deve-se levar em consideração a taxa de disponibilidade dos equipamentos, sem os quais a empresa não terá produto, reduzirá a qualidade produtiva, atrasará na entrega e perderá padronização. Conseqüentemente, a empresa pode perder negócios, clientes e padronização, ter a qualidade reduzida, bem como seus lucros reduzidos.

Portanto, espera-se que a proposta apresentada neste estudo resulte em benefícios para o crescimento da Metalúrgica ACEJ Ltda., uma vez que a ferramenta PCM, devidamente implementada e executada, contribui para que se torne mais competitiva.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Magda. **Como escrever teses e monografias**. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9000:2000**: Sistemas de Gestão da Qualidade: Fundamentos e vocabulário, 2000.

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

BATISTA, Eduardo Ubirajara R. **Guia de Orientação para Trabalhos de Conclusão de Curso**: relatórios, artigos e monografias. Aracaju/SE: Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE, 2007.

BELLO, Nicolau. **Prevenção**: acidente fatal envolvendo torno mecânico. Publicado em: 2008. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/7339634/Acid-Fatal-Em-Torno-Mec>>. Acesso em: 20 maio 2009.

DESHPANDE, V. S.; MODAK, J. P. Application of RCM to a medium scale industry. **Reliability Engineering & System Safety**, London, v. 77, pp. 31-43, 2002.

FERRARESI, Dino. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1970.

FLEMING, P. V.; FRANÇA, S. R. R. O. Considerações sobre a implementação conjunta de TPM e MCC na indústria de processos. In: **Anais do 12.º Congresso Brasileiro de Manutenção**. São Paulo, 1997. CD-rom.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. Confiabilidade e manutenção industrial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.



GUIA PMBOK®: **Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos**. 3. ed. Pennsylvania/EUA: Project Management Institute, 2004.

HIRANO, H. **5S na Prática**. São Paulo: Instituto IMAM, 1994.

JARDIM, Eduardo Mota. Confiabilidade de sistemas *shut-down* em plantas industriais de alto risco: Evolução tecnológica e falha segura. **Caderno Engenharia**, Belo Horizonte, v. 3, n. 3, dez., p. 61-671, PUC/Minas, 1993.

KNORST, Tarcísio. **Aplicação da tecnologia PFCP integrada ao CAPP em ambiente de ferramentaria**. 103f. (Dissertação) Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis/SC, 1998.

LELLIS, Magnus. **Gestão Estratégica de Negócios**. São Paulo: Faculdade de Economia e Administração da USP, 2002.

MARCORIN, Wilson Roberto; LIMA, Carlos Roberto Camello. Análise dos custos de manutenção e de não-manutenção de equipamentos produtivos. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v. 11, n. 22, jul./dez., p. 35-42, 2003.

MONCHY, F. **A Função Manutenção**. São Paulo: Ebras, 1989.

MOUBRAY, John. **Reliability-Centred Maintenance**. Oxford: Butterworth Heinemann, 2000.

NAKAJIMA, Seiichi. **TPM - Manutenção Produtiva Total - JIPM**. Traduzido por Yoko Sim, Christine Condominas e Alain Gómez. Paris: Afnor, 1989. apud PINTO e XAVIER, 2006.

\_\_\_\_\_. **TPM - Manutenção Produtiva Total - JIPM**. Traduzido por Yoko Sim, Christine Condominas e Alain Gómez. Paris: Afnor, 1989. apud PINTO e XAVIER, 2006. apud VERRI, 2007.

NUNES, Enon Laércio; VALLADARES, Angelise. **Gestão da manutenção e do conhecimento como estratégia na instalação de unidades geradoras de energia elétrica**. Disponível em: <[http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/art\\_cie/art\\_20.pdf](http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/art_cie/art_20.pdf)>. Acesso em: 19 ago. 2009.

PICANÇO, João Roberto Silva. **Análise da produtividade na manutenção industrial**: um estudo de caso no núcleo de manutenção da DETEN Química S.A. 2003. 95f. Dissertação (Mestrado em Administração), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2003.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio A. Nascif. **Manutenção**: função estratégica. 2. ed. 3ª reimp. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

ROSA, Giliard Dalla et al. **Torno Mecânico**. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Faculdade de Engenharia Mecânica, 2009.

SANTOS, João Almeida; PARRA FILHO, Domingos. **Metodologia Científica**. São Paulo: Futura, 1998.

SEVERINO, Antonio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 22. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SLACK, N. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

SMITH, A.M. **Reliability-Centered Maintenance**. Boston: McGraw Hill, 1993. apud MARCORIN e LIMA, 2003.

SOUZA, Ricardo Guimarães Ferreira de. **Manual de operação do aplicativo do sistema gerencial da manutenção**. 1992

STOETERAU, Rodrigo Lima. **Introdução aos Processos de Usinagem**: aula 1 – 2007. Disponível em: <<http://www.cimm.com.br>>. Acesso em: 25 ago. 2009.

TAVARES, L. **Administração Moderna da Manutenção**. Rio de Janeiro: Novo Pólo, 1999.

VERGARA, Sylvia C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2004.


VERRI, Luiz Alberto. **Gerenciamento pela Qualidade Total na Manutenção Industrial**: aplicação prática. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007.

VIANA, H. R. G. **PCM, planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

YAMAGUCHI, Carlos Toshio. **TPM – Manutenção Produtiva Total**. São João Del Rei/MG: Icap Del-Rei, 2005.

## **APÊNDICE**

## APÊNDICE A – Programação Anual das Atividades de Manutenção

		PROGRAMAÇÃO ANUAL DE ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO															Emissão:		27-out-09			
		DEPTO	USINAGEM INDUSTRIAL	SETOR	TORNAMENTO				EQUIPAMENTO:				TORNO ROMI MULTIPLIC 30 D				Programação:		MP - ANO 2009			
					Descrição da Atividade de Manutenção		SEMANA 01				SEMANA 02				SEMANA 03				SEMANA 04			
Item	Plano	Rotina	Freq.	S T Q Q S S D S T Q Q S S D S T Q Q S S D S T Q Q S S D S T Q Q S S D S T Q Q S S D															Supervisão:		Alexandre/Emerson/Ramos	
1	MP-01	Lubrificação	Diário	Lubrificação manual da manga do cabeçote móvel, dos cilindros e das															Programador:		---	
2	MP-02	Inspeção	Diário	Verificação do nível de óleo na bomba de lubrificação e do nível de óleo hidráulico																		
3	MP-03	Inspeção	Diário	Verificação do reservatório do lubrificador do sistema pneumático																		
4	MP-04	Inspeção	Diário	Dreno do filtro do sistema pneumático																		
5	MP-05	Limpeza	Diário	Limpeza do filtro e Remoção dos cavacos																		
6	MP-06	Lubrificação	Semanal	Lubrificação manual das partes móveis do sistema hidráulico e do sistema																		
7	MP-07	Inspeção	Semanal	Verificação dos manômetros do sistema hidráulico e do sistema pneumático																		
8	MP-08	Inspeção	Semanal	Verificação se há dobras nas mangueiras do sistema hidráulico e pneumático																		
9	MP-09	Inspeção	Quinzenal	Verificação da condição dos limpadores de cavacos																		
10	MP-10	Inspeção	Quinzenal	Verificação de aquecimento e ruídos anormais																		
11	MP-11	Inspeção	Quinzenal	Inspeção visual dos pontos de lubrificação e do óleo refrigerante																		
12	MP-12	Inspeção	Quinzenal	Verificação dos filtros do sistema hidráulico																		
13	MP-13	Inspeção	Quinzenal	Verificação das conexões e mangueiras do sistema hidráulico e pneumático																		
14	MP-14	Inspeção	Quinzenal	Verificação de vazamentos em válvulas e cilindros do sistema hidráulico e sistema																		
15	MP-15	Limpeza	Quinzenal	Limpeza dos elementos filtrantes do sistema pneumático																		
16	MP-16	Limpeza	Quinzenal	Limpeza do reservatório da caixa removível aparadora de cavacos																		
17	MP-17	Lubrificação	Semestral	Troca de óleo do cabeçote																		
18	MP-18	Lubrificação	Semestral	Troca de óleo do sistema hidráulico																		
19	MP-19	Inspeção	Semestral	Verificação do nivelamento																		
20	MP-20	Inspeção	Semestral	Verificação do desgaste das buchas dos mancais do cilindro do sistema																		
21	MP-21	Limpeza	Semestral	Limpeza dos cilindros e das placas																		
22	MP-22	Inspeção	Anual	Verificação da correia do encoder de posição do cabeçote e do alinhamento																		
23	MP-23	Inspeção	Anual	Filtro de ventilação do gabinete elétrico																		
24	MP-24	Inspeção	Anual	Trocadores de calor do gabinete elétrico																		
25	MP-25	Inspeção	Anual	Reaperto dos componentes do gabinete elétrico																		
26	MP-26	Inspeção	Anual	Verificação da correia do servomotor Z, X e do motor principal																		
27	MP-27	Inspeção	Anual	Verificação do desgaste das buchas dos mancais do cilindro do sistema hidráulico																		
28	MP-28	Limpeza	Anual	Limpeza dos ventiladores dos drives do gabinete elétrico																		
29	MP-29	Substituição	Anual	Substituição do filtro de linha de lubrificação																		
30	MP-30	Substituição	Anual	Substituição do filtro de sucção de lubrificação																		
31	MP-31	Substituição	Anual	Substituição das unidades de fluxo de lubrificação																		
32	MP-32	Limpeza	Anual	Limpeza do ventilador do motor principal																		