

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

**DESENVOLVIMENTO DE PROGRAMA DE GESTÃO VOLTADO À  
MANUTENÇÃO DAS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS E AO MELHORAMENTO  
DOS PROCESSOS DE MANUFATURA FUNDAMENTADO NOS PRINCÍPIOS  
BÁSICOS DO TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)**

**Autor: Carlos Fernando Geremia**

**Porto Alegre  
2001**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

**DESENVOLVIMENTO DE PROGRAMA DE GESTÃO VOLTADO À  
MANUTENÇÃO DAS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS E AO MELHORAMENTO  
DOS PROCESSOS DE MANUFATURA FUNDAMENTADO NOS PRINCÍPIOS  
BÁSICOS DO TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)**

**Autor: Carlos Fernando Geremia**

**Orientador: Professor Dr. José Luís Duarte Ribeiro**

**Banca Examinadora:**

**Prof. Dr. Flávio Sanson Fogliatto**

**Prof. Dr. Vilson João Batista**

**Prof. Dr. Odacir Dionísio Graciolli**

**Trabalho de conclusão do curso de mestrado profissionalizante em engenharia como  
requisito parcial à obtenção do título de mestre em engenharia – modalidade  
profissionalizante – ênfase em qualidade e desenvolvimento de produto e processo**

**Porto Alegre  
2001**

**Este trabalho de conclusão foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo orientador e pelo coordenador do mestrado profissionalizante em engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.**

---

**Prof. Dr. José Luís Duarte Ribeiro**

Orientador  
Escola de Engenharia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

**Prof<sup>a</sup>. Helena Beatriz Bettella Cybis**

Coordenadora  
Mestrado Profissionalizante em Engenharia  
Escola de Engenharia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

BANCA EXAMINADORA

**Prof. Dr. Flávio Sanson Fogliatto**  
PPGEP / UFRGS

**Prof. Dr. Vilson João Batista**  
PPGEP / UFRGS

**Prof. Dr. Odacir Dionisio Gracioli**  
CARVI / UCS

“... Para cada problema deve haver um método para  
resolvê-lo sistematicamente; parte por parte ...”

(Descartes, 1638)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que cooperaram na elaboração deste trabalho. Dentre estes, agradeço em especial a (o):

INTRAL S.A. INDÚSTRIA DE MATERIAIS ELÉTRICOS, que me possibilitou financeiramente e tecnicamente este mestrado, muito importante na minha vida profissional e acadêmica;

UFRGS – PPGEP – pela oportunidade de participar de um mestrado que muito enriqueceu meus conhecimentos;

Prof. Dr. José Luis Duarte Ribeiro, pela orientação, compreensão e estímulo;

Prof<sup>ª</sup>. MSC Márcia Echeveste, com quem dei os primeiros passos na direção de concluir este mestrado profissional;

Minha esposa Elaine, e meus filhos Paulo, Marcos e Flávio pela compreensão em suportar a ausência.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	xii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xiii
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	xiv
<b>RESUMO</b> .....	xv
<b>ABSTRACT</b> .....	xvi
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 COMENTÁRIOS INICIAIS .....	1
1.2 TEMA E IMPORTÂNCIA DO TEMA .....	3
1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO .....	7
1.4 METODOLOGIA DO TRABALHO .....	9
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	10
1.6 LIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	11
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	12
2.1 ORIGENS DO TPM .....	12
2.2 CONCEITO E OBJETIVOS DO TPM .....	13
2.3 OTIMIZAÇÃO NO RENDIMENTO DAS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS .....	14
<b>2.3.1 As seis grandes perdas</b> .....	14
<b>2.3.2 Outros tipos de perdas</b> .....	16
<b>2.3.3 Cálculo do rendimento dos equipamentos</b> .....	18
2.4 QUEBRA ZERO .....	21
<b>2.4.1 Papéis da produção e manutenção para atingir a quebra zero / falha zero</b> ....	22
2.5 ESCOPO E CONTEÚDO DO TPM .....	22
<b>2.5.1 Implementação de melhorias nas máquinas e equipamentos</b> .....	23
<b>2.5.2 Estruturação para condução da manutenção autônoma</b> .....	27

2.5.3	<b>Estruturação do setor de manutenção para condução da manutenção planejada</b> .....	31
2.5.4	<b>Capacitação técnica e busca de novas habilidades tanto para elementos da produção quanto da manutenção</b> .....	38
2.5.5	<b>Estruturação para controle dos equipamentos já na fase inicial de funcionamento</b> .....	40
2.6	<b>PROGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO DO TPM</b> .....	42
2.6.1	<b>Programa de implementação de acordo com modelo proposto por JIPM</b> .....	43
2.6.2	<b>Programa de implementação segundo Wiremann (1991)</b> .....	48
2.7	<b>RELACIONAMENTO ENTRE TPM E OUTROS PROGRAMAS DE GESTÃO</b> .....	51
2.7.1	<b>TPM e TQM</b> .....	51
2.7.2	<b>TPM e ISO 9000</b> .....	52
3.	<b>ESTUDO DE CASO</b> .....	53
3.1	<b>APRESENTAÇÃO DA EMPRESA INTRAL S.A.</b> .....	53
3.1.1	<b>Visão geral da organização</b> .....	54
3.1.2	<b>Visão geral das máquinas e equipamentos</b> .....	55
3.2	<b>A ORIGEM DO TPM NA INTRAL S.A.</b> .....	56
3.3	<b>PROCESSO DE DECISÃO PELA IMPLEMENTAÇÃO DO TPM</b> .....	58
3.4	<b>IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA</b> .....	60
3.4.1	<b>Primeira etapa: limpeza inicial</b> .....	61
3.4.2	<b>Segunda etapa: estabelecimento de plano de ação</b> .....	62
3.4.3	<b>Terceira etapa: combate às fontes de contaminação</b> .....	63
3.4.4	<b>Quarta etapa: estabelecimento de padrões de limpeza e lubrificação</b> .....	64
3.4.5	<b>Quinta etapa: estabelecimento do padrão de inspeção</b> .....	65
3.4.6	<b>Auditoria de manutenção autônoma</b> .....	65
3.4.7	<b>Cronograma para implementação da manutenção autônoma</b> .....	66
3.5	<b>MELHORAR A EFICIÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS ATRAVÉS DO COMBATE ÀS PERDAS E DA REDUÇÃO DOS CUSTOS DE MANUFATURA</b> .....	66
3.5.1	<b>A identificação e o combate às perdas com base no IROG</b> .....	67
3.5.2	<b>A avaliação do índice UP / hora e da quantidade de UP's produzidas em cada posto operativo</b> .....	73
3.5.3	<b>A formação de grupos de trabalho operando na melhoria de um tema específico relacionado à perda dos equipamentos</b> .....	73
3.6	<b>ORGANIZAR O SETOR DE MANUTENÇÃO PARA A CONDUÇÃO DA MANUTENÇÃO PLANEJADA DAS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS RELACIONADOS À PRODUÇÃO</b> .....	76
3.6.1	<b>Implementação de software de gerenciamento da manutenção</b> .....	76
3.6.2	<b>Reestruturação das atividades do setor de manutenção</b> .....	82
3.6.3	<b>Gerenciamento do estoque de peças de reposição</b> .....	82
3.6.4	<b>Implementação de programa de manutenção preditiva</b> .....	83

3.7	TREINAR A OPERAÇÃO E A MANUTENÇÃO PARA ESTAREM CAPACITADOS A OPERAR E MANTER AS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS RELACIONADOS À PRODUÇÃO .....	84
3.7.1	<b>Treinamento básico para implementação do TPM no posto de trabalho .....</b>	84
3.7.2	<b>Treinamento para desenvolvimento de habilidades relacionadas à manutenção autônoma .....</b>	85
3.7.3	<b>Treinamento para técnicos de manutenção .....</b>	85
3.8	ACRESCENTAR AO MODELO EXISTENTE DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E MELHORAMENTO DE PROCESSOS, AS DIRETRIZES DO TPM RELACIONADAS AO GERENCIAMENTO ANTECIPADO DOS EQUIPAMENTOS .....	86
3.8.1	<b>Gerenciamento antecipado de ferramentas e dispositivos construídos internamente .....</b>	88
3.8.2	<b>Gerenciamento antecipado das máquinas e equipamentos a serem adquiridos de terceiros .....</b>	88
3.9	DIFICULDADES ENCONTRADAS NA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA ..	89
3.9.1	<b>Rotatividade de operadores x treinamento .....</b>	90
3.9.2	<b>Dificuldades administrativas para resolver problemas que exijam interfaces organizacionais .....</b>	90
3.9.3	<b>Dificuldades para integrar os operadores na coleta de dados para cálculo do IROG .....</b>	90
4.	<b>RESULTADOS E AVALIAÇÃO .....</b>	92
4.1	RESULTADOS OBTIDOS NO SETOR ONDE ESTÃO SENDO IMPLEMENTADAS AS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA .....	92
4.1.1	<b>Eficiência global dos equipamentos medida através do IROG .....</b>	93
4.1.2	<b>Defeitos em processo (sucata em ppm) .....</b>	96
4.1.3	<b>Redução no número de quebras de máquinas e ferramentas .....</b>	96
4.1.4	<b>Número de sugestões de melhorias por funcionário .....</b>	97
4.1.5	<b>Número de problemas resolvidos .....</b>	98
4.1.6	<b>Redução no tempo necessário para limpeza e lubrificação .....</b>	98
4.1.7	<b>Redução prevista nos custos de manufatura .....</b>	99
4.1.8	<b>Melhoria nas habilidades dos operadores .....</b>	101
4.2	RESULTADOS MENSURÁVEIS OBTIDOS NO CONTEXTO GERAL DA EMPRESA .....	102
4.2.1	<b>Redução no custo / hora da manutenção .....</b>	102
4.2.2	<b>Redução no consumo de energia elétrica .....</b>	103
4.2.3	<b>Redução no consumo de água .....</b>	103
4.2.4	<b>Redução no consumo de ar comprimido .....</b>	103
4.2.5	<b>Redução no tempo de operação em função do combate as perdas de natureza ergonômica .....</b>	104
4.2.6	<b>Redução no número de fornecedores de óleos lubrificantes .....</b>	104
4.2.7	<b>Redução nos consumos de óleo lubrificante e hidráulico .....</b>	104
4.2.8	<b>Outras reduções observadas .....</b>	105
4.2.9	<b>Melhoria das atividades desenvolvidas em grupo .....</b>	105

4.3 BENEFÍCIOS NÃO MENSURÁVEIS OBTIDOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DO TPM .....	106
4.3.1 Benefícios não mensuráveis da manutenção autônoma .....	106
4.3.2 Benefícios não mensuráveis das atividades destinadas a melhoria da eficiência dos equipamentos e operações através do combate as perdas .....	107
4.3.3 Benefícios não mensuráveis obtidos com a implementação da diretriz “manutenção planejada das máquinas e equipamentos relacionados à produção” .....	108
4.3.4 Benefícios não mensuráveis obtidos com a implementação da diretriz “treinar a operação e a manutenção para estarem capacitados a operar e manter as máquinas e equipamentos relacionados à produção” .....	108
4.3.5 Benefícios não mensuráveis obtidos com a implementação da diretriz “acrescentar ao modelo existente de desenvolvimento de novos produtos e melhoramentos de processos, as diretrizes do TPM relacionadas ao gerenciamento antecipado dos equipamentos” .....	109
4.4 COMPARAÇÃO DAS DIFERENÇAS ENTRE O MODELO CLÁSSICO E O MODELO IMPLEMENTADO .....	110
4.4.1 Análise da fase de preparação .....	110
4.4.2 Análise da fase inicial .....	111
4.4.3 Análise da fase de implementação .....	111
4.4.4 Análise da fase de consolidação .....	115
4.5 AVALIAÇÃO DA INTERAÇÃO DO TPM COM O SISTEMA DE GERENCIAMENTO DA QUALIDADE FUNDAMENTADO NA NORMA NBR ISO 9001 .....	115
4.5.1 Geração de documentos complementares .....	115
4.5.2 Integração entre os programas de treinamento .....	116
4.5.3 Melhoria continua .....	116
5. CONCLUSÃO .....	118
5.1 REVISÃO GERAL .....	118
5.1.1 Revisão do tema e dos objetivos do trabalho .....	118
5.1.2 Aspectos mais importantes da revisão bibliográfica .....	119
5.1.3 Breve relato do TPM na INTRAL S.A . .....	121
5.1.4 Breve relato dos resultados obtidos em decorrência da implementação do TPM .....	122
5.2 SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DO PROGRAMA .....	126
5.3 CONCLUSÃO FINAL DO AUTOR .....	127
ANEXO 1 – RESULT. OBTIDOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DO TPM .....	128
ANEXO 2 – VISÃO GERAL DAS MÁQUINAS E UTILIDADES .....	129
ANEXO 3 – LISTA DE DEFEITOS E PLANO DE AÇÃO .....	130
ANEXO 4 – LISTA DE FONTES DE CONTAMINAÇÃO .....	131

<b>ANEXO 5 – LISTA DE ÁREAS DE DIFÍCIL LIMPEZA .....</b>	<b>132</b>
<b>ANEXO 6 – LISTA DE SUGESTÕES DE MELHORAMENTOS .....</b>	<b>133</b>
<b>ANEXO 7 – CARTÃO TPM .....</b>	<b>134</b>
<b>ANEXO 8 – MINUTA DE REUNIÃO .....</b>	<b>135</b>
<b>ANEXO 9 – PADRÃO DE LIMPEZA .....</b>	<b>136</b>
<b>ANEXO 10 – PADRÃO DE LUBRIFICAÇÃO .....</b>	<b>137</b>
<b>ANEXO 11 – EXEMPLO IDENTIFICAÇÃO PONTO DE LUBRIFICAÇÃO .....</b>	<b>138</b>
<b>ANEXO 12 – TABELA DE ANOTAÇÕES .....</b>	<b>139</b>
<b>ANEXO 13 – PADRÃO DE INSPEÇÃO .....</b>	<b>140</b>
<b>ANEXO 14 – AUDITORIA DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA .....</b>	<b>141</b>
<b>ANEXO 15 – CRONOGRAMA IMPLEMENTAÇÃO MANUTENÇÃO AUTÔNOMA .....</b>	<b>144</b>
<b>ANEXO 16 – FOLHA DE COLETA DE DADOS .....</b>	<b>145</b>
<b>ANEXO 17 – FOLHA DE CÁLCULO .....</b>	<b>146</b>
<b>ANEXO 18 – PLANO DE AÇÃO ANUAL VISANDO A REDUÇÃO DO ÍNDICE UP / HORA .....</b>	<b>148</b>
<b>ANEXO 19 – PLANO DE AÇÃO PARA REDUÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA .....</b>	<b>149</b>
<b>ANEXO 20 – PLANO DE AÇÃO PARA REDUÇÃO NO CONSUMO DE ÁGUA ..</b>	<b>150</b>
<b>ANEXO 21 – PLANO DE AÇÃO PARA COMBATE AOS VAZAMENTOS DE AR COMPRIMIDO .....</b>	<b>151</b>
<b>ANEXO 22 – PLANO DE AÇÃO PARA COMBATE AS PERDAS DE NATUREZA ERGONOMÉTRICA .....</b>	<b>152</b>
<b>ANEXO 23 – DESCRIÇÃO DE CARGO .....</b>	<b>153</b>
<b>ANEXO 24 – CHECK-LIST PARA AVALIAÇÃO DE MANUTENIBILIDADE .....</b>	<b>154</b>
<b>ANEXO 25 – CHECK-LIST PARA AVALIAÇÃO DE FALHAS DE PROJETO ....</b>	<b>156</b>
<b>ANEXO 26 – AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTO .....</b>	<b>158</b>
<b>ANEXO 27 – EXEMPLO DE COMBATE AS FONTES DE CONTAMINAÇÃO ....</b>	<b>168</b>

<b>ANEXO 28 – EXEMPLO DE COMBATE A LOCAL DE DIFÍCIL LIMPEZA .....</b>	<b>170</b>
<b>ANEXO 29 – EXEMPLO DE COMBATE A LOCAL DE DIFÍCIL LUBRIFICAÇÃO .....</b>	<b>171</b>
<b>ANEXO 30 – EXEMPLO DE MELHORIA EM MÁQUINA .....</b>	<b>173</b>
<b>ANEXO 31 – EXEMPLO DE MELHORIA VISANDO À REDUÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA .....</b>	<b>174</b>
<b>ANEXO 32 – EXEMPLO DE MELHORIA VISANDO À REDUÇÃO NO CONSUMO DE ÁGUA .....</b>	<b>175</b>
<b>ANEXO 33 – EXEMPLO DE MELHORIA VISANDO À ELIMINAÇÃO DE PERDAS ERGONOMICAS .....</b>	<b>177</b>
<b>ANEXO 34 – AMBIENTE DE TRABALHO LIMPO, ORGANIZADO E SEGURO .....</b>	<b>178</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>181</b>
<b>APÊNDICE 1</b>	
<b>APÊNDICE 2</b>	

**LISTA DE QUADROS**

1	Estágios básicos da Troca Rápida de Ferramenta (TRF) .....	27
2	Programa de implementação dos 5S's .....	30
3	Classificação dos calendários de manutenção .....	36
4	Produção mensal por tipo de produto .....	54
5	Redução no tempo padrão de operação .....	104
6	Redução no consumo de óleo lubrificante e hidráulico .....	105
7	Equipes de trabalho destinadas à melhoria das máquinas e equipamentos .....	106
8	Resultados mensuráveis no setor onde estão sendo implementadas atividades de manutenção autônoma .....	123
9	Resultados mensuráveis no contexto geral da organização .....	124

## LISTA DE FIGURAS

1	Total gasto pelas empresas .....	4
2	Relação entre a redução dos custos de manutenção e o incremento nos lucros .....	5
3	Fórmula para o cálculo do Índice de Rendimento Operacional Global (IROG) .....	19
4	Os oito processos do MASP .....	26
5	Organização baseada na sobreposição de pequenos grupos .....	44
6	Volume anual de vendas dos exercícios 1996 a 2001 (em milhões de reais) .....	55
7	Evolução do índice de disponibilidade .....	94
8	Evolução do índice de performance .....	94
9	Evolução do índice de qualidade .....	94
10	Evolução do índice IROG .....	95
11	Redução na quebra de máquinas e ferramentas .....	97
12	Redução na quebra de máquinas .....	97
13	Anormalidades identificadas durante a limpeza inicial .....	98
14	Redução no tempo de limpeza .....	99
15	Redução no tempo de lubrificação .....	99
16	Redução prevista nos esforços de produção .....	100
17	Habilidade para executar tarefas de limpeza / inspeção antes do treinamento para TPM .....	101
18	Habilidade para executar tarefas de limpeza / inspeção após treinamento para TPM ...	101
19	Habilidade para executar tarefas de lubrificação antes do treinamento para TPM .....	101
20	Habilidade para executar tarefas de lubrificação após treinamento para TPM .....	101
21	Alterações no quadro de funcionários do setor de manutenção .....	102

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABC	- Activity Based Costing
ABRAMAN	- Associação Brasileira de Manutenção
CAD	- Computer Aid Design
CAM	- Computer Aid Manufacturing
CCQ	- Círculos de Controle da Qualidade
CEP	- Controle Estatístico do Processo
CMMS	- Computerized Maintenance Management Systems
FMEA	- Failure Mode and Effect Analysis
IROG	- Índice de Rendimento Operacional Global
JIPE	- Japan Institute of Plant Engineers
JIPM	- Japan Institute of Plant Maintenance
JIT	- Just in Time
LER	- Lesões por Esforço Repetitivo
MASP	- Método de Análise e Solução de Problemas
MPT	- Manutenção Produtiva Total
MRP	- Manufacturing Resources Planning
OEE	- Overall Equipment Effectiveness
PDCA	- Plan, Do, Check, Act
PM	- Productive Maintenance
RCM	- Reliability Centered Maintenance
TIG	- Tungsten Inert Gas
TPM	- Total Productive Maintenance
TQM	- Total Quality Management
TRF	- Troca Rápida de Ferramenta
UP	- Unidade de Medida da Produção
WCM	- World Class Manufacturing

## RESUMO

Esta dissertação de mestrado trata do tema *Total Productive Maintenance* (TPM) ou Manutenção Produtiva Total (MPT). O principal objetivo é avaliar sua contribuição no gerenciamento das atividades de manutenção industrial e como uma ferramenta da engenharia de processos para otimização dos processos de manufatura. A avaliação foi realizada com base em estudo de caso onde o TPM foi implementado em uma empresa do ramo eletro – eletrônico localizada na cidade de Caxias do Sul – RS. O plano de implementação foi elaborado baseado em revisão bibliográfica, a qual considerou o pensamento de autores nacionais e internacionais bem como a adequação do TPM levando em consideração a cultura e a realidade do sistema produtivo da empresa. A parte prática do programa envolveu a aplicação dos conceitos e filosofias fundamentais do TPM no sistema produtivo da empresa. Os principais resultados mensuráveis obtidos com a implementação, foram: (1) a elevação do Índice de Rendimento Operacional Global (IROG) de 0,552 para 0,634, observado nas máquinas consideradas restrição do sistema produtivo do setor (gargalos), (2) a redução nas quebras de máquinas em aproximadamente 45 %, (3) a criação de um ambiente que incentiva a participação dos funcionários com sugestões de melhorias, atingindo 3,2 sugestões de melhorias por funcionário por ano e, (4) reduções de 12,6 % de energia elétrica, 40 % no consumo de água e 797 litros de óleo lubrificante por ano. Entre os benefícios não mensuráveis destacam-se a criação de um ambiente de trabalho limpo, organizado e seguro, a formação de operadores multifuncionais e a eliminação de atmosfera de confronto que existia entre a operação e a manutenção. O estudo de caso também mostrou que o comprometimento da alta direção é fator fundamental para o sucesso do TPM.

## ABSTRACT

The subject of this thesis is Total Productive Maintenance (TPM). The main objective is to appraise the contribution of TPM in the management of the industrial maintenance activities, as a process engineering tool for optimization of manufacturing processes. The evaluation was performed based in a case study where TPM was implemented in a electronic device company located in Caxias do Sul – RS. The implementation plan was elaborated based on a bibliographic review, which considered the thoughts of national and international authors as well as the suitability of TPM concerning the culture and the reality of the company's production system. The practical part of the program involved the application of the concepts and fundamental philosophies of the TPM in the production system of the company. The foremost measurable results obtained with the implementation were: (1) the rise of the "OEE – Overall Equipment Effectiveness" from 0,552 to 0,634, observed on the bottleneck machines, (2) a reduction in the machines break down in approximately 45 %, (3) the creation of an environment that stimulate the participation of the employees with suggestions for improvements, reaching, 3,2 suggestions / employee / year, (4) reductions of 12,6 % in the consume of electric energy, 40 % in the consume of water and 797 liters of lubricant oil per year. Among the non – measurable benefits are the creation of a clean, organized and safe work environment, the formation of multifunctional operators, and the elimination of the confrontation atmosphere that existed between the operation and maintenance staffs. The case study has also shown that the engagement of the high administrators is a fundamental factor for the success of TPM.

# CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

## 1.1 COMENTÁRIOS INICIAIS

Os tempos em que a Manutenção era considerada apenas um centro de custo mal tolerado pelos dirigentes, e o que importava era o funcionamento e a produção dos equipamentos, já pertencem à pré-história desta atividade.

No atual cenário, de irreprimível competição, revelando tendência para um comércio sem fronteiras, a empresa nacional está completamente exposta aos padrões de qualidade, confiabilidade e produtividade do mercado internacional, derrubando antigos conceitos e filosofias já cristalizados pelo tempo.

Acadêmicos, cientistas, profissionais, políticos e meios sindicais – de trabalhadores e de empresários - estão numa constante busca por conceitos e recursos que possam traduzir para as empresas uma consistente melhoria de sua performance, numa tentativa de adequar-se a uma nova realidade, onde não há mais espaço para a limitação tecnológica, a qualidade medíocre, o retrabalho e o desrespeito ao meio ambiente. O desafio é trabalhar com índices crescentes de produtividade.

Neste modelo, onde o cliente, antes passivo e condescendente passa a auditar o processo produtivo e a exigir o cumprimento de especificações, onde novos investimentos são direcionados para equipamentos mais produtivos, mais automatizados e conseqüentemente mais complexos, onde qualidade traduz ações de produzir, manter, administrar, comprar e vender, é chegado o momento de reavaliar os padrões de manutenção e de promover melhorias nos processos de manufatura, adaptando-os à nova situação.

O modelo de manutenção e de melhorias nos processos de manufatura deve estar integrado a novas técnicas organizacionais que, por sua vez, estão associadas a novos padrões de organização da produção. Entre os novos padrões, destacam-se os programas de qualidade, a tecnologia de grupos, a manufatura celular e o *Just In Time* (JIT), os quais, em linhas gerais,

preconizam o comprometimento das pessoas para com a empresa e o produto e a integração do processo produtivo no que diz respeito à logística, projeto do produto e layout da fábrica.

O modelo de manutenção e de melhorias nos processos de manufatura também deve levar em consideração a evolução tecnológica das máquinas e equipamentos (automação) além do envolvimento do homem no processo e sua contribuição para solução dos problemas. Sob a lógica taylorista, era acentuado o corte entre a concepção e execução. A partir de novas formas de automação impõe-se um inter-relacionamento do operador na identificação e solução das causas primárias dos problemas que atingem as máquinas e os equipamentos, tanto ao nível de processo produtivo como na garantia da qualidade dos produtos. Isso faz com que se observe uma convergência entre produção material, atividades de manutenção, atividades de melhorias de processos e controle de qualidade.

Para tal, as empresas deverão buscar a passos largos a adequada capacitação tecnológica e o treinamento de operadores, supervisores e gerentes. Isso é essencial para permitir o desejado aumento de confiabilidade nas tarefas que resultarão em melhoria de qualidade e disponibilidade de máquinas. A ação do Engenheiro de Processos deverá situar-se no auxílio ao desenvolvimento de melhorias, no *refitting*, bem como na restauração da máquina para as condições ideais. Deverá, ainda, discutir e especificar projetos e encomendas de novas máquinas com características de manutenibilidade já embutidas no seu projeto.

Eliminar a poluição e preservar a ecologia também fazem parte deste cenário. De alagoes da natureza, as empresas, em geral, estão se tornando pólos irradiadores de práticas de proteção, conservação e educação ambiental. A atividade de manutenção deve acompanhar esta mudança de comportamento, revendo procedimentos e conceitos arraigados no histórico da atividade.

A importância que reveste as várias questões tratadas faz prever que novas e progressivas técnicas de manutenção e de melhorias dos processos de manufatura necessitam ser estabelecidas.

Existe um reconhecimento generalizado entre técnicos e especialistas de que o atual paradigma de eficiência e produtividade industrial é representado pelo chamado modelo japonês. Nascido nos EUA, mas criado e aperfeiçoado no Japão, o sistema gerencial

denominado *Total Productive Maintenance* (TPM) ou Manutenção Produtiva Total (MPT), teve como premissa básica garantir aos produtos nipônicos mais qualidade e maior produtividade e competitividade externa ao seu parque industrial, concentrando sua atenção na eliminação de perdas geradas por mau uso de equipamentos, de recursos humanos, restaurando as não conformidades e introduzindo pequenas melhorias através do desenvolvimento sistemático dos operadores. O TPM focaliza a manutenção como uma necessária e vitalmente importante parte do negócio, desvinculando-a de uma atividade não lucrativa para a empresa e colocando-a como parte integrante do processo de manufatura.

Entender e utilizar o TPM, bem como avaliar seus resultados em uma indústria do ramo eletroeletrônico, são os motivos que fundamentam a realização deste trabalho.

## 1.2 TEMA E IMPORTÂNCIA DO TEMA

O assunto de que trata esta dissertação é o gerenciamento das atividades de Manutenção Industrial e Engenharia de Processos fundamentado na filosofia gerencial e no conjunto de práticas e técnicas conhecido como *Total Productive Maintenance* (TPM) ou Manutenção Produtiva Total (MPT). O tema reveste-se de importância devido aos motivos a seguir expostos:

- a) Segundo Freyssenet, citado por Soares (1990), com a introdução da automação, a produção não depende mais do ritmo de trabalho dos operadores que alimentam as máquinas e deslancham o ciclo de produção. Na produção automatizada, é a própria linha que realiza a produção. Por outro lado, numa linha automatizada o volume e a qualidade de produção vão depender dos tempos de paralisação da linha, ou seja, do número e da duração dos incidentes que causam a parada;
- b) Segundo Nakajima (1989), o TPM busca a conquista da quebra zero/ falha zero das máquinas e equipamentos. Uma máquina sempre disponível e em perfeitas condições de uso propicia elevados rendimentos operacionais, diminuição dos custos de fabricação e redução do nível de estoques. A melhoria da performance de trabalho é indiscutível;

- c) De acordo com a Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN), citado por Ferrari (2000), as empresas brasileiras estão gastando mais para manter em perfeito estado os equipamentos de seu parque produtivo, conforme apresentado na Figura 1. Isto contribui para um vasto mercado de manutenção, que movimenta cerca de US\$ 34 bilhões por ano, equivalente a 3,6 % do Produto Interno Bruto nacional;

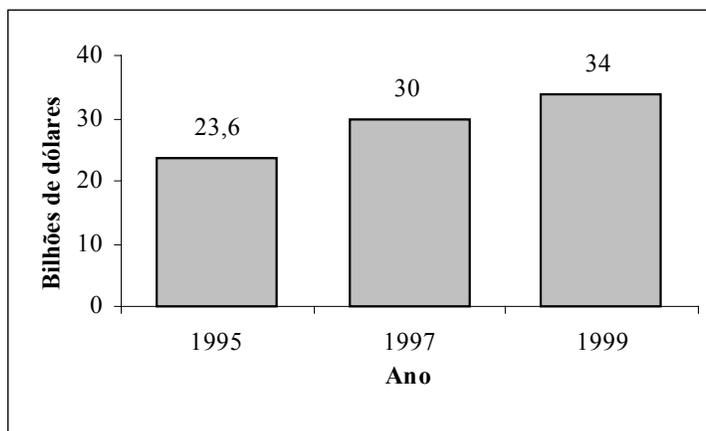


FIGURA 1 – Total gasto pelas empresas (Fonte: ABRAMAN)

- d) De acordo com Ferrari (2000), o custo anual de manutenção na média geral das indústrias brasileiras corresponde a 3,56 % do faturamento bruto dessas empresas, chegando em alguns segmentos a quase 7 %. Os investimentos em manutenção atingem hoje no Brasil US\$ 210 per capita, enquanto que nos Estados Unidos, Japão, Alemanha ou França esse valor supera os US\$ 1 mil por pessoa;
- e) Segundo Kardec e Nascif (1998), o custo anual de manutenção representa, em média, 4,39% do faturamento bruto das empresas e, por este motivo, uma mal conduzida redução de custo na manutenção pode levar à perda de faturamento e lucro da organização;
- f) Se um competidor possui um custo de manutenção equivalente a 4 % da movimentação financeira obtida com as vendas, e o seu custo de manutenção é de 7 % , então o competidor dispõe de uma vantagem de 3% que pode ser convertida em lucro, redução de preço de venda ou ser colocada em pesquisa e desenvolvimento (Wireman, 1992, p. 178);

- g) Conforme Wireman (1991), os custos de manutenção estão entre 15 e 40 % do total dos custos de produção. Uma redução de 10 % pode produzir um incremento nos lucros (antes dos impostos) de até 36 %, permitindo à empresa tornar-se mais competitiva em seu mercado. A Figura 2 representa comparativamente as economias que podem ser obtidas;

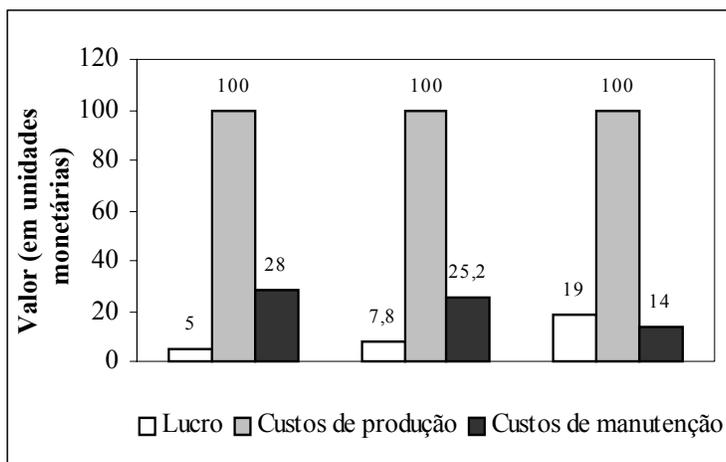


FIGURA 2 – Relação entre a redução dos custos de manutenção e o incremento nos lucros. (Fonte: Wireman, 1991, p. 11).

- h) Segundo Mirshawka e Olmedo (1994, p. 60), nos atuais estudos mundiais e alguns conduzidos por consultorias no Brasil chega-se à constatação de que 50% dos problemas de qualidade são devidos à manutenção incorreta;
- i) De acordo com Steinbacher & Steinbacher (1993), embora não existam regras fixas, certos temas são comuns entre empresas bem sucedidas em todo o mundo. Estes temas são a estrutura básica do que está se tornando conhecido como *World Class Manufacturing* (WCM) ou manufatura de classe internacional. As quatro estratégias chave do WCM, interdependentes e interligadas, são:
- *Total Quality Management* (TQM), ou Gerenciamento da Qualidade Total;
  - *Just in Time* (JIT), ou Exatamente a Tempo;
  - envolvimento total dos empregados;
  - *Total Productive Maintenance* (TPM) ou Manutenção Produtiva Total (MPT).

- j) De acordo com Kasra Ferdows e Arnaud De Mayer, citado por Slack (1996, p. 71), “a confiabilidade fornece estabilidade para a operação, dentro da qual melhoramentos futuros poderão ser realizados. Na verdade, alguns discutem que apenas quando uma operação atingiu certo grau de confiabilidade, vale a pena melhorar qualquer outro aspecto de desempenho da operação. Sem confiabilidade, os melhoramentos em velocidade, flexibilidade, qualidade e produtividade nunca atingirão o seu inteiro potencial”;
- k) Conforme Moura (1996), baseada em experiências de empresas que obtiveram o prêmio *PM Excellence Award*, o retorno do investimento na implementação do TPM é na ordem de 1/10 em três anos, podendo chegar a 1/100. Os investimentos são em treinamento e melhorias dos equipamentos;
- l) Empresas americanas como Ford, Eastman Kodak, Harley Davidson, Allen Bradley são alguns exemplos de empresas que anunciam aumento de produtividade em função da implantação com sucesso do TPM. A Kodak informa que um investimento de US\$ 5 milhões resultou em lucro de US\$ 16 milhões os quais podem diretamente ser atribuídos ao programa. Quase todas estas empresas anunciam também redução de 50 % ou mais no tempo de parada das máquinas, redução na quantidade de peças de reposição em estoque e diminuição do prazo de entrega dos seus produtos;
- m) Segundo Wireman (1991), empresas que implementaram o TPM obtiveram os seguintes benefícios:
- incremento de produtividade em até ..... 200 %
  - redução das quebras dos equipamentos em até ..... 500 %
  - redução de defeitos em até ..... 100 %
  - redução das reclamações de clientes em até ..... 50 %
  - redução de custos de mão de obra em até ..... 50 %
  - redução dos custos com energia em até ..... 30 %
  - redução do nível de inventários em até ..... 50 %
  - incremento nos giros de estoque em até ..... 100 %
  - incremento no número de sugestões em até ..... 200 %

- incremento na participação dos empregados nas atividades de pequenos grupos.
  - eliminação de violações à segurança do trabalho e meio ambiente.
- n) Segundo Suzuki, citado por Kelly (1997, p.239), os resultados obtidos por empresas que utilizam o TPM estão apresentados no Anexo 1;
- o) Toda a experiência concentrada em textos e livros relativos a sistemática de introduzir técnicas de TPM emanam da experiência japonesa. Estes textos usualmente ignoram as diferenças básicas entre a cultura de trabalho das empresas japonesas e ocidentais;

Tendo em vista os aspectos anteriormente relacionados, o estudo do tema é de fundamental importância, porque constitui fator crítico de sucesso para empresas que buscam a excelência em manufatura.

### 1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo geral do presente trabalho é avaliar a contribuição da filosofia gerencial e do conjunto de práticas e técnicas do TPM a partir de um estudo de caso realizado em uma empresa do setor eletro-eletrônico. O TPM será utilizado como balizador no gerenciamento das atividades das áreas de Manutenção Industrial e como instrumento da área de Engenharia de Processos na otimização das operações de fabricação e montagem da referida empresa. A avaliação será executada a partir de duas abordagens distintas, quais sejam:

a) Abordagem primeira:

Consistindo da mensuração dos indicadores abaixo relacionados, especificamente no setor onde serão implementadas as atividades de manutenção autônoma. São eles:

- eficiência global do equipamento medida através do Índice de Rendimento Operacional Global (IROG);
- defeitos em processo (sucata em ppm);
- redução no número de quebras de máquinas e ferramentas;

- número de problemas resolvidos;
- redução dos custos industriais de manufatura;
- redução no tempo necessário para limpeza e lubrificação das máquinas e equipamentos;
- número de sugestões de melhorias por funcionário;
- melhoria nas habilidades dos operadores;

b) Abordagem segunda:

Consistindo da mensuração dos indicadores abaixo descritos, relacionados à organização como um todo, levando em consideração atividades do TPM que possuem abrangência em todo o contexto da companhia. São eles:

- redução no custo / hora de manutenção;
- redução no consumo de energia elétrica;
- redução no consumo de água;
- redução no consumo de ar comprimido;
- redução no tempo padrão de operação em função do combate às perdas de natureza ergonômica;
- redução nos consumos de óleo lubrificante e hidráulico;
- redução no número de fornecedores de óleos lubrificantes;
- outras reduções observadas;
- melhoria das atividades desenvolvidas em grupo.

Como objetivos secundários este trabalho também pretende:

- a) Identificar os benefícios não mensuráveis provenientes da implementação do TPM;
- b) Avaliar as diferenças existentes entre o modelo clássico de implementação da filosofia do TPM proposto por Nakajima (1989) e o modelo utilizado na empresa em estudo;
- c) Observar a interação existente entre o TPM e o sistema de gerenciamento da qualidade fundamentado na Norma NBR ISO 9001;

- d) Relatar as experiências vivenciadas e as principais dificuldades encontradas para colocar em prática a filosofia do sistema gerencial TPM, a fim de permitir que outras empresas e / ou profissionais da área se beneficiem destes conhecimentos.

#### 1.4 METODOLOGIA DO TRABALHO

A metodologia que foi utilizada para atingir os objetivos ao qual se propõe este trabalho está a seguir descrita:

- a) Revisão bibliográfica sobre o tema, visando conhecer o pensamento original de diversos autores e as últimas informações a respeito do assunto. Para execução desta etapa foram consultadas obras técnicas, didáticas, científicas e periódicos;
- b) Observação dos métodos e técnicas empregados por empresas consideradas como bons modelos de organização e que implementaram ou estão em fase de implementação do TPM;
- c) Implementação da sistemática a partir da aplicação prática dos conceitos teóricos que definem o TPM, na empresa **INTRAL S.A INDÚSTRIA DE MATERIAIS ELÉTRICOS**, tradicional fabricante brasileiro de reatores para iluminação fluorescente e metálico e luminárias para lâmpadas fluorescentes;
- d) A partir das experiências vivenciadas, e com base nos objetivos inicialmente traçados, foram tecidas as conclusões sobre os resultados obtidos com a implementação da sistemática.

Vale esclarecer que o autor deste trabalho participou ativamente de todas as etapas deste processo, desde o diagnóstico dos problemas até a implantação das soluções, na condição de coordenador do processo de implementação do TPM, visto que desempenhava o cargo de supervisor das áreas de engenharia de processos e de manutenção na empresa em estudo. Assim sendo, este trabalho classifica-se no tipo de pesquisa usualmente designado por pesquisa-ação (Thiolent, 1996).

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado de forma a proporcionar um entendimento do tema, sob o ponto de vista conceitual, teórico e prático, consistindo de:

O capítulo 1, **Introdução**, fornece uma visão geral sobre a importância de estabelecermos um novo modelo no gerenciamento das atividades de manutenção que auxilie na promoção de melhoramentos nos processos de manufatura. A partir desta visão, são apresentados o tema, a justificativa da importância do tema e os objetivos para o qual se propõe o presente trabalho. Também é descrita a metodologia empregada para atingir os objetivos propostos, a organização dos capítulos e as limitações do trabalho realizado.

O capítulo 2, **Revisão Bibliográfica**, baseado na leitura de obras e periódicos, apresenta os principais conceitos do TPM, levando em consideração as diferentes formas como autores de origem oriental (de onde nasceu a metodologia), e de autores de origem ocidental (onde a metodologia se difunde a cada dia que passa) analisam e adequam o tema de acordo com as realidades e culturas das organizações. São abordados os principais componentes filosóficos, práticos e teóricos, a forma como a empresa deve se organizar e as principais etapas para seu desenvolvimento.

O capítulo 3, **Estudo de Caso**, descreve a empresa, faz um diagnóstico dos principais problemas do setor de manutenção, relata a forma como a empresa se organiza para promover melhoramentos nos processos de manufatura, aborda as atividades que estão sendo executadas para implementação da filosofia e relata as principais dificuldades encontradas.

O capítulo 4, **Resultados e avaliação**, descreve os resultados obtidos com a implementação do TPM, tendo em vista os objetivos inicialmente traçados. Também estabelece um paralelo entre as etapas previstas no método clássico e no modelo implementado na organização em estudo, descreve a interação observada entre o TPM e o sistema de gerenciamento da qualidade fundamentado na norma NBR ISO 9001 e relata as principais dificuldades encontradas para implementação da filosofia,

No capítulo 5, **Conclusões**, é executada a revisão geral do trabalho abrangendo os principais tópicos abordados e breve relato dos resultados mais significativos tendo como

referência os objetivos estabelecidos. A partir da experiência vivenciada durante a elaboração do trabalho, são sugeridas melhorias para continuidade do programa de implementação e tecidas algumas conclusões pessoais do autor sobre o tema.

## 1.6 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Os tópicos a seguir relacionados, embora importantes no contexto do TPM e da empresa analisada, deliberadamente não serão abordados, ou serão abordados apenas superficialmente:

- aspectos financeiros relativos à implementação da filosofia gerencial e do conjunto de práticas e técnicas do TPM;
- discussão de técnicas de Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM);
- discussão sobre sistemas informatizados de controle da manutenção;
- discussão de técnicas específicas de manutenção de equipamentos;
- discussão de técnicas de manutenção preditiva.

## CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ORIGENS DO TPM

Após a segunda grande guerra mundial, a indústria japonesa concluiu que somente com produtos de mais alta qualidade poderia concorrer no mercado mundial. Para isso, importou dos Estados Unidos da América um grande número de técnicas de manufatura e gerenciamento e adequou-as à sua milenar cultura e necessidades.

O termo TPM foi originado na empresa General Electric há mais de quarenta anos (Steinbacher & Steinbacher, 1993).

Segundo Slack (1993), no Japão, onde a MPT se originou, ela é vista como uma extensão natural na evolução de manutenção corretiva para manutenção preventiva. Conforme Senju (1992), os primeiros contatos das empresas japonesas com técnicas americanas de manutenção ocorreram com a apresentação e adoção da *preventive maintenance*, ou manutenção preventiva, cujo objetivo era o de prevenir as paradas dos equipamentos.

Após esta fase inicial, o conceito foi expandido, no sentido de acrescentar à atividade de manutenção esforços destinados a evitar defeitos de qualidade, provocados pela degradação e mau funcionamento dos equipamentos. Muito cedo, a manutenção percebeu que as pessoas que utilizavam o equipamento eram as que melhor os conheciam, devendo as mesmas ser consultadas nos reparos e modificações, tornando possível retrabalhar o equipamento para produzir uma melhor qualidade. Como resultado, tornou-se irreal caracterizar este modelo de manutenção como *preventive maintenance*, e o termo *Productive Maintenance* (PM), ou manutenção produtiva, foi considerado mais apropriado.

Desta forma, a participação de todos os empregados nas atividades de melhoria dos equipamentos estava nascendo. Na busca de soluções pró-ativas, o departamento de manutenção passou a trabalhar mais ativamente com as equipes de produção, departamento de engenharia, desenvolvimento de recursos humanos e todos os departamentos da companhia,

tornando-se então *Total Productive Maintenance* (TPM) ou Manutenção Produtiva Total (MPT). Esta é a razão do “T” em frente das iniciais “PM”.

A primeira companhia japonesa a implementar o TPM foi a Nippondenso Co., fabricante de componentes elétricos para a indústria automobilística, e pertencente ao grupo Toyota, a qual, foi distinguida, em 1971, com o prêmio *PM Excellence Award*, em reconhecimento aos resultados alcançados. A Nippondenso também se tornou a primeira companhia modelo para o *Japan Institute of Plant Engineers* (JIPE), por seus esforços na promoção do TPM.

Conforme Nakajima, citado por Senju (1992), o prêmio *PM Excellence Award* foi inaugurado em 1964, e era concedido a companhias onde a equipe de manutenção estivesse aplicando com sucesso a manutenção da fábrica no estilo americano. O critério foi modificado em 1971, passando então a considerar somente companhias que mostrassem bons resultados com programas de TPM envolvendo todos os departamentos e funcionários, desde a alta direção até os trabalhadores do chão de fábrica.

Mais recentemente, e de forma modificada, o TPM começou a ser implementado nas indústrias de processos. No ano de 1995, existiam em torno de 800 empresas japonesas utilizando o TPM (Kelly, 1997). No Brasil, o TPM foi apresentado pela primeira vez em 1986 (Kardec e Nascif, 1998) durante visita do reputado fundador do TPM e vice chairman do *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), Seiichi Nakajima (Senju, 1992).

## 2.2 CONCEITO E OBJETIVOS DO TPM

A definição dos conceitos e objetivos do TPM não é uma questão de fácil resposta, uma vez que cada organização tem sua própria interpretação (Kelly, 1997).

Conforme Davis (1995), o TPM, em seu sentido mais amplo, é uma filosofia e uma coleção de práticas e técnicas, desenvolvida pela indústria japonesa e destinada a maximizar a capacidade dos equipamentos e processos que são utilizados pela companhia. Ele não se destina somente para a manutenção destes equipamentos, mas também para todos os aspectos relacionados a sua instalação e operação, e sua essência reside na motivação e no enriquecimento pessoal das pessoas que trabalham dentro da companhia.

Uma completa definição e conceituação do TPM é fornecida pelo JIPM, citado por Salvendy (1992), e inclui os cinco elementos que seguem:

- a) O TPM visa mudar a cultura da organização a fim de otimizar o rendimento geral das instalações e equipamentos;
- b) O TPM estabelece um sistema para prevenir todos os tipos de perdas relacionadas com o equipamento e com o local de trabalho (zero acidentes, zero defeitos de qualidade, zero quebras);
- c) O TPM é implementado não somente pelos departamentos relacionados com a produção, mas também por todos os outros departamentos, tais como, desenvolvimento de produtos, vendas, administração, etc.;
- d) O TPM envolve todos os empregados, desde a alta direção até os trabalhadores do chão de fábrica;
- e) O TPM atinge zero perdas através das atividades de manutenção autônoma conduzidas pela produção.

## 2.3 OTIMIZAÇÃO NO RENDIMENTO DAS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

O TPM visa maximizar a performance operacional das máquinas (Nakajima, 1989), objetivo este que está diretamente relacionado com o combate das perdas relacionadas ao equipamento, ou seja, das condições que fazem com que as máquinas sejam menos eficazes do que elas realmente poderiam ser (The Productivity Development Team, 1999).

De acordo com Davis (1995), todos os equipamentos estão sujeitos a algum tipo de perda. Com o objetivo de otimizar o rendimento das instalações e equipamentos, faz-se necessário reconhecer, medir e reduzir estas perdas. Em termos de TPM, elas são conhecidas como “as seis grandes perdas”.

### 2.3.1 As seis grandes perdas

Segundo Nakajima, citado por Salvendy (1992), as “seis grandes perdas” relacionadas aos equipamentos são:

- a) Perda por parada
  - perdas por quebra devido a falhas do equipamento
  - perdas durante a mudança de linha (*setup* e ajustes)
  
- b) Perda de velocidade
  - perdas por pequenas paradas e operação em vazio
  - perdas por redução da velocidade de operação
  
- c) Produtos defeituosos
  - perdas por defeitos de qualidade e retrabalhos
  - perdas de rendimento

#### 2.3.1.1 Perdas por quebras devido à falha dos equipamentos

De acordo com The Productivity Development Team (1999), são as perdas que ocorrem quando as máquinas quebram e permanecem paradas até que os reparos sejam completados. Conforme Tajiri e Gotoh (1992), consistem no tempo exigido para o reparo e nas peças de reposição necessárias para consertar o equipamento.

#### 2.3.1.2 Perdas durante a mudança de linha (*setup* e ajustes)

De acordo com The Productivity Development Team (1999), são as perdas decorrentes do tempo necessário de preparação da máquina para um produto diferente e, conforme Rodrigues e Antunes [1994?], consistem no tempo decorrente do momento em que a máquina interrompe a sua operação precedente até o início da operação subsequente, com qualidade apropriada, incluindo o tempo consumido para a mudança de linhas e ajustes necessários.

#### 2.3.1.3 Perdas devido a pequenas paradas ou operação em vazio

Conforme Wireman (1991) são as perdas que ocorrem quando o equipamento necessita ser parado por alguns minutos ou trabalha sem carga devido a deficiências no fluxo

do processo ou da linha de montagem, exigindo pronta intervenção do operador para que a linha volte a produzir normalmente (Kardec e Nascif, 1998), durando menos de quatro minutos (Sekine e Arai, 1998).

#### 2.3.1.4 Perdas por queda de velocidade de produção

São as perdas causadas pela redução da velocidade de operação, nas quais o equipamento não pode ser operado na velocidade original ou teórica. Em velocidades mais altas, defeitos de qualidade e pequenas paradas ocorrem com frequência. Desse modo, o equipamento opera em velocidades mais moderadas (Tajiri e Gotoh, 1992).

#### 2.3.1.5 Perdas por defeitos de qualidade e retrabalhos

São as perdas causadas pela fabricação, durante a operação normal, de produtos defeituosos ou fora das especificações. Estes produtos devem ser retrabalhados ou sucateados. As perdas consistem no trabalho requerido para retrabalhar os produtos e no custo do material a ser sucateado (Tajiri e Gotoh, 1992).

#### 2.3.1.6 Perdas por queda de rendimento

São as perdas que ocorrem cada vez que o processo deve ser interrompido e reiniciado (Wireman, 1991). Estas perdas podem envolver a produção de produtos defeituosos enquanto o equipamento atinge certos parâmetros de operação, tais como velocidade ou temperatura.

### 2.3.2 Outros tipos de perdas

Conforme Wireman (1991), existem outros tipos de perdas além das citadas, as quais são auto explicativas. Estas perdas incluem a mão de obra utilizada para recuperar a produção perdida, geralmente a um custo extra e as perdas de energia envolvidas no processo.

Yamashita, citado por Dias (1997), destaca que a eficiência dos equipamentos pode ser aumentada através da eliminação criteriosa das dezesseis perdas principais em equipamentos. Assim sendo, além das seis grandes perdas já relacionadas, devem ser destacadas as perdas a seguir relacionadas:

#### 2.3.2.1 Perdas por acionamento

Correspondem ao período gasto para estabilização das condições no acionamento, funcionamento e usinagem relacionadas ao desempenho dos equipamentos.

#### 2.3.2.2 Perdas por desligamento (desacionamento) de equipamentos

Correspondem a paralisação de alguma linha, por sua vez causada pelo desligamento de equipamentos durante o estágio de produção, para execução tanto das manutenções / inspeções periódicas quanto das inspeções legais programadas.

#### 2.3.2.3 Perdas por controle

São as perdas causadas pela diferença de nível de capacitação necessária para colocação em funcionamento e para finalização do trabalho.

#### 2.3.2.4 Perdas por movimento

As perdas por movimento são constituídas pela perda decorrente de problemas administrativos como o tempo de espera de materiais, carros para transporte, ferramentas, etc.

#### 2.3.2.5 Perdas por desorganização das linhas

São as perdas resultantes de situação em que uma única pessoa manipula mais de um equipamento ao mesmo tempo, incluindo a perda causada por organização inadequada das linhas.

#### 2.3.2.6 Perdas por falhas logísticas

Correspondem ao tempo de mão de obra gasto em trabalhos logísticos (transporte de produtos, deslocamento de matérias primas, etc.) executadas por elementos cujas atribuições não incluem tais funções, além do tempo adicional gasto pelos próprios encarregados dessas funções em decorrência de falhas em equipamentos.

#### 2.3.2.7 Perdas por medição e ajustes

São as perdas derivadas do tempo gasto em medições e ajustes, por sua vez executados como medidas preventivas contra o descarte de materiais ou produtos defeituosos.

#### 2.3.2.8 Perdas por desperdício de energia

São as perdas constituídas pela energia aplicada (eletricidade, gás, combustível, etc.) que não são utilizadas com eficiência no processamento industrial.

#### 2.3.2.9 Perdas de rendimento de material

Correspondem à diferença entre o peso das matérias primas utilizadas na fabricação e o peso dos respectivos produtos acabados com qualidade aprovada.

#### 2.3.2.10 Perdas por moldes, ferramentas e gabaritos

Corresponde às despesas adicionais efetuadas para substituição ou recondicionamento de moldes, ferramentas e gabaritos, decorrentes tanto de quebras, quanto de desgastes pelo uso.

### 2.3.3 Cálculo do rendimento dos equipamentos

De acordo com Tajiri e Gotoh (1992), as seis grandes perdas são apresentadas em três índices, quais sejam, índice de disponibilidade, índice de performance e índice de qualidade. O seu efeito multiplicativo é mostrado na Figura 3 e é chamado de *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) ou Índice de Rendimento Operacional Global (IROG).

Segundo Wireman (1991), para uma empresa japonesa estar apta a competir para o prêmio *PM Excellence Award*, o IROG deve ser maior que 0,85, índice este igualmente necessário para uma empresa ser classificada como sendo do tipo manufatura de classe internacional (Steinbacher & Steinbacher, 1993).

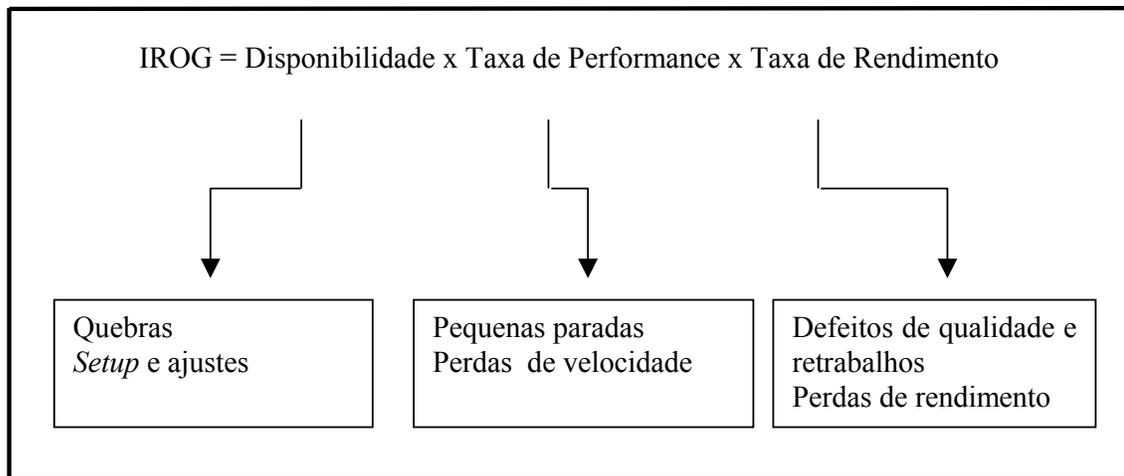


FIGURA 3 – Fórmula para o cálculo do Índice de Rendimento Operacional Global (IROG)

### 2.3.3.1 Índice de disponibilidade

Conforme Murphy et al. (1996), o índice de disponibilidade representa o tempo em que o equipamento está disponível para o processamento de produtos, sendo calculado através da expressão:

$$\text{Índice de disponibilidade} = \frac{\text{tempo de carga} - \text{perda de tempo por quebra e set - up}}{\text{tempo de carga}}$$

onde, tempo de carga é o tempo que estava planejado para o equipamento estar em operação subtraído do tempo de parada programado.

Segundo Davis (1995), frequentemente ocorrem discussões relacionadas à definição do tempo de carga e se certos fatores devem ou não ser incluídos. Caso fatores humanos sejam incluídos no cálculo, o índice de disponibilidade poderá ser percebido como medida de performance do operador e não apenas do equipamento e, em tais casos, poderá causar alguma rejeição por parte dos operadores quanto à implementação do TPM.

Conforme Nakajima, citado por Salvendy (1992), baseado na experiência japonesa, o índice de disponibilidade atende às expectativas quando for superior a 0,90.

### 2.3.3.2 Índice de Performance

Segundo Davis (1995), o índice de performance é a relação entre o que foi realmente produzido em determinado período de tempo sobre o que seria esperado de ser produzido neste dado período de tempo, e pode ser calculado de duas maneiras:

- a) Para sistemas de produção onde grandes volumes são produzidos em um tempo relativamente curto:

$$\text{Índice de performance} = \frac{\text{quantidade produzida}}{\text{tempo trabalhado} \times \text{capacidade} / \text{tempo trabalhado}}$$

- b) Para sistemas de produção onde poucas peças são produzidas por dia, por semana ou até mesmo por mês ou por ano:

Conforme Nakajima, citado por Salvendy (1992) e Nachi - Fujikoshi Corporation (1990), o índice de performance pode ser calculado através da expressão:

$$\text{Índice performance} = \frac{\text{Quant. processada} \times \text{tempo de ciclo real}}{\text{tempo de operação}} \times \frac{\text{tempo de ciclo teórico}}{\text{tempo de ciclo real}}$$

Sendo que:

- tempo de ciclo teórico é o tempo planejado para que a operação seja executada;
- tempo de ciclo real é o tempo realmente obtido para a execução da operação;
- tempo de operação refere-se ao tempo durante o qual o equipamento está realmente em operação.

Conforme Nakajima, citado por Salvendy (1992), baseado nas experiências japonesas, o índice de performance é considerado bom se for superior a 0,95.

### 2.3.3.3 Índice de Qualidade

Segundo Davis (1995), o índice de qualidade é a relação entre o número de produtos bons sobre o total de produtos produzidos durante um determinado período de tempo, e pode ser calculado da seguinte forma:

$$\text{Índice de qualidade} = \frac{\text{quantidade processada} - \text{quantidade de defeitos}}{\text{quantidade processada}}$$

Conforme Nakajima, citado por Salvendy (1992), baseado nas experiências japonesas, ele é considerado satisfatório se for superior a 0,99.

## 2.4 QUEBRA ZERO

O TPM busca a quebra zero / falha zero das máquinas e equipamentos (Nakajima, 1989), sendo este outro conceito fundamental, uma vez que a quebra ou falha é o principal fator que prejudica a otimização do rendimento das instalações e equipamentos.

Segundo a ABRAMAN, quebra ou falha é definida como a “perda da habilidade de um item (sistema, máquina, parte) de executar sua função especificada” e conforme Nakajima, citado por Salvendy (1992), a partir da definição é possível dividir as quebras em duas categorias: quebras com perda total da capacidade e quebras com redução parcial da capacidade.

- a) Quebras com perda total da capacidade: são as quebras que ocorrem de forma inesperada e fazem com que todo o funcionamento do equipamento seja interrompido;
- b) Quebra com redução parcial da capacidade: são as quebras que não causam a interrupção da produção, porém resultam em várias perdas, tais como defeitos e pequenas paradas.

De acordo com Tajiri e Gotoh (1992), a estratégia básica para atingir a quebra zero é expor os defeitos ocultos e deliberadamente parar as máquinas, periodicamente e de forma planejada, antes da ocorrência das quebras, a fim de efetuar os reparos que se fizerem necessários.

Segundo Kardec e Nascif (1998), é importante observar que a afirmação “a máquina nunca pode parar” é totalmente diferente de “a máquina não pode parar durante o período em que foi programada para operar”.

Nakajima, citado por Salvendy (1992), destaca cinco tipos de ações para revelar os defeitos ocultos e trata-los adequadamente. São elas:

- a) Manter as condições básicas para a operação do equipamento (limpeza, lubrificação e aperto das partes soltas);
- b) Operar os equipamentos dentro das condições e limites estabelecidos;
- c) Recuperação das degenerações;
- d) Corrigir pontos fracos decorrentes do projeto do equipamento;
- e) Melhorar as habilidades da operação e manutenção, de modos que ambos possam perceber, diagnosticar e atuar convenientemente.

#### **2.4.1 Papéis da produção e da manutenção para atingir a quebra zero / falha zero**

De acordo com Tajiri e Gotoh (1992), a cooperação mútua entre os departamentos de produção, manutenção e engenharia da fábrica é a chave para atingir a quebra zero.

Para executar com sucesso as cinco ações citadas, o departamento de produção terá, além de suas tarefas convencionais relacionadas com a produção, a responsabilidade da manutenção de rotina básica. Este esforço suplementar dos operadores é chamado de manutenção autônoma. Por sua vez, o departamento de manutenção ficará a cargo de uma manutenção mais sofisticada, responsável por fornecer suporte técnico para as atividades de manutenção autônoma do departamento de produção.

#### **2.5 ESCOPO E CONTEÚDO DO TPM**

De acordo com Nakajima, citado por Salvendy (1992), existem cinco atividades interdependentes, representando os requisitos mínimos para o desenvolvimento do TPM, e que são:

- a) Implementação de melhorias nas máquinas e equipamentos;
- b) Estruturação para condução da manutenção autônoma;
- c) Estruturação do departamento de manutenção para condução da manutenção planejada;
- d) Capacitação técnica e busca de novas habilidades tanto para os elementos da produção como da manutenção;
- e) Estruturação para controle dos equipamentos já na fase inicial de funcionamento.

### **2.5.1 Implementação de melhorias nas máquinas e equipamentos**

Segundo The Japan Institute of Plant Maintenance (1997), a implementação de melhorias nas máquinas e equipamentos é um dos principais pilares do TPM e destina-se especificamente ao combate das perdas relacionadas ao equipamento que reduzem o IROG.

#### **2.5.1.1 Critérios para selecionar projetos de melhorias**

Os principais critérios para selecionar projetos de melhorias nas máquinas e equipamentos são:

- a) Análise do IROG

Conforme Davis (1995), a análise do IROG mostrará os maiores problemas e o seu efeito sobre a performance das áreas. Uma pequena equipe de projeto, abrangendo pessoal com habilidades adequadas para analisar e corrigir a falha, deverá estabelecer e justificar o projeto de melhoramento, utilizando como referência uma estimativa de elevação no IROG.

Segundo Antunes [1994?], o uso de indicadores nas máquinas que restringem a produção deve ser analisado criticamente. Do ponto-de-vista do ótimo global dos sistemas produtivos, o IROG deve ser sempre considerado um indicador local, subordinado aos indicadores hierarquicamente superiores do sistema produtivo.

b) Análise dos esforços de produção mediante a utilização da Unidade de Medida da Produção (UP)

Conforme Allora e Allora (1995), o sistema de UP's é um método técnico de custeio da produção, pelo qual são medidos os esforços de produção de cada operação elementar de trabalho, os esforços de produção desenvolvidos no curso de uma operação de trabalho para fabricação de um determinado produto e o esforço de produção total necessário, no curso das diferentes operações de trabalho para fabricar cada produto acabado.

Para o cálculo da UP são definidas todas as operações de fabricação e seus respectivos postos operativos, quer sejam eles constituídos por máquinas ou por operações manuais. Codificam-se tecnicamente todos estes postos operativos. Para cada posto operativo, calculam-se os custos – valores de seus esforços unitários e, assim, fixam-se estes esforços em custos – valores / hora, denominados foto-índices. Através de um cálculo matemático de concepção própria, transformam-se todos os foto-índices em UP / hora. Para cada produto haverá uma folha de processo e os tempos em cada processo. Multiplicam-se estes tempos pelas UP / hora de cada posto operativo, somando-se e obtendo-se o valor em UP de cada produto.

Ainda segundo Allora e Allora (1995), diferentemente dos métodos contábeis de custeio, cuja origem é contábil e as unidades são monetárias, o método das UP's é expresso em unidade de medida constante no tempo, sendo calculado com tecnologia de engenharia econômica, indicando não somente o custo de um produto, mas também os custos de seu processo, passo a passo, máquina por máquina, operação por operação. Desta forma, a fábrica pode conhecer seus custos detalhados e verificar onde há pontos fracos e agir para melhorá-los.

c) Análise das restrições

Conforme Goldratt e Fox (1989), a criação de um processo focalizado de melhoramento contínuo exige que conheçamos a localização das restrições reais (gargalos) das nossas fábricas. Feito isso, devemos determinar os fatores de restrição, os quais determinarão onde concentrar os melhoramentos. Eles não nos dizem o que causou a interrupção. Devemos analisar a origem para determinar a causa principal dos maiores fatores de interrupção.

Segundo Goldratt e Fox (1989), a aplicação focalizada da técnica correta de melhoramento de produtividade reduz as interrupções e elimina as discrepâncias mais significativas nos nossos estoques intermediários, aumentando a vantagem competitiva da fábrica.

De acordo com Nachi-Fujikoshi Corporation (1990), geralmente as restrições são causadas por discrepâncias entre o tempo de ciclo das operações e as capacidades produtivas entre os vários processos.

#### 2.5.1.2 Métodos para combater as perdas relacionadas ao equipamento

De acordo com Davis (1995), existe um grande número de métodos que podem ser utilizados para analisar as falhas e estabelecer a causa fundamental dos problemas relacionados aos equipamentos.

Conforme Nakajima (1989), para a eliminação das seis grandes perdas poderão ser utilizadas técnicas preconizadas pela engenharia industrial e de controle de qualidade. Entre estas técnicas, destacam-se:

a) Método de Análise e Solução de Problemas (MASP)

De acordo com Fundatec (1993), o MASP, também chamado pelos japoneses de *QC Story*, é uma abordagem sistemática de solução de problemas, inserida no contexto da qualidade total (estilo japonês), destinada à eliminação das causas importantes / fundamentais dos problemas. O método segue oito processos, que

são na realidade o ciclo do PDCA (P=Plan D=Do C=Check A=Act) para o melhoramento, conforme apresentado na Figura 4.

Danilevicz e Echevest (1999) destacam a relação entre as etapas do método e as principais ferramentas de controle de qualidade aplicáveis a cada etapa, conforme apresentado no Apêndice 1. Para Fundatec (1993) é importante ressaltar a diferença entre método e ferramentas. O método é a seqüência lógica para se atingir uma meta desejada e as ferramentas são os recursos a serem utilizados no método.

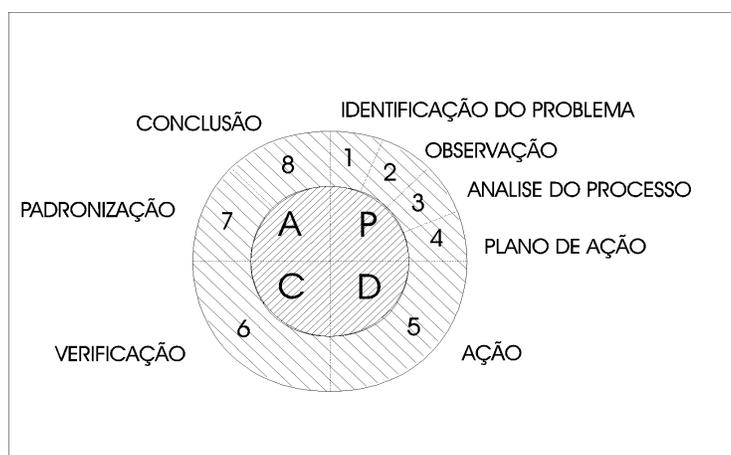


FIGURA 4 – Os oito processos do MASP

b) Análise P-M (PM – *Phenomenon Mechanism* – Mecanismo do fenômeno)

De acordo com Nakajima (1989) para a condução da referida técnica recomenda-se os seguintes passos:

- delineamento da conjuntura;
- análise da fenomenologia sob o ponto de vista físico;
- definição do mecanismo condicionador;
- busca da correlação entre máquina, matéria prima e método de trabalho;
- análise crítica do levantamento efetuado;
- afloramento das inconveniências;
- elaboração do plano de melhoria.

c) Técnicas de Troca Rápida de Ferramenta (TRF)

A adoção de técnicas de TRF é a maneira mais eficaz de melhorar o *setup*, auxiliando na melhoria da produção como um todo (Shingo, 1996). A TRF passa por quatro estágios básicos, conforme mostrado no Quadro 1.

QUADRO 1 – Estágios básicos da TRF

Estágio	Descrição
Um	Estágio preliminar. Não é feita nenhuma distinção entre o <i>setup</i> interno e externo.
Dois	É o estágio mais importante da TRF e implica na separação das operações de <i>setup</i> interno (operações que devem ser executadas somente quando a máquina estiver parada) das operações de <i>setup</i> externo (operações que devem ser concluídas enquanto a máquina está funcionando).
Três	Analisar a operação de <i>setup</i> para determinar se alguma das atividades consideradas como de <i>setup</i> interno podem ser convertidas em <i>setup</i> externo.
Quatro	Examinar as operações de <i>setup</i> interno e externo para observar adicionais oportunidades de melhoria.

Conforme The Japan Institute of Plant Maintenance (1997), um importante fato a lembrar é que o primeiro produto produzido após a troca da ferramenta deve ser de alta qualidade. Ajustes e tentativas de produção podem ser eliminados se o equipamento, ferramentas e dispositivos forem mantidos dentro dos níveis de precisão adequados e se houver uma clara definição das partes que devem ser padronizadas.

### 2.5.2 Estruturação para condução da manutenção autônoma

Conforme Steinbacher & Steinbacher (1993), as atividades de manutenção autônoma realizadas pelos operadores são o componente mais elementar do TPM – a espinha dorsal da

estratégia, e segundo Xenos (1998), é uma estratégia simples e prática para envolver os operadores dos equipamentos nas atividades de manutenção diárias, tais como a inspeção, limpeza e lubrificação.

#### 2.5.2.1 Objetivos da manutenção autônoma

Segundo Xenos (1998), o objetivo fundamental da manutenção autônoma é evitar, no dia a dia da produção, a deterioração dos equipamentos, detectando e tratando suas anomalias num estágio inicial, antes que estas se desenvolvam e resultem em falhas.

Conforme Tajiri e Gotoh (1992), as atividades de manutenção autônoma têm dois objetivos. Sob a perspectiva do homem, ela promove o desenvolvimento de operadores com capacidade para detectar sinais de perdas. Sob a perspectiva do equipamento, ela estabelece um chão de fábrica ordenado, onde qualquer desvio das condições normais pode ser rapidamente detectado por qualquer um.

Conforme Nachi – Fujikoshi Corporation (1990), os objetivos da manutenção autônoma são:

- a) Eliminar as seis grandes perdas e elevar a capacidade geral dos equipamentos através das atividades de pequenos grupos;
- b) Treinar os operadores em conhecimentos e habilidades relacionados ao equipamento;
- c) Melhorar o equipamento, mudar a forma de pensar dos operadores e revitalizar o ambiente de trabalho.

#### 2.5.2.2 Atividades de manutenção para o departamento de produção:

De acordo com Tajiri e Gotoh (1992), os trabalhos de manutenção a serem executados pelo pessoal de produção são:

- a) Restauração das partes deterioradas

- estabelecer e manter as condições básicas do equipamento (limpeza, lubrificação e aperto das partes soltas);
- executar ajustes no equipamento durante a operação ou troca de ferramentas;
- registrar dados relativos a quebras, pequenas paradas e defeitos de qualidade;
- colaborar com a manutenção nos reparos ou melhoria dos equipamentos.

b) Inspeccionar o equipamento através dos cinco sentidos

- executar inspeção de rotina;
- executar parte da inspeção periódica.

c) Prevenir a deterioração

- executar pequenos reparos;
- informar de forma rápida e precisa, ao departamento de manutenção, a ocorrência de quebras ou defeitos de qualidade;
- auxiliar o pessoal de manutenção nos reparos do equipamento.

### 2.5.2.3 Atividades do departamento de manutenção voltadas à manutenção autônoma:

De acordo com Tajiri e Gotoh (1992), o papel da manutenção é:

a) Restaurar partes deterioradas

- corrigir a deterioração do equipamento após a ocorrência de quebras. Isto se tornará desnecessário quando o TPM estiver implementado com sucesso;
- conduzir inspeções periódicas.

b) Inspeccionar o equipamento

- conduzir diagnóstico dos equipamentos e monitoramento das condições à fim de estimar a vida de partes críticas;
- conduzir trabalhos especializados de manutenção.

## c) Prevenir a deterioração

- planejar e gerenciar trabalhos de manutenção à serem sub-contratados;
- incrementar a confiabilidade e a manutenibilidade do equipamento.
- gerenciar informações relacionadas aos melhoramentos e à prevenção de manutenção e submetê-las ao departamento de engenharia.

## 2.5.2.4 Instituir e manter um ambiente de trabalho limpo e organizado

Segundo Davis (1995), este componente do TPM é conhecido como os 5S's, sendo considerada uma atividade complementar as atividades de manutenção autônoma. O objetivo é mudar qualitativamente o pensamento e o comportamento das pessoas e, através dessas mudanças, alterar a qualidade da manutenção do equipamento e do ambiente de trabalho (Dias, 1997).

De acordo com Sekine e Arai (1998), a iniciativa para implementação dos 5 S's deve partir da alta direção da organização, obedecendo aos estágios apresentados no Quadro 2.

QUADRO 2 – Programa de implementação dos 5S's

5S	Objetivo	Passos para atingir o objetivo		
		Estágio 1	Estágio 2	Estágio 3
Seiri (Organização)	Criar linhas de produção organizadas e de fluxo regular	Eliminar itens desnecessários	Criar linhas de produção compactas	Criar linhas de produção simples e automatizadas
Seiton (Ordem)	Cada coisa em seu lugar	Criar contenedores padronizados	Implementar o processo de pré setup	Produção fornecida just-in-time
Seiso (limpeza)	Criar ambiente de trabalho limpo e agradável	Melhorar a superfície do piso	Os gerentes são responsáveis por apanhar sobras	Melhorar o forro do teto
Seiketsu (Asseio)	Manter um processo de manufatura limpo	Melhorar o restaurante e áreas de descanso	Remodelar os toaletes	Melhorar a iluminação (2000 lux)
Shitsuke (Disciplina)	Alcançar local de trabalho bem educado	Campanha de cortesia	Todas as coisas e com delicadeza e educação	Campanha para implementar senso de perfeição.

Sekine e Arai (1998) estabelecem dez princípios básicos para implementação dos 5 S's, quais sejam:

- a) Ter em mente que o objetivo mais importante é a obtenção de um fluxo de produção ordenado e isento de restrições;
- b) Não permitir que produtos inacabados prejudiquem o fluxo de produção;
- c) O segredo da organização é posicionar os objetos de acordo com sua frequência de uso e estar certo de que eles possam facilmente retornar para o local adequado;
- d) Distinguir entre itens necessários e desnecessários, e livrar-se imediatamente dos desnecessários;
- e) Todos devem ser responsáveis pela manutenção de um ambiente de trabalho limpo e ordenado, incluindo a alta direção;
- f) A atividade de limpar é uma oportunidade para inspecionar o equipamento;
- g) Os toaletes devem ser melhores do que aqueles que os empregados possuem em suas residências, propiciando ambiente de higiene e limpeza em toda a companhia;
- h) Evitar cabos elétricos pendurados a partir do teto da fábrica. Um melhor fluxo de produção será obtido se os cabos entrarem ou saírem das máquinas pelos lados;
- i) Escritórios e departamentos administrativos devem também ser ordenados em formato de linha, fornecendo um exemplo de 5 S's facilmente capaz de ser observado;
- j) Se a alta direção estabelece o exemplo com os primeiros 4 S's, o quinto S, disciplina, acontecerá naturalmente;

### **2.5.3 Estruturação do setor de manutenção para condução da manutenção planejada**

Conforme Nakajima (1989), com a adoção da manutenção voluntária pela produção, a manutenção deverá se estruturar para condução da manutenção planejada. Esta etapa do TPM envolve aspectos fundamentais que devem ser levados em consideração na organização do departamento de manutenção. Os principais aspectos a serem abordados são:

- a missão da manutenção no contexto da organização;
- os tipos de manutenção;
- as diversas formas básicas de organização da manutenção;
- a estrutura funcional;
- o planejamento e o controle das atividades de manutenção;
- o gerenciamento das peças de reposição;
- o gerenciamento dos custos de manutenção;
- o gerenciamento da lubrificação dos equipamentos;
- a utilização de sistemas computadorizados para gerenciamento da manutenção.

#### 2.5.3.1 O desenho do sistema e seus objetivos

Salvendy (1992) afirma que o ponto de partida na estruturação do departamento de manutenção está diretamente ligado com os objetivos da companhia, os quais determinarão a forma como os equipamentos devem ser utilizados e mantidos.

Conforme Takahashi e Osada (1993), o desenho e o desenvolvimento do departamento de manutenção devem ter objetivos específicos e claros. Dependendo do tipo de objetivo, é preciso aplicar métodos amplamente diferenciados. Entretanto, aspectos fundamentais devem ser considerados, tais como, características do produto, modelo de produção, características do equipamento, condições geográficas, tamanho da fábrica, composição e formação dos recursos humanos e extensão da sub-contratação.

#### 2.5.3.2 Tipos de manutenção

A maneira pela qual é feita a intervenção nos equipamentos caracteriza os vários tipos de manutenção existentes. Algumas práticas básicas definem os tipos de manutenção, que são:

- a) Manutenção corretiva não planejada

Sempre é feita depois que a falha ocorreu (Xenos, 1998), não havendo tempo para preparação do serviço. Normalmente implica em altos custos, pois a quebra inesperada pode acarretar perdas de produção, perda da qualidade do produto e altos custos de manutenção.

b) Manutenção corretiva planejada

Conforme Kardec e Nascif (1998), é a correção da falha, por decisão gerencial, ou seja, algum planejamento pode ser executado antes da falha vir a ocorrer.

c) Manutenção preventiva

Conforme Slack (1996) é aquele tipo de manutenção que visa eliminar ou reduzir as probabilidades de falhas através da manutenção das instalações em intervalos pré-planejados. É utilizada quando o custo da falha não planejada é alto (devido à interrupção da produção normal) e quando a falha não é totalmente aleatória (assim, o momento da manutenção pode ser programado para antes que a falha se torne muito provável).

d) Manutenção preditiva

Segundo Slack (1996) este método preconiza que a monitoração das instalações vai determinar se é necessária alguma intervenção de manutenção. É usada quando a atividade de manutenção é dispendiosa, seja devido ao custo da manutenção em si, seja devido à interrupção da produção causada pela atividade de manutenção. Para isso, algumas das técnicas utilizadas são a ferrografia, análise de vibrações, termografia, análise de tensões via a utilização de *strain gauges* entre outras.

### 2.5.3.3 Formas básicas de organização da manutenção

A forma como o departamento de manutenção está estruturado ou inserido dentro do contexto da organização é muito importante para a eficácia do serviço que ele oferece. Conforme Wireman (1991), os três tipos mais comuns de estruturas organizacionais são centralizada, descentralizada ou uma combinação das duas.

a) Manutenção centralizada

Conforme Harmon e Peterson (1991), na manutenção centralizada as operações são planejadas por um único departamento, as equipes de manutenção atendem a todos os setores da fábrica, existem locais centralizados para as bancadas de ferramentas e para áreas de trabalho e os suprimentos e peças de reposição são guardados em depósito central.

b) Manutenção descentralizada

Conforme Harmon e Peterson (1991), na manutenção descentralizada preconiza-se a divisão da fábrica por área, linha de produto, unidade de negócios ou departamento, ou ainda uma combinação destes, sendo que cada uma destas áreas possui um grupo específico de manutenção composto de um ou mais mecânicos com sua própria área de trabalho, bancada e armário de ferramentas específicas.

c) Manutenção combinada

Conforme Harmon e Peterson (1991), o modelo de manutenção combinada agrupa os méritos e deméritos dos modelos centralizado e descentralizado, na proporção direta de como as combinações são executadas.

#### 2.5.3.4 Estruturas de manutenção

De acordo com Kardec e Nascif (1998), a estrutura da manutenção tem aspectos distintos em função das atividades que lhe são pertinentes, podendo apresentar-se de três formas:

a) Em linha direta

Possui uma única linha hierárquica que define “o quê”, “quando”, “como” e “com quem” fazer.

b) Em estrutura matricial

Possui duas linhas de autoridade: uma vertical – funcional que, normalmente define “o quê” e “quando” fazer e outra horizontal – técnica que define o “como” e “com quem” fazer. Privilegia a formação de um agrupamento preocupado com o funcionamento daquela unidade, gerando um grau maior de cooperação entre a operação e a manutenção.

c) Estrutura mista, a partir da formação de times

Consiste de um grupo responsável por uma unidade ou área, composto por supervisores das especialidades de manutenção, inspeção, segurança e operadores da unidade. Este grupo faz a programação, analisa, facilita e supervisiona os serviços e garante o registro e alimentação do sistema informatizado. Sua vinculação técnico - funcional é com a manutenção, mas seu local de trabalho é na área, dentro da unidade.

#### 2.5.3.5 Planejamento e controle das atividades de manutenção

De acordo com Salvendy (1992), para harmonizar todos os processos que interagem na manutenção, é fundamental a existência de um sistema de planejamento e controle, o qual contemple os seguintes requisitos:

a) Seleção do equipamento crítico

Consistindo no estabelecimento de critérios para classificação da importância dos equipamentos, levando em consideração aspectos tais como, frequência de utilização, existência de *backup*, tipos de produtos produzidos no equipamento, em que extensão uma falha afetará o processo, frequência de falhas, tempo médio para executar o reparo e em que extensão uma falha afetará o meio ambiente.

b) Estabelecimento do calendário de manutenção

Conforme Takahashi e Osada (1993), assim como o plano de produção é apresentado sob a forma de calendário, o plano de manutenção também deve

possuir formato semelhante. Os planos de manutenção podem ser classificados por períodos ou por projetos, conforme apresentado no Quadro 3.

QUADRO 3 – Classificação dos calendários de manutenção

Classificação do plano de manutenção		Objetivo e conteúdo das atividades
Por Período	Anual	Abrange desde a instalação de um equipamento até sua paralisação ou desmontagem. Tende a focar as principais atividades do trabalho de manutenção, tais como revisão, modificação e manutenção periódica.
	Mensal	Incorpora o calendário anual e os planos com ciclos de planejamento mensais, como por exemplo, planos para melhorias e medidas para prevenir quebras. Sua finalidade é distribuir de forma uniforme o trabalho de manutenção e acompanhar de forma confiável o progresso das atividades.
	Semanal	Auxiliar o gerenciamento do trabalho individual do pessoal de manutenção.
Por Projeto		Este plano se aplica a situações como revisões e modificações, cuja conclusão exige longos períodos de tempo.

c) Estabelecimento de padrões de manutenção

Consiste no estabelecimento de padrões de trabalho, métodos, tempos de inspeção, serviços, reparos e outros tipos de trabalhos de manutenção que indiquem métodos para medir, impedir e restaurar a deterioração dos equipamentos.

2.5.3.6 Gerenciamento das peças de reposição

De acordo com Takahashi e Osada (1993), o objetivo principal do estoque de peças sobressalentes é reduzir o tempo necessário para reparar as avarias do equipamento. Se não ocorresse avarias abruptas e toda a manutenção pudesse ser feita através de um programa de manutenção planejada, as peças de reposição poderiam ser adquiridas apenas de acordo com a

necessidade. Dentro desta lógica, o gerenciamento e controle das peças de reposição consiste de atividades que devem abranger o estabelecimento de método para emissão de pedidos, o permanente controle da vida útil de peças e componentes e a avaliação do local onde as mesmas devem estar armazenadas.

#### 2.5.3.7 Gerenciamento dos custos de manutenção

De acordo com Salvendy (1992), o objetivo principal é assegurar que os custos de manutenção previstos para o ano fiscal sejam alcançados. Para auxiliar na implementação desta atividade, os mesmos devem ser agrupados por categorias, obedecendo às seguintes classificações:

- por finalidade: custos de manutenção de rotina, de inspeção do equipamento e de reparos;
- por método de manutenção: custos de manutenção preventiva, corretiva e melhoramentos de manutenibilidade;
- por elemento constituinte: custos com materiais, com mão de obra e com sub-contratação;
- outras classificações: por tipo de trabalho (por ex.: elétrico, mecânico, instrumentação) e por volume de trabalho (por ex.: grandes projetos de manutenção e pequenos trabalhos diversos).

#### 2.5.3.8 Gerenciamento das atividades de lubrificação

Conforme Salvendy (1992), o objetivo é assegurar que os equipamentos sejam adequadamente lubrificados e que problemas de lubrificação tais como vazamentos e contaminações sejam adequadamente prevenidos.

#### 2.5.3.9 Sistemas informatizados para gerenciamento da manutenção

Conforme Wireman (1991), os *Computerized Maintenance Management Systems* (CMMS) ou sistemas informatizados de gerenciamento da manutenção são sistemas desenvolvidos com a finalidade de:

- sistematizar uma estrutura de como a manutenção deve operar;
- possibilitar uma metodologia rápida e precisa para armazenar e manter dados ;
- permitir uma análise de informação em tempo real, que possibilite uma correta tomada de decisão;
- fornecer um método de integrar a manutenção com outros sistemas de informações da companhia;
- demonstrar conformidade em relação aos requisitos da NBR ISO 9000 (Trunk, 1997);
- reduzir custos de manutenção com peças e mão de obra (Trunk, 1997);
- prever quebras antes que elas ocorram (Trunk, 1997).

Assim sendo, de acordo com Trunk (1997), qualquer CMMS deve:

- estabelecer programa de manutenção preventiva;
- estabelecer programa de manutenção preditiva;
- gerenciar dados relativos ao equipamento utilizados para acionar as manutenções preventiva e preditiva;
- executar o gerenciamento das peças de reposição;
- criar ordens de manutenção determinando as pessoas necessárias, as ferramentas adequadas, peças e localização, tendo em conta sua disponibilidade.

O processo de aquisição de *software* para manutenção é uma decisão importante, visto que a estrutura e filosofia do mesmo serão transferidas para a forma como a companhia executa o gerenciamento da atividade. Assim sendo, é de importância fundamental neste processo, o perfeito conhecimento dos requisitos que o mesmo deve preencher para o atendimento das necessidades da companhia (Wireman, 1991).

#### **2.5.4 Capacitação técnica e busca de novas habilidades tanto para os elementos da produção quanto da manutenção**

De acordo com Nachi-Fujikoshi Corporation (1990), educação e treinamento são as atividades fundamentais do TPM, as quais suportam todas as outras atividades.

Segundo Steinbacher & Steinbacher (1993), treinamento faz a diferença entre a satisfação pelo trabalho e a frustração, sendo a chave do sucesso da manutenção autônoma, bem como dos outros componentes do TPM.

De acordo com Nachi-Fujikoshi Corporation (1990), o programa de educação e treinamento voltado para o TPM deve obedecer às seguintes diretrizes:

- a) Treinar operadores da produção na tarefa de reconhecer anormalidades nos equipamentos durante seu funcionamento, bem como durante as inspeções diárias e periódicas. Os operadores também deverão ser treinados sobre as diversas formas de tratar e reparar anormalidades;
- b) Capacitar o quadro de funcionários da manutenção em princípios e técnicas de manutenção, bem como em habilidades especializadas relacionadas aos equipamentos da companhia. Também deverão ser treinados em como orientar os operadores dos equipamentos, tomando parte nas atividades de manutenção autônoma;
- c) Treinar gerentes para planejar e implementar melhoramentos nos equipamentos, visando alcançar zero quebras e zero defeitos.

Conforme Nachi-Fujikoshi Corporation (1990), o sistema de educação e treinamento para o TPM é constituído dos seguintes elementos:

#### 2.5.4.1 Educação Introdutória

Destinada a diretores, gerentes, supervisores e engenheiros, têm por objetivos orientar sobre os princípios e conceitos do TPM e apresentar as abordagens básicas para melhorar a eficiência dos equipamentos.

#### 2.5.4.2 Planejamento para a inspeção dos equipamentos

Supervisores e líderes de atividades de pequenos grupos são treinados por engenheiros e técnicos de manutenção sobre aspectos relacionados à inspeção dos equipamentos (tais

como lubrificação, hidráulica, pneumática), para posteriormente, durante as atividades da quinta etapa do programa de manutenção autônoma, transmitir estes conhecimentos aos operadores dos equipamentos.

#### 2.5.4.3 Grupos de estudo sobre ferramentas para análise de causa - efeito

Grupos de estudo, de várias partes da companhia, recebem o adequado treinamento na metodologia para condução da análise. Estes grupos são divididos em três ou quatro grupos menores e conduzem a Análise P-M de seus próprios setores de trabalho.

Os resultados desta análise são posteriormente apresentados e discutidos por todos os participantes, como um meio de educação mútua. A seguir, os participantes retornam para seus setores de trabalho e tentam, por sua vez, investigar, restaurar e melhorar as condições do equipamento, baseados nos resultados da análise.

#### 2.5.4.4 Desenvolvimento interno de técnicos de manutenção

Funcionários da manutenção, supervisores, preparadores de máquinas, operadores dos equipamentos e membros das equipes de melhoramentos focalizados, recebem treinamento em habilidades relacionadas à manutenção dos equipamentos. Aqueles que completam o curso e são aprovados, tornam-se acreditados como técnicos internos de manutenção.

#### 2.5.4.5 Treinamento em técnicas de diagnóstico

A utilização de técnicas de diagnóstico utilizando equipamentos de monitoração é extremamente útil na promoção da qualidade da manutenção.

### **2.5.5 Estruturação para controle dos equipamentos já na fase inicial de funcionamento**

Segundo Senju, citado por Gotoh (1991), no Japão, geralmente o termo gerenciamento antecipado dos equipamentos refere-se à seqüência de atividades gerenciais destinadas a instalação e operação estável de novos equipamentos e, conforme Nakajima (1989), é uma tarefa reservada fundamentalmente aos elementos da engenharia do processo e máquinas, com participação intensiva do *staff* em manutenção.

De acordo com Nakajima (1989), trata-se de consolidar toda a sistemática para levantamento das inconveniências, imperfeições e incorporação de melhorias, efetivando-os mesmo nas novas máquinas e, através dos conhecimentos assim adquiridos, tornar-se apto a elaborar novos projetos onde vigore os conceitos de prevenção da manutenção, concepção essa que resulta em máquinas com quebra zero / zero falha.

Conforme Takahashi (1993), por prevenção de manutenção entende-se o conjunto de atividades desenvolvidas durante as fases de seleção ou projeto de equipamento, com base em informações e técnicas modernas de manutenção, tendo como objetivo estabelecer um sistema que tornará a manutenção praticamente desnecessária e a obtenção de equipamentos com excelente operabilidade, confiabilidade, manutenibilidade, segurança e produtividade,

#### 2.5.5.1 Objetivos do gerenciamento antecipado dos equipamentos

Conforme Gotoh (1991), o gerenciamento antecipado dos equipamentos tem por objetivos a obtenção de equipamentos capazes de atingir 100% dos requisitos de qualidade especificados para o produto, bem como, capazes de atingir a flexibilidade e capacidade de produção requeridas, com os menores custos de aquisição e operação. Também está entre os objetivos a obtenção de equipamentos operando livres de problemas iniciais e de forma confiável, de modo que os produtos possam ser entregues de acordo com o prazo planejado.

#### 2.5.5.2 Atividades que constituem o gerenciamento antecipado dos equipamentos

De acordo com Gotoh (1991), o gerenciamento antecipado dos equipamentos é desenvolvido em cinco etapas, quais sejam:

##### a) Desenvolvimento conjunto de produtos e equipamentos

O gerenciamento antecipado dos equipamentos deve ser implementado simultaneamente com as atividades de desenvolvimento de produto, quando existe tempo para modificações sem prejuízos ao prazo estipulado para o desenvolvimento do projeto.

##### b) Determinar a missão do projeto do equipamento

Nesta etapa, devem ser determinadas as soluções técnicas que forneçam as características de qualidade necessárias ao produto final tendo em vista a produção planejada, avaliados os investimentos necessários e os custos de manufatura planejados e verificado se estes custos estão alinhados com os custos planejados para o produto final.

c) Conduzir avaliação preliminar

Nesta etapa, deverá ser estabelecido o método de fabricação e as especificações do equipamento, tendo como referência, as soluções que foram estabelecidas para o equipamento.

d) Gerenciamento passo a passo

Esta etapa consiste na utilização de listas de verificação para cada passo dos vários estágios de desenvolvimento do equipamento. Consiste no estabelecimento de equipe de trabalho composta por projetista do equipamento, representante do setor de manutenção e representante da produção e na utilização de cartas de avaliação que permitam o gerenciamento dos estágios de planejamento, projeto, fabricação, teste e funcionamento inicial.

e) Estabelecer sistema de coleta de informações de manutenção

Consiste em coletar e utilizar as informações de manutenção já existentes visando agregar aos novos equipamentos soluções para problemas já conhecidos.

De acordo com Bodek, citado por Gotoh (1991), *concurrent engineering* ou engenharia simultânea é a estratégia fundamental para o gerenciamento antecipado dos equipamentos.

## 2.6 PROGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO DO TPM

De acordo com Davis (1995), o planejamento e implementação do TPM em empresas japonesas têm sido suportado pelo JIPM. Conforme Wireman (1991), a forma como as

empresas americanas são gerenciadas, suas culturas, seus requisitos de informação, as restrições financeiras e a maneira de reportar os resultados financeiros requerem que a abordagem de implementação da filosofia seja diferente da empregada em empresas japonesas. Desta forma, apresentamos a seguir, ambas as abordagens recomendadas para implementação do programa, conforme segue:

### **2.6.1 Programa de implementação de acordo com o modelo proposto por JIPM**

Segundo Nakajima, citado por Salvendy (1992), o desenvolvimento do programa de TPM obedece doze estágios básicos. A implementação destes estágios deverá ser ajustada de modo a preencher requisitos individualizados de cada empresa. Os estágios são:

#### **2.6.1.1 Estágio 1 - Anúncio da alta direção da decisão de implementar o TPM**

De acordo com Takahashi e Osada (1993), é essencial que a alta gerência transmita aos escalões mais baixos uma forte noção de compromisso com a filosofia gerencial e com a adoção das práticas e técnicas preconizadas pelo TPM.

#### **2.6.1.2 Estágio 2 - Campanha para introdução e esclarecimentos iniciais**

Segundo Sekine e Arai (1998), deve ser desenvolvida orientação de curta duração para todos os empregados, consistindo de:

- Executivos: o papel da alta direção na promoção do TPM;
- Gerentes: meios específicos de promoção do TPM e o papel dos mesmos na promoção do TPM;
- Líderes de equipe (escolhidos entre chefes de seção e administradores): treinamento prático de aspectos relacionados a liderança de grupos;
- Grupos (membros da equipe de implementação): treinamento prático de técnicas para combater as perdas relacionadas ao equipamento e dos 5S's.

#### **2.6.1.3 Estágio 3 - Criar organização para promover o TPM**

Segundo Nakajima, citado por Salvendy (1992), a estrutura organizacional do TPM é similar à apresentada por Rensis Lickert (1975) através do gerenciamento participativo, estando baseada na sobreposição de pequenos grupos, conforme representado na Figura 5.

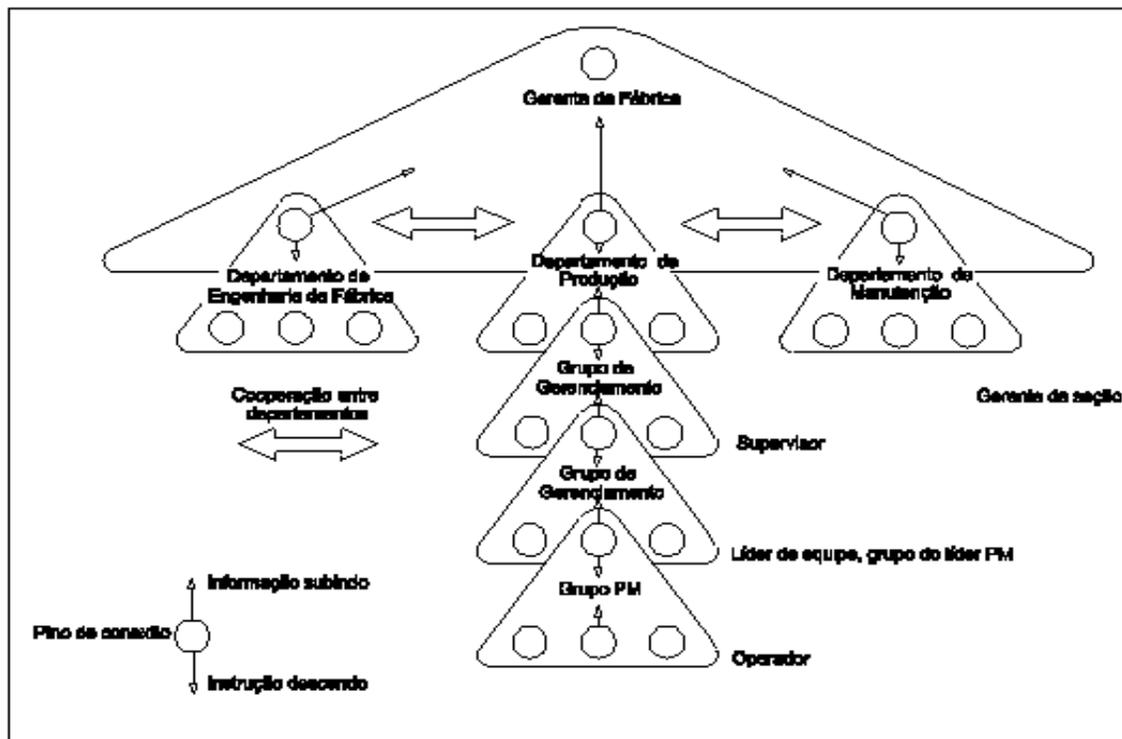


FIGURA 5 – Organização baseada na sobreposição de pequenos grupos

Fonte: Tajiri e Gotoh, 1992, p. 28

Yamashita, citado por Dias (1997), destaca a importância de serem estabelecidos grupos especializados de acordo com cada uma das atividades fundamentais do TPM. Como líder destes grupos especializados, deve-se selecionar diretores e gerentes, e para os comitês, pessoas que mais se enquadrem nestas funções (gerentes, chefes e *staffs* técnicos). Após a definição da organização, os líderes mencionados acima definem conjuntamente o equipamento modelo para realizar a manutenção autônoma e as melhorias individuais.

#### 2.6.1.4 Estágio 4 - Definição da política básica e metas a serem alcançadas

Segundo Nakajima (1989), a busca da quebra zero / falha zero das máquinas e equipamentos constitui uma temática sem fim. Por isso deve-se definir metas claras, efetivas, não ambíguas, e conhecer a situação vigente. O autor destaca também que as metas devem ser distribuídas, tornando-se palpáveis e compreensíveis, através da definição de estágios

intermediários concretos. Ainda segundo Nakajima (1989), a definição da diretriz básica e o estabelecimento de metas a serem conquistadas é o primeiro trabalho de vulto a ser desenvolvido pela equipe de implementação do TPM.

Conforme Takahashi e Osada (1993), essas metas, em geral, não são criadas pela alta gerência: ao contrário, são criadas pelos responsáveis pela implementação e, subseqüentemente, “vendidas” para o pessoal da alta gerência. Ainda segundo Takahashi e Osada (1993), para estabelecer metas específicas, é necessário definir todas as perdas possíveis em relação aos elementos de saída no gerenciamento da fábrica – P (produção), Q (qualidade), C (custos), E (data de entrega), S (segurança e proteção ambiental) e M (moral).

#### 2.6.1.5 Estágio 5 - Formular plano diretor para desenvolvimento do TPM

Conforme Black (1998), esta etapa consiste em preparar planos de implementação detalhados para as cinco atividades fundamentais e, segundo Nakajima (1989), este plano deverá conter todos os principais eventos inerentes à condução do TPM, devendo ser periodicamente revisto para evitar os impasses e para recuperar as defasagens e os atrasos.

#### 2.6.1.6 Estágio 6 – Início das atividades do TPM

Conforme Nakajima (1989), nesta etapa tem-se o início das atividades através do envolvimento do quadro operacional.

#### 2.6.1.7 Estágio 7 – Implementação de melhorias nas máquinas e equipamentos

Conforme Nakajima (1989), nesta etapa deverá ser selecionada área piloto para introdução de melhorias nos equipamentos. Deverão também ser estruturados os grupos de trabalho (atividades de pequenos grupos) de acordo com os temas que forem abordados.

De acordo com Davis (1995), na seleção da área piloto é necessário considerar o tamanho e a localização da área, a quantidade de máquinas e pessoas que a constituem, o tipo de máquinas existentes, o entusiasmo do supervisor e do pessoal do chão de fábrica e por último, a importância da área para a empresa.

### 2.6.1.8 Estágio 8 – Desenvolver programa de manutenção autônoma

As atividades de manutenção voluntária deverão ser iniciadas com a partida do TPM, onde o operador assumirá a paternidade sobre a máquina com que trabalha. Nakajima (1989) estabelece sete passos para implementação da manutenção autônoma, conforme descrito a seguir:

a) Passo 1 - Limpeza inicial

Consistindo na execução de atividades que visam a eliminação de sujeiras, detritos e resíduos que prejudicam o ambiente onde a máquina se localiza; efetuar a lubrificação e o aperto das porcas e parafusos; detectar as anomalias e efetuar a sua regeneração.

b) Passo 2 - Combate às causas das inconveniências e os locais de difícil acesso

Consistindo na execução de atividades que visam bloquear a geração das sujeiras, detritos, cavacos e limalhas que contaminam o ambiente, de modo a facilitar a limpeza e a lubrificação e buscar a diminuição do tempo necessário para execução da limpeza e lubrificação.

c) Passo 3 - Elaboração dos padrões de lubrificação e de limpeza

Consistindo na elaboração do plano de ação para que a lubrificação e a limpeza possam ser executadas, de forma efetiva, num menor tempo possível.

d) Passo 4 - Inspeção geral

Consistindo na elaboração de um manual de inspeção visando empregá-lo como material didático para aprendizado e prática. Consiste também na detecção de falhas existentes e incorporação de melhorias ou recuperação das degenerações das máquinas.

e) Passo 5 - Inspeção voluntária

Consistindo na elaboração da folha de verificação para execução do autocontrole.

f) Passo 6 - Organização e ordem

Consistindo em elaborar a normalização das atividades junto à área de trabalho, facilitando a sua administração e sistematização, através de:

- Estabelecimento de padrão de limpeza e de lubrificação;
- Estabelecimento de normas para fluxo de materiais junto à área de trabalho;
- padronização dos registros e análise dos dados;
- padronização para administração dos moldes e ferramentas.

g) Passo 7 - Consolidação da manutenção voluntária

Executada através da integração das metas e objetivos estabelecidos pela organização com as atividades de incorporação das melhorias.

De forma similar à apresentada, Tajiri e Gotoh (1992), recomendam que a manutenção autônoma seja implementada através de um programa com sete passos, acrescentando etapas de auditoria antes de avançar de um passo para outro.

#### 2.6.1.9 Estágio 9 – Estruturação do setor de manutenção e condução da manutenção planejada

Conforme Nakajima (1989), com a adoção da manutenção autônoma pela produção, o departamento de manutenção deverá preparar o calendário anual de trabalho e as respectivas normas e padrões para sua condução, antes que a produção, dentro do quinto passo da manutenção voluntária, venha a definir os critérios de seu autocontrole.

#### 2.6.1.10 Estágio 10 – Educação e treinamento para melhoria das habilidades do pessoal de produção e manutenção

Conforme Nakajima (1989), esta etapa difere da etapa dois, que foi a da conscientização, pois busca conferir os conhecimentos suplementares e habilidades necessárias à boa performance do trabalho.

#### 2.6.1.11 Estágio 11 – Estrutura para gestão dos equipamentos na fase inicial de funcionamento

Conforme Nakajima (1989), esta tarefa é reservada fundamentalmente aos elementos da engenharia do processo e máquinas, com a participação intensiva do *staff* em manutenção. Trata-se de consolidar toda a sistemática para levantamento das inconveniências, imperfeições e incorporação de melhorias, e através dos conhecimentos adquiridos, tornar-se apto a elaborar os novos projetos onde vigorem os conceitos de quebra zero.

#### 2.6.1.12 Estágio 12 – Consolidação do TPM e incremento do nível de performance

Nesta etapa é revista toda a sistemática vigente dentro da organização, sanadas as deficiências e promovida a uniformização dos critérios. Também devem ser medidos os resultados reais em relação aos resultados planejados. A capacitação conquistada deverá servir de base para o estabelecimento de novas metas e alvos.

### **2.6.2 Programa de implementação segundo Wireman (1991)**

O plano de implementação descrito a seguir foi projetado para operar em empresas americanas e é constituído por duas fases, quais sejam:

#### 2.6.2.1 Fase PRÉ –TPM

Constituída de atividades que devem ser desenvolvidas antes de iniciar o programa de TPM e que são destinadas a prover na organização a necessária informação, estrutura e disciplina para o sucesso da implementação do TPM. Esta fase deve incluir as seguintes atividades:

- o desenvolvimento organizacional da manutenção;
- o gerenciamento das informações relacionadas ao equipamento (identificação, características e histórico);
- o gerenciamento das informações relacionadas às peças de reposição (identificação, informações e histórico);

- a avaliação organizacional, executada através de auditoria, com base nos indicadores utilizados como *benchmark* no processo de gerenciamento da atividade.

#### 2.6.2.2 Fase de implementação

Composta por dez estágios, constituídos das seguintes atividades:

a) Estágio 1 – Desenvolvimento de plano de longo alcance

Através do estabelecimento de indicadores e objetivos alinhados com o planejamento estratégico da companhia.

b) Estágio 2 – Convencimento da alta direção sobre os benefícios do TPM

O gerente da manutenção deve estar profundamente envolvido com o assunto e é quem deve executar o processo de venda do programa para a alta direção. Isto envolve as seguintes atividades:

- desenvolver o plano de implementação;
- calcular os custos da implementação;
- prever as reduções de custos a serem proporcionadas pelo programa;
- desenvolver análise de retorno do investimento;
- apresentação do programa.

A obtenção deste suporte é o passo mais importante para iniciar com sucesso a implementação do programa.

c) Estágio 3 – Prover confiabilidade ao equipamento

Assegurar a confiabilidade do equipamento, através do desenvolvimento de programas de manutenção preventiva e preditiva, tornando a manutenção mais pró-ativa e menos reativa.

d) Estágio 4 – Controle dos estoques da manutenção

Através do estabelecimento de uma adequada organização para comprar e gerenciar o estoque de peças de reposição da manutenção.

e) Estágio 5 – Melhorar a eficiência e a eficácia da manutenção

Através da utilização racional de técnicas destinadas a planejar e programar as atividades de manutenção.

f) Estágio 6 – Automação da manutenção

Através da implementação de sistemas computadorizados para gerenciamento da atividade.

g) Estágio 7 – Educação e Treinamento

Através do desenvolvimento de técnicos manutentores que garantem o uso das máquinas na sua capacidade.

h) Estágio 8 – Gerenciamento dos custos de manutenção

Através de técnicas que podem ser utilizadas para traduzir todas as informações do sistema de manutenção em uma linguagem que toda a companhia possa entender.

i) Estágio 9 – Manutenção baseada em equipes

Através da implementação da manutenção centrada nos operadores, cujo plano consiste em identificar tarefas que podem ser repassadas para o operador, podendo este, executar aperto de partes que estejam soltas, ajustar partes com as quais tenha contato e principalmente executar a lubrificação do equipamento. Consiste ainda em treinar os operadores para estas tarefas e monitorar o programa.

j) Estágio 10 – Mensuração dos resultados do programa

Consiste na avaliação dos indicadores financeiros, de eficácia e de performance que estão sendo coletados para o programa. É importante que estes indicadores possam ser utilizados para apontar e explicar os desvios que estejam ocorrendo e também as correções necessárias, antes do problema tornar-se crítico. Estes resultados devem ser reportados para a alta direção, pelo menos uma vez a cada seis meses, para discussão da situação do projeto.

## 2.7 RELACIONAMENTO ENTRE TPM E OUTROS PROGRAMAS DE GESTÃO

### 2.7.1 TPM e TQM

Conforme Senju (1992), TQM e TPM são programas similares. Ambos requerem, planejamento de longo prazo, comprometimento da alta direção, foram inicialmente desenvolvidos no Japão, possuem muita terminologia em comum, elencam conceituadas empresas globais entre as premiadas com o *Deming Prize* e o *PM Excellence Award* e, o mais importante, produzem ótimos resultados se adequadamente implementados. Contudo, as prioridades intermediárias e as reais atividades normalmente diferem. Estes dois tipos de atividades podem eventualmente ser integradas, porém o TQM nunca abrangerá o TPM ou vice-versa.

Ainda segundo Senju (1992), o TQM enfatiza a garantia da qualidade (incluindo o desenvolvimento de novos produtos). O TPM, por outro lado, tenta atingir melhor qualidade e custos mais baixos através da melhoria dos equipamentos, não incluindo pesquisa de mercado nos tipos de produtos e serviços que o mercado exige. O TQM enfatiza o treinamento em técnicas de controle (incluindo o uso de métodos estatísticos) e o TPM enfatiza o treinamento em técnicas destinadas a tornar os operadores capazes de melhor operar seus equipamentos. Ambos os programas podem ser implementados simultaneamente, porém corre-se o risco de pulverizar as atenções e obter resultados inferiores aos esperados em ambos os programas.

Davis (1995), destaca que através das equipes de TPM, são estabelecidos bons e eficazes canais de comunicação entre as pessoas de todos os níveis da organização, sendo proporcionada a todos a oportunidade de expressar seus pontos de vista e idéias. Este é um aspecto muito importante para a companhia, e se o TQM falhar neste aspecto, então este não será bem sucedido. Desta forma, o TPM é um componente essencial do TQM.

### **2.7.2 TPM e ISO 9000**

Conforme Davis (1995), a obtenção de acreditação nacional ou internacional para uma determinada norma de qualidade, não garante obrigatoriamente a qualidade de seus produtos ou serviços; significa apenas a existência de sistemas e procedimentos dentro da organização que foram documentados como meio de garantir o seu controle. Desta forma, a eficácia da norma está diretamente relacionada com a eficácia ou não destes sistemas e procedimentos. A acreditação é freqüentemente requisitada por clientes e pode ser um critério de qualificação para operar em determinados mercados, devendo neste caso ser obtida. Contudo, não devemos confundir acreditação com a obtenção de melhores práticas dentro das operações da companhia.

As atividades das equipes de TPM produzirão certos documentos relacionados à manutenção, operação e performance dos equipamentos, podendo os mesmos ser utilizados como parte da documentação do sistema de qualidade. Assim sendo, o TPM complementa-se com os sistemas de qualidade e pode ser utilizado para gerar procedimentos e instruções de trabalho eficazes e significativos.

## CAPÍTULO 3 – ESTUDO DE CASO

### 3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA INTRAL S. A.

A INTRAL S.A. INDÚSTRIA DE MATERIAS ELÉTRICOS foi fundada em Caxias do Sul, no ano de 1950. Suas origens remontam a uma pequena oficina para conserto de auto-transformadores<sup>1</sup>. Seus fundadores, Sr. Guido Mário D'Arrigo e Sr. Mário Menezes, respectivamente técnico contábil e instrutor de eletrotécnica na escola SENAI, perceberam que os aparelhos de rádio e geladeiras de refrigeração, na época, importados dos Estados Unidos da América, apresentavam constantes falhas de funcionamento, devido a diferenças de tensão entre a rede elétrica do país onde foram construídos (110 volts) e da cidade onde estavam sendo utilizados (220 volts).

Em 1951, começam a chegar ao Brasil, também provenientes dos Estados Unidos da América, as primeiras lâmpadas fluorescentes e com elas a necessidade de substituir os reatores<sup>2</sup>, os quais, apresentavam vida útil muito curta e dificuldade para reposição. De tecnologia similar aos auto-transformadores, seus fundadores perceberam que a indústria de iluminação, além de incrementar seu negócio no ramo de consertos, poderia ser um bom negócio, tamanho o interesse que a nova forma de iluminação despertava no público em geral. A primeira série de 5.000 peças, fabricada pela pequena oficina de consertos, surgiu ainda no mesmo ano, e destinou-se à iluminação do parque de exposições da Festa da Uva de 1951.

A empresa experimentou uma grande expansão no ano de 1958, a partir de sua qualificação como fornecedora de auto-transformadores de grande fabricante internacional de aparelhos de televisão, proporcionando, além do desenvolvimento comercial e físico, um enorme impulso técnico para a companhia.

---

<sup>1</sup> **Auto-transformador:** Equipamento elétrico destinado a transformar valores de tensão e corrente, mantendo constante o valor de potência. Sua aplicação mais usual é na transformação de tensões de 110 para 220 volts e vice versa.

<sup>2</sup> **Reator:** Dispositivo ou equipamento auxiliar para ser utilizado com lâmpadas de descarga, com a finalidade de promover seu acendimento e controlar suas características de operação.

No ano de 1960, percebendo a tendência de mercado de modernizar a iluminação pública brasileira, e alinhada com seu ramo de atividade, a empresa desenvolveu e lançou no mercado as primeiras unidades de reatores para lâmpadas a vapor de mercúrio. Em 1968, a produção da empresa atingiu 70.000 reatores por mês e em 1973 atingiu 150.000 reatores por mês.

Inserida numa estratégia de agregar valor ao seu principal produto, e alinhado com a estratégia de atendimento ao mercado de iluminação, a empresa iniciou, em 1976, a fabricação de luminárias destinadas principalmente a atender os mercados industrial e comercial (grandes lojas, shopping-centers, universidades, ambientes industriais, etc.).

### 3.1.1 Visão geral da organização

A INTRAL S.A. possui um capital social de R\$ 80 milhões. Emprega 750 funcionários em um parque industrial de 32.000 metros quadrados, sendo 8.000 de área construída. O sistema da qualidade possui certificação NBR ISO 9001 desde 1995. Os volumes de produção mensal por tipo de produto estão descritos no Quadro 4.

QUADRO 4 – Produção mensal por tipo de produto

Tipo de produto	Produção mensal (peças)
Reatores para lâmpadas fluorescentes (eletromagnéticos)	700.000
Reatores para lâmpadas fluorescentes (eletrônicos)	120.000
Luminárias	170.000
Reatores para iluminação pública	60.000

A empresa ocupa por quatorze anos consecutivos posição de liderança no mercado nacional no segmento de reatores para lâmpadas fluorescentes, conforme pesquisa realizada pela revista Eletricidade Moderna. Possui uma rede de comercialização composta por três escritórios de vendas, localizados em São Paulo, Rio de Janeiro e Recife e por oito mil clientes distribuídos ao longo do território nacional. Exporta em torno de 5 % de sua produção para países do Mercosul. A Figura 6 apresenta o volume anual de vendas (em Reais) nos

últimos cinco anos da companhia, representando também a contribuição de cada família de produtos no contexto geral da organização.

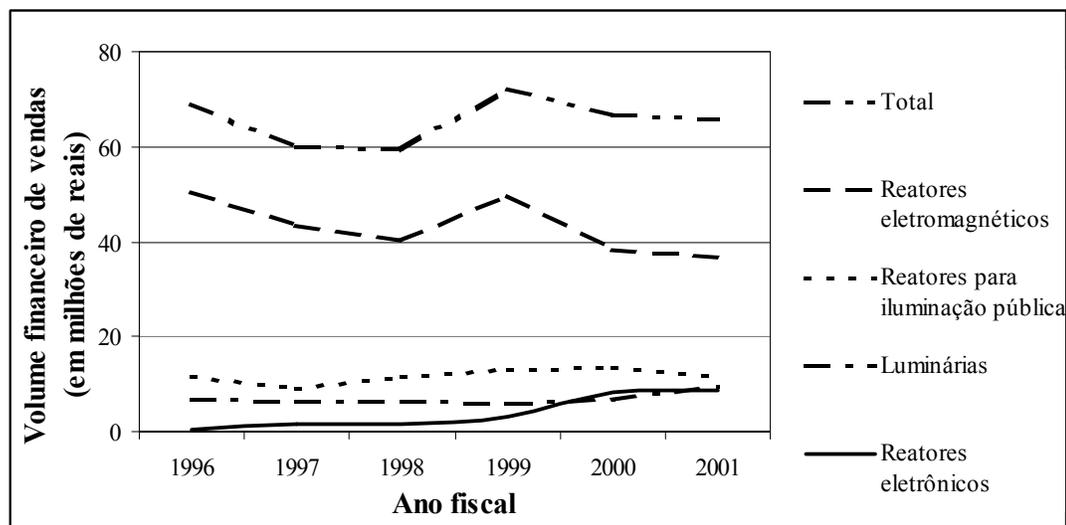


FIGURA 6 – Volume anual de vendas dos exercícios 1996 a 2001 (em milhões de reais)

### 3.1.2 Visão geral das máquinas e equipamentos

O sistema produtivo da companhia é composto por aproximadamente 330 máquinas e equipamentos, distribuídos conforme apresentado no Anexo 2, os quais são vitais para o sucesso da companhia, uma vez que a empresa parte do princípio que deve obter excelência de manufatura nos processos, transformando-os em barreira de entrada para futuros concorrentes, através da obtenção de custos que desestimulem entrantes no mercado, quer sejam do mercado nacional ou internacional. Os processos de manufatura que a empresa considera como de diferencial competitivo são:

- confecção de bobinas;
- estampagem de núcleos magnéticos;
- estampagem da caixa metálica dos reatores;
- pintura da caixa metálica dos reatores;
- injeção de plásticos;
- corte de cabos elétricos;
- desenvolvimento interno de soluções para montagem automatizada dos produtos;

- inserção de componentes eletrônicos;
- soldagem de placas eletrônicas;
- flexibilidade de manufatura na fabrica de luminárias através do uso de máquinas de controle eletrônico computadorizado (puncionadeiras e dobradeiras);
- tratamento de superfície e pintura.

Neste sentido, a direção da empresa não mede esforços a fim de qualificar seu sistema produtivo. Exemplos disso são a aquisição, nos últimos cinco anos, para cada um dos processos produtivos anteriormente citados, de equipamentos das melhores procedências mundiais, cada um considerado o melhor do mundo em sua categoria, totalizando investimentos na ordem de US\$ 6 milhões. Além disso, a empresa mantém em sua estrutura organizacional, setor de projetos e construção de ferramentas, moldes e equipamentos automatizados, com a finalidade de projetar e construir equipamentos e ferramentas não disponíveis no mercado mundial de forma padronizada, porém indispensáveis para conseguir diferenciação e competitividade nos processos de manufatura.

### 3.2 A ORIGEM DO TPM NA INTRAL S.A.

Como líder de mercado no seu segmento de atuação, a empresa busca posição de vanguarda tanto em nível de desenvolvimento tecnológico de seus produtos e processos quanto nas técnicas de gestão que utiliza para gerenciar o negócio. A direção da empresa tem plena convicção de que técnicas modernas de gestão podem criar diferencial competitivo para a companhia, fortalecendo sua posição no mercado, política esta expressamente declarada em seu Manual da Qualidade, mais especificamente na seção dos “compromissos para com a qualidade”.

Certamente o primeiro programa de gestão a ser implementado, nos meados dos anos 60, sem nenhuma base conceitual, porém como resultado da filosofia de trabalho de seu fundador, foi o 2S (organização e limpeza), tornando-se figura folclórica na região pelo seu grau de exigência com o tema. Nos anos 80, com o advento dos sistemas informatizados de gestão, a empresa foi uma das pioneiras da região na implementação de sistema informatizado de gestão da manufatura *Manufacturing Resources Planning* (MRP) ou planejamento dos recursos da produção, numa tentativa de administrar integradamente todo o processo de manufatura. Nos anos 90, procurando atender dinâmica e instantaneamente a variada

demanda do mercado, implementou sistema de administração da produção e dos materiais fundamentado na filosofia JIT. Como consequência, as seguintes alterações ocorreram no ambiente da empresa:

- modificação do *layout* da fábrica, dividindo-a em células de montagem especializadas por tipo de produto;
- implementação de gerenciamento de estoques fundamentado na metodologia do *Kanban*;
- implementação de programa para troca rápida de ferramentas;
- sistema de monitoramento da qualidade baseado em técnicas de Controle Estatístico de Processo (CEP).

Ainda inserido dentro do mesmo contexto, foi implementado programa de melhoria da qualidade e produtividade baseado em atividades de Círculos de Controle da Qualidade (CCQ). O programa perdurou por três anos, e, no seu apogeu, perdeu sustentação a partir da saída da empresa de pessoas-chave na sua promoção, não mais existindo nenhuma atividade relacionada ao mesmo.

Embora não tenha até hoje estabelecido seu planejamento estratégico, foi a primeira empresa do seu ramo de atividade e a terceira empresa da região a obter certificação NBR ISO 9001:1994. Implementa e mantém programa de logística na distribuição de seus produtos. Mais recentemente, substituiu o sistema de custos industriais baseado nos centros de custo pelo sistema baseado nas UP's, estando planejado para o ano de 2002 a implementação do custeio das atividades administrativas através do processo denominado *Activity Based Costing* (ABC) ou Custeio Baseado em Atividades.

A implementação de programa de gestão na área de manutenção é um tema recente na empresa. Iniciou a partir da participação de um de seus diretores estatutários e três supervisores das áreas industriais em curso de mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, quando, através da disciplina “Layout e Manufatura Celular”, foram estabelecidos os primeiros contatos com o tema, despertando o interesse quanto a sua aplicação e benefícios para a empresa.

### 3.3 O PROCESSO DE DECISÃO PELA IMPLEMENTAÇÃO DO TPM

Com a finalidade de melhor conhecer o conteúdo da filosofia, o Diretor Industrial da INTRAL S.A. e o autor deste trabalho, realizaram, no mês de Outubro/2000, visita à empresa Pirelli Cabos Elétricos, localizada na cidade de Cerquillo – SP. Esta empresa foi escolhida para visita porque sabíamos que a JIPM lhes havia concedido o prêmio TPM, sendo então, em nosso entender, um bom modelo a ser avaliado. Cabe ainda destacar que a INTRAL é o seu segundo cliente no Brasil, sendo que ambas as empresas mantêm um forte relacionamento comercial, com profundos laços de amizade entre as suas diretorias.

Em Novembro/2000, a companhia contratou, para ministrar palestra sobre o tema, o Prof. Sérgio Luís Vaz Dias, Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e professor do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção – PPGEP da mesma universidade. O evento, com oito horas de duração, envolveu a direção, gerência, supervisão, engenheiros de fábrica e operadores especializados. Na oportunidade, foram abordados aspectos de caráter conceitual e de sensibilização para o tema.

Em janeiro de 2001, todo o grupo descrito anteriormente participou de novo evento sobre o tema, o qual foi elaborado pelo autor deste trabalho. O evento consistiu de apresentação e discussão dos seguintes tópicos relacionados ao TPM:

- objetivos do TPM;
- classificação das perdas e sua inserção no contexto da companhia;
- melhoramentos nos equipamentos e o processo interno de melhoria dos processos e equipamentos;
- manutenção autônoma e a realidade de nossos operadores e equipamentos;
- a organização do setor de manutenção do ponto de vista teórico frente à realidade existente;
- treinamento da produção e da manutenção;
- gerenciamento antecipado dos equipamentos e sua aplicação no processo da empresa.

Neste evento, também foi realizada uma análise dos principais problemas relacionados aos equipamentos e ao setor de manutenção que prejudicam a produção. Cinco problemas principais foram levantados:

- a) Distinção entre as atividades de produção e manutenção;
- b) Embora a empresa disponha de máquinas de última geração e equipamentos com elevado grau de automação, os operadores não possuem adequada consciência sobre os cuidados básicos necessários para seu correto funcionamento, sobrecarregando o setor de manutenção para fornecer o devido suporte;
- c) Devido a uma grande parte dos equipamentos estarem com mais de dez anos de uso, a operação e a manutenção estavam aceitando os defeitos dos mesmos como normais. Em consequência, deixou-se de executar reparos em pequenos defeitos que foram surgindo com o decorrer do tempo de uso;
- d) Ambientes de trabalho refletindo falta de limpeza, organização e segurança;
- e) Inexistência, no amplo sentido da palavra, de sistema de manutenção planejada. A única forma de intervenção praticada era a de correção não planejada.

Cinco diretrizes básicas, abrangendo as políticas de operação da empresa e os principais problemas relacionados aos equipamentos e ao setor de manutenção que prejudicam a produção, foram estabelecidas:

- a) Implementar programa de manutenção autônoma a ser conduzido pela produção e manutenção, de forma a serem transferidas para a produção, nos próximos três anos, as atividades de limpeza e lubrificação das máquinas e equipamentos;
- b) Melhorar a eficiência dos equipamentos e operações através do combate às perdas;
- c) Organizar o setor de manutenção para condução da manutenção planejada das máquinas e equipamentos relacionados à produção;

- d) Treinar a operação e a manutenção para estarem capacitados a operar e manter as máquinas e equipamentos relacionados à produção;
- e) Acrescentar ao modelo existente de desenvolvimento de novos produtos e melhoramentos de processos, as diretrizes do TPM relacionadas ao gerenciamento antecipado dos equipamentos.

O autor deste trabalho, na época desempenhando o cargo de supervisor de engenharia de processos, passou também a coordenar as atividades do setor de manutenção.

### 3.4 IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

Para iniciar as atividades, foi escolhido o setor de estampagem de núcleos de aço silício, o qual é constituído por oito prensas mecânicas de alta velocidade. A iniciativa de começar neste setor da fábrica deveu-se:

- a) Ao interesse da direção da empresa pela conservação e desempenho das máquinas deste setor;
- b) Ao fato da produção de reatores depender do bom funcionamento destas máquinas, sendo um dos setores mais importantes do sistema produtivo;
- c) À existência de prensas de elevada tecnologia, representando investimentos substanciais da companhia (na ordem de US\$ 600 mil), sofrendo deterioração em razão da não observância das condições de operação, utilização, *setup*, inspeção e lubrificação especificadas pelo fabricante do equipamento;
- d) As máquinas apresentarem grande quantidade de vazamentos de óleo lubrificante, tornando o ambiente de trabalho inseguro devido ao risco de queda dos operadores;
- e) As máquinas apresentarem grande quantidade de pequenos defeitos oriundos de partes que foram sofrendo deterioração sem que tenham sido adequadamente reparadas;

f) Ao aspecto visual das máquinas muito desgastado, causando má impressão;

Levando em consideração os fatores citados, acreditamos que o sucesso neste setor poderia ser considerado um modelo para implementação do TPM nos demais setores da fábrica.

O primeiro passo foi treinar os operadores das prensas do setor de estampagem dos núcleos de aço silício sobre os princípios e práticas do TPM, mais especificamente, sobre a condução da manutenção autônoma e, em especial, como a mesma foi idealizada para ser operacionalizada na empresa, bem como treinamento sobre normas de segurança ao executar serviços nas máquinas. Tendo em vista a formação de equipe autônoma, também foram incluídos na equipe a ser treinada, o supervisor do setor, o operador especializado, um mecânico de manutenção e o engenheiro de processos do setor.

No total foram dez horas aulas, conduzidas durante o horário de expediente, em duas turmas, de modo que não houve necessidade de interromper a produção para a sua execução. Deste evento resultou uma modificação na organização do setor de manutenção, uma vez que o mecânico de manutenção, que desempenhava funções de forma centralizada, passou a desempenhar suas funções de forma dedicada ao setor de estamparia, tendo sido transferidas para este setor sua bancada de trabalho e ferramentas.

De forma concomitante, porém abrangendo todo o conteúdo das atividades envolvidas no TPM, foi executado treinamento com toda a equipe da manutenção e da engenharia de processos. O objetivo do treinamento foi nivelar os conhecimentos relativos à operação e a manutenção, evitando que uma nova forma de gerenciamento das atividades pudesse correr o risco de ser prejudicada por falta de adequado conhecimento do assunto por parte das pessoas diretamente envolvidas.

#### **3.4.1 Primeira etapa: limpeza inicial**

Após o treinamento, foi executada a limpeza inicial de cada uma das máquinas do setor. Esta atividade foi realizada fora do horário de expediente (aos sábados). Para cada máquina na qual seria executada a limpeza, foi planejada, com antecedência, pelo setor de manutenção, a disponibilidade de todos os materiais, utensílios e ferramentas necessários.

Participaram todos os operadores, operador especializado, supervisor, mecânico de manutenção e técnico de segurança do trabalho. Antes de iniciar a limpeza, cada máquina e o respectivo posto de trabalho foram fotografados visando uma comparação futura. O autor deste trabalho participou como facilitador instruindo de forma prática a equipe de trabalho, sobre os seguintes aspectos:

- relação entre limpeza e a identificação da fonte de contaminação ;
- relação entre limpeza e a dificuldade para executar a limpeza ;
- relação entre limpeza, inspeção e detecção de defeitos ocultos;
- relação entre limpeza e aprendizado sobre os mecanismos que compõem o equipamento;
- relação entre a atividade que estava sendo executada e o trabalho em equipe;
- preenchimento do formulário “Lista de Defeitos e Plano de Ação” (vide Anexo 3);
- preenchimento do formulário “Lista de Fontes de Contaminação” (vide Anexo 4);
- preenchimento do formulário “Lista de Áreas de Difícil Limpeza” (vide Anexo 5);
- preenchimento do formulário “Lista de Melhoramentos” (vide Anexo 6).

Também participou da atividade o supervisor de segurança do trabalho, ilustrando, de forma prática, os possíveis riscos de acidentes relacionados com a tarefa de limpeza e também da operação do equipamento.

Em conjunto com a atividade de limpeza inicial, também foram executadas a limpeza e organização do posto de trabalho, com ênfase para a eliminação das ferramentas fora de uso que estavam no setor e para a organização e redimensionamento da quantidade de contenedores padrão para kanban. A fim de possibilitar a sistematização desta atividade, foi estabelecido, em conjunto com os operadores, documento do sistema da qualidade (Instrução Operacional), vinculado ao requisito 4.12 da norma NBR ISO 9001:1994 (situação da inspeção e ensaios), estabelecendo a forma de identificação, armazenamento e dimensionamento do kanban frente às variações do programa de produção.

#### **3.4.2 Segunda etapa: Estabelecimento de plano de ação, reparo dos defeitos e entrega do equipamento para a produção**

Imediatamente após a conclusão da limpeza inicial, foi estabelecido um plano de ação para recuperar as anomalias observadas na limpeza e descritas na “Lista de Defeitos e Plano de Ação”. A recuperação dos defeitos que exigiam e podiam ser prontamente recuperados foi executada de forma imediata por técnicos da manutenção, contando com a participação dos operadores das máquinas. Os defeitos com maior dificuldade de reparo, tais como aqueles que exigem a aquisição de componentes não disponíveis de imediato, foram incluídos em um plano de ação, sendo estabelecida a data e o responsável pela sua execução. Fato que merece destaque foi a solicitação dos operadores das máquinas para que as mesmas tivessem sua pintura reparada. A argumentação para a solicitação deu-se porque foi considerado mais fácil identificar defeitos e executar a limpeza diária em uma máquina que apresenta boas condições de pintura, adicionando-se também os aspectos da melhoria no ambiente de trabalho e da moral dos operadores.

A medida que os reparos foram sendo concluídos, os equipamentos foram entregues para a produção. A partir deste evento, qualquer anormalidade que o operador viesse a observar, passou a ser registrada no “Cartão TPM” (vide Anexo 7), estabelecendo-se também, através do mesmo, um canal de comunicação entre a operação e a manutenção para a pronta recuperação e análise da falha.

### **3.4.3 Terceira etapa: Combate às fontes de contaminação e aos locais de difícil limpeza e lubrificação**

Após a entrega das máquinas para a produção, foi agendado um encontro semanal com a equipe de manutenção autônoma, com objetivos de debater e planejar medidas para combater as fontes de contaminação e os locais de difícil limpeza, estudar formas para facilitar e conseqüentemente reduzir o tempo necessário para a produção executar a limpeza e a lubrificação e, planejar melhoramentos à serem introduzidos nas máquinas.

Em função de alguns operadores pertencentes à equipe terem participado das atividades de CCQ, foi estabelecido um nome para a equipe de manutenção autônoma<sup>3</sup> e os seus membros nomearam um líder para coordenar as atividades. Dentre as funções do coordenador, ficou estabelecido o preenchimento da “Minuta de Reunião” (vide Anexo 8) e o recolhimento dos vistos estabelecidos no referido documento.

---

<sup>3</sup> O nome foi escolhido a partir da designação de um componente da prensa denominado “União Rotativa”

Em função das necessidades de produção, tornou-se impraticável retirar os operadores das máquinas para executar os encontros. Assim sendo, semanalmente, os supervisores da produção e da manutenção em conjunto com o líder da equipe, em horário determinado, visitam cada máquina em que a metodologia estava sendo implementada, a fim de serem analisados, em conjunto com o operador, os assuntos pertinentes ao desenvolvimento da manutenção autônoma. Cabe destacar a objetividade e o conteúdo prático que esta metodologia propicia ao desenvolvimento das atividades.

#### **3.4.4 Quarta etapa - Estabelecimento de padrões de limpeza e lubrificação**

Para implementação desta etapa, inicialmente foi executado um treinamento sobre lubrificação e sobre unidades de conservação de ar, para todos os operadores e funcionários da manutenção. Os treinamentos foram executados por técnicos das empresas fornecedoras de lubrificantes, com duração de 8 horas, de cunho teórico e prático, ou seja, foram executadas imersões no local de trabalho abrangendo as diversas aplicações e soluções técnicas.

Após o desenvolvimento da atividade citada, através de trabalho em equipe envolvendo obrigatoriamente o operador do equipamento e o planejador de manutenção, foram estabelecidos o “Padrão de Limpeza” e o “Padrão de Lubrificação” da máquina e dos equipamentos a ela associados, tais como talhas elétricas, carros para movimentação de materiais e ferramentas. Exemplo dos referidos padrões são mostrados nos Anexos 9 e 10 respectivamente.

Para cada ponto de lubrificação especificado no padrão foi associada uma ilustração representando de forma clara a sua localização no equipamento, conforme exemplificado no Anexo 11. O objetivo desta identificação visual deveu-se a multifuncionalidade dos operadores de setor, os quais operam qualquer equipamento do setor, facilitando desta forma a execução do serviço de manutenção. Também foi implementada uma “Tabela de Anotações” destinada ao registro de execução das lubrificações executadas, conforme exemplo mostrado no Anexo 12.

Após comum acordo sobre os padrões estabelecidos foram iniciadas a limpeza e a lubrificação periódica do equipamento. Os tempos determinados para as referidas atividades foram incluídos no roteiro de fabricação dos componentes produzidos nos referidos

equipamentos. Cabe destacar que também foram executadas as padronizações de lubrificantes e das ferramentas a serem utilizados para execução da atividade. Os “Planos de Lubrificação e Limpeza” e a “Tabela de Anotações” (vide Anexo 12) foram dispostos em pasta adequada e permanecem junto ao equipamento.

### **3.4.5 Quinta etapa – Estabelecimento de padrão de inspeção**

Para implementação desta etapa, a equipe de manutenção autônoma está planejando e desenvolvendo avaliação visando identificar partes ou funções do equipamento que devem ser inspecionadas por recomendação do fabricante ou na busca e prevenção de sintomas relacionados à perda do torque de fixação, desgastes e condições de operação irregulares. Para cada uma destas partes está sendo estabelecido um critério de avaliação, método de inspeção, ação em caso de anomalia, tempo necessário para inspeção, periodicidade e de quem é esperado a condução da inspeção.

Estas informações, em conjunto com as informações estabelecidas no “Padrão de Limpeza” e no “Padrão de Lubrificação”, serão agrupadas em um único padrão denominado “Padrão de Inspeção”, conforme exemplo apresentado no Anexo 13.

### **3.4.6 Auditoria da manutenção autônoma**

As auditorias para avaliação do programa de manutenção autônoma foram planejadas sob dois enfoques, quais sejam:

#### **3.4.6.1 Auditorias com a finalidade dos operadores demonstrarem sua habilidade**

Mensalmente, um membro da alta direção ou da gerência da companhia realiza auditoria no setor com o objetivo de avaliar o grau de habilidade dos operadores para executar as diretrizes estabelecidas para com o programa. A auditoria é executada tendo como referência *check-list* intitulado “Auditoria de Manutenção Autônoma”, elaborado especificamente para esta finalidade, conforme mostrado no Anexo 14. O objetivo maior desta modalidade de auditoria foi realizar a aproximação entre os diversos níveis hierárquicos da organização.

### 3.4.6.2 Auditorias integradas com o sistema de garantia da qualidade

Inseridos no sistema de garantia de qualidade da empresa, os padrões de limpeza e lubrificação passaram a fazer parte da documentação da qualidade, sob o status de “Instrução de Trabalho”, estando relacionadas ao Procedimento Geral da Qualidade N°4.9 – Controle de Processo. Desta forma, semestralmente, o cumprimento dos padrões é auditado quanto à sua conformidade em relação aos padrões estabelecidos. O objetivo desta modalidade de auditoria é o de atribuir ao sistema gerencial as ações corretivas e preventivas que se fizerem necessárias.

### 3.4.7 Cronograma para implementação da manutenção autônoma por toda a empresa

A implementação da manutenção autônoma em todos os setores da empresa está sendo planejada pelo setor de manutenção, devendo estender-se até o final do ano 2003, conforme apresentado no Anexo 15.

## 3.5 MELHORAR A EFICIÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS ATRAVÉS DO COMBATE ÀS PERDAS E DA REDUÇÃO DOS CUSTOS DE MANUFATURA

Anterior à descrição das atividades relacionadas a esta diretriz da empresa para com o programa TPM, faz-se necessário uma breve descrição das técnicas gerenciais utilizadas pela empresa para promover melhoramentos nos processos de manufatura.

Os produtos fabricados pela INTRAL S.A. classificam-se na categoria de *commodities* e, como tal, na ótica do consumidor, diferenciam-se em custo. Para manter-se competitiva neste tipo de mercado, a empresa tem procurado, ao longo do tempo, combater as perdas dos processos e operações, estando sempre atenta a ferramentas gerenciais e técnicas que otimizem os custos de manufatura. Inserida neste contexto, no ano de 2000 a empresa implementou um sistema gerencial de custos industriais com base no sistema das UP's, por meio do qual foram medidos os esforços de todas as atividades produtivas da companhia. O autor deste trabalho participou na condição de coordenador do projeto de implantação e, como supervisor da engenharia de processos, é responsável pela manutenção do sistema. Sob a ótica das máquinas e equipamentos, os objetivos da empresa para com esta iniciativa foram quantificar os verdadeiros custos relacionados a cada máquina e equipamento e identificar

oportunidades de melhorias que visem tornar a operação das máquinas e equipamentos mais econômica.

Além disso, a empresa vem desenvolvendo, há pelo menos oito anos, seu sistema de garantia da qualidade fundamentado na norma NBR ISO 9001, o qual vem se mostrando eficiente no combate às perdas relacionadas à geração de defeitos e produtos defeituosos.

Assim sendo, o autor deste trabalho considerou de fundamental importância estabelecer uma forma de integrar o indicador do TPM de medição das perdas relacionadas aos equipamentos, no caso o IROG, com as metodologias que a empresa já vinha usualmente empregando, no caso, a Unidade de Produção, evitando assim a existência de conflitos ou desvios de atenção em relação a uma linha de raciocínio já aderente à cultura da empresa, desvios estes originados pela diversidade de programas destinados a monitorar e melhorar a eficiência dos equipamentos e operações.

No contexto do programa e filosofia do TPM, as abordagens utilizadas para melhoria da eficiência das máquinas e equipamentos foram:

- a identificação e o combate às perdas com base na medição do IROG;
- a avaliação da quantidade de unidades de produção produzidas em cada posto operativo;
- a mensuração e a redução da quantidade de esforços de produção representado por cada posto operativo;
- a formação de equipes de trabalho, operando na melhoria de um tema específico.

### **3.5.1 A identificação e o combate às perdas com base na medição do IROG**

O levantamento e o diagnóstico da situação das máquinas são fundamentais para possibilitar uma avaliação correta da situação. Para isto, foi criada uma equipe de trabalho para o combate às perdas, liderada pelo supervisor da engenharia de processos (no caso, o autor deste trabalho) e incluindo o supervisor do setor de produção, supervisor de manutenção, engenheiro de processos e o líder da equipe de manutenção autônoma. A equipe estabeleceu em conjunto com os operadores das máquinas, a “Folha de Coleta de Dados” referentes às perdas relacionadas ao equipamento, conforme apresentado no Anexo 16. Esta

atividade também serviu para treinamento dos operadores sobre o preenchimento da mesma, visto que diversos ajustes propostos pelos mesmos foram executados antes de gerar a planilha que está sendo utilizada.

A seguir iniciou-se a medição diária das perdas. Através de análise realizada entre o tempo padrão de operação, obtido através de cronoanálise executada pela engenharia de processos e o planejamento de produção das linhas de montagem que deveriam ser supridas por estes equipamentos, verificou-se, e já era sabido, que três das oito máquinas constituíam-se na restrição do sistema produtivo do setor. Como as três máquinas produzem o mesmo componente simultaneamente, a equipe optou pela medição das perdas em somente uma das máquinas.

O cálculo do IROG foi executado pela equipe de trabalho em uma base mensal. A metodologia utilizada seguiu os seguintes passos (mês de julho / 2001):

a) Agrupamento dos dados obtidos através de coleta diária:

- Tempo total disponível: ..... 11650 min.
- Quantidade produzida: ..... 1.242.065 golpes da prensa
- Capacidade da prensa: ..... 220 golpes por minuto
- Tempo empregado para limpeza: ..... 509 min.
- Tempo empregado para lubrificação: ..... 172 min.
- Tempo utilizado em reuniões da equipe de manutenção autônoma: ..... 240 min.
- Tempo de carga =  $((11650 - (509 + 172 + 240)))$  ..... 10729 min.
- Tempo devido a perdas por setup: ..... 943 min.
- Tempo devido a perdas por quebra: ..... 2429 min.
- Total de perdas devido a quebras + setup:  $(943 + 2429)$  ..... 3372 min.
- Tempo devido a perdas por pequenas paradas: ..... 442 min.
- Tempo devido a perdas por redução da velocidade de operação: ..... 248 min.
- Quantidade sucateada ..... 256 Kg  $\approx$  4.098 golpes da prensa  $\approx$  18 min.

b) Cálculo do índice de disponibilidade:

$$\text{Índice de disponibilidade} = \frac{\text{tempo de carga} - \text{perdas devido a quebra e setup}}{\text{tempo de carga}}$$

$$\text{Índice de disponibilidade} = \frac{((11650 - (509 + 172 + 240)) - (2429 + 943))}{((11650 - (509 + 172 + 240)))}$$

$$\text{Índice de disponibilidade} = 0,686$$

c) Cálculo do índice de performance

$$\text{Índice de performance} = \frac{\text{quantidade produzida}}{\text{tempo trabalhado} \times (\text{capacidade} / \text{tempo trabalhado})}$$

$$\text{Índice de performance} = \frac{1.242.065}{((10729 - (2429 + 943)) \times \left(\frac{220 \times 0,95}{1}\right))}$$

$$\text{Índice de performance} = 0,807$$

Também foi executado cálculo, incluindo no fator tempo trabalhado, além dos tempos devidos a perdas com quebras e *setup*, os tempos devidos às perdas com pequenas paradas e redução da velocidade de operação. O resultado encontrado foi:

$$\text{Índice de performance} = \frac{1.242.065}{((10729 - (2429 + 943 + 442 + 248)) \times \left(\frac{220 \times 0,95}{1}\right))}$$

$$\text{Índice de performance} = 0,891$$

O resultado encontrado demonstra que somente conseguimos coletar 48,8 % dos incidentes que geram este tipo de perda, uma vez que, se todas as perdas que realmente ocorreram tivessem sido identificadas e registradas, o índice de performance esperado seria de 1,00. Isto significa que o total real de perdas por pequenas paradas e perda de velocidade é de 1414 minutos e o que conseguimos

coletar foi 690 minutos, não obstante o planejamento executado e a boa vontade do operador em executar esta tarefa.

Também deve ser destacado que no fator capacidade foi incluído um coeficiente de descanso de 5 %, eliminando desta forma da avaliação os fatores que dizem respeito à performance do operador.

d) Cálculo do índice de qualidade

$$\text{Índice de qualidade} = \frac{1.242.065 - 4.098}{1.242.065}$$

$$\text{Índice de qualidade} = 0,997$$

e) Cálculo do IROG

$$\text{IROG} = \text{índice de disponibilidade} \times \text{índice de performance} \times \text{índice de qualidade}$$

$$\text{IROG} = 0,686 \times 0,807 \times 0,997$$

$$\text{IROG} = 0,552$$

Através da coleta de dados e do cálculo do IROG ficou evidente que as maiores perdas estavam relacionadas ao índice de disponibilidade, bem como que havia melhoramentos a serem executados para redução das perdas relacionadas ao índice de performance.

Uma vez concluída a medição e o cálculo, a equipe de trabalho iniciou o combate às perdas. Como as perdas mais significativas estavam relacionadas ao índice de disponibilidade, e os motivos mais significativos foram às perdas por quebras com 2429 minutos de parada durante o mês, a equipe de projeto utilizou-se do método MASP para análise e solução do problema. O resultado da análise está apresentado no Apêndice 2.

Em decorrência da aplicação do método de combate às perdas, depois de executadas as primeiras soluções planejadas, o IROG atingiu índice de 0,634. Este resultado pode ser interpretado de duas maneiras: sob o ponto de vista do valor agregado à operação e sob o ponto de vista da eliminação de restrição no sistema produtivo.

a) Sob o ponto de vista do valor agregado à operação

Conforme Davis (1994), os processos empregados dentro de uma companhia são concebidos para adicionar valor às partes ou materiais que eles estão processando. O valor agregado que foi adicionado à operação em função da melhoria obtida no IROG foi calculado da forma como segue:

– Dados iniciais de valor agregado

- Custo da fita de aço silício por peça (antes da estampagem): R\$ 1,746
- Custo da fita de aço silício por peça (após estampagem): R\$ 2,154
- Valor agregado por peça em função da operação executada: R\$ 0,408

– Dados do processo

- Velocidade da prensa: 220 ciclos por minuto
- Coeficiente de descanso para o operador: 0,95
- A cada ciclo da prensa são obtidas 6 laminas de aço
- Número de lâminas de aço por peça: 44
- Número de ciclos da prensa para obter uma peça: 7,33 golpes

– Valor agregado à operação com IROG tendo índice 1,00 (desconsiderando as perdas):

$$\text{Valor agregado à operação} = \frac{220 \times 0,95 \times 6}{44} \times 0,408$$

$$\text{Valor agregado à operação} = \text{R\$ } 11,628 / \text{ minuto}$$

– Valor agregado à operação com IROG de índice 0,552

$$\text{Valor agregado à operação} = \frac{220 \times 0,95 \times 6}{44} \times 0,552 \times 0,408$$

$$\text{Valor agregado à operação} = \text{R\$ } 6,419 / \text{ minuto}$$

- Valor agregado à operação com IROG de índice 0,634

$$\text{Valor agregado à operação} = \frac{220 \times 0,95 \times 6}{44} \times 0,634 \times 0,408$$

$$\text{Valor agregado à operação} = \text{R\$ } 7,372 / \text{ minuto}$$

- Valor agregado à operação que foi recuperado em função do combate às perdas:

$$\text{Valor recuperado} = \text{R\$ } 7,372 / \text{ minuto} - \text{R\$ } 6,419 / \text{ minuto}$$

$$\text{Valor recuperado} = \text{R\$ } 0,953 / \text{ minuto}$$

- Possibilidade potencial de melhoria no valor agregado à operação:

$$\text{Possibilidade potencial de melhoria} = \text{R\$ } 11,628 / \text{ minuto} - \text{R\$ } 7,372 / \text{ minuto}$$

$$\text{Possibilidade potencial de melhoria} = \text{R\$ } 4,256 / \text{ minuto}$$

b) Sob o ponto de vista da eliminação na restrição do sistema produtivo

Considerando que, sob condições normais, o regime de operação da máquina avaliada é de 10.800 minutos mensais e que houve necessidade de operar durante 11.650 minutos, houve a necessidade de 850 minutos adicionais de trabalho em regime de horas extras. Considerando que cada 0,010 de elevação no IROG representam 108 minutos mensais de perdas eliminadas, a elevação de 0,082 pontos no índice teria representado, no mês em questão, 886 minutos, dispensando desta forma o uso de trabalho adicional para atender à necessidade de produção.

Porém existem ganhos potenciais muito maiores. Analisando o valor total das perdas que foi de 5447 minutos (2429 minutos para as quebras, 943 minutos para o setup e 1414 minutos para as perdas de velocidade e por pequenas paradas), e levando em consideração que o sistema produtivo é composto por três máquinas, é possível afirmar que, através do combate total a todas as perdas, uma das três máquinas estaria disponível para outras atividades, eliminando desta forma a restrição no sistema produtivo do setor de estamperia.

### **3.5.2 A avaliação do índice UP / hora e da quantidade de UP's produzidas em cada posto operativo**

Se sob a lógica do IROG, a cada perda combatida espera-se obter um índice cada vez maior, sob a lógica dos custos de manufatura, espera-se produzir a maior quantidade possível de UP's com o menor custo operacional. Isto é possível através da redução do tempo padrão de operação, via implementação de melhorias no processo de manufatura ou através da redução dos custos dos insumos aplicados a cada máquina, os quais foram detalhadamente especificados na “Folha de Cálculo” de cada posto operativo, conforme exemplo apresentado no Anexo 17.

Assim, a equipe de trabalho também dedicou esforços no sentido de avaliar soluções para elevar o número de UP's produzidas em cada máquina onde estava sendo implementada a manutenção autônoma, o que, em outras palavras, não deixa também de ser considerado como combate às perdas, bem como, no sentido de avaliar criticamente os custos – valores dos esforços unitários de cada máquina, os quais geram, através de cálculo matemático de concepção própria, os índices em UP/hora de cada posto operativo. Assim sendo, a partir dos conhecimentos adquiridos sobre o equipamento e sobre o processo durante a etapa de combate às perdas, e, através de análise crítica das “Folhas de Cálculo” de cada máquina, a equipe de projeto elaborou o “Plano de Ação Anual Visando à Redução do Índice UP / Hora”, conforme apresentado no Anexo 18.

### **3.5.3 A formação de equipes de trabalho, operando na melhoria de um tema específico relacionado às perdas dos equipamentos**

A direção industrial da companhia considerou aderente ao programa e à filosofia do TPM a formação de equipes de trabalho, destinadas a operar temas específicos relacionados à perda dos equipamentos, com abrangência em todo o contexto da companhia, e cujas ações de melhoria certamente incluirão atividades a serem executadas e / ou contratadas pelo setor de manutenção. Assim sendo, foram até o presente momento focalizados os seguintes temas:

#### **3.5.3.1 Redução do consumo de energia elétrica**

A energia elétrica, além de um recurso escasso, representa, em alguns casos, até 7,0 % dos custos de manufatura. No contexto da companhia, o tema em questão foi abordado devido às seguintes razões:

- a) O consumo está atingindo valores próximos à capacidade instalada na subestação da empresa. Melhoramentos que habilitem aumentar este valor implicam em investimentos na ordem de R\$ 30.000,00;
- b) A conta de energia elétrica atinge valores médios de R\$ 33.000,00 sendo que a direção da empresa entendia que medidas para reduzir este valor deveriam ser aplicadas.

Assim sendo, foi constituída uma equipe de trabalho formada pelo supervisor de manutenção, técnicos eletro-eletrônicos do setor de manutenção, supervisor da engenharia de processos (no caso, o autor deste trabalho) e gerente da produção. Esta equipe estabeleceu “Plano de Ação Para Redução do Consumo de Energia Elétrica”, conforme apresentado no Anexo 19.

### 3.5.3.2 Redução no consumo de água

A água, do ponto de vista financeiro, é um recurso de custo relativamente baixo. Contudo, fatores relacionados à consciência ecológica da companhia, a constante fiscalização dos órgãos ambientais quanto ao uso e destino dos efluentes líquidos e a pressão gerada por mercados mais exigentes, fizeram com que este recurso assumisse dimensões consideradas estratégicas para o futuro da companhia no que diz respeito aos planos de expansão da produção.

De forma similar à equipe citada anteriormente, foi criada uma outra equipe de trabalho constituída pelo engenheiro de processos químicos, supervisor de manutenção, supervisor de recursos humanos, supervisor da engenharia de processos e representantes dos setores que possuem equipamentos com consumo representativo, com o objetivo de estabelecer um “Plano de Ação Para Redução no Consumo de Água”, conforme apresentado no Anexo 20.

### 3.5.3.3 Combate aos vazamentos de ar comprimido

O ar comprimido é uma das energias que implica maiores custos para a companhia, além de impor perdas visíveis no ambiente da fábrica. Assim sendo, foi organizada uma equipe de trabalho constituída por supervisor de manutenção e supervisores de produção, com o objetivo principal de estabelecer um “Plano de Ação Para Combate aos Vazamentos de Ar Comprimido”, conforme apresentado no Anexo 21.

### 3.5.3.4 Combate às perdas de natureza ergonômica

As perdas de natureza ergonômica, além de danos à saúde do trabalhador muitas vezes irreversíveis, representam para a companhia desembolsos contabilizados em R\$ 39.670,00 por ano, provenientes de despesas com profissionais das áreas de direito trabalhista, fisioterapia, quiropraxia e com medicamentos. Além disso, a empresa sofre o assédio de funcionários que, após deixar a empresa, ingressam nos sindicatos de classe com reclamações trabalhistas, causando problemas nas relações da companhia com a comunidade.

Para este fim, foi criada uma equipe de trabalho constituída por fisioterapeuta contratado em nível de consultor, supervisor de manutenção, engenheiro de processos, supervisor da área de medicina e segurança do trabalho e o supervisor da engenharia de processos (no caso, o autor deste trabalho). A equipe operou a partir das seguintes abordagens:

- a) Analisando os postos operativos em que houve ocorrências de “dor física”, nos quais o médico de trabalho concluiu existir a possibilidade das reclamações estarem relacionadas a Lesões por Esforços Repetitivos (LER);
- b) Analisando sistematicamente cada posto operativo visando a sua adequação aos requisitos da “Norma Reguladora de Segurança e Saúde no Trabalho NR 17 – Ergonomia”.

Através destas análises, foi estabelecido um “Plano de Ação Para Combate às Perdas de Natureza Ergonômica” para solução dos problemas levantados, conforme apresentado

no Anexo 22, os quais, em 100% dos casos, envolvem a ação direta ou indireta do setor de manutenção. Como objetivo maior, foi estabelecida a viabilização de situação que isente a empresa, dentro de período de dois anos, do pagamento de adicional de insalubridade.

#### 3.5.3.5 Outros temas a serem abordados

Também estão em fase de formação equipes de trabalho destinadas a trabalhar os seguintes temas:

- perdas por falhas logísticas;
- redução do consumo de gás liquefeito de petróleo;
- redução no consumo de tinta epóxi a pó;
- redução no consumo de fosfato de ferro;
- redução do consumo de estanho para soldagem de conexões elétricas;
- redução do consumo de fluxo utilizado na soldagem de conexões elétricas;
- redução de consumo de gás argônio para soldagem pelo processo Tungsten Inert Gás (TIG);
- redução no consumo de eletrodos para solda TIG .

### 3.6 ORGANIZAR O SETOR DE MANUTENÇÃO PARA A CONDUÇÃO DA MANUTENÇÃO PLANEJADA DAS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS RELACIONADOS À PRODUÇÃO

O desenvolvimento da organização da manutenção é fundamental para a continuidade do TPM. Isso se tornou evidente principalmente no setor onde estava sendo implementada a manutenção autônoma, não obstante esta diretriz estabelecida pela empresa para o programa tenha sido enfocada visando abranger não somente o referido setor, porém todo o contexto das máquinas e equipamentos do sistema produtivo da companhia.

Os principais passos realizados no sentido de estabelecer um sistema de manutenção habilitado a conduzir a manutenção planejada das máquinas e equipamentos foram:

#### **3.6.1 Implementação de software de gerenciamento da manutenção**

Inicialmente, cabe destacar que a empresa dispunha em seu sistema informatizado, de um módulo de gestão da manutenção, o qual não estava sendo utilizado. Após análise realizada pelo autor, constatou-se que as principais dificuldades para sua aplicação estavam relacionadas ao incompleto, desatualizado e, principalmente, incorreto preenchimento das informações cadastrais das máquinas e equipamentos que haviam sido introduzidas no módulo, bem como à ausência de técnicos no setor de manutenção habilitados a operar e a entender a lógica de funcionamento do mesmo.

Assim sendo, contratou-se a empresa desenvolvedora do *software* para executar um treinamento sobre a sua operacionalização. Os resultados da atividade foram muito abaixo do esperado, uma vez que a mesma possuía profissionais que conheciam muito bem o sistema porém conheciam pouco ou nada sobre a atividade de manutenção, ficando difícil estabelecer um relacionamento entre as duas partes. Também foram realizadas avaliações de *software* desenvolvidos exclusivamente para esta finalidade, os quais se demonstravam perfeitamente adequados à atividade de manutenção, porém, por não possuírem interface com o sistema da empresa, causaram resistências por parte do pessoal da área de sistemas quanto a sua aquisição.

A solução encontrada foi a de contatar algumas empresas que utilizavam o mesmo *software* e avaliar a operacionalização do sistema a partir de um modelo em operação. Em uma destas empresas visitadas, onde foi constatado que o sistema estava funcionando com sucesso, o técnico de manutenção responsável pela operacionalização do sistema foi contratado como consultor para auxiliar na análise, atualização e adequação do sistema. A partir desta ação, foi possível entender a lógica de funcionamento do sistema, o qual, a partir de informações cadastrais que deveriam ser atualizadas e/ou introduzidas no sistema, determinaria:

- a rotina diária de trabalho e, conseqüentemente, o gerenciamento das atividades do setor;
- os relatórios gerenciais possíveis de obter;
- as informações estatísticas que o sistema poderia oferecer;
- o treinamento que deveria ser fornecido à equipe de manutenção para operar o sistema.

### 3.6.1.1 Informações cadastrais que estão sendo introduzidas no sistema

As principais informações cadastrais que estão sendo atualizadas e / ou adequadas no sistema estão a seguir relacionadas:

#### a) Cadastro de máquinas e equipamentos

Consistindo no cadastramento de todas as máquinas e equipamentos que fazem parte dos postos operativos cobertos pelo sistema de custos com base no método das UP's e que possa vir a sofrer uma manutenção futura.

#### b) Cadastro das famílias de máquinas e equipamentos

Consistindo no cadastramento das seguintes informações:

- tipo de equipamento, estabelecido a partir de avaliação executada nas diversas máquinas e equipamentos do sistema produtivo da empresa e agrupando-as por similaridade;
- fator de criticidade, estabelecido a partir de avaliação executada pelo planejador de manutenção, tendo como referência parâmetros relacionados com o grau de comprometimento das máquinas e equipamentos para atingir os programas de produção da empresa, a existência de equipamentos de *backup*, os efeitos que uma falha teria sobre outros processos, a quantidade de material defeituoso gerado pelo equipamento, a frequência das falhas, o tempo necessário para reparar uma falha e os efeitos com que uma falha afetaria o meio ambiente;
- tipo de contador, informação esta obtida a partir de análise que irá determinar a forma como deveria ser estabelecida a frequência das manutenções (ex: semanal, mensal, por horas trabalhadas).

#### c) Estabelecimento de calendário da manutenção industrial

Consistindo na geração de um calendário apropriado, subdivido em dias e considerando a previsão de operação, para que o sistema com base neste, possa calcular a periodicidade correta das intervenções preventivas.

d) Cadastramento das equipes de manutenção

Consistindo em cadastrar as equipes que serão utilizadas nas atividades de manutenção.

e) Cadastramento dos tipos de especialidades

Consistindo em cadastrar as especialidades que serão utilizadas nos planos de manutenção.

f) Cadastramento dos técnicos de manutenção

Consistindo em cadastrar os técnicos que serão utilizados para o apontamento da mão de obra no registro das ordens de manutenção.

g) Cadastramento das causas

Consistindo no cadastramento dos códigos das causas que serão utilizados no cadastramento do plano de manutenção, nas ordens de manutenção manuais e no encerramento das ordens de manutenção. Podem ser cadastradas, entre outras, as seguintes causas: melhorias de máquinas, programa TPM, mau uso, defeito elétrico, defeito eletrônico.

h) Cadastramento da estrutura das máquinas e equipamentos

Consistindo em cadastrar a estrutura de uma máquina ou equipamento ou de uma linha de equipamentos de maneira que quando ocorra a atualização do sistema com o repasse das horas ou calendário de manutenção, este gere as ordens de manutenções preventivas para todos os componentes de um equipamento ou para

toda uma linha de equipamentos otimizando o tempo de parada em uma única intervenção.

i) Cadastramento dos planos de manutenção

Consistindo no cadastramento dos planos de manutenção preventiva de cada equipamento, á partir da geração automática de ordens de manutenção.

3.6.1.2 A forma como o sistema irá estabelecer a rotina diária de trabalho

Uma vez estabelecidas as informações cadastrais anteriormente citadas, o sistema irá executar as seguintes funções relacionadas ao gerenciamento diário das atividades da manutenção:

a) Geração automática de ordens de manutenção

Consistindo na geração automática de ordens de manutenção preventivas para equipamentos ou famílias de equipamentos.

b) Geração manual de ordens de manutenção

Consistindo na emissão manual de ordens de manutenção tanto corretivas quanto preventivas.

c) Emissão de ficha de manutenção

Consistindo na emissão de fichas de manutenção para as ordens que foram geradas automaticamente pelo programa de geração de ordens e para as ordens de manutenção que foram cadastradas manualmente e que não tiveram suas fichas emitidas no momento do cadastramento.

d) Apontamento de mão de obra por técnico

Consistindo em permitir que seja informado o tempo real das tarefas por ordem de manutenção, para valorizar a ordem no que se refere a custo de mão de obra.

e) Encerramento da ordem de manutenção

Consiste no encerramento de ordens de manutenção em andamento, para que seja possível o recálculo da periodicidade do plano de manutenção preventiva e a geração dos históricos das atividades de manutenção.

f) Suspensão / reativação da ordem de manutenção

Consiste na suspensão ou reativação de ordem de manutenção, desde que a mesma não esteja terminada.

### 3.6.1.3 Relatórios gerenciais que serão emitidos pelo sistema

A partir do funcionamento do sistema, o sistema irá gerar, entre outros, os seguintes relatórios gerenciais:

- número de ordens de manutenção por período, corretiva e preventiva;
- número de horas paradas por equipamento;
- relação de ordens em aberto;
- tempo de mão de obra empregado pelos técnicos de manutenção para os equipamentos em cada ordem ou por período;
- histórico de ordens de manutenção por: causa, equipamento, família de equipamentos, centro de custo e por tipo de manutenção.

### 3.6.1.4 Estatísticas possíveis de serem obtidas com o sistema

O sistema irá permitir a obtenção das seguintes informações estatísticas:

- equipamento com maior quantidade de ordens de manutenção;
- equipamento com maior quantidade de horas paradas para manutenção;

- equipamento com a maior quantidade de horas trabalhadas pela equipe de manutenção;
- estas informações podem ser gerais, de um equipamento, de uma família, de uma determinada causa específica, de um determinado centro de custo, de uma área específica tais como: elétrica, mecânica e ferramentaria, entre outras, permitindo assim a implementação de um processo de melhoria contínua nas atividades de manutenção.

### **3.6.2 Reestruturação das atividades do setor de manutenção**

Esta atividade iniciou com a análise conjunta realizada pela direção industrial, supervisor de manutenção e gerência de produção, sobre as atividades de manutenção que deveriam manter-se centralizadas e aquelas que poderiam ser descentralizadas.

Após a análise do assunto, foram mantidas centralizadas as atividades que requeriam pessoal ou equipamentos especializados para serem executadas, tais como serviços de natureza eletro-eletrônica, torneiro mecânico, fresadores, marceneiro, planejador de manutenção e depósito de peças de reposição. Os serviços de natureza mecânica foram divididos por setores da fábrica, tendo sido transferidos para os setores de produção, os mecânicos, suas bancadas de trabalho e ferramentas, bem como suas prioridades passaram a ser determinadas pelo supervisor de produção. Para os serviços de natureza predial, foi contratada uma empresa de serviços especializada nesta modalidade de atividade. Para as atividades de implementação do *software* de gerenciamento da manutenção, controle do estoque de peças de reposição e estabelecimento de programa de manutenção preditiva, foi criada a função de planejador de manutenção.

### **3.6.3 Gerenciamento do estoque de peças de reposição**

Dentro de uma política de priorizar a gestão da manutenção para os equipamentos de tecnologias e custos elevados, bem como, aqueles considerados vitais para o sistema produtivo, foram realizadas análise, orçamento e aquisição das peças de reposição consideradas fundamentais quanto a sua pronta disponibilidade. Para cada caso, foram avaliadas as recomendações dos fabricantes dos equipamentos, procedência, disponibilidade, prazo de entrega, custo de aquisição e sistemática para armazenagem.

Em virtude de esta atividade requerer, entre outros aspectos, conhecimento sobre o histórico de falhas dos equipamentos e como o *software* para a gestão da manutenção encontrava-se em fase de adequação, foi transferido temporariamente para esta função um funcionário que desempenhava a função de mecânico de manutenção, com grande experiência e conhecimento das máquinas e equipamentos da companhia.

### **3.6.4 Implementação de programa de manutenção preditiva**

Visando estabelecer o programa de manutenção preditiva, foi realizada uma análise dos tipos de intervenção por equipamento que são tecnicamente ou economicamente viáveis de serem executados sob a referida abordagem. Assim sendo, foram até o momento incluídos neste programa o monitoramento dos seguintes parâmetros:

a) Análise de óleos hidráulicos e lubrificantes

Executada em conjunto com o fornecedor eleito para os lubrificantes foi estabelecido um programa para monitoração objetiva (acompanhamento feito com base em medições) da qualidade do óleo hidráulico e do óleo lubrificante utilizado nas máquinas e equipamentos cujo reservatório tenha capacidade superior a 80 litros.

b) Análise de tensão em fontes de alta tensão de pistolas para pintura eletrostática

Executada através de aquisição de aparelho destinado a avaliar as condições dos cabos de alta tensão das pistolas para pintura eletrostática, realizando a substituição dos mesmos antes de haver alterações significativas na camada de pintura a pó da carcaça metálica dos reatores e das luminárias.

c) Outras análises que estão sendo estudadas quanto à viabilidade técnica

- Análise dos gases de combustão dos queimadores de gás utilizados nas estufas de tratamento de superfícies, e,
- Análise de vibrações em rolamentos de mancais de exaustores.

### 3.7 TREINAR A OPERAÇÃO E A MANUTENÇÃO PARA ESTAREM CAPACITADOS A OPERAR E MANTER AS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS RELACIONADOS À PRODUÇÃO

Nenhum resultado desejado poderá ser obtido com o TPM sem que uma adequada educação seja utilizada como base de sustentação do programa. Para isto, foi executado um programa de educação e treinamento voltado para os seguintes objetivos:

- a) Treinar os operadores das máquinas onde estava sendo implementada a manutenção autônoma para executar as atividades de limpeza, lubrificação e identificação de anormalidades nas máquinas e equipamentos;
- b) Treinar os técnicos de manutenção sobre como fornecer adequado suporte aos operadores das máquinas e tomar parte das atividades de manutenção autônoma.

Para atender aos objetivos citados, foi estabelecido um programa de treinamento que consiste nas seguintes etapas:

#### **3.7.1 Treinamento básico para implementação do TPM no posto de trabalho**

Aplicável para todos os funcionários do setor de produção e para o mecânico de manutenção do setor onde está sendo implementada a manutenção autônoma, passando a fazer parte do treinamento necessário para iniciar o programa em outros setores da empresa. Abrangeu os seguintes conteúdos:

- filosofia básica do TPM;
- conceito básico de perdas;
- as seis grandes perdas;
- conceito de manutenção autônoma;
- etapas para implementação da manutenção autônoma;
- normas de segurança no trabalho;
- conceitos fundamentais de qualidade e produtividade.

### **3.7.2 Treinamento para desenvolvimento de habilidades relacionadas à manutenção autônoma**

Aplicável para todos os operadores de máquinas e equipamentos foi elaborado um programa de treinamento a ser desenvolvido em conjunto com as atividades de manutenção autônoma, abrangendo os seguintes conteúdos:

- lubrificação industrial básica (inspecionar, limpar e substituir filtros, reguladores e lubrificadores, executar lubrificação básica, uso adequado de ferramentas para lubrificação) ;
- pneumática básica (prevenção de vazamentos, análise de conexões, métodos de inspeção utilizando os cinco sentidos) ;
- elementos de máquinas (parafusos e porcas, métodos para checar perda de torque, métodos para prevenir a perda de torque);
- elementos de transmissão de potência (ajuste de correias de tensão, checagem utilizando os cinco sentidos para calor, ruído e vibração);
- hidráulica básica (prevenção de vazamentos, análise de conexões, métodos de inspeção utilizando os cinco sentidos);
- elementos básicos de comando elétrico.

### **3.7.3 Treinamento para técnicos de manutenção**

Aplicável para toda a equipe de manutenção foi elaborado um programa de treinamento, a ser realizado com apoio de escolas especializadas, que deverá abranger:

- conceitos fundamentais do TPM;
- lubrificação industrial ;
- elementos fundamentais de distribuição e comando da rede de ar comprimido ;
- técnicas de diagnóstico em máquinas e equipamentos;
- princípios mecânicos básicos;
- materiais de construção mecânica;
- elementos de fixação;
- pneumática ;
- hidráulica;

- componentes eletro – eletrônicos;
- elementos de automação industrial.

Nesta etapa do programa de implementação do TPM, cuidados devem ser tomados no sentido de integrar o programa de treinamento para o TPM com o programa de treinamento oficial da empresa destinado, entre outras finalidades, ao atendimento do requisito treinamento, referente ao item N° 4.18 da NBR ISO 9001:1994. Assim sendo, foi alterada a “Descrição de Cargo”<sup>4</sup> correspondente aquelas funções onde estava sendo implementada a manutenção autônoma, acrescentando às mesmas, a exigência de treinamento nas habilidades anteriormente descritas, conforme exemplificado no Anexo 23.

Em uma pesquisa de avaliação sobre as atividades de treinamento, foi verificado ser muito importante que a cada treinamento realizado fosse emitido um certificado de participação, de preferência por parte da empresa que realizou o treinamento, valorizando desta forma o *curriculum vitae* do funcionário.

### 3.8 ACRESCENTAR AO MODELO EXISTENTE DE DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS E MELHORAMENTO DE PROCESSOS AS DIRETRIZES DO TPM RELACIONADAS AO GERENCIAMENTO ANTECIPADO DOS EQUIPAMENTOS

Para implementação desta atividade fundamental do TPM, as seguintes considerações iniciais fazem-se necessárias, quais sejam:

- a) O gerenciamento antecipado dos equipamentos está diretamente relacionado ao processo de desenvolvimento de produtos;
- b) Nos últimos cinco anos, o processo de desenvolvimento de produtos da empresa INTRAL S.A., passou e está passando por profundas transformações, resultado direto da mudança de tecnologia verificada no produto (de modelo eletromagnético para modelo eletrônico), da constante competição existente no mercado em um produto onde preço é fator fundamental na decisão de compra do cliente, da

---

<sup>4</sup> Documento da empresa onde estão descritas as tarefas envolvidas no cargo descrito e as habilidades necessárias para o correto desempenho da atividade.

redução do ciclo de vida dos produtos e das novas e constantes exigências do mercado.

Estes cenários fizeram com que a empresa executasse profundas modificações no processo de desenvolvimento de produtos. De um modelo organizacional em que o desenvolvimento de produtos estava totalmente desvinculado do desenvolvimento dos processos de manufatura, contando com duas gerências distintas, passando por estágio em que ambos os setores foram agrupados sob uma mesma gerência, chegamos ao modelo que vem sendo implementado no último ano e que busca, através da formação de equipes de trabalho multidisciplinares, constituídas por representantes de cada área da empresa e do uso de ferramentas computadorizadas de projeto, tais como, *Computer Aid Design* (CAD) e *Computer Aid Manufacturing* (CAM), estabelecer modelo de engenharia simultânea para o processo em questão.

Estas novas formas de gerenciamento do desenvolvimento de produtos, que não foram implementadas em função do programa TPM e, sim, num esforço no sentido de tornar mais rápido e preciso o processo, agregam, desde as fases preliminares do projeto, as seguintes particularidades fundamentais no processo de gerenciamento antecipado dos equipamentos:

- a) Detalhada análise dos problemas existentes nos equipamentos e processos de manufatura dos produtos que estão em linha;
- b) Análise dos processos de manufatura planejados para o novo produto;
- c) Desenvolvimento de protótipos visando identificar problemas que poderão ocorrer durante a produção;
- d) Identificação dos riscos provenientes de defeitos de fabricação e maneiras para reduzir estes riscos;
- e) Apurada noção dos requisitos de qualidade que os equipamentos designados para a manufatura do produto deverão atender para atingir os requisitos de qualidade necessários para o produto final, dos investimentos estimados, dos custos

esperados de manufatura para atingir o custo final do produto e das soluções técnicas a serem obtidas para atingir os volumes de produção planejados.

De posse de todo o contexto de informações anteriormente citadas, é iniciado o projeto e a construção das ferramentas, moldes, dispositivos. De forma similar, também é iniciado o processo de aquisição das máquinas e equipamentos necessários para o desenvolvimento do novo produto. Por tratar-se de atividades com particularidades específicas para cada caso, o gerenciamento antecipado dos equipamentos assume então atividades distintas para cada caso, conforme descrito a seguir.

### **3.8.1 Gerenciamento antecipado de ferramentas e dispositivos construídos internamente**

A atividade de projeto destas modalidades de ferramentais sempre existiu na organização, independente do modelo de desenvolvimento de produto adotado. As inovações acrescentadas à atividade, através da implementação do programa TPM, com o objetivo de prevenir erros de projetos, foram:

- a) A formação de equipe composta por representantes do setor de manutenção e do setor que irá utilizar o equipamento, para atuar junto ao projetista na elaboração do projeto, com o objetivo de avaliar aspectos relacionados à detecção de falhas de projeto e à manutenibilidade do equipamento, utilizando como ferramenta de apoio um *check-list* específico para cada caso, conforme apresentado nos Anexos 24 e 25, respectivamente;
- b) A implementação, durante a fase de projeto, da técnica de análise de falhas *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) para cada projeto a ser desenvolvido;
- c) Os referidos documentos foram integrados à documentação do sistema da qualidade como parte dos requisitos do “Procedimento Geral de Garantia da Qualidade N° 4.4 – Controle de Projeto”.

### **3.8.2 Gerenciamento antecipado das máquinas e equipamentos a serem adquiridos de terceiros**

Para execução desta atividade, constitui-se em prática vigente na empresa, a avaliação preliminar de cada máquina ou equipamento a ser adquirido, utilizando as seguintes abordagens:

- a) Elaboração de documento “Avaliação de Investimento”, conforme exemplo apresentado no Anexo 26, onde deverão estar expressas as seguintes informações:
  - descrição da natureza do investimento;
  - descrição das justificativas para o investimento;
  - análise do tempo de retorno do investimento (*payback*), aplicável nos casos onde a máquina ou equipamento destina-se à melhoria de processo de manufatura cujo objetivo é a redução de custo;
  - capacidade de produção estimada;
  - análise comparativa entre as características técnicas, da máquina ou equipamento a ser adquirido em função da quantidade de opções disponíveis no mercado;
  - análise comparativa das condições gerais de venda (preço, prazo de entrega, forma de pagamento);
  - relação de clientes do fabricante que tenham adquirido máquinas ou equipamentos similares ao que está sendo analisado.
  
- b) Visita técnica às instalações do fabricante (independente da sua localização);
  
- c) Visita técnica a clientes de referência do fabricante que estejam utilizando máquinas ou equipamentos similares ao que está sendo analisado, com o objetivo de avaliar a performance e os problemas de manutenção que o equipamento vem apresentando.

A implementação do programa TPM adicionou à atividade de avaliação das máquinas a serem adquiridas de terceiros que já vinha sendo executada, a necessidade de definir antecipadamente os critérios de aceitação do equipamento a ser adquirido, a partir de parâmetros relacionados à produtividade, qualidade e estabilidade da operação.

### 3.9 DIFICULDADES ENCONTRADAS NA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA

A implementação do TPM na empresa INTRAL S.A. apresenta algumas dificuldades, relatadas a seguir:

### **3.9.1 Rotatividade de operadores x treinamento**

Embora no setor onde está sendo implementada a manutenção autônoma a rotatividade de funcionários não seja expressiva, percebe-se, a cada troca, a necessidade de repetir treinamentos que já estão fundamentados em outros operadores da equipe, não obstante os operadores mais experientes sintam-se importantes na execução destas atividades de treinamento.

### **3.9.2 Dificuldades administrativas para resolver problemas que exijam interfaces organizacionais**

Dentre os assuntos abordados pela equipe de manutenção autônoma, estão o combate aos locais de difícil limpeza e lubrificação. Destas abordagens, geralmente são propostas pela equipe, determinadas soluções que requerem a ação de projetista de máquinas e ferramentas para melhor elaboração e conseqüente realização. A partir destas solicitações, a resposta deve ser rápida, exigindo, em alguns casos, interromper determinado projeto que esteja em andamento e migrar para o atendimento da solicitação da equipe, sob o risco de provocar a desmotivação dos operadores para com o programa.

Assim sendo, o autor destaca que o gestor dessas atividades deve possuir consciência crítica e boa dose de bom senso sobre o assunto. No caso da INTRAL S.A. ambas as atividades (projetos e manutenção) estão sob a responsabilidade do autor deste trabalho, tornando-se mais fácil, porém não menos complicada, a administração desse problema.

### **3.9.3 Dificuldades para integrar os operadores na coleta de dados para cálculo do IROG**

Percebe-se certa dificuldade em fazer entender aos operadores que a coleta de dados para calcular o índice IROG diz respeito às perdas relacionadas aos equipamentos, estando excluídos do mesmo fatores relacionados à performance dos operadores no trabalho. Também consideram os referidos cálculos muito complexos, embora sejam executados por equipe de

trabalho destinada ao combate às perdas, tornado-se uma tarefa na qual os mesmos não se sentem muito à vontade de estarem executando. Além disso, é difícil para os mesmos coletar todas as perdas relativas às pequenas paradas e perdas de velocidade, porque ocorrem numa fração de tempo que, às vezes, é mais rápida que o tempo dispendido para o seu registro.

Este capítulo apresentou os principais aspectos relacionados à forma como o TPM vem sendo implementado na empresa INTRAL S.A. O capítulo a seguir, apresentará um relato dos principais resultados obtidos a partir da utilização dos princípios fundamentais do TPM como instrumento de gestão da manutenção e de melhoria dos processos de manufatura.

## **CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E AVALIAÇÃO**

Os primeiros onze meses de desenvolvimento do TPM como instrumento de gestão na manutenção das máquinas e equipamentos e no melhoramento dos processos de manufatura da empresa INTRAL S.A foram dedicados às seguintes atividades:

- a) Desenvolvimento de atividades destinadas a sensibilizar a alta direção, gerência e supervisão para a necessidade de gerenciar as atividades de manutenção e melhoria dos processos a partir dos princípios fundamentais TPM;
- b) Implementação, em área piloto, dos primeiros quatro estágios do programa de manutenção autônoma: (1) limpeza inicial, (2) reparação dos defeitos, estabelecimento de plano de ação e entrega do equipamento para a produção, (3) combate às fontes de contaminação e locais de difícil limpeza e lubrificação, e (4) estabelecimento de padrões de limpeza e lubrificação;
- c) Implementação, em área piloto, de equipe de trabalho destinada a melhorar a eficiência dos equipamentos através do combate às perdas e da redução dos custos de manufatura. Ênfase também foi concedida para atividades em grupo destinadas à otimização dos recursos energéticos da companhia e ao combate às perdas de origem ergonômica;
- d) Implementação de programa de manutenção planejada, visando tornar a função manutenção capacitada a dar suporte para todas as máquinas e equipamentos que compõem o sistema produtivo da companhia;
- e) Implementação, em área piloto, de programa de educação e treinamento voltado às necessidades do TPM;
- f) Acrescentar ao modelo existente de desenvolvimento de produtos e melhoramento de processos, as diretrizes do TPM relacionadas ao gerenciamento antecipado dos equipamentos.

O autor deste trabalho, na condição de coordenador do programa de implementação do TPM, avaliou, a partir dos objetivos estabelecidos para o presente trabalho, os resultados mais significativos decorrentes da implementação da filosofia, dentro das seguintes abordagens:

- a) Resultados mensuráveis obtidos no setor onde estão sendo implementadas as atividades de manutenção autônoma;
- b) Resultados mensuráveis obtidos no contexto geral da empresa;
- c) Identificação dos benefícios não mensuráveis obtidos com a implementação da filosofia;
- d) Comparação das diferenças existentes entre o modelo clássico de implementação proposto por Nakajima (1989), e conseqüentemente pela JIPM, em relação ao modelo que está sendo implementado;
- e) Observação das interações existentes entre o TPM e o sistema de gerenciamento da qualidade fundamentado na norma NBR ISO 9001

#### 4.1 RESULTADOS OBTIDOS NO SETOR PILOTO ONDE ESTÃO SENDO IMPLEMENTADAS AS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

Conforme Nakajima (1989), desde a introdução até a consolidação de programas de TPM consome-se no mínimo dois a três anos. A seguir, estão descritos os resultados mensuráveis até agora obtidos no setor onde está sendo implementada a manutenção autônoma, destacando que, devido ao programa ainda ser recente no contexto e na cultura da organização, os mesmos tendem a ser ampliados à medida que o programa obtiver maior aderência.

##### **4.1.1 Eficiência global do equipamento medida através do IROG**

Conforme Nakajima (1989), o TPM visa maximizar a performance operacional das máquinas. As Figuras 7, 8, 9 e 10 mostram o resultado dos esforços realizados, tendo como referência de avaliação o indicador IROG das máquinas consideradas como restrição do

sistema produtivo do setor de estamparia, no qual o processo de implementação da manutenção autônoma deu início ao programa;

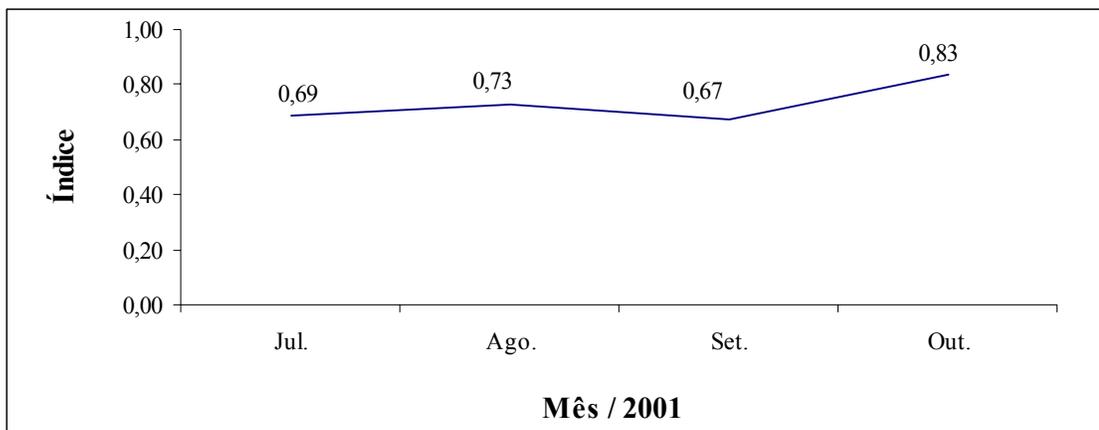


FIGURA 7 – Índice de disponibilidade

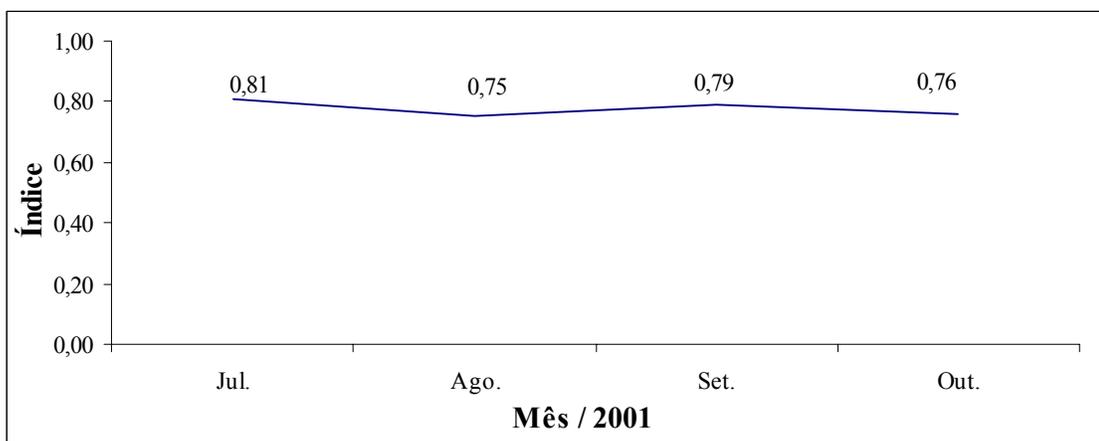


FIGURA 8 – Índice de performance

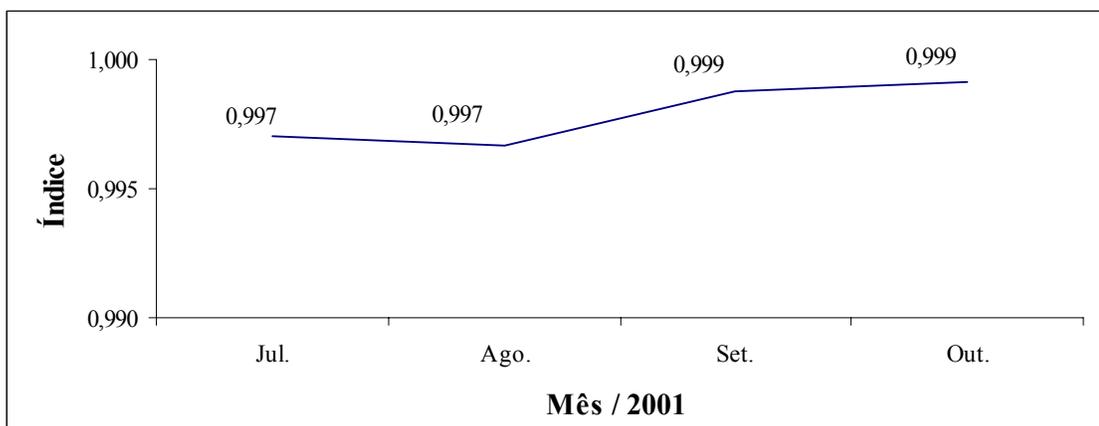


FIGURA 9 – Índice de qualidade

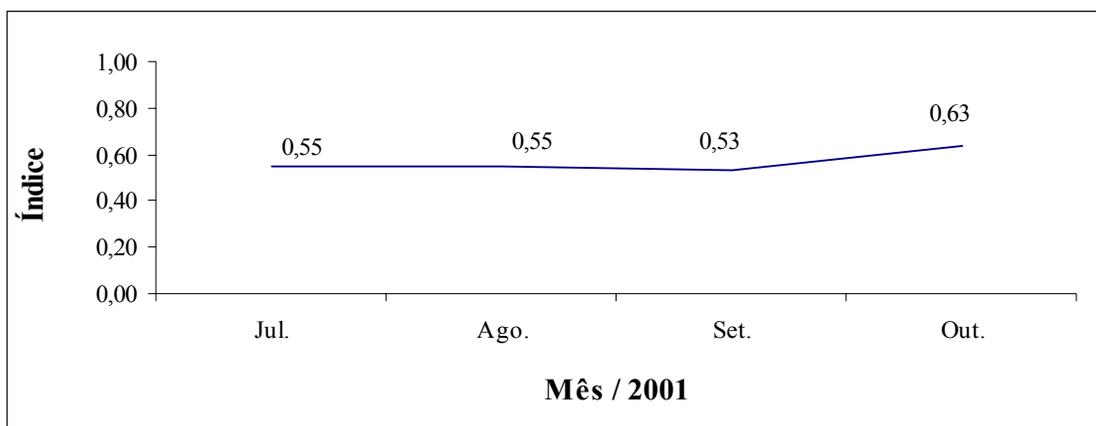


FIGURA 10 – Índice IROG

Através da combinação do IROG com o método de solução de problemas direcionado para a busca da causa fundamental dos mesmos, no caso o MASP, aliado ao trabalho em equipe, foi possível, em quatro meses, mediante a implantação de somente uma das melhorias propostas, elevar o IROG de 0,552 para 0,634. Isso significa, num primeiro momento, a eliminação de horas extras em máquinas consideradas como sendo a restrição do sistema produtivo do setor onde está sendo implementada a manutenção autônoma. Paralelamente, foram identificadas oportunidades de melhoria, a médio e longo prazo, que permitem a disponibilização de uma das três máquinas, eliminando por completo a restrição.

Com relação a esta metodologia, três aspectos muito importantes devem ser destacados, quais sejam:

- a) A combinação dos métodos acima citados constitui-se em uma poderosa forma de melhoria da eficiência das máquinas e equipamentos. Também fornece à empresa subsídios para estabelecer plano de ação que envolve atitudes em curto, médio e longo prazo, fazendo com que a mesma possa organizar-se em suas ações e planejar as melhorias que deverá realizar, uma vez que algumas delas exigem investimentos que requerem planejamento para sua execução. Os resultados são frutos desta organização e, logicamente, como qualquer programa de gestão, dependem fundamentalmente do apoio que a alta direção da organização dispensa ao mesmo;

- a) Para que a equipe de projeto alcance as metas às quais se propôs, é de fundamental importância a participação de especialista no tema que está sendo abordado. De nada valem seções de *brainstorming* e execução de diagramas de causa-efeito se as bases de discussão não estiverem fundamentadas em sólidos conhecimentos sobre o tema que se está tratando;
- b) Da mesma forma, a participação dos operadores das máquinas é muito importante, pois somente eles, através das atividades diárias de manutenção autônoma, conhecem detalhes de como os problemas se manifestam, informações estas que são muito importantes para que o especialista possa estabelecer as corretas relações entre causa – efeito dos problemas.

#### **4.1.2 Defeitos em processo (sucata em ppm)**

Conforme apresentado anteriormente na Figura 9, verifica-se que o índice de qualidade nas máquinas que constituem a restrição do sistema produtivo do setor elevou-se de 0,997 para 0,999, o que equivale, de 30 ppm para 9 ppm de defeituosos, representando uma melhoria de 3,3 vezes. Cabe destacar que nestes níveis de qualidade que podem ser considerados de classe internacional, reduções deste tipo somente são possíveis com ferramentas realmente eficazes. Isso demonstra que o TPM consegue ser eficaz até mesmo em processos que já possuem um razoável grau de otimização.

#### **4.1.3 Redução no número de quebras das máquinas e ferramentas**

Como resultado da combinação dos esforços destinados ao combate às perdas e das atividades diárias de manutenção autônoma, verificou-se (à exceção do mês de maio, devido a férias coletivas):

- a) Redução de 45% nas quebras de máquinas e 50% nas quebras de ferramentas nas máquinas onde foram implementadas ambas as atividades, conforme mostrado na Figura 11;
- b) Redução de 50% nas quebras de máquinas onde foram implementadas somente as atividades de manutenção autônoma, conforme mostrado na Figura 12.

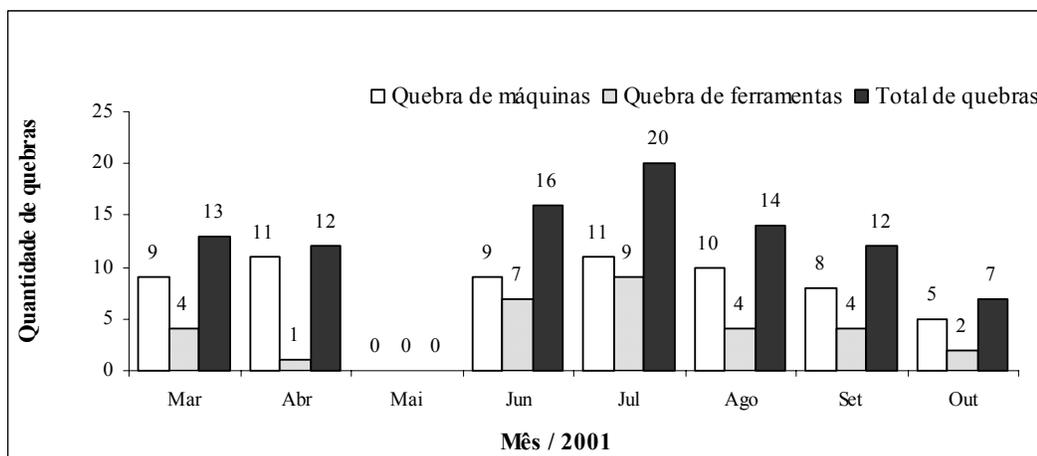


FIGURA 11 – Redução da quebra de máquinas e ferramentas em função da implementação das atividades de manutenção autônoma e do combate as perdas

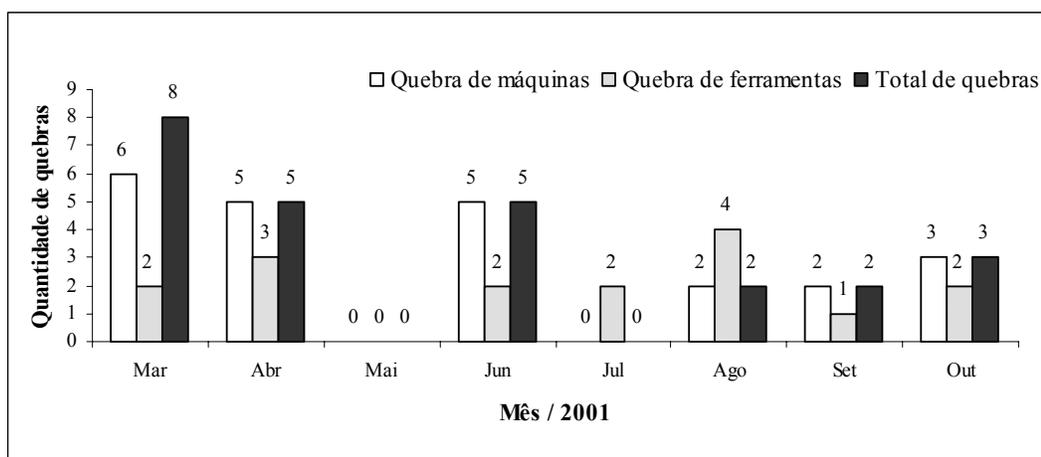


FIGURA 12 – Redução na quebra de máquinas em função da implementação das atividades de manutenção autônoma

#### 4.1.4 Número de sugestões de melhorias por funcionário

Através das atividades em grupo da equipe de manutenção autônoma, destinadas ao combate às fontes de contaminação, ao melhoramento das áreas de difícil limpeza e lubrificação e a correção de situações que prejudicavam a produtividade e / ou a qualidade dos trabalhos, foram sugeridas e executadas 29 melhorias, muitas delas contando com a participação direta dos operadores das máquinas. Os Anexos 27, 28, 29 e 30, respectivamente, mostram exemplos destas melhorias.

Este total de sugestões, dividido pelos nove funcionários que fazem parte da equipe de manutenção autônoma, representam 3,2 sugestões por funcionário durante período de onze

meses. Considerando que a empresa não possui implementado nenhum programa destinado a esta finalidade, o resultado obtido, além de satisfatório, pode ser considerado um indicador de que as atividades de manutenção autônoma são, certamente, uma ótima ferramenta para implementação de programa destinado a buscar a participação de todos os funcionários na melhoria da empresa, podendo servir de base para o estabelecimento de um programa de participação nos resultados.

#### 4.1.5 Número de problemas resolvidos

Durante as atividades de limpeza inicial, foram identificadas e solucionadas 289 anormalidades nas máquinas e equipamentos, algumas das quais consideradas graves, representando uma média de 41 anormalidades por equipamento, conforme mostrado na Figura 13.

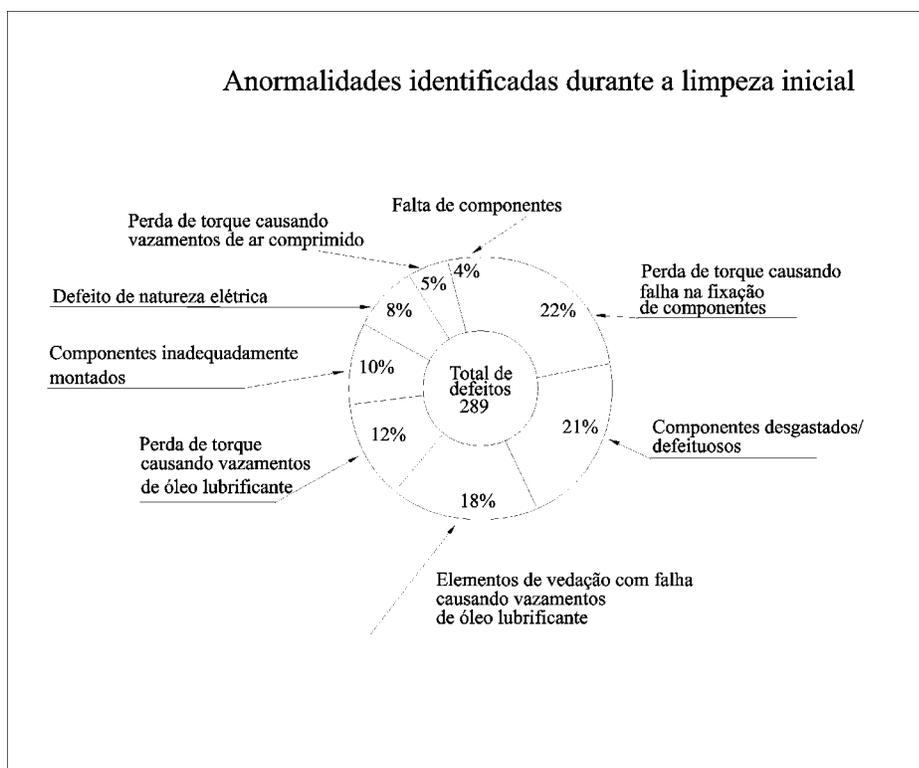


FIGURA 13 – Anormalidades identificadas durante a limpeza inicial

#### 4.1.6 Redução no tempo necessário para limpeza e lubrificação

Como resultado das atividades de combate aos locais de difícil limpeza e lubrificação, foi obtida redução nos tempos semanais necessários para a execução das atividades de limpeza e lubrificação, conforme apresentado nas Figuras 14 e 15. Deve ser destacado, que a redução de tempo observada na lubrificação deveu-se à mudança no tipo de lubrificante utilizado, desenvolvida durante as atividades de treinamento, o qual permitiu alterar a frequência de diversos pontos, de diário para semanal.

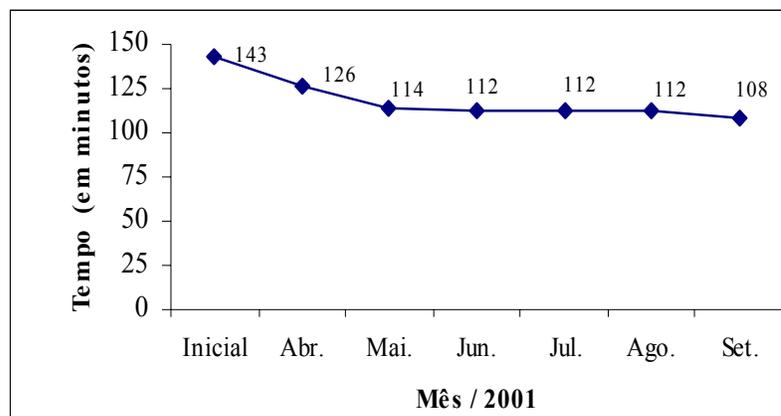


FIGURA 14 – Redução no tempo de limpeza (valores médios por semana)

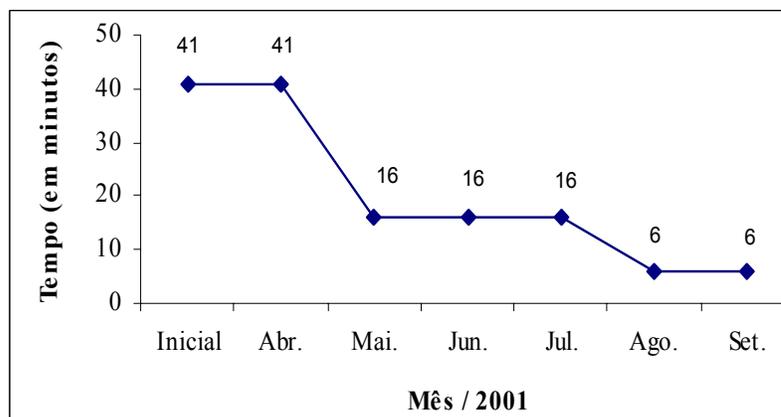


FIGURA 15 – Redução no tempo de lubrificação (valores médios por semana)

#### 4.1.7 Redução dos custos industriais de manufatura

Através da análise das “Folhas de Cálculo” do sistema de custos baseado no método das UP’s, a equipe de projeto está visualizando, a curto prazo, reduções na ordem de 7,5 % nos esforços de produção das máquinas que constituem a restrição do sistema produtivo do

setor onde estão sendo implementadas atividades de manutenção autônoma. Os dados relativos a esta análise estão apresentados na Figura 16.

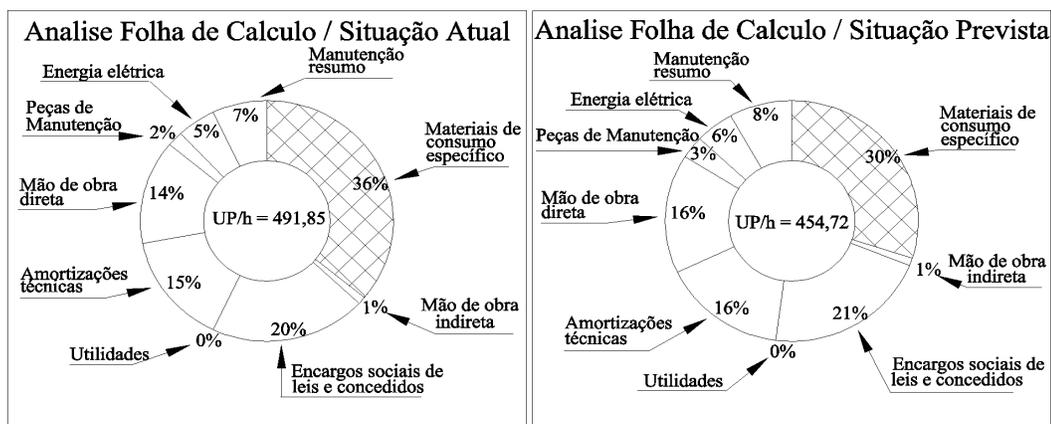


FIGURA 16 – Redução prevista nos esforços de produção

Com relação a redução dos custos industriais, os seguintes aspectos devem ser destacados:

- O autor acredita que a utilização desta metodologia permitirá obter resultados similares em qualquer outro setor da empresa;
- Os resultados desta atividade demonstraram que existem melhorias relacionadas aos equipamentos que necessariamente não se refletem no IROG, porém são de grande impacto nos custos de manufatura. A afirmação fundamenta-se na eminente substituição do óleo volátil que vem sendo utilizado para lubrificação da fita de aço a ser estampada, o qual não foi devidamente analisado quanto ao seu impacto no custo e, a partir da implementação da metodologia, viabilizou sua possível substituição por equivalente com custo 28,5 % inferior.
- De forma similar, esta atividade de melhoria demonstrou que melhoramentos que considerem somente a elevação no índice IROG devem ser analisados com cautela. Exemplo disso são as possíveis necessidades de investimentos em equipamentos para o sistema de alimentação da fita de aço das três prensas que constituem a restrição do sistema produtivo do setor onde está sendo implementada a manutenção autônoma e que, se concretizados, irão se refletir em elevação do custo em UP/hora do equipamento, com conseqüente elevação nos custos de manufatura.

Assim sendo, o autor deste trabalho considera a combinação IROG e UP como sendo a mais robusta a ser empregada na análise do custo / benefício de investimentos do sistema produtivo destinados à melhoria da performance das máquinas e equipamentos.

#### 4.1.8 Melhoria nas habilidades dos operadores

A partir dos objetivos estabelecidos pela empresa para com a diretriz da manutenção autônoma, o supervisor do setor de treinamento realizou avaliação com o objetivo de verificar a habilidade dos operadores nas tarefas de limpeza / inspeção e de lubrificação das máquinas e equipamentos do setor. A avaliação foi executada comparando os nove operadores do setor onde está sendo implementado o programa de manutenção autônoma, com equivalente número de operadores de outro setor onde ainda não foi iniciada a implementação do programa. Os resultados apontam para uma sensível diferença no nível de qualificação observado entre os operadores, conforme apresentado nas Figuras 17, 18, 19 e 20.

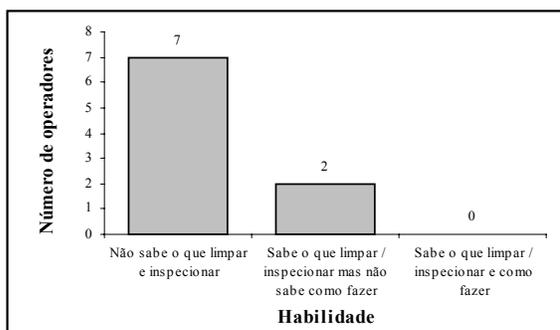


FIGURA 17 – Habilidade para executar tarefas de limpeza / inspeção antes do treinamento para TPM

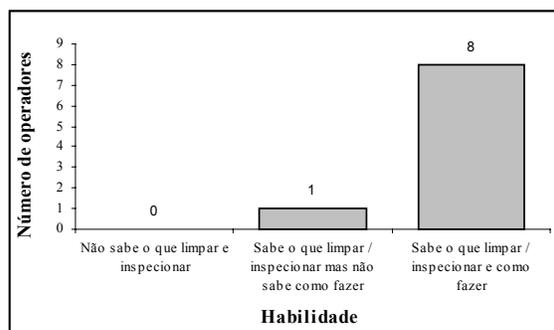


FIGURA 18 – Habilidade para executar tarefas de limpeza / inspeção após treinamento para TPM

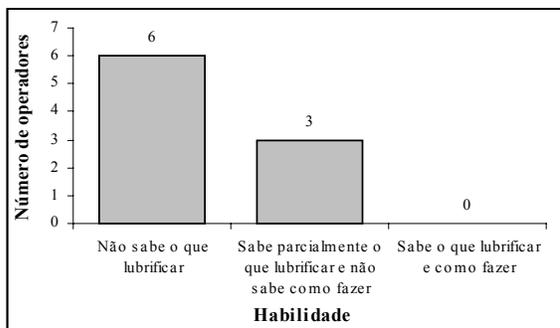


FIGURA 19 – Habilidade para executar tarefas de lubrificação antes do treinamento para TPM

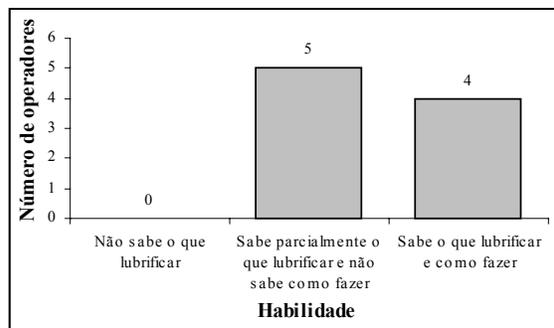


FIGURA 20 – Habilidade para executar tarefas de lubrificação após treinamento para TPM

## 4.2 RESULTADOS MENSURÁVEIS OBTIDOS NO CONTEXTO GERAL DA EMPRESA

Além dos resultados observados no setor onde estão sendo implementadas as atividades de manutenção autônoma, o desenvolvimento do TPM contemplou resultados que abrangem a empresa como um todo. São eles:

### 4.2.1 Redução no custo / hora de manutenção

Como decorrência da reestruturação das atividades do setor de manutenção, as quais compreenderam a descentralização das atividades dos mecânicos de manutenção, a terceirização dos serviços de manutenção predial e a inclusão de planejador de manutenção, ocorreram alterações no quadro de funcionários, conforme apresentado na Figura 17.

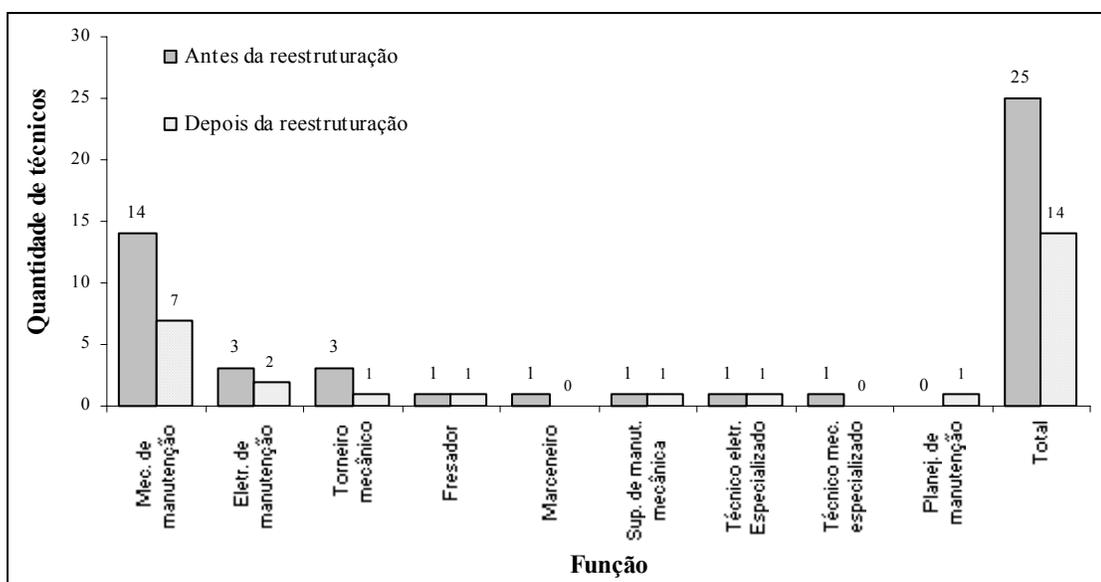


FIGURA 17 – Alterações no quadro de funcionários do setor de manutenção

Conforme pode ser observado, houve uma redução de onze funcionários no quadro de técnicos da manutenção. Voltada para o aspecto social, a empresa adotou as seguintes soluções para com os mesmos:

- Para dois dos funcionários, foram transferidas as máquinas do setor de marcenaria (que foi desativado), sendo que o pagamento das mesmas será efetivado através de serviços a serem prestados à empresa toda a vez que houver necessidade;

- b) Para três dos funcionários foram transferidas diversas máquinas que não mais estão sendo utilizadas pela empresa (tornos, fresadoras, retificadora, bancadas e ferramentas). Além disso, para início de atividades, foram enviadas 18 paleteiras manuais para conserto, como forma de garantir impulso inicial à atividade;
- c) Quanto aos demais funcionários, dois foram demitidos e os restantes solicitaram demissão e não foram substituídos.

Em consequência direta das ações mencionadas, o custo / hora de manutenção alterou-se de R\$ 110,65 para R\$ 63, 22, representando redução de 43 %.

#### **4.2.2 Redução no consumo de energia elétrica**

Como resultado da atividade em grupo destinada ao combate desta categoria de perda, foi obtida uma redução de 2,3 % no consumo de energia elétrica, equivalente a 17 KW / hora, estando ainda planejadas até maio de 2002 atividades que prevêm a redução de 95 KW / hora, o que equivalerá a 12,6 % sobre os atuais 752 KW / hora consumidos. O Anexo 31 apresenta exemplo das melhorias realizadas neste sentido.

#### **4.2.3 Redução no consumo de água**

De forma similar, foi obtida uma redução de 29 metros cúbicos de água por dia, estando planejadas até maio de 2002 atividades que prevêm a redução de mais 7 metros cúbicos por dia, representando assim 48 % de redução sobre os 75 metros cúbicos que eram consumidos quando do início do programa. O Anexo 32 apresenta exemplo das melhorias realizadas neste sentido.

#### **4.2.4 Redução no consumo de ar comprimido**

Embora a equipe estabelecida para o combate a esta modalidade de perda ainda não tenha conseguido chegar a resultados concretos, estima-se, até maio de 2002, obter redução de 1200 metros cúbicos por dia, o que equivalerá a 20 % sobre os atuais 6280 metros cúbicos diários atualmente consumidos.

#### 4.2.5 Redução no tempo de operação em função do combate às perdas de natureza ergonômica

Como resultado dos melhoramentos introduzidos nas máquinas e equipamentos destinados ao combate desta categoria de perda, conforme exemplo apresentado no Anexo 33, observou-se que, além da solução do problema relacionado à ergonomia do posto operativo, ocorreu redução no tempo padrão de operação, conforme apresentado no Quadro 5.

QUADRO 5 – Redução no tempo padrão de operação

Operação	Tempo padrão anterior às modificações (minutos)	Tempo padrão após as modificações (minutos)	Diferença (%)
Montar núcleo reator partida rápida para duas lâmpadas	0,305	0,294	4,0
Testagem reatores partida rápida duas lâmpadas	0,325	0,312	4,0
Testagem reatores partida rápida uma lâmpada	0,286	0,280	2,1
Testagem reatores convencionais	0,176	0,176	Zero
Testagem reatores HO	0,617	0,548	11,2

Deve ainda ser destacado, que melhoramentos desta magnitude irão abranger 132 postos operativos (em torno de 60% do total de postos) e que, mediante análise mais detalhada, outras oportunidades de melhoria ligadas ao tema poderão ser identificadas.

#### 4.2.6 Redução no número de fornecedores de óleos lubrificantes

Como resultado das atividades de treinamento voltadas para aspectos relacionados à lubrificação, foi executada padronização dos lubrificantes utilizados, visto que a equipe de manutenção autônoma, após negociar tecnicamente com os três fornecedores existentes, elegeu somente um para atuar como parceiro no processo.

#### 4.2.7 Redução nos consumos de óleos lubrificante e hidráulico

Como decorrência da implementação do programa de manutenção preditiva, verificou-se a possibilidade, conforme apresentado no Quadro 6, de reduzir em 797 litros por ano o consumo anual de óleo lubrificante e hidráulico, conforme previsões do fornecedor de óleos, após executar análise da temperatura de operação de cada máquina.

QUADRO 6 – Redução no consumo de óleo lubrificante e hidráulico

Máquina	Quantidade de óleo utilizada (litros)	Período de troca recomendado pelo fabricante (horas)	Período que está sendo prevista a troca (horas)	Economia anual (litros)
Prensa Minster	214	4000	5200	65
Injetora Oriente 180 tons	450	4000	5200	135
Injetora Oriente 140 tons	320	4000	5200	96
Injetoras Battenfeld 100 tons (2 maq.)	165 cada máquina	5000	6500	99
Puncionadeiras	350	4000	5200	105
Dobradeira hidráulica	125	4000	5200	37
Perfiladeira	260	4000	8000	260
Total	2049	-	-	797

#### 4.2.8 Outras reduções observadas

Através da implementação de técnicas de manutenção preventiva, destinadas à monitoração da alta tensão das pistolas para pintura eletrostática e conseqüente substituição das mesmas, assim que atingirem parâmetros elétricos diferentes daqueles estabelecidos pelo fabricante do equipamento, foi possível executar alteração na estrutura do produto e conseqüente redução na especificação da camada de pintura de 60 para 45 microns, representando R\$ 9.000,00 de economia mensal provenientes da redução de 1500 Kg de tinta epóxi.

#### 4.2.9 Melhoria das atividades desenvolvidas em grupo

Através das atividades de TPM, foram constituídas seis equipes de trabalho destinadas à melhoria das máquinas e equipamentos, indo ao encontro de um dos princípios fundamentais do TPM que é o envolvimento e a participação de todos os funcionários na busca pela melhoria contínua dos processos da empresa. As equipes estão distribuídas conforme apresentado no Quadro 7.

QUADRO 7 – Equipes de trabalho destinadas à melhoria das máquinas e equipamentos

Equipe	Objetivo
1	Equipe de manutenção autônoma do setor de estamperia de núcleos magnéticos
2	Equipe para o combate as perdas do setor onde está sendo implementada a manutenção autônoma
3	Equipe focalizada na redução do consumo de energia elétrica
4	Equipe focalizada na redução do consumo de água
5	Equipe focalizada na redução do consumo de ar comprimido
6	Equipe focalizada no combate às perdas de natureza ergonômica

Cabe destacar que estão em fase de formação, além das novas equipes de manutenção autônoma, mais oito grupos destinados a operar de forma focalizada dentro de um tema relacionado às perdas das máquinas e equipamentos.

#### 4.3 BENEFÍCIOS NÃO MENSURÁVEIS OBTIDOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DO TPM

Como qualquer outra atividade de melhoria, o TPM produz benefícios que podem ser diretamente medidos e alguns outros que, embora não possam ser diretamente mensurados, são muito importantes no contexto dos processos de melhoria da empresa. São eles:

##### 4.3.1 Benefícios não mensuráveis das atividades de manutenção autônoma

- a) Criação de ambiente de trabalho limpo, organizado e seguro, conforme exemplos apresentados no Anexo 34. Além disso, o espírito de organização se difunde para

outros setores da fábrica, estabelecendo uma atmosfera propícia para o desenvolvimento do programa por toda a companhia;

- b) Aumento na satisfação para o trabalho, devido à maior participação dos operadores no levantamento e na solução dos problemas referentes as suas atividades;
- c) Formação de operadores multifuncionais e com profundo conhecimento técnico sobre suas máquinas e equipamentos. O operador torna-se gestor de seu equipamento;
- d) Criação de um espírito de grupo que tem um grande motivo que é a máquina, e que tem um grande objetivo que é deixar a máquina em condições ideais de funcionamento;
- e) Eliminação de atmosfera de confronto que muitas vezes existia entre a operação e a manutenção, resultado de uma maior aproximação das pessoas, proporcionada pelo desenvolvimento do programa;
- f) Redução das barreiras existentes entre os diversos níveis hierárquicos da organização, principalmente devido às atividades de auditoria executadas por membros da alta gerência e devido às “Minutas de Reunião” circularem pela direção da empresa, que está ciente dos assuntos que estão sendo tratados e dos resultados obtidos.

O autor chega a afirmar que estes benefícios tornam-se rapidamente visíveis e que uma vez iniciado o programa, os operadores não querem mais voltar ao método antigo de operação e manutenção.

#### **4.3.2 Benefícios não mensuráveis das atividades destinadas à melhoria da eficiência dos equipamentos e operações através do combate às perdas**

- a) Devido à participação nas atividades de melhoria dos equipamentos, os membros da equipe de trabalho adquirem experiência na utilização de métodos e ferramentas

destinadas à solução de problemas e na análise física de diversas anormalidades das máquinas e equipamentos;

- b) Os membros dos grupos de trabalho, operando em tema específico relacionado às perdas dos equipamentos, adquirem conhecimentos até então nunca obtidos sobre o tema, tornando mais lógica e realista a elaboração de soluções para os problemas.

#### **4.3.3 Benefícios não mensuráveis obtidos com a implementação da diretriz “manutenção planejada das máquinas e equipamentos relacionados à produção”**

- a) Possibilidade de registrar de forma rápida e precisa todas as informações relacionadas com a manutenção dos equipamentos;
- b) Possibilidade de analisar as informações de manutenção em tempo real;
- c) Estabelecimento de método de integração da manutenção com todos os outros sistemas de informação da empresa, principalmente na relação com as folhas de cálculo para custeio das UP's;
- d) Possibilidade de obter a análise do histórico para a predição futura do estado de um equipamento.

#### **4.3.4 Benefícios não mensuráveis obtidos com a implementação da diretriz “treinar a operação e a manutenção para estarem capacitados a operar e manter as máquinas e equipamentos relacionados à produção”**

As atividades de treinamento são a chave do sucesso para qualquer atividade do TPM (Steinbacher & Steinbacher, 1993). Assim sendo, na visão do autor, para empresas que não possuem um programa de treinamento estruturado e fundamentado, muitas vezes executando ações neste sentido sem que exista um verdadeiro fundamento entre a função que está sendo executada e o aperfeiçoamento acrescentado a esta função, via ações de treinamento, o estabelecimento de programa de treinamento destinado à formação de operadores capazes de estabelecerem a manutenção autônoma das máquinas e equipamentos constitui-se em

excelente ferramenta de trabalho das empresas que estejam interessadas na qualificação de seus profissionais.

**4.3.5 Benefícios não mensuráveis obtidos com a implementação da diretriz “acrescentar ao modelo existente de desenvolvimento de novos produtos e melhoramentos de processos, as diretrizes do TPM relacionadas ao gerenciamento antecipado dos equipamentos”.**

- a) Em razão dos métodos de fabricação e do conceito dos equipamentos serem estabelecidos desde as fases iniciais do desenvolvimento do produto, existe tempo suficiente para acomodar adequações necessárias que devam ser executadas no produto ou processo de manufatura, evitando problemas futuros de custo, adequação ou conformidade;
- b) De forma idêntica, torna-se possível a escolha das melhores opções técnicas e econômicas de configuração de produto e de métodos de fabricação, evitando erros de avaliação que conduzem a equipamentos que não se adequam as necessidades da empresa;
- c) Em razão do projeto das ferramentas e dispositivos ser sistematicamente submetido à análise por técnicos de manutenção e pelos futuros usuários, a probabilidade de vir a apresentar falhas, que equipamentos similares já apresentaram, é eliminada;
- d) De forma similar, em função da análise das ferramentas e dispositivos pelo pessoal da ferramentaria, o tempo de fabricação e os erros de fabricação são reduzidos;
- e) A troca de conhecimentos e o debate na análise de projetos, estabelecida entre projetistas de equipamentos, técnicos de manutenção, analistas de processos, pessoal de ferramentaria e futuros usuários é altamente positiva, estabelecendo-se espírito de cooperação entre os mesmos na busca das melhores soluções técnicas.

#### 4.4 COMPARAÇÃO DAS DIFERENÇAS ENTRE O MODELO CLÁSSICO E O MODELO IMPLEMENTADO

Comparando as quatro fases divididas em doze etapas propostas por Nakajima (1989) em relação ao programa que vem sendo desenvolvido, foi possível observar:

##### 4.4.1 Análise da fase de preparação

As cinco primeiras etapas para desenvolvimento do TPM se relacionam com a preparação para sua adoção. Comparando-se o modelo proposto em relação ao modelo que está sendo desenvolvido, verifica-se:

- a) Houve inversão nas etapas um e dois, ou seja, inicialmente foi executada campanha para introdução e esclarecimentos iniciais (etapa 2) para todo o grupo gerencial da empresa, através de atividades de treinamento destinadas a conferir aos mesmos razoável entendimento sobre o conteúdo e escopo das atividades abrangidas pelo TPM. Somente após o grupo gerencial estar convicto de que o programa traria benefícios e seria adequada à cultura da empresa é que foi anunciado oficialmente a adoção do TPM (etapa 1);
- b) A terceira etapa – estruturação da secretaria encarregada da implementação está sendo parcialmente implementada. Foi estabelecida uma estrutura encarregada da implementação do TPM por toda a área produtiva da companhia, sob a responsabilidade do autor deste trabalho, bem como foram estabelecidas condições que permitem aos grupos desempenharem atividades como sendo inerentes ao próprio trabalho. Não foram criados grupos sobrepostos sob o comando de um chefe, que por sua vez estruturaria seu grupo sob a liderança de um gerente e assim por diante;
- c) A quarta etapa – definição da política básica e das metas a serem atingidas, foi parcialmente executada, visto que a primeira foi estabelecida, o que não ocorreu com a última.

- d) A quinta etapa – elaboração do plano diretor, foi executada de forma diferente da sugerida. Ao invés de ser executada durante a fase de preparação para o TPM, foi desenvolvida à medida que as atividades foram sendo implementadas, fundamentada em uma melhor visão do volume de trabalho envolvido.

#### **4.4.2 Análise da fase inicial**

Constituída pela sexta etapa – início das atividades do TPM, marcou o início do envolvimento do pessoal da produção.

#### **4.4.3 Análise da fase de implementação**

A fase de implementação, constituída pelas etapas sete, oito, nove, dez e onze, quando comparadas em relação ao modelo proposto, apresentam as seguintes particularidades:

##### **4.4.3.1 Etapa sete – implementação de melhorias nas máquinas e equipamentos**

O método que vem sendo utilizado contempla esta atividade do TPM em três situações distintas. A primeira situação ocorre de forma paralela com a segunda e terceira etapas da manutenção autônoma, através da reparação dos defeitos das máquinas e da introdução de melhorias destinadas ao combate as fontes de contaminação e aos locais de difícil limpeza e lubrificação.

A segunda situação ocorre através de trabalho em equipe destinado ao combate das seis grandes perdas do setor onde está sendo implementada a manutenção autônoma, tendo o índice IROG como referência de performance e de definição de seqüência de perdas a serem combatidas. Além disso, de forma adicional ao referido índice, está sendo acrescentado análise de custos baseado no método de custeio das UP's como elemento balizador de eficácia das melhorias e do combate às perdas.

Dentre as técnicas recomendadas para o combate às perdas, ao invés do uso preferencial da Análise P-M, vem sendo utilizado o método de solução de problemas MASP, visto que a empresa possui uma maior base de técnicos com conhecimento sobre a metodologia e trata-se de uma metodologia já implementada na empresa.

A terceira situação contempla a formação de grupos de trabalho destinados a operar focalizadamente sobre um tema específico, relacionado às perdas dos equipamentos, com abrangência voltada para todo o contexto da organização.

Assim sendo, através das três situações acima citadas, pode-se considerar que esta etapa está sendo plenamente implementada.

#### 4.4.3.2 Etapa 8 – Estruturação para condução da manutenção autônoma

A estruturação da manutenção autônoma iniciou em conjunto com a partida do TPM, através de formação de equipe constituída pelos operadores das máquinas e técnicos de manutenção. Até o momento foram implementados, em um dos setores produtivos da empresa, os seguintes passos:

- a) Passo 1 – limpeza inicial;
- b) Passo 2 – Combate às causas de inconveniências e aos locais de difícil acesso;
- c) Passo 3 – Elaboração dos padrões de limpeza e lubrificação.
- d) Os demais passos estão em fase de implementação e estão seguindo o modelo estabelecido, uma vez que após análise de seu conteúdo foi verificado não necessitarem de adequações.

Em relação ao modelo proposto por Nakajima (1989), o modelo que está sendo implementado apresenta as seguintes particularidades:

- a) Estabelecimento de etapa posterior à limpeza inicial, destinada a corrigir, mediante plano de ação estabelecido entre a produção e a manutenção, os defeitos encontrados nas máquinas e equipamentos. Somente depois de executadas estas correções é que às máquinas foram oficialmente entregues à produção;
- b) Estabelecimento de canal de comunicação entre operação e manutenção através de cartão afixado nas áreas defeituosas das máquinas e equipamentos;

- c) Estabelecimento de minuta de reunião das atividades da equipe de manutenção autônoma, proporcionando, de forma contínua, a possibilidade da alta gerência expor seus pontos de vista para a equipe;
- d) Estabelecimento de pasta de trabalho contendo ilustrações e fotografias das máquinas, identificando os pontos de limpeza e lubrificação;
- e) Inclusão dos planos de lubrificação na documentação do sistema de garantia da qualidade da empresa;
- f) Estabelecimento de integração entre as auditorias da manutenção autônoma e as auditorias internas do sistema de garantia da qualidade;

#### 4.4.3.3 Etapa 9 – Estruturação do departamento de manutenção para condução da manutenção planejada

A nona etapa da metodologia de implementação do TPM coincide com a terceira atividade básica, ou seja, a estruturação do setor de manutenção para condução da manutenção planejada. Considerando-se a implementação das atividades abaixo relacionadas, pode-se afirmar que o modelo que está sendo implementado não difere da proposta clássica de Nakajima (1989), uma vez que:

- a) Está sendo estruturado pelo setor de manutenção um módulo automatizado de gerenciamento da manutenção, com controle sobre a rotina diária de atividades do setor e que irá determinar, entre outras atividades, o calendário anual de trabalho e as respectivas normas e padrões para sua condução, antes que a produção, dentro do quinto passo de manutenção autônoma, venha a definir seus critérios de autocontrole;
- b) Está sendo estabelecido o sistema de gerenciamento do estoque de peças de reposição;
- c) Está sendo estabelecido o programa de manutenção preditiva;

- d) Foi estabelecida a função “planejador de manutenção”, visando fornecer suporte para as atividades descritas;
- e) Foi executada a reestruturação na forma de atuação da manutenção, sendo que os mecânicos de manutenção e suas bancadas de ferramentas foram fisicamente dispostos nos respectivos setores da produção, com estrutura de trabalho do tipo matricial, ou seja, a produção definindo “o quê” e “quando” fazer, e a manutenção definindo “como” fazer.

#### 4.4.3.4 Etapa 10 – Capacitação técnica e busca de novas habilidades tanto para os elementos da produção como da manutenção

Analisando o conteúdo das atividades de treinamento destinadas ao treinamento dos operadores de máquinas e do pessoal da manutenção, conclui-se que esta etapa está sendo implementada de acordo com o método proposto por Nakajima (1989).

De forma adicional ao método classicamente proposto, o programa de treinamento para o TPM está sendo integrado com o programa de treinamento estruturado pela empresa para atender os requisitos de seu sistema de garantia da qualidade. Este aspecto constitui-se em fato relevante, visto que, além do enriquecimento natural proveniente desta integração, através do programa de auditorias internas e externas do sistema, ocorrerá um maior controle sobre a execução desta diretriz do programa de TPM.

#### 4.4.3.5 Etapa 11 - Estruturação para controle dos equipamentos já na fase inicial de funcionamento.

A implementação desta atividade do TPM ocorreu de forma integrada com o processo de desenvolvimento de produtos e apresenta as seguintes particularidades em relação ao modelo clássico proposto por Nakajima (1989):

- a) Dentre os estágios preconizados, a utilização de listas de verificação no gerenciamento passo a passo está sendo utilizada somente para as fases de planejamento e projeto, não sendo utilizadas listas de verificação para os estágios de fabricação, instalação, testes e funcionamento inicial. Conforme Nakajima

(1989), o custo do ciclo de vida é praticamente imutável após a conclusão do projeto, pois cerca de 95 % dos elementos ou fatores das máquinas ou dispositivos são de natureza permanente, restando apenas 5 % em que o homem poderá contribuir para promover suas inovações;

- b) O gerenciamento antecipado dos equipamentos está estruturado tanto para realizar uma análise das ferramentas e dispositivos a serem fabricados internamente quanto para executar uma detalhada avaliação preliminar das máquinas e equipamentos a serem adquiridos de terceiros. O método clássico somente aborda de forma declarada o gerenciamento para máquinas a serem compradas.

Assim sendo, de um modo geral, pode-se dizer que esta atividade foi plenamente implementada de acordo com o método proposto.

#### **4.4.4 Análise da fase de consolidação**

A última etapa ou o décimo segundo estágio de metodologia de implementação do TPM é a sua consolidação e o incremento do nível de performance.

Considerando que o programa está em fase inicial, a mesma não foi implementada. A empresa definiu que a evolução do TPM está vinculada à expansão da filosofia gerencial e do conjunto de práticas e técnicas para os outros setores da empresa.

### **4.5 AVALIAÇÃO DA INTERAÇÃO DO TPM COM O SISTEMA DE GERENCIAMENTO DA QUALIDADE FUNDAMENTADO NA NORMA NBR ISO 9001**

Durante o decorrer das atividades, constatou-se que as principais interações observadas entre o TPM e o sistema de gerenciamento da qualidade fundamentado na norma NBR ISO 9001 dizem respeito a:

#### **4.5.1 Geração de documentos complementares**

A geração de documentos complementares, ou seja, que foram implementados em função das necessidades do TPM, porém constituem-se em contribuição para o sistema de garantia de qualidade, foi observada nas seguintes situações:

- a) Através da transformação dos “Planos de Limpeza e de Lubrificação” elaborados durante as atividades de manutenção autônoma em instruções de trabalho documentadas do sistema de qualidade, passando os mesmos a fazer parte do requisito da norma N°4.9 – Controle de Processo. É importante destacar o enriquecimento que isso traz para o sistema, uma vez que os referidos planos foram elaborados com a participação direta de quem realmente irá utilizá-los;
- b) Através da inclusão dos check-list para “Avaliação de Manutenibilidade” e para “Avaliação de Falhas de Projeto”, desenvolvidos durante as atividades relacionadas ao gerenciamento antecipado dos equipamentos, como ferramentas utilizadas para executar a análise crítica do projeto solicitada no requisito da norma N°4.4 – Controle de Projeto.

#### **4.5.2 Integração entre os programas de treinamento**

Tendo em vista que a empresa possui uma estrutura vinculada à área de recursos humanos destinada a prover para a organização a infra-estrutura e os recursos necessários para o desenvolvimento do programa de treinamento, cujo objetivo, entre outros é o de atender as necessidades e os requisitos da norma expressos através do requisito N° 4.18 – Treinamento, verificou-se que é de contribuição valiosa para o mesmo a inclusão das atividades de treinamento destinadas à implementação do programa de TPM.

#### **4.5.3 Melhoria contínua**

Dentre as inovações trazidas pela norma NBR ISO 9000, versão 2000, o requisito número oito, relacionado à melhoria contínua, especifica que a organização deverá planejar e implementar os processos necessários de monitorar, medir, analisar e melhorar continuamente a eficácia do seu sistema de garantia de qualidade. Neste contexto, o TPM mostra-se de extrema valia, uma vez que:

- a) As atividades de manutenção autônoma são uma fonte inesgotável de sugestões de melhorias por parte dos funcionários, podendo a empresa vir a utilizar as mesmas como um dos indicadores que deverá ser evidenciado para demonstrar conformidade ao referido requisito da norma;
- b) De forma similar, as atividades destinadas à introdução de melhoramentos nas máquinas e equipamentos e seu respectivo índice IROG constituem-se em outro excelente indicador de melhoria contínua na organização;
- c) Também poderão ser utilizadas as informações de manutenção para demonstrar o quanto a empresa vem melhorando a gestão de suas máquinas e equipamentos, o que, em linhas gerais, está diretamente relacionado com qualidade dos processos e produtos da companhia.

## CAPITULO 5 – CONCLUSÃO

Este capítulo é destinado à recapitulação dos resultados mais significativos obtidos com a implementação da filosofia gerencial e do conjunto de prática e técnicas do TPM e será dividido em duas seções. Na primeira seção é executada uma revisão geral sobre o trabalho em pauta, abrangendo os principais tópicos abordados. Na segunda seção, são apresentadas sugestões para continuidade do programa de implementação e as conclusões pessoais do autor.

### 5.1 REVISÃO GERAL

Esta seção consta de quatro partes. Na primeira parte é retomado o tema do trabalho e seus objetivos. Na segunda parte, são comentados os aspectos mais importantes da revisão bibliográfica. Na terceira parte, é executado breve relato da implementação do TPM na empresa INTRAL S.A. Na quarta parte são relatados os resultados mais significativos decorrentes da implementação.

#### 5.1.1 Revisão do tema e dos objetivos do trabalho

Quatro temas são os alicerces daquilo que está começando a ser conhecido como *World Class Manufacturing* (WCM) ou Manufatura de Classe Internacional. São eles: (1) *Total Quality Management* (TQM) ou Gerenciamento da Qualidade Total; (2) *Just in time* (JIT); (3) Envolvimento total de todos os funcionários, e (4) *Total Productive Maintenance* (TPM) ou Manutenção Produtiva Total (Steinbacher & Steinbacher, 1993).

Esta dissertação teve como objetivo geral avaliar a contribuição da filosofia gerencial e do conjunto de práticas e técnicas do TPM sendo utilizada como balizadora no gerenciamento das atividades das áreas de Manutenção Industrial e como instrumento da área de Engenharia de Processos para promover a otimização das operações de fabricação e montagem de uma indústria do setor eletro-eletrônico da região de Caxias do Sul – RS, a partir da mensuração de indicadores de performance industrial previamente estabelecidos no início do trabalho.

Como objetivos secundários esta dissertação também pretendeu: (1) identificar os benefícios não mensuráveis obtidos com a implementação do TPM; (2) avaliar as diferenças entre o modelo clássico proposto por Seiichi Nakajima, considerado o criador do TPM, e o modelo implementado na INTRAL S.A. ; (3) observar a interação existente entre o TPM e o sistema de garantia da qualidade fundamentado na norma NBR ISO 9001, e (4) apresentar as experiências vivenciadas com a implementação da filosofia, práticas e técnicas, para poder permitir que outras empresas e / ou profissionais da área se beneficiem desses conhecimentos.

### **5.1.2 Aspectos mais importantes da revisão bibliográfica**

Através da revisão bibliográfica foi verificado que o TPM, embora criado nos Estados Unidos da América há aproximadamente quarenta anos, foi desenvolvido e implementado com sucesso em empresas japonesas.

Analisando as diversas obras consultadas sobre o tema, quer sejam de autores de origem japonesa, americana, europeia ou brasileira, pelo menos um ponto todas elas possuem em comum: - “O objetivo fundamental do TPM é maximizar a performance operacional das máquinas e equipamentos da companhia”. Para que isto se torne viável, deve-se combater as seis grandes perdas relacionadas aos equipamentos e que prejudicam a sua performance.

No contexto do TPM as seis grandes perdas relacionadas aos equipamentos são: (1) perdas por quebras devido a falhas dos equipamentos; (2) perdas por setup e ajustes; (3) perdas por pequenas paradas e operação em vazio; (4) perdas por redução da velocidade de operação; (5) perdas por defeitos de qualidade e retrabalhos e (6) perdas de rendimento.

Outros pontos em comum entre os diversos autores consultados dizem respeito ao conceito da quebra zero, da medição da performance dos equipamentos através do Índice de Rendimento Operacional Global ou IROG e o envolvimento de todas as pessoas da organização como fator chave de sucesso para que a filosofia desenvolva os resultados preconizados.

A partir do objetivo e dos conceitos fundamentais do TPM, comum para todos os autores conforme já citado anteriormente, percebe-se também uma clara tendência nos autores

de origem ocidental de adequar o tema às realidades da cultura dos trabalhadores de suas nações. Isto se reflete basicamente na forma de abordar as atividades fundamentais que constituem o desenvolvimento do TPM e na sua seqüência de implementação, não obstante, embora com abordagens levemente diferentes e adaptadas aos costumes ocidentais, trazem embutidas em seu âmago, a mesma mensagem e conteúdos citados pelos autores de origem oriental.

O TPM é constituído por cinco atividades interdependentes, conhecidas como “pilares de sustentação”, representando os requisitos mínimos para o desenvolvimento da filosofia. São elas:

- f) Implementação de melhorias nas máquinas e equipamentos, através de atividades destinadas especificamente ao combate às perdas;
- g) Estruturação da empresa para condução da manutenção autônoma, que é a atividade fundamental do TPM e destina-se a envolver os operadores dos equipamentos nas atividades de manutenção diárias, tais como a limpeza, lubrificação e inspeção;
- h) Estruturação do departamento de manutenção para condução da manutenção planejada, através de atividades que visam à organização do departamento de manutenção;
- i) Capacitação técnica e busca de novas habilidades, tanto para os funcionários da produção como os da manutenção, através de atividades de educação e treinamento;
- j) Estruturação para controle dos equipamentos já na fase inicial de funcionamento, constituído de atividades gerenciais destinadas à instalação e operação estável de novos equipamentos.

Conforme Nakajima (1989), a implementação do TPM consome no mínimo dois a três anos, devendo ser conduzida em doze etapas divididas em quatro grandes fases: preparação, introdução, implementação e consolidação.

### 5.1.3 Breve relato do TPM na empresa INTRAL S.A.

O TPM é um tema recente na empresa em estudo. Iniciou, com a participação de três de seus colaboradores ligados à área industrial, entre os quais, o autor deste trabalho, no mestrado profissional em engenharia de produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ocasião em que durante a disciplina “Layout e Manufatura Celular” foram estabelecidos os primeiros contatos com o tema.

Oficialmente as atividades de implementação iniciaram em novembro de 2000, através de uma série de eventos destinados a formar uma massa crítica de conhecimento sobre o tema e conseguir o apoio de todo o grupo gerencial da companhia, incluindo-se aqui, desde o grupo de supervisores até a alta direção. A partir destes eventos, cinco objetivos estratégicos foram estabelecidos, cada um deles alinhado com as atividades fundamentais do TPM e com as realidades da cultura e do sistema produtivo da empresa.

O envolvimento do quadro operacional iniciou através das atividades de manutenção autônoma. Para implementação dessa atividade, foi escolhido, para início das atividades, o setor de estampagem de núcleos magnéticos, constituído por sete prensas mecânicas de alta velocidade e com a responsabilidade de suprir, para todas as linhas de montagem, via sistema *Kanban*, os núcleos magnéticos em laminas de aço silício utilizados na montagem de reatores para lâmpadas fluorescentes. Foram até o momento implementadas quatro das sete etapas previstas: (1) limpeza inicial; (2) reparação dos defeitos; (3) combate às fontes de contaminação e aos locais de difícil limpeza e lubrificação e (4) estabelecimento dos padrões de limpeza e lubrificação. Através de cronograma estabelecido com a direção da empresa, está previsto prazo de três anos para implementação desta atividade em todo o contexto da organização.

De forma simultânea, iniciou-se o combate às perdas relacionadas ao equipamento. A metodologia empregada consiste no estabelecimento de equipes de trabalho atuando sob duas abordagens: a primeira, de forma localizada, no setor em que está sendo implementada a manutenção autônoma, visando à melhoria do índice IROG e à redução dos custos de manufatura, tendo como referência o sistema de custeio baseado no método das UP's. A segunda, através da formação de grupos destinados à melhoria de um tema específico

relacionado com as perdas dos equipamentos e com abrangência em todo o contexto da companhia.

Para o desenvolvimento das atividades de organização do setor de manutenção para condução da manutenção planejada, está sendo implementado *software* específico para a atividade, integrado ao sistema informatizado de gestão que a empresa utiliza e que irá gerenciar, entre outras funções, a emissão de ordens de manutenção preventiva. Também, inserido no contexto do TPM, estão sendo implementadas atividades relacionadas ao gerenciamento do estoque de peças de reposição e do uso de técnicas de manutenção preditiva.

O pilar educação e treinamento está sendo executado conjuntamente com as atividades de manutenção autônoma e compreende atividades que visam à formação de operadores com habilidade para executar a lubrificação e detectar anomalias nas máquinas e equipamentos. Para os técnicos de manutenção, está sendo desenvolvido programa que visa a sua qualificação profissional em aspectos relacionados a elementos de máquinas e técnicas de manutenção.

As atividades de gerenciamento antecipado dos equipamentos estão sendo desenvolvidas em conjunto com as atividades de desenvolvimento de produtos e melhoramento dos processos de manufatura. Estas atividades compreendem, para cada nova ferramenta, dispositivo ou máquina, avaliação das soluções técnicas que estão sendo empregadas, dos investimentos necessários, dos custos de manufatura decorrentes da utilização do novo projeto, da capacidade produtiva frente à demanda de mercado e da utilização de informações de manutenção já existentes, visando agregar aos novos equipamentos soluções para problemas já conhecidos.

#### **5.1.4 Breve relato dos resultados obtidos em decorrência da implementação do TPM**

O desenvolvimento do TPM na empresa INTRAL S.A, embora recente, apresentou resultados significativos, os quais podem ser analisados a partir de cinco abordagens, conforme descrito a seguir:

#### 5.1.4.1 Resultados mensuráveis obtidos no setor onde estão sendo desenvolvidas as atividades de manutenção autônoma

Os principais resultados mensuráveis obtidos através da implementação da filosofia do TPM, tendo como base de avaliação o setor em que estão sendo desenvolvidas as atividades de manutenção autônoma, estão apresentados no Quadro 8.

QUADRO 8 – Resultados mensuráveis no setor em que estão sendo implementadas atividades de manutenção autônoma

Resultado avaliado	Ganho
Eficiência global do equipamento medida através do IROG	De 0,552 para 0,634
Defeitos em processo (sucata em ppm)	De 30 para 9
Redução no número de quebras de máquinas	Redução de aproximadamente 45 %
Redução no número de quebras de ferramentas	Redução de aproximadamente 50 %
Número de sugestões de melhoria por funcionário (em onze meses de programa)	De zero para 3,2
Número de problemas resolvidos por máquina	Média de 41
Redução no tempo de limpeza (em minutos por semana – valor médio)	De 143 para 100
Redução no tempo de lubrificação (em minutos por semana – valor médio)	De 41 para 6
Redução nos custos industriais de manufatura	Prevista redução inicial na ordem de 7,5 %
Percentual de operadores habilitados a executar atividades de limpeza / inspeção das máquinas do setor	De zero para 88 %
Percentual de operadores habilitados a executar atividades de lubrificação das máquinas do setor	De zero para 45 %

#### 5.1.4.2 Resultados mensuráveis obtidos no contexto geral da organização

Através das atividades destinadas ao desenvolvimento do TPM em todo o contexto da companhia, foram obtidos os resultados apresentados no Quadro 9.

QUADRO 9 – Resultados mensuráveis no contexto geral da organização

Indicador avaliado	Ganho
Redução nos custos / hora de manutenção	Redução de 43 %
Redução no consumo de energia elétrica (em KW / hora)	Prevista redução de 12,6 % até maio / 2002 (representando 95 KW / hora)
Redução no consumo de água (em metros cúbicos / dia)	Redução de 40 % (30 metros cúbicos / dia)
Redução no consumo de ar comprimido (em metros cúbicos por dia)	Prevista redução de 20 % até maio 2002 (representando 1200 metros cúbicos / dia)
Redução no tempo de operação em função do combate às perdas de natureza ergonômica (em minutos)	Prevista redução média de 3,4 % em 60 % dos postos operativos da empresa
Redução no número de fornecedores de óleos lubrificantes	De 3 para 2
Redução no consumo de óleo lubrificante e hidráulico (em litros/ ano)	Prevista redução de 797 litros
Outras reduções observadas	Redução de 1500 Kg de tinta epóxi por mês em função de implementação de técnica de manutenção preditiva.
Melhoria das atividades desenvolvidas em grupo (em número de equipes de trabalho)	De zero para seis equipes de trabalho (estando em formação mais oito equipes)

#### 5.1.4.3 Benefícios não mensuráveis

Os principais benefícios não mensuráveis identificados com a implementação da filosofia foram:

- criação de um ambiente de trabalho limpo, organizado e seguro;
- formação de operadores multifuncionais e com profundo conhecimento técnico sobre suas máquinas e equipamentos;

- eliminação de atmosfera de confronto que muitas vezes existia entre a operação e a manutenção;
- devido à participação nas atividades de melhoria dos equipamentos e de combate às perdas, os membros da equipe de trabalho adquirem experiência na utilização de métodos e ferramentas destinadas à solução de problemas;
- possibilidade de estabelecer programa de treinamento voltado às reais necessidades da operação;
- em razão do projeto das ferramentas e dispositivos serem sistematicamente submetidos à análise por técnicos de manutenção e pelos futuros usuários, a probabilidade de novos projetos apresentarem falhas, que equipamentos similares já apresentaram, torna-se nula.

#### 5.1.1.4 Principais diferenças observadas entre o modelo proposto por Nakajima (1989) e o modelo implementado na INTRAL S.A.

Embora a sistemática de implementação do TPM na empresa INTRAL S.A tenha seguido o modelo proposto por Nakajima (1989), as seguintes alterações foram executadas, motivadas por problemas culturais ou estruturais da empresa:

- a) Inversão na etapa um, a qual consiste de anúncio oficial da adoção do TPM e da etapa dois, qual seja, campanha para introdução e esclarecimentos iniciais;
- e) Não foram criados grupos sobrepostos sob o comando de um chefe, que por sua vez estruturaria seu grupo sob a liderança de um gerente e assim por diante;
- b) Embora tenham sido estabelecidas políticas básicas para as atividades, não foram estabelecidas metas a serem atingidas;
- c) O índice IROG está sendo calculado somente para as máquinas que se constituem em restrição no sistema produtivo;
- d) Para o combate às perdas está sendo utilizado, como ferramenta, o MASP ao invés da Análise P-M;

- e) Posteriormente à etapa de limpeza inicial, estão sendo executados os reparos nas máquinas e equipamentos, através de plano de ação conjunto entre produção e manutenção;
- f) As atividades de manutenção autônoma no setor em que as mesmas ainda não abrangeram as etapas de inspeção geral, inspeção voluntária, organização e ordem e consolidação da manutenção voluntária;
- g) O programa de educação e treinamento voltado às necessidades do TPM foi incluído no programa de treinamento da empresa destinado a atender os requisitos do elemento 4.18 da norma NBR ISO 9001 – Treinamento;
- h) Implementação de atividades de gerenciamento antecipado de equipamentos para ferramentas e dispositivos fabricados internamente.

#### 5.1.1.5 Integração do TPM com sistema de garantia da qualidade fundamentado na norma NBR ISO 9001

As principais interações observadas entre os dois sistemas estão relacionadas à geração de documentos complementares, à integração entre os programas de treinamento voltados para o sistema de garantia da qualidade e o TPM e a implementação de melhorias contínuas estabelecidas a partir da versão 2000 da referida norma.

## 5.2 SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DO PROGRAMA

Embora os resultados até agora obtidos possam sejam satisfatórios, algumas ações para garantir a sustentação do programa deverão ser implementadas a partir da conclusão desta dissertação.

Uma primeira ação é a de buscar externamente conhecimentos de profissionais com visão mais abrangente e com um maior número de realidades vivenciadas sobre o tema. Neste aspecto, a contratação de consultor especializado no tema seria a medida mais adequada. Esta providência também permitiria uma velocidade maior ao programa, não obstante o cronograma estabelecido esteja adequado aos planos estabelecidos pela empresa para com o

programa. Inserido nesta realidade, também está previsto no orçamento da empresa incluir o autor desta dissertação em missão destinada a avaliar o programa TPM em empresas japonesas, através de viagens de estudos oferecidas pela JIPM.

Uma segunda ação diz respeito ao estabelecimento de critério que venha a recompensar o trabalho de todos nas atividades de melhoria da empresa. Logicamente isto está vinculado a uma abrangência maior do programa, e que de certa forma, depende também da ação anteriormente citada.

### 5.3 CONCLUSÃO FINAL DO AUTOR

Na visão do autor, não existe mais espaço no mercado para empresas que não gerenciam de forma eficaz e racional todos os seus recursos, entendendo-se aqui, como recursos, os de natureza material, representados por máquinas, equipamentos, prédios etc., e, acima de tudo, os recursos de natureza humana, representados pelas pessoas que constituem a organização.

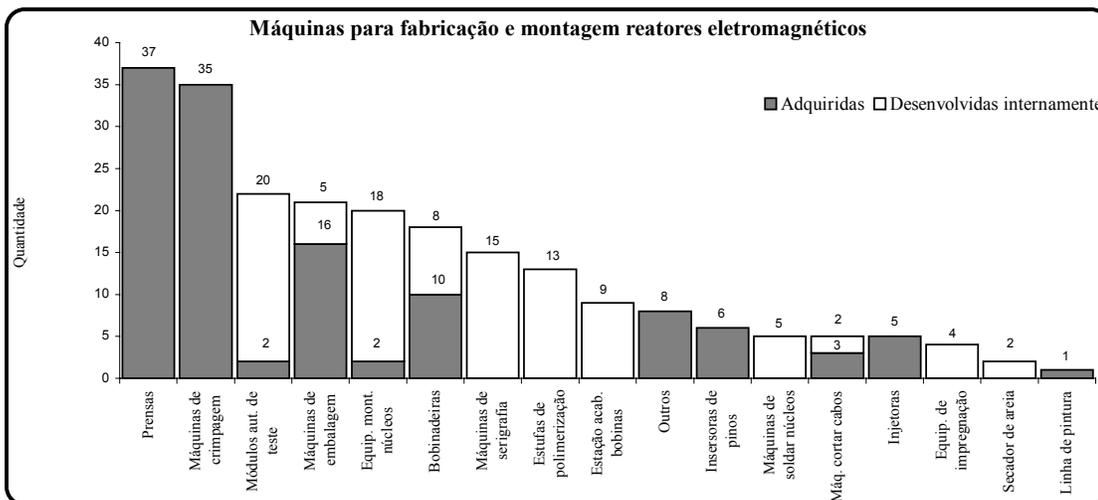
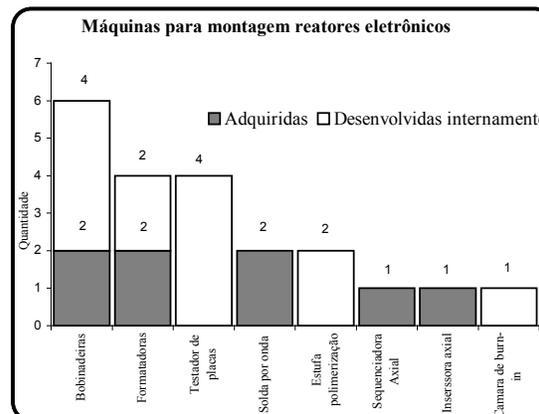
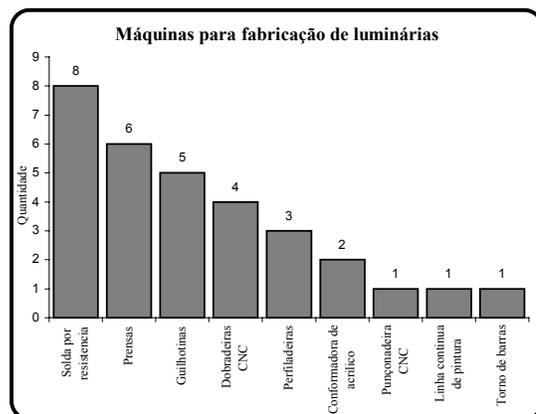
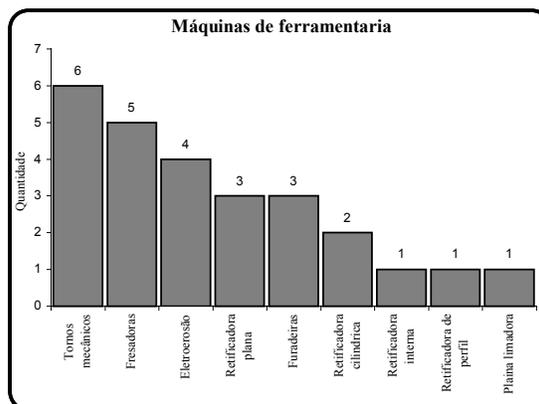
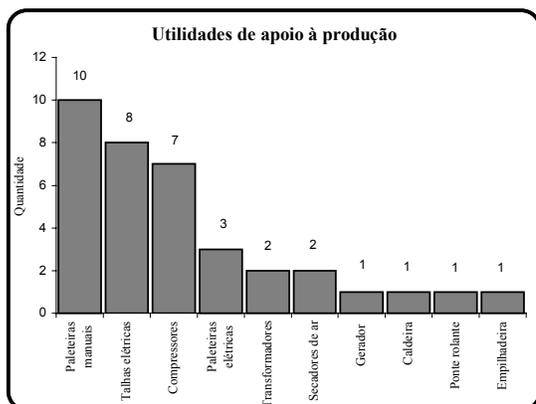
O TPM propicia esta oportunidade, principalmente para aquelas empresas que carecem de organização, sistematização e por que não dizer, até de direcionamento estratégico para atingir objetivos maiores. “ Não existem bons ventos, quando não se sabe para onde se quer ir! ”. Através de uma abordagem direcionada à maximização da capacidade dos equipamentos e da busca do envolvimento de todas as pessoas da organização, quer seja nas atividades de manutenção autônoma, quer seja no combate às perdas, na organização do setor de manutenção, na educação e treinamento e no gerenciamento antecipado de novos equipamentos, a empresa adota uma linha de gerenciamento e um rumo: o da melhoria contínua, fator fundamental para se manter viva e ativa no mercado global e competitivo em que vivemos.

Cabe destacar que, como qualquer outra atividade inserida no contexto das organizações, o comprometimento da direção é fundamental para o seu sucesso.

## ANEXO 1 - RESULTADOS OBTIDOS POR EMPRESAS QUE IMPLEMENTARAM TPM

<b>Melhoramentos mensuráveis</b>			
(A, B, C..., etc., refere-se à Companhia A, Companhia B, etc.)			
<b>Produtividade</b>		<b>Qualidade</b>	
Eficiência global do equipamento:	97 % (D) 92 % (N)	Fração de defeituosos:	Redução de 60% (A) Redução de 90 % (T)
Produtividade do trabalho:	2,2 vezes(A) 1,7 vezes (I)	Número de reclamações:	Zero (T) 1 / 9 (D)
Número de problemas:	1 / 20 (I) 1 / 15 (S)	Redução materiais em processo:	1 / 4 (Y) 1 / 2 (N)
Produtividade de valor adicionado:	1,5 vezes (T)		
<b>Custo</b>		<b>Entrega</b>	
Redução de custo:	50 % (R) 30 % (A)	Redução de estoques:	Redução de 40% (T) Redução de 50% (S)
Economia de energia:	1 / 2 (I e D)	Leadtime:	1 / 2 (A)
Custo de manutenção:	Redução de 40% (A) Redução de 60% (K)	Taxa de rotação de estoques:	1,3 vezes (I e T)
Redução da força de trabalho:	1 / 2 (K)	Taxa de entrega direta:	60% (T)
<b>Segurança</b>		<b>Moral</b>	
Acidentes de trabalho:	Zero	Número de patentes:	37 (I) 28 (O)
Acidentes fora do trabalho:	Zero	Número de sugestões:	30 vezes (I)
<b>Melhoramentos invisíveis</b>			
<b>Recursos Humanos</b>		<b>Gerenciamento</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Comprometimento para executar aquilo que se pensava ser impossível;</li> <li>– Operadores cuidarão de seu próprio equipamento através de atividades de auto gerenciamento;</li> <li>– Lideranças qualificadas praticando “progresso e harmonia” através de positivas atividades de pequenos grupos.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Refinamento dos objetivos a serem atingidos após o PDCA ser ativado;</li> <li>– “Consciência da competitividade” entre os funcionários devido ao compartilhamento das atividades e objetivos da companhia;</li> <li>– “Senso de unidade” entre eles por participarem e trocarem visitas de inspeção.</li> </ul>	
<b>Equipamento</b>		<b>Imagem da companhia</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Operação segura com redução de quebras e das paradas de linha inesperadas;</li> <li>– Redução do material em processo e melhoria da distribuição física através de linha de produção direcionada para o progresso.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Melhoria da imagem com parceiros de negócios e com companhias do grupo por permitir-lhe o conhecimento sobre a implementação do TPM.</li> </ul>	

## ANEXO 2 - VISÃO GERAL DAS MÁQUINAS E UTILIDADES



ANEXO 3 – LISTA DE DEFEITOS E PLANO DE AÇÃO



LISTA DE DEFEITOS E PLANO DE AÇÃO TPM – Maq.: 600.620

Qual é o defeito e onde está localizado	Qual a causa aparente do defeito	Ação corretiva proposta	Priorização			Responsável Prazo
			G	U	D P	
1- Painel elétrico Solto	Trepidação da maq.	Reaperbor para-função	1	1	5 5	06/04/01-P e M
2- Bomba de lubrificação Solta	A bomba não é original	Fixar bomba	1	1	4 4	12/04/01-M
3- União do rotor no do óleo está solta	Perda de torque	Reaperbor	1	3	5 15	30/03/01-P e M
4- Pressão Cabo da conexão da bomba solta	Perda de torque	Reaperbor	1	1	5 5	06/04/01-P e M
5- Retritas <del>de</del> do Sistema pneumático compact	Descaída c/aba	Revisar	1	3	5 15	06/04/01-M
6- Reiser volante de óleo lubrificante com Supera	Supera que reborna com óleo	Limpar resolidão e tratar óleo	5	5	3 75	05/04/01-M
7- Encrocadeira <del>da</del> Supera	Batida	Substituir encrocadeira	1	1	5 5	12/04/01-M

Considerando influencia sobre vida do equipamento

D - Grau de dificuldade para executar o reparo

Folha 01 de 07

G - Gravidade  
1 - baixa gravidade  
5 - Muito grave

U - Urgência  
1 - pouco urgente  
5 - Muito urgente

1 - muito difícil  
5 - muito fácil

Data: 31/03/01

## ANEXO 4 – LISTA DE FONTES DE CONTAMINAÇÃO

## MANUTENÇÃO PRODUTIVA INTRAL – LISTA DE FONTES DE CONTAMINAÇÃO

**intral**

Maquina : Prensa Gutmann 100 Data: 20/05/07

Onde está sujo ?	Está sujo de que ?	Quem está causando a sujeira ?	Porque está sujando?
Região inferior da máquina	Óleo utilizado para lubrificações da fita.	O sistema de lubrificações da fita	Mecanismo apresenta folhas, causando vazamento
Base do roloador	Óleo lubrificante	Compensador da mortela	Existência de vazamento de óleo lubrificante
No Piso	Óleo lubrificante	A unidade de conservação do ar comprimido	Pouco vazamento de óleo através do parafuso de drenagem
No Piso	Resíduos de Peças estampadas	A colha de declinamento da ferramenta	A colha não possui saída adequada para a sucata
No Alimentador	Pó Abrasivo	Atrito da fita de aço S1150 com partes da equipamento	Regulagem incorreta do equipamento

Folha 01 de 05

## ANEXO 5 – LISTA DE ÁREAS DE DIFÍCIL LIMPEZA

## MANUTENÇÃO PRODUTIVA INTRAL – LISTA DE ÁREAS DE DIFÍCIL LIMPEZA

**intral**

Máquina : Prensa Gotmann 100 tons

Data: 20/05/01

Onde é difícil limpar ?	Qual a dificuldade ?
Na parte Superior da máquina	Necessite de escada devido a altura do equipamento
Parte Superior da Máquina, região inferior do Variador	É necessário remover proteções frontal e traseira para executar limpeza.
Na biala e na caixa exêcutiva	É necessário remover proteções para fusa da ao corpo da máquina.
Fricção e volante	É necessário remover proteções, a qual esta para fusa da ao equipamento e é muito pesada para ser removida por um único operador
Na parte de baixo do Alimentador	Altura entre o alimentador e o corpo da máquina é pequena, não permitindo a entrada
Região Inferior do reservatório de óleo lubrificante	Altura entre o reservatório e o piso é pequena não permitindo a entrada de mãos do operador

Folha 01 de 08

## ANEXO 6 - LISTA DE MELHORAMENTOS

**intral****MANUTENÇÃO PRODUTIVA INTRAL****SUGESTÕES DE MELHORAMENTOS**

QUAL É O MELHORAMENTO	JUSTIFICATIVAS PARA O MELHORAMENTO
Melhorar processo de lubrificação da Fita	- Troca constante de Filtro - É uma fonte de contaminação
Lugar para guardar ferramentas da máquina	- As ferramentas estão soltas - Perde-se tempo para encontrar as Ferramentas.
Colocar botante na tampa do alimentador	- Não entortar a tampa do alimentador
Modificar guia de saída da fita do desbobinador para evitar desgaste	- Evitar desgaste
Pintar tubulações da máquina em cores padronizada	- Facilitar o entendimento do funcionamento do equipamento
Encurtar parafuso do guia da fita na entrada da colandria	- Facilitar abertura e fechamento da colandria.

ANEXO 7 – CARTÃO TPM

FRENTE

**intral** Nº 063

Máquina: Prensa Gutmann 80 600.021

Resp.: Clamar Nº 492017

**Descrição do defeito:**  
Vazamento de óleo nas conexões da bomba de lubrificação

Houve parada: ( ) Sim (X) Não

Tempo (min): ..... Data: .....

---

**intral** Nº .....

**Descrição do defeito:**  
Vazamento de óleo nas conexões da bomba de lubrificação

Resp.: Clamar ..... Data: 17.09.01

**Plano de ação:**  
Reapertar conexões

Resp.: Renc ..... Data: 17.09.01

**Ações executadas:**  
Foi reapertado as conexões eliminando os vazamentos

Resp.: Renc ..... Data: 18.09.01

VERSO

Data	Início	Término	Horas
19.09.01	07:30	08:50	01:20

**Observações:**  
Deverá ser revisada periodicamente devido a vibração da máquina.

## ANEXO 8 - MINUTA DE REUNIÃO

Ata nº 10      Folha nº 01

TPM - MINUTA DE REUNIÃO		Data: 26/09/01	
Presentes:	Cláudio, Roberto, Nivaldo, Rene, João Eurico, Dorival, Valnei, Jeremias, Israel,	Grupo: União Rotativa	Líder Cláudio
Ausentes:	Jorge, Comerlato.	Setor: Estamparia	Supervisor:
Assunto	O que foi tratado	Quando	Quem
- Falta a bomba de óleo na Prensa gutmann 800cm	Foi efetuado pedido eo prazo de entrega e de 30 dias	05/10	Jorge OK
- Reforma dos camostrens Paleteiro	- Orçamento foi executado e vamos fazer um cronograma Plenário de conserto.	05/10	Jorge OK em andamento
- Lubrificil das prensas não tem identificação de nível do óleo.	- foi executado em uma das Prensas (600619) e será feito nas outras	28/09	Jorge OK
- A plataforma hidráulica esta estragando a pintura das prensas na troca de ferramenta.	Vamos estudar alguma forma para solucionar o problema	10/10	Jeremias e Grupo OK 2/10
- Padronização das Chaves Oficina de ferramenta.	Foi feito um orçamento c/ terceiros e esta sendo avaliado.	10/10	Jeremias OK
- Lubrificação das fitas	Tambem foi feito orçamento e esta sendo avaliado.	10/10	Jeremias ?
- Na limpeza do volante e difícil de tirar a proteção para rebites.	"Problema contínuo" vamos estudar uma solução	10/10	Jeremias Jorge Grupo OK teste
<b>SUPERVISOR:</b>	<b>GERENTE:</b>		
Ndk	Mareo		
<b>DIRETOR INDUSTRIAL:</b> Algumas das ações orçadas p/ terceiros podem ser executadas internamente c/ menos despesa.	<b>COORD. TPM:</b>		
epf	Próxima reunião:		



## PADRÃO DE LIMPEZA - MANUTENÇÃO AUTÔNOMA – TPM

Máquina: Prensa Gutmann 100T (600.619 )  
Preparado por: Rafael ,Dorval, Volnei e Claucir

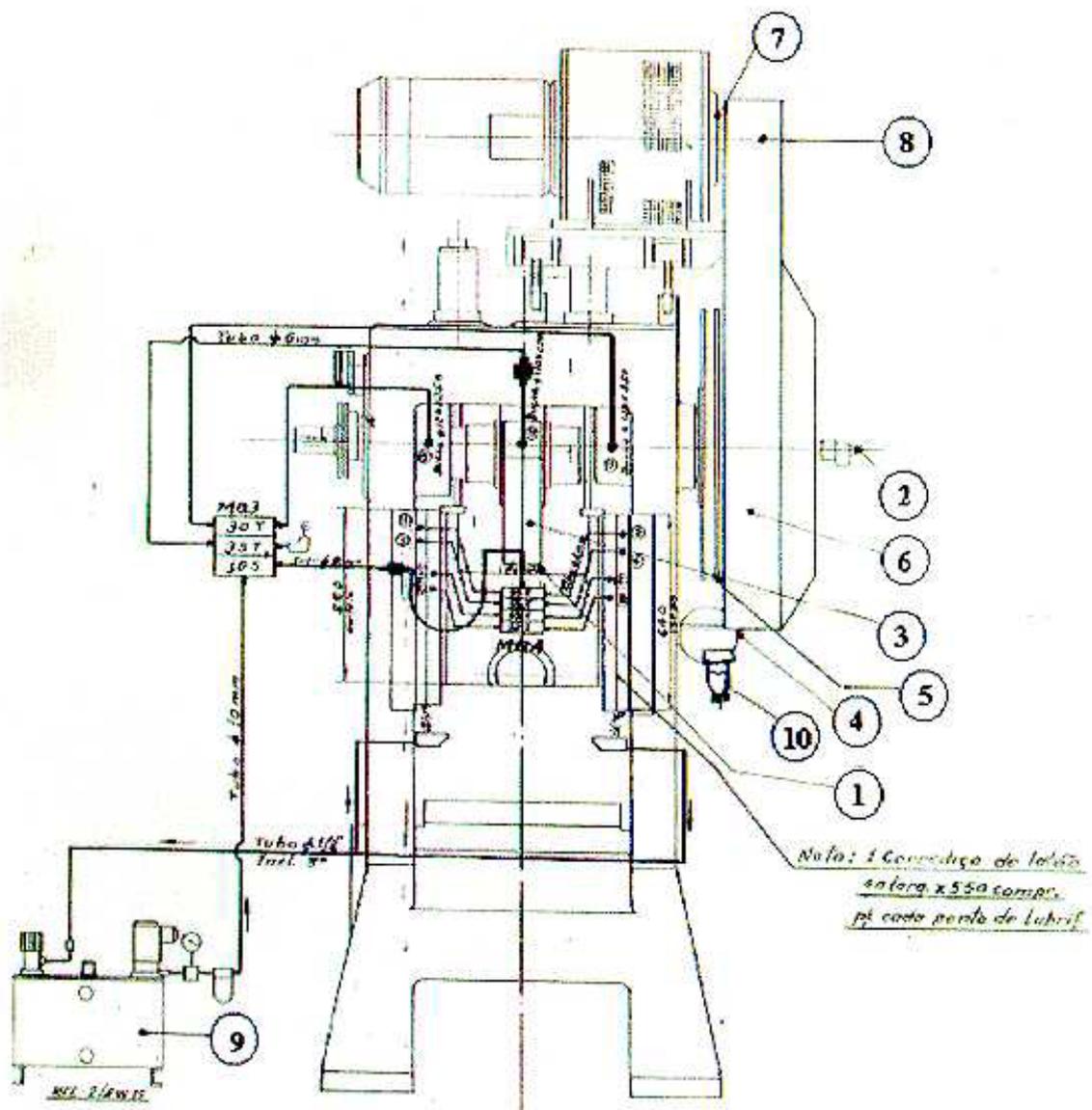
Data de emissão: 11/09/2001  
Número da emissão: 02

Área à ser executada limpeza	Critério	Material empregado na limpeza	Minutos	1° turno				2° turno				Resp.	
				Diário	Semanal	Trimestral	Semestral	Diário	Semanal	Mensal	Semestral		
Parte superior da máquina (motor )	Visual	Desengraxante, pano, luva, pincel, borrifcador e Creme	30			X							Prod.
Volante da Máquina	Visual	Desengraxante, pano, luva, borrifcador, creme e chave	60				X						Prod.
Martelo	Visual	Querosene, pano, luva, borrifcador e creme	20				X						Prod.
Mesa	Visual	Pano, luva e creme	3	X				X					Prod.
Corpo da Máquina	Visual	Pano, Luva, creme, e desengraxante	25		X								Prod.
Alimentador e Braço	Visual	Pano, Luva, creme e desengraxante	15		X								Prod.
Biela	Visual	Pano, Luva, creme e desengraxante	20	X				X					Prod.
Reservatório de Óleo ( parte externa )	Visual	Pano, Luva, creme e desengraxante	3	X				X					Prod.
Painel Frontal	Visual	Pano, Luva, creme e desengraxante	3	X				X					Prod.
Quadro de comando	Visual	Pano, Luva, creme e desengraxante	3		X								Prod.



ANEXO 11- EXEMPLO DE IDENTIFICAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DO PONTO DE LUBRIFICAÇÃO

Pontos de Lubrificação Prensa Gutmann 80T







## ANEXO 14 - AUDITORIA DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA



## AUDITORIA DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA – TPM

Aspectos a serem auditados	Sim	Não
<b>Condições da Máquina</b>		
A máquina e os equipamentos relacionados estão sujos		
Existem retalhos de materiais ao redor da máquina		
A máquina possui vazamentos de óleo para lubrificar a fita de aço		
A máquina possui vazamentos de óleo hidráulico		
A máquina possui vazamentos de óleo lubrificante		
Reservatórios de óleo estão cheios, acima da medida		
Motores estão cobertos com camada de óleo ou sujeira		
Existe aderência de sujeiras provenientes do trabalho da máquina		
Os sensores da máquina estão cobertos com camada de óleo ou sujeira		
A parte interna das tampas de proteção estão sujas		
Algumas partes da máquina vibram e fazem ruído		
O posicionamento da máquina dificulta o acesso para manutenção de rotina		
As mangueiras de lubrificação estão sujas		
Os drenos e filtros estão obstruídos		
A fiação elétrica e tubulação estão desordenados, tornando difícil identificar "qual vai para onde"		
As pessoas consideram normal a existência de sujeira, perdas de processo e óleo em torno da máquina		
É permitido aos motores superaquecimento ou barulhos estranhos, sem que isto seja detectado		
O número de correias V está incorreto		
Total		
Comentários do Auditor		
.....		
.....		
.....		
<b>Condições da área ao redor da máquina</b>		
Retalhos de material estão jogados ao redor da máquina, requerendo que sejam varridos		
O piso está sujo e em alguns lugares escorregadio		

Ferramentas e dispositivos estão desordenadamente deixados ao redor da máquina		
Existe um grande número de coisas deixadas ao redor da máquina		
Ferramentas, materiais, etc., não possuem local específico para serem armazenados		
Não existe local específico o qual esteja claramente demarcado para equipamentos e inspeção de qualidade		
Copos de papel e pontas de cigarros são deixados ao redor da máquina		
Não existem lugares específicos para os lubrificantes e ferramentas de lubrificação		
Total		
Comentários do auditor		
.....		
.....		
.....		
<b>Operadores das máquinas</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>
Operadores não conduzem inspeções regulares na máquina e eles provavelmente não sabem como fazê-lo		
Somente alguns operadores sabem onde, quando e como lubrificar sua máquina e eles nem sempre o fazem corretamente		
Quando os operadores encontram uma falha na máquina, eles chamam por suporte da manutenção, sem que exista tentativa de consertar por eles mesmos		
Operadores entendem que as quebras e produtos defeituosos são problemas que lhe dizem respeito		
Operadores não sabem executar pequenos reparos na máquina		
Operadores não executam inspeções para verificar a qualidade		
Algumas vezes são utilizados instrumentos de medição defeituosos ou imprecisos		
Total		
Comentários do auditor		
.....		
.....		
.....		
<b>Condições gerais e performance</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>
Quebras da máquina ocorrem com muita frequência, com uma taxa de 3 % ou mais do tempo de operação		
Reparos geralmente demoram muito tempo para serem completados		
Pequenos problemas ocorrem com muita regularidade		
Trocas de ferramenta demoram muito tempo (acima de uma hora)		
As pessoas aceitam ajustes posteriores a troca das ferramentas como normais		
Acontecem muitos problemas após a troca de ferramentas		
Pequenas paradas acontecem com muita frequência		

Retrabalho ocorre com taxa superior a 3% ou mais		
Sucata ocorre com taxa superior a 2%		
A velocidade da máquina deve ser reduzida para reduzir a sucata ou o retrabalho		
Tempo de ciclo padrão não pode ser estabelecido		
Operadores sabem o tempo padrão, porém não conseguem mante-lo		
Ninguém analisa as perdas de velocidade da máquina		
Não existem gráficos indicando o quanto efetiva a máquina esta sendo		
Não existem procedimentos para limpeza e lubrificação		
Total		
Comentários do auditor		
.....		
.....		
.....		
Número total		

Quantidade de respostas **SIM**

40 + →	Atitudes e condições da máquina são muito ruins. Performance de operação e moral dos operadores está muito baixa. Ação imediata é necessária
30 - 40 →	As más condições da máquina e as más atitudes estão afetando seriamente a performance de operação. Necessita de correção urgente
20 - 30 →	Mais progressos podem ser feitos para melhorar significativamente a performance de operação
10 - 20 →	Significativos progressos foram executados ou talvez a ênfase tenha sido em manter a máquina em boas condições.
< 10 →	Performance de empresa considerada "Manufatura Classe Mundial"

Máquina:

Operador:

Executado por:

Data:





## ANEXO 17 – FOLHA DE CÁLCULO

**TECNOBUL** Tecnobul Eng. de Sist. Ltda.  
e-mail: atiba@tecnobul.com.br  
Home: www.tecnobul.com.br

**intral**

Código do PO **PRE330R**  
Descrição do PO **PRENSA GUTMANN 80 C/ ALIMENTADOR DIMECO**  
Setor **ESTAMPARIA**  
Mês de referência **Out/00**  
Data preenchim. **17/11/00**  
Última verificação **26/11/01**

Qtd. de homens **1,0**  
Nº de turnos **1**  
Qtd. De máq. **2**  
Horas trabalh. **184**  
Horas Pagas **222**

<b>D1</b>		<b>Mão de Obra Direta</b>			
Código	Qtde. Func.	Cargo	Adicional 1	Adicional 2	Total \$/h
<b>1º Turno</b>					
03	1,00	PRENSISTA A			3,419
					0,000
					0,000
					0,000
<b>2º Turno</b>					
					0,000
					0,000
					0,000
					0,000
<b>3º Turno</b>					
					0,000
					0,000
					0,000
					0,000
<b>Total \$/h</b>					<b>3,419</b>

<b>D2</b>		<b>Mão de Obra Indireta (Supervisão)</b>	
Código	Cargo		Total (\$/h)
07	SUPERVISOR (VOLNEI)		0,196
16	OPERADOR ESPEC (WILSON SILVA)		0,117
			0,000
			0,000
<b>Total \$/h</b>			<b>0,313</b>

<b>D3</b>		<b>Encargos Sociais de Leis e Concedidos</b>	
	<i>Percentual</i>	<i>121,14 %</i>	<b>Total \$/h</b>
			<b>4,521</b>

<b>D4</b>		<b>Amortizações Técnicas</b>				
Descrição	Equipamento Quantidade	Valor \$	Horas/Vida			Total (\$/h)
			Vida Útil (anos)	Meses/Ano	Vida Útil (horas)	
MÁQUINA	1,00	109.000,00	25	12	55.200,00	1,975
ALIMENTADOR DIM	1,00	40.000,00	15	12	33.120,00	1,208
CALANDRA	1,00	11.000,00	15	12	33.120,00	0,332
				12	0,00	0,000
				12	0,00	0,000
<b>Total \$/h</b>						<b>3,514</b>

<b>D5a</b>		<b>Materiais de Consumo Específicos</b>		
Código Mat.	Quant.	Descrição	Total (\$/h)	
23	1,00	PROTETOR AURICULAR	0,018	
25	0,17	SAPATO DE SEGURANÇA	0,023	
08	0,17	GUARDA-PO	0,013	
10	15,00	LUVA DE MALHA	0,055	
05	0,50	CREME DE PROTEÇÃO P/ MÃOS	0,010	
17	0,17	MANGA DE TECIDO	0,003	
39	1,60	GRAXA EP 1	0,046	
51	10,00	ÓLEO WYSPIN AWS 68	0,159	
50	420,00	ÓLEO VOLÁTIL ILOFORM EV 25	7,487	
65	5,00	ÓLEO WYSPIN AWS 32	0,080	
49	22,00	ÓLEO MAXLUB ND-03	0,424	
67	25,00	PANOS	0,031	
			0,000	
			0,000	
			0,000	
		<b>Total \$/h</b>	<b>8,351</b>	

<b>D5b</b>		<b>Peças de Manutenção</b>		Total (\$/h)
Custo \$	106,484	<b>Total \$/h</b>	0,579	

<b>S1</b>		<b>Energia Elétrica</b>		
Equipamento	KW efetivo	\$/KWh	Total (\$/h)	
MÁQUINA	10,37	0,1067	1,106	
CALANDRA	0,52	0,1067	0,055	
		0,0000	0,000	
		0,0000	0,000	
		<b>Total \$/h</b>	<b>1,162</b>	

<b>S2</b>		<b>Manutenção Resumo</b>		Total (\$/h)
		<b>Total \$/h</b>	1,701	

<b>S3</b>		<b>Utilidades</b>		
Descrição	Consumo	Custo \$/unid.	Total (\$/h)	
Ar comprimido	1,296	0,017	0,022	
Gás GLP F1	0,000	0,933	0,000	
Gás Butijão	0,000	0,947	0,000	
Água SAMAE	0,000	3,520	0,000	
Água resfriada F1	0,000	21,259	0,000	
Água Poço Artesiano	0,000	0,227	0,000	
Empilhadeira	0,000	13,685	0,000	
Trole	0,000	0,943	0,000	
Trator	0,000	5,099	0,000	
Transpaleta	0,000	6,387	0,000	
Depósito de resina	0,000	0,000	0,000	
Seghers	0,000	15,835	0,000	
Água resfriada F2	0,000	8,126	0,000	
Gás GLP F2	0,000	0,970	0,000	
Gás Nitrogênio	0,000	1,287	0,000	
Gás Hidrogênio	0,000	5,065	0,000	
		0,000	0,000	
		0,000	0,000	
		0,000	0,000	
		0,000	0,000	
		<b>Total \$/h</b>	<b>0,022</b>	

**Total Foto-Índice (\$/h) = 23,582**

Valor do US\$ mês base = 1,90

**Total Foto-Índice (US\$/h) = 12,411**

ANEXO 18 – PLANO DE AÇÃO ANUAL VISANDO À REDUÇÃO DO ÍNDICE UP/HORA

<b>Intreel TPM – Plano de Ação Anual</b>						
<b>Data:</b> 20 / 04 / 2001	<b>Coordenador:</b> Geremia	<b>Participantes:</b> Geremia – Volnei – Paulo Costa – Marcos – Ymara – Marcos - Gerson	<b>Exercício:</b> 05 / 2001 a 05 / 2002			
<b>Objetivo:</b> Reduzir em 10 % o esforço de produção dos postos operativos do setor de estamparia						
<b>Ações (o que)</b>	<b>Responsável</b>	<b>Como / Onde</b>	<b>Resultado esperado</b>	<b>Início</b>	<b>Fim</b>	<b>Recursos</b>
Desenvolver fornecedor alternativo para óleo volátil	Geremia	Solicitando amostras para fornecedores alternativos	Reduzir custo de R\$ 3,50 por litro para R\$ 2,50 por litro	05 / 2001	10 / 2001	Existentes
Desenvolver aplicador de óleo volátil que evite o gotejamento	Geremia	Através de projeto adequado as necessidades	Reduzir consumo de 5500 litros por mês para 3500 litros por mês	05 / 2001	10 / 2001	R\$ 5.000,00

**ANEXO 19 – PLANO DE AÇÃO ANUAL PARA REDUÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA**



**TPM – Plano de Ação Anual**

<b>Data:</b> 24 / 04 / 2001	<b>Coordenador:</b> Paulo Costa	<b>Participantes:</b> Geremia – Paulo – Jorge - Marcos	<b>Exercício:</b> 05/2001 a 05/2002
<b>Objetivo:</b> Reduzir em 10% o consumo de energia elétrica.			

<b>Ações (o que)</b>	<b>Responsável</b>	<b>Como / Onde</b>	<b>Resultado esperado</b>	<b>Início</b>	<b>Fim</b>	<b>Recursos</b>
1-Reduzir em 10% o consumo de energia elétrica	Paulo Costa	Substituir a iluminação do prédio da montagem de reatores	Reduzir consumo da fábrica 1 em 17 Kw/h	05/01	08 / 01	Existentes
	Recursos Humanos	Promover campanhas internas para desligar iluminação e micro-computadores em horários fora de uso	Reduzir consumo prédio da administração em 2 Kw/h	05/01	08/01	zero
	Paulo Costa	Instalar rede de gás natural do restaurante	Reduzir consumo do restaurante em 2 Kw/h	09/01	10/01	RS 5.000,00
	Geremia	Substituir 10 geradores de solda TIG (De multitron para Terradyne)	Reduzir consumo da fábrica 1 em 30 Kw/h	01/02	01/02	RS80.000,00
	Paulo Costa	Substituir iluminação prédio fábrica 2	Reduzir consumo da fábrica 2 em 13 Kw	08/01	10/01	Existentes
	Geremia	Substituir injetora 180 Tons	Reduzir consumo prédio estampa em 12 Kw	12/01	02/02	RS30.000,00
	Paulo Costa	Substituir iluminação do prédio da estampa	Reduzir consumo do prédio da estampa em 12 Kw/h	11/01	01/02	Existentes
	Paulo Costa	Substituir iluminação prédio ferramentaria e manutenção	Reduzir consumo em 7 Kw/h	02/02	03/02	Existentes

## ANEXO 20 – PLANO DE AÇÃO ANUAL PARA REDUÇÃO NO CONSUMO DE ÁGUA

<b>Flintek</b>						
TPM – Plano de Ação Anual						
Data		Coordenador	Participantes		Exercício	
24/04/2001		Geremia	Geremia – Paulo Costa – Ciro – Vitor – Jorge		05/20001 a 05/2002	
Objetivo: Reduzir em 45% o consumo de água.						
Ações (o que)	Responsável	Como/onde	Resultado esperado	Início	Fim	Orçamento
Instalar filtros para recuperação da água de enxágue das estações de fosfatação.	Geremia	Instalação de pintura de reatores e de luminárias.	Redução de 29 metros cúbicos de água por dia.	05/2001	10/2001	R\$8.000,00
Revisar vazamentos de água através das válvulas de descarga dos toaletes.	Ciro	Banheiros da fábrica de reatores e de luminárias.	Redução de 04 metros cúbicos de água por dia.	08/2001	05/2002	R\$5.000,00
Instalar torneiras inteligentes nos toaletes.	Jorge	Banheiros da fábrica de reatores e de luminárias.	Redução de 03 metros cúbicos de água por dia.	03/2002	05/2002	R\$20.000,00

**ANEXO 21 – PLANO DE AÇÃO PARA COMBATE AOS VAZAMENTOS DE AR COMPRIMIDO**

<b>Intertel</b>		<b>TPM – Plano de Ação Anual</b>				
Data: 24/04/2001		Coordenador: Paulo Costa				
		Participantes: Geremia – Paulo – Luis Carlos – Volnei – Thomazoni – Fernando - Jorge				
Objetivo: Reduzir em 20% o consumo de ar comprimido. (de 6.200 m <sup>3</sup> /dia para 5.000 m <sup>3</sup> /dia)						
Ações (o que)	Responsável	Como / Onde	Resultado esperado	Início	Fim	Orçamento
1 - Executar treinamento sobre conexões pneumáticas com operadores do prédio da montagem	Recursos Humanos	Através de exemplos práticos	Reduzir o consumo em 600 m <sup>3</sup> /dia	06/2001	12/2001	R\$ 3.000,00
2 - Elaborar plano de revisão das válvulas de acionamentos e dos cilindros pneumáticos	Jorge	Através de vistorias nos postos de uso	Reduzir o consumo em 600 m <sup>3</sup> /dia	06/2001	12/2001	R\$ 3.000,00
3 - Avaliar filtros mais eficientes para gabinete de pintura Epoxi	Geremia	Através de pesquisa junto a fornecedores internacionais de filtros	Reduzir o consumo de ar comprimido	06/2001	05/2002	R\$ 25.000,00

**ANEXO 22 – PLANO DE AÇÃO ANUAL PARA COMBATE AS PERDAS DE NATUREZA ERGONÔMICA**



**TPM – Plano de Ação Anual**

**Data:** 06 / 08 / 2001

**Coordenador:** Paulo Costa

**Participantes:** Geremia – Fernanda – José Carlos - Paulo – Jorge

**Exercício:** 06/2001 a 06/2002

**Objetivo:** Combater as perdas de origem ergonômica.

<b>Ações (o que)</b>	<b>Responsável</b>	<b>Como / Onde</b>	<b>Resultado esperado</b>	<b>Início</b>	<b>Fim</b>	<b>Recursos</b>
Adequar postos de trabalho quanto a distância em relação ao transportador e quanto a altura dos instrumentos de medição.	Geremia – Paulo Costa	Em todas as linhas de montagem (52 postos de trabalho)	Reduzir esforço físico, com danos a coluna cervical	06 / 01	03 / 02	Existentes
Adequar postos de montagem do núcleo magnético dos reatores partida rápida para duas lâmpadas fluorescentes	Geremia – Paulo Costa	Nas linhas de reatores partida rápida para duas lâmpadas fluorescentes (9 postos de montagem)	Reduzir esforço físico com danos a coluna cervical	06 / 01	08 / 01	Existentes
Adequar postos de montagem do núcleo magnético de reatores convencionais e HO 1 lâmpada	Geremia - Paulo Costa	Nas linhas de reatores convencionais e de reatores HO 1 lâmpada (4 postos de montagem)	Reduzir esforço físico com danos na coluna cervical	09 / 01	11 / 01	Existentes
Adquirir plataforma hidráulica para suspender pallets durante operação de embalagem	Geremia	Em todas as linhas de montagem de reatores magnéticos (10 linhas)	Reduzir esforço físico dos operadores, com danos na coluna cervical.	02 / 02	05 / 02	R\$20.000,00
Instalar iluminação localizada nas máquinas de crimpagem	Geremia - Paulo Costa	Em todos os postos operativos que utilizam máquinas de crimpagem (29 postos)	Reduzir o esforço visual	08 / 01	10 / 01	Existentes
Instalar iluminação localizada nas máquinas de bobinar	Paulo Costa	Em máquinas de bobinar que não possuem iluminação localizada (4 máquinas)	Reduzir o esforço visual	11 / 01	11 / 01	Existentes
Embebeisar insersoras de pinos	Geremia – Paulo Costa	Em todas as insersoras de pinos Autosplitter (4 máquinas)	Reduzir as perdas auditivas	01 / 02	05 / 02	R\$12.000,00
Ajustar altura dos postos de impregnação com resina	Paulo Costa	Em todos os postos de impregnação (10 postos)	Reduzir esforço físico dos operadores, com danos na coluna cervical e tendões dos braços	01 / 02	04 / 02	Existentes
Ajustar altura das estações de acabamento de bobinas	Geremia – Paulo Costa	Em todas as estações de acabamento de bobinas (8 máquinas)	Reduzir esforço físico dos operadores, com danos aos tendões da mão	05 / 02	06 / 02	Existentes

## ANEXO 23 – DESCRIÇÃO DE CARGOS

DESCRIÇÃO DE CARGO	INTRAL S/A
PRENSISTA "A" SETOR: PRODUÇÃO (FÁBRICA IV)	JUN/01 REVISÃO 03
<p><b>TAREFAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar e operar todas prensas do setor da Estamparia.</li> <li>• Executar limpeza / inspeção da máquina.</li> <li>• Executar lubrificação da máquina.</li> <li>• Operar com calandra e alimentadores.</li> <li>• Encaminhar os eventuais consertos .</li> <li>• Identificar tipos de fitas e finalidade das peças prensadas.</li> <li>• Aferir medidas das prensas e ferramentas utilizando paquímetro e micrômetro.</li> </ul> <p><b>CONHECIMENTOS NECESSÁRIOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Noções do sistema da qualidade</li> <li>• Leitura e interpretação de desenho</li> <li>• Metrologia</li> <li>• CEP (Controle Estatístico do Processo)</li> <li>• Lubrificação básica</li> <li>• Pneumática básica</li> </ul>	
<p><b>REQUISITOS:</b></p> <p>ESCOLARIDADE MÍNIMA: 1º grau incompleto IDEAL: 1º grau completo</p> <p>EXPERIÊNCIA MÍNIMA: 02 anos IDEAL: 02 anos e 06 meses</p> <p>CURSOS NECESSÁRIOS: Ver controle de treinamento de pessoal conf. PGQ 4.18.</p>	

## ANEXO 24 – CHECKLIST PARA AVALIAÇÃO DE MANUTENIBILIDADE



## TPM - CHECKLIST PARA AVALIAÇÃO DE MANUTENIBILIDADE

Item	Descrição	Ponto de interesse
1	Partes sujeitas a desgaste ou consumáveis à serem substituídas	Dar especial atenção a análise das áreas onde partes desgastadas ou consumáveis devam ser substituídas.
2	Rolamentos e mancais	Podem os rolamentos e mancais ser substituídos?
3	Eixos e acoplamentos	Podem ser desmontados e remontados sem afetar outras partes ou sua precisão?
4	Embreagens e freios	Podem ser desmontados e remontados sem afetar outras partes ou sua precisão?
5	Correias de transmissão	Podem ser facilmente substituídas?
6	Portas e tampas	As portas e tampas são facilmente removíveis? Estão as tampas de segurança de mecanismos que podem causar riscos de acidentes ao operador seguramente fixadas e facilmente removíveis?
7	Elementos de fixação (parafusos, porcas e arruelas)	Verificar: Tipos de roscas especificadas Tratamento superficial indicado Classe de resistência Facilidade de acesso para desmontagem
8	Soldas	Verificar se a espessura dos cordões está devidamente especificadas
9	Utilização de ferramentas	Existe algum local onde não possam ser utilizadas ferramentas? Existe algum local onde são necessários ajustes para o perfeito funcionamento do equipamento? Existe algum local que requer o uso de ferramentas especiais?
10	Partes sujeitas a corrosão	Existem partes sujeitas a corrosão
11	Componentes elétricos, eletrônicos e pneumáticos	São de marca facilmente encontrada no mercado?
12	Chaves de fim de curso e sensores	Estão instalados em locais visíveis? O método de fixação é satisfatório?
13	Método de posicionamento das partes	Podem os posicionamentos das partes que requerem posição específica ser assegurados com precisão ?
14	Plano de lubrificação e inspeção?	Foi estabelecido plano de lubrificação e inspeção à ser utilizado nas atividades de manutenção autônoma?
15	Plano de manutenção preventiva?	Foi estabelecido plano de manutenção preventiva à ser utilizado pelo setor de manutenção?

Data da revisão: ...../...../.....

Descrição do projeto analisado:

.....  
.....

Existe algum outro aspecto analisado e que não consta do checklist ? Qual ?

.....  
.....  
.....

Existem itens que necessitam de correção? Quais?

.....  
.....  
.....

Ações recomendadas?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Necessita nova revisão: ..... Próxima revisão em: ...../...../.....

Vistos:

Projetista:

Supervisor de Processos:

Supervisor de manutenção:

Supervisor de produção:

## ANEXO 25 – CHECKLIST PARA AVALIAÇÃO DE FALHAS DE PROJETO



## CHECKLIST PARA AVALIAÇÃO DE FALHAS DE PROJETO

Item	Descrição	Ponto de Interesse
1	Dados gerais de entrada	A qual finalidade se destina o equipamento? Quais as operações que serão executadas? Qual a capacidade de produção solicitada? Qual a capacidade de produção prevista? Quais os requisitos de qualidade esperados? Verificar desenho ou amostra do produto?
2	Funcionamento	Obter descrição detalhada do funcionamento do equipamento
3	Operação	Como o equipamento será alimentado e desalimentado?
4	Ergonomia	O equipamento possui alguma característica que possa causar perdas ergonômicas ao operador?
5	Segurança	O equipamento oferece algum risco à segurança do operador?
6	Consumo de energia	Qual o consumo de energia do equipamento?
7	Emissões	O equipamento irá gerar algum tipo de emissão líquida, gasosa, sonora ou luminosa? Avaliar tipos de proteção previstas?
8	Quanto ao local que o equipamento será instalado	Qual o local que o equipamento será instalado? É de dimensões compatíveis? A área disponível está adequada para receber o equipamento? O equipamento deve estar integrado com outros equipamentos do setor ou linha de montagem?
9	Análise de perdas	Estão previstas perdas por setup? Estão previstas perdas relacionadas a perda da velocidade de operação ou pequenas paradas? Estão previstas perdas de rendimento no início da operação? Existem perdas de material à serem incluídas na estrutura do produto?
10	Custos	Qual o custo estimado do equipamento?
11	Avaliação custo / benefício	Qual o tempo de retorno do investimento?
12	Tolerâncias e ajustes	Analisar as tolerâncias e ajustes utilizados entre os diversos componentes
13	Tratamento térmico	Analisar os tratamentos térmicos especificados para os diversos componentes sujeitos a desgaste
14	Materiais empregados	Avaliar especificação dos materiais recomendados para os diversos componentes do equipamento
15	Acabamento superficial	Analisar os acabamentos superficiais recomendados para os diversos componentes sujeitos a desgastes e ajustes

16	Tratamentos de superfície	Analisar os tratamentos superficiais recomendados para os diversos componentes sujeitos a corrosão
17	Aspectos de fabricabilidade	Os componentes projetados são possíveis de serem fabricados? As máquinas disponíveis na ferramentaria da empresa estão adequadas para fabricação do equipamento?
18	Disposição do desenho	As vistas do desenho estão claramente representadas, de formas a não causar dúvidas durante a execução ?

Data da revisão: ...../...../.....

Descrição do projeto analisado:

.....

Existe algum outro aspecto analisado e que não consta do checklist ? Qual ?

.....  
 .....  
 .....

Existem itens que necessitam de correção? Quais?

.....  
 .....

Ações recomendadas?

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

Necessita nova revisão: ..... Próxima revisão em: ...../...../.....

Vistos:

Projetista: .....

Sup. Processos: .....

Sup. Produção: .....

Sup. Ferramentaria .....

## ANEXO 26 – AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTO

**AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTO****1 Natureza do investimento**

Aquisição de máquina de solda por onda, a ser utilizada para soldagem de placas de circuito impresso.

**2 Justificativas para o investimento**

As justificativas para o investimento são as seguintes:

**2.1 Índice de defeitos de soldagem.**

As devoluções de campo têm apresentado os seguintes índices:

Tipo de reator	Nº de peças devolvidas até 22 / 06 / 2000	Nº de peças devolvidas com problemas de soldagem	
REL 16	0	0	-
REL 18-20	28	15	53%
REL 32	15	12	80%
REL 36.40	147	67	46%
REL 2x18	0	0	-
REL 2x32	11	3	27%
REL 2x36/40	176	20	11%
REM 2x40/127	13	8	62%
REM 2x40/220	6	5	83%
REM 2x32/127	137	39	28%
REM 2x32/220	287	83	29%
REM 2x16/220	57	10	17%
REM 2x32/220 AFPS	251	70	28%
REH 2x32	604	44	07%
REH 2x16	92	45	48%
REH 2x18.20	0	0	-
REH 2x36.40	0	0	-

## 2.2 Introdução da tecnologia SMD.

A partir de janeiro de 2001 iniciar-se-á a produção de reator eletrônico com tecnologia SMD. Para operacionalizar esta tecnologia, poder-se-á operar a partir de dois processos, quais sejam:

### 2.2.1 Processo 1

- a) Operações executadas em terceiros:
  - Placement dos componentes em SMD
  - Reflow
  - Inserção dos componentes thru-hole
  - Solda por onda
  - Revisão das placas
  - Envia placas para Intral
  
- b) Operações executadas na INTRAL:
  - Soldagem manual dos cabos
  - Colocar reator na caixa plástica
  - Testar
  - Embalar

### 2.2.2 Processo 2

- a) Operações executadas em terceiros
  - Placement dos componentes em SMD
  - Reflow
  - Envia placas para Intral
  
- b) Operações executadas na INTRAL
  - Inserção dos componentes thru-hole
  - Solda por onda
  - Revisão da placa
  - Soldagem manual dos cabos

- Coloca reator na caixa plástica
- Testar
- Embalar

### 2.2.3 Conclusão sobre as justificativas para o investimento

No processo SMD não se possui equipamento para, pelo menos, fazer parte da montagem da placa na INTRAL, ou seja, será necessário receber a placa montada de terceiros. Também julga-se importante que a empresa domine este processo uma vez que a tendência do produto é derivar para este tipo de tecnologia.

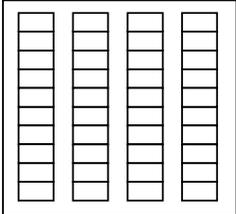
## 3 Análise das opções de investimentos

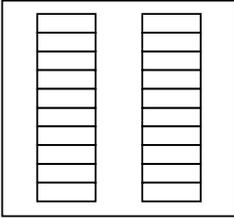
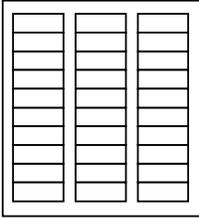
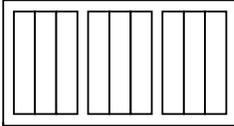
Vide tabela comparativa em anexo

## 4 Análise da capacidade produtiva do equipamento

Considerando:

- a) que a velocidade de soldagem seja de 1,5 m/min, valor este, segundo informação de todos os fabricantes, perfeitamente possível de ser obtido;
- b) a distância entre um pallet e outro seja de 300mm, valor este considerado ;
- c) que o arranjo de placas nos pallets seja :

TIPO DE REATOR	VICTRONICS DELTA 6622 CC	ELETROVERT VECTRA	ERSA EWS 500F
REL SIMPLES			

REL DUPLO	 
REH	

Obter-se-á a seguinte produção / hora

	Número de placas por hora		
	REL Simples	REL Duplo	REH
VICTRONICS DELTA 6622c	5142	2572	2700
ELETROVERT VECTRA	5142	2572	2700
ERSA EWS 500F	5142	3858	2700

### Análise das Opções de Investimento

CARACTERÍSTICA À SER ANALISADA	VITRONICS	ELECTROVERT	ERSA
Modelo	Delta 6622 CC	Vectra	EWS –500 F
Procedência	Netherlands	USA	Germany
Representante no Brasil	Hitech	Altrade	Meguro
<b>BASIC SYSTEM</b>			
Dimensão admissível de placas (mm)	410 Opcional para 460	460	500
Construção da base da máquina	Frame const. c/ tubos de aço.	Frame – Rugged steel weldment	Aço, Perfis de Alumínio
Préheating Standard	Não têm	Não têm	Three medium wave length preheating plates One set of short wave quartz emitters
Sentido de operação – left to right	Standard	Standard	Standard
Torre de luz para advertência	Standard	Opcional	Opcional
Interlocks for front hoods	Não disponível	Opcional	Não disponível

Noise level	67 dB Max.	62 dBa	Não informado
Voltagem	400V – 3Ph – 60 Hz	220V – 3 Ph – 60	220V – 3 Ph – 60 Hz
Dimensões básicas do equipamento Lenght – Width – Height – Peso	3812 x1604 x 2100 Peso; 2650 Kg c/tanque de solda cheio	4006 x 1452 x1518 Peso: Não informado	2580 x 1375 x 1790 Peso: 810 Kg
Preço – US \$	58.500	51.250	66.578
<b>CONTROLES E SOFTWARE</b>			
Sistema operacional	Windows NT	Windows NT	Opcional Windows NT
Descrição do hardware standard	PC, Pentium, Hard Disk, CD-ROM, 3,5” Disk Drive, VGA Monitor	Pentium, monitor SVGA, HDD, FDD, CD ROM	Controle microprocessado com capacidade para 99 programas
Descrição das principais funções do software	Recipe Organizer, Graphic Display, Alarm Organizer, Password Organizer, Trend Analysis Subsystem for Controlled Parameters.	Controle total de processo	Não informado
<b>FLUXER MODULE</b>			
Foam fluxer – Preço US\$	2,600.	3,880 + 5.250 p/ control. Densidade	Standard
Spray fluxer – Preço US\$	15.200 Nozzle Spray Fluxer	16,800	9.560
Reciprocador	Sim, ajus p/ software conf. dim. da placa (Receita)	Sim	Nozzle corre sobre guia linear. O software reconhece tamanho da placa
Número de cabeças	Standard – 1 Opcional - 2º cabeça	1	1
Air requirements (psi)	84 PSI (6 Bar) / Consumo 500 l/min.- seco e limpo	84 PSI (6 Bar) / Consumo 500 l/min.- seco e limpo	87 psi / 6 Bar possui unidade própria
Alimentação do cabeçote spray	Unidade de suprimento onde o fluxo é depositado ou conexão direta ao galão de fluxo	Flux and thinner storage plataform.	Diretamente do container original
Intelligent board sensing	“Board Tracking System”	Standard	Standard
Air knife to blow – off excessive flux	Standard na opção de fluxador por espuma.	Não é necessário com o Supra Spray	Standard
Preço - US\$	15.200	16.800	9.560
<b>PREHEATER MODULE</b>			

CARACTERISTICA À SER ANALISADA	VITRONICS	ELECTROVERT	ERSA
Pré-aquecimento Standard	Não tem	Não tem	3- medium wave 1- set of short wave quartz emitters
Número de zonas	3 – inferiores – 2 por convecção forçada e 1 por infravermelho.	2 – inferiores – por convecção forçada	2 – inferiores – por convecção 7820 para 2 zonas de conv. forçada
Comprimento da zona de pré-aquecimento (mm)	3 zonas de 600mm – Total 1800mm	Uma zona tem aprox. 700, túnel com 1830.	Até 1100mm.
Possibilidades de ampliação	Todas as 3 zonas são intercambiáveis	Sim. É preciso colocar o fluxador fora da máquina .	Até 1440mm. Pode incluir heaters superiores
Opções de ampliação	Para Calrod ou Medium Wave Lamps ou Forced Convection: Opção para Top Side Lamps	Até 3 zonas inferiores com Vecta Heat ou infra vermelho e 2 zonas superiores com I.V.	Pre-aquec. de onda media Pre-aquec. de ar quente Pre-aquecedor convecção forçada
O que é necessário acrescentar à máquina para trabalhar com fluxo a base de água. Citar preço em US\$,	Neste caso recomenda-se o uso de pelo menos uma zona de Convecção Forçada. US\$ 6,000 por módulo.	Nenhum outro acessório é necessário.	Aconselha-se acrescentar pré-aquecimento convecção forçada US\$ 2.120
Preço - US\$	14.000 para 2 x Forced + 1 x Calrod	10.000 para 2 zonas de conv. forçada.	Standard
<b>SOLDER MODULE</b>			
CARACTERISTICA À SER ANALISADA	VITRONICS	ELECTROVERT	ERSA
Número de ondas	2 – chip Wave laminar Wave	2 – lambda Wave laminar Wave	2 – Laminar Wave e chip Wave
Dimensão da onda (mm)	410	460	500
Capacidade do tanque de solda (Kg )	780	820	550
Material do cadinho	Steel 37-2	Cast iron (Aço inox 316 L)	Highaloyed Stainless Steel
Sistema de retirada do tanque de solda	Automático (Motorizado)	Manual	Motorizado
Solder level control	Standard – Emite mensagem ao operador	Opcional	Opcional

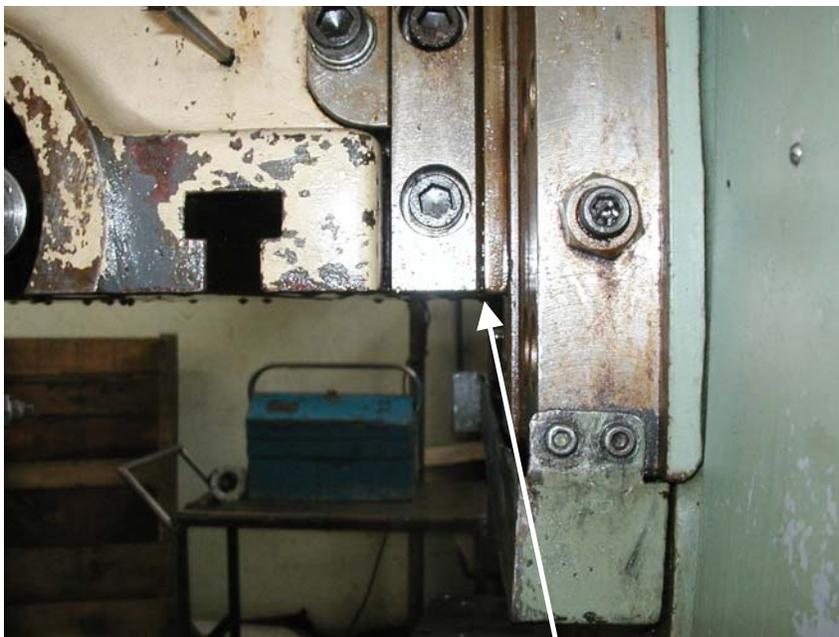
Como é executado o solder wave height ?	A rotação da bomba de Solda é ajustada por software.	Motor AC sem escovas controlado por frequência.	Ambas são RPM controlled, com controle de altura programável.
Maximum solder temperature	320°C	288 °C	300 °C
Maximum temperature variation – at idle conditions	Solderpot +/- 1° C Pre-heats +/- 2° C	+/- 1°C	0.5°C
Adição de barras de solda	Manual opcional p/ automático	Manual opcional p/ automático	Manual opcional p/ automático
Reservatório para separação automática de borra	Standard	Não é necessário, o sistema de onda da Electrovert gera pouca borra.	Opcional
Low temperature pump protection	Standard. A Bomba só é acionada quando a temperatura da solda atingir 230°C	Standard Não permite acionamento das bombas enquanto a solda estiver abaixo de 200 °C	Não citado pelo fabricante
Controlled heating-up of solder bath to prevent solder explosions	Sim, Aquecimento programado de cima para baixo. As resistências inferiores só serão acionadas a partir de 180°C.	Sim, Aquecimento programado de cima para baixo. As resistências inferiores só serão acionadas a partir de 180°C.	Não citado pelo fabricante
Pyrometer, top side	Opcional	Opcional	Não Disponível
Pyrometer, bottom side	Não Disponível	Opcional	Não Disponível
A máquina deve ser desligada durante a noite?	Recomenda-se ajustar a máquina para “stand-by” em 185°C – chegue a temperatura de trabalho em 30 a 45 min.	A máquina pode permanecer ligada 24 horas por dia, 7 dias por semana.	Timer disponível. Totalmente programável até nos feriados. Não precisa ser desligada.
Sistema de controle da onda	Controle de altura por software	Motores AC sem escovas	Conversor de frequência
Warm – up time (horas)	2,5	2-3	3,5
7 day timer	Standard	Standard	Standard
Nitrogen retrofitable	Sim	Sim	Sim
Preço – US \$	6.600	4.46	3010

CONVEYOR MODULE			
CARACTERISTICA À SER ANALISADA	VITRONICS	ELECTROVERT	ERSA
Intermix dos fingers – Preço US\$	Intermix 1V/1L: US\$ 500.00 Intermix 2V/1L: US\$ 300.00	1.155	A confirmar
Guia de extensão dos conveyors de entrada e saída – Preço US\$	900	Standard	Não informado
Ajuste de angulo	Manual entre 4 e 8 graus Ajustado na fábrica para 7 graus	6° fixed opcional p/ ajuste manual	Fixado em 7°
Adjustable process width	Min. 50 mm - Max. 410 mm (460 mm opcional)	50mm até 457mm	Não informado
Conveyor speed	0,5 a 3,0 m / min.	0,1- 3,9 m / min.	0,3 a 3,0 m/min
Finger cleaner	Standard com líquido recirculante	Opcional	Standard
Center board support	Opcional	Opcional	1.632
Maximum loading	5 kg por painel – distancia min. entre painéis 30 mm	45 Kg	Não informado
Preço US\$	Intermix 2V+1L+ guias de extensão = 1.200	1.155	Não informado
OPCIONAIS			
CARACTERISTICA À SER ANALISADA	VITRONICS	ELECTROVERT	ERSA
Dimensão útil placas p/ 460m -Preço US\$	1.800	Standard	Standard
Windows NT	Standard	Standard	4.025
Placa de vidro para teste de processo	Standard	Será fornecida pela ALTRADE	85
Voltagem	220V – 3 Ph – 60 Hz – Opcional -US\$ 2,800.00	Standard	Standard
2° Nozzle no fluxador – Preço US\$	2.800	Não disponível	Não disponível
Possibilidades de ampliação no pré – aquecimento. Preço US\$	Calrod: 2,000. Medium Wave Lamps: 4,300. Forced Convection: 6,000. Top Side Lamps: 2,400	Não informado	Aditonal Pré-heater= 2.113 Dinamic Pré-heating=2.605 Convection Préheating=3.907

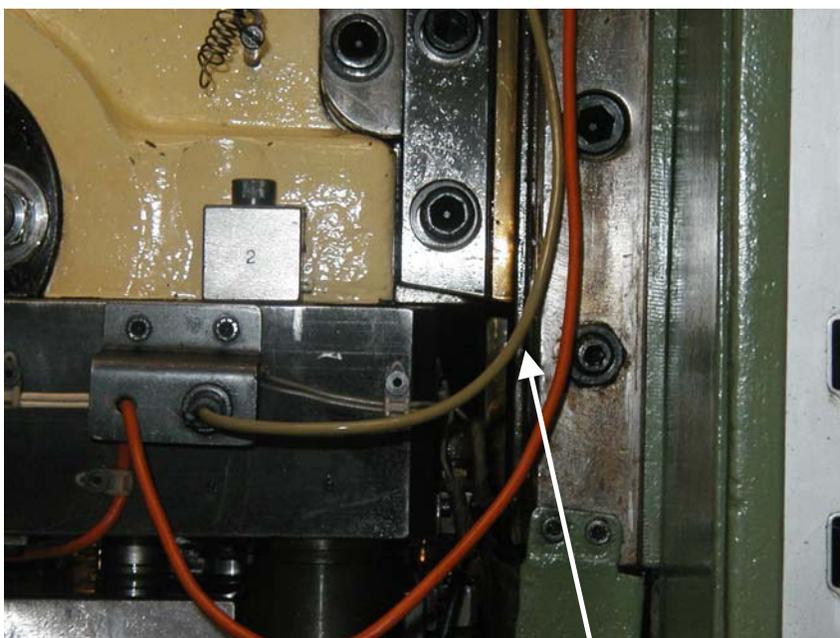
Sistema automático para retirada do cadinho – Preço US\$	Standard	6.040	Standard
Solder level control – Preço US\$	standard	4.724	570
Solder bar feeder – Preço US\$	2,500	6,040	2750
Reservatório para separação automática de borra	standard	Não informado	272
Pyrometer top side – Preço US\$	6,600	Não informado	Não disponível
Guia de extensão dos conveyors de entrada e saída – Preço US\$	900	Standard	Standard
Ajuste motorizado do angulo de conveyor – Preço US\$	Não disponível	Não disponível	2.030
Center board support – Preço US\$	Não informado	4.988	1.632
Emergency power supply Preço US\$	6.500	3.150	Não disponível
Célula para traçar curva	Não disponível	Opcional US\$ 5.000	Opcional US\$ 4700
Treinamento	Incluso para até 4 pessoas durante a instalação do equipamento	R\$ 7.680,00 + despesas de estadia e passagens aéreas	Na fabrica do cliente, ou na Alemanha
Interlocks from front hoods - Preço US\$	Não disponível	1575	Não informado
Light tower for machine status. Preço US\$	Standard	860	320
Finger cleaner – Preço US\$	Standard	2.625	Standard
Interior Hood light	Standard	Standard	250
Potencia elétrica cons. pelo equipamento	Máx. 48 KW, Min. 34KW	36,3 KW start up em operação de 30 a 50 % do start up	19 a 34kw (depende de configuração)
CE sign	Compatível	Compatível	Compatível
Manual em Português US\$	Não informado	Não informado	Não informado
Idioma do manual	Inglês	Inglês	Inglês
Bar code	Barcode: 8,000 PinCode 4,200	8,143	8.840
<b>CONDIÇÕES GERAIS DE VENDA</b>			

CARACTERÍSTICA À SER ANALISADA	VITRONICS	ELECTROVERT	ERSA
Embalagem marítima-preço US\$	1.500	1.775	800
Frete interno no país de origem – US\$	1.000	Não informado	Não tem custo
Frete marítimo do país de origem até porto de Rio Grande – US\$	1.300	1.200	1.300
Despesas de instalação na INTRAL	Incluído, exceto despesas de passagem aérea e hospedagem.	Incluído visita da ALTRADE	Hospedagem / Transporte
Garantia (meses)	12	12	12
Kit básico de peças de reposição – US\$	2.500	500	3.630
Solder for initial operation – US\$	O tanque de solda vem vazio de fábrica	Não informado	Opcional – 250
Prazo de entrega (meses)	8 a 10 semanas (FOB)	12 semanas	6 semanas
Forma de pagamento	Carta de crédito antes do embarque.	10% – no pedido 30% -120 dias após liberação alfandegária 30% -240 dias após liberação alfandegária 30% -360 dias após liberação alfandegária	Negociável A ERSA poderá flexibilizar em preço e em prazo de pagamento por que é estrateg. importante ter a INTRAL como cliente no Sul do Brasil
Três maiores clientes no Brasil x quant. De máquinas que possuem x Nome de pessoa para referências.	<b>Philips</b> 11 máquinas José J. Lima (092)652-2441 <b>Evadin</b> 04 máquinas José Neto (092)237-4571 <b>Weg</b> 01 Francisco Machado (047)372-4358 <b>Invensys</b> 01 Jorge Mitsuo (011)3621-7033	<b>CCE</b> 13 máquinas Milton Marinho 092- 9844521 <b>Gradiente</b> 15 máquinas Hélio Serra 092 982 4523 <b>SCI</b> 5 máquinas Fernando Vianna 019-8659157	<b>Produteste:</b> Karl Schmidth <b>Kostal:</b> Claudécio <b>Magneti Marelli:</b> Ricardo Jacinto

## ANEXO 27 - EXEMPLO DE COMBATE À FONTE DE CONTAMINAÇÃO



Antes do melhoramento



Depois do melhoramento ( Chanfro na régua da máquina para evitar gotejamento de óleo no piso )



## ANEXO 28 - EXEMPLO DE COMBATE À ÁREA DE DIFÍCIL LIMPEZA



Tampa a ser removida para  
executar limpeza



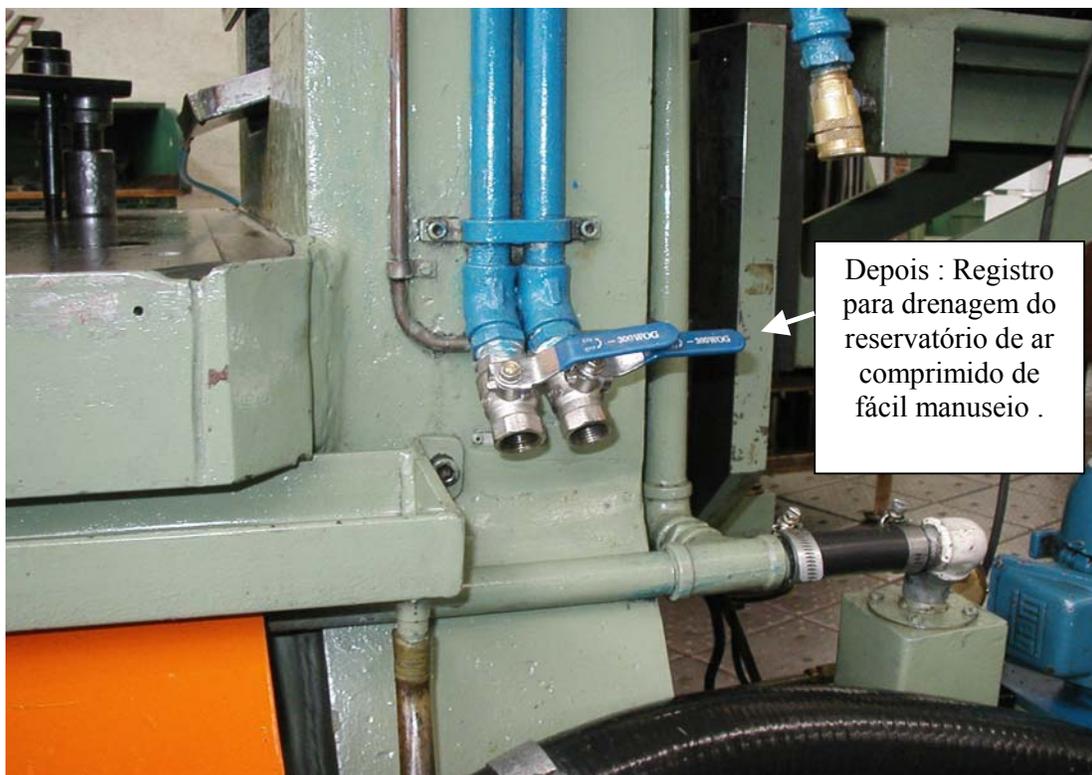
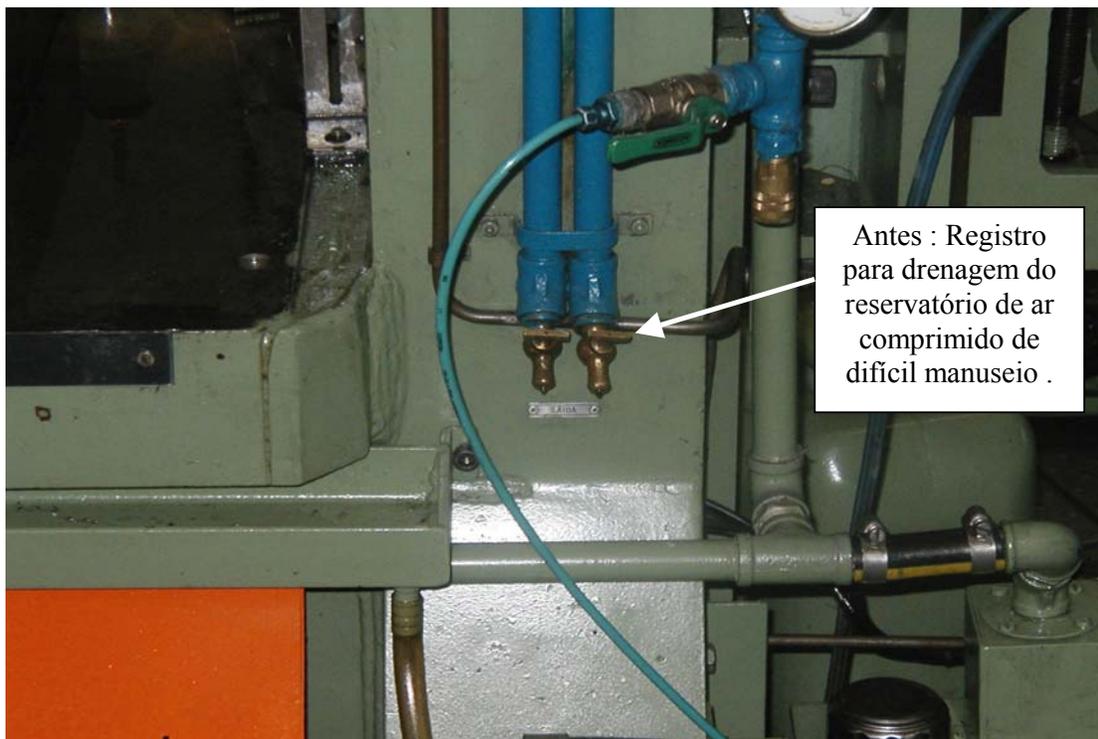
Furos oblongos para  
facilitar remoção da  
tampa

## pANEXO 29 – EXEMPLO DE COMBATE À LOCAL DE DIFÍCIL LUBRIFICAÇÃO

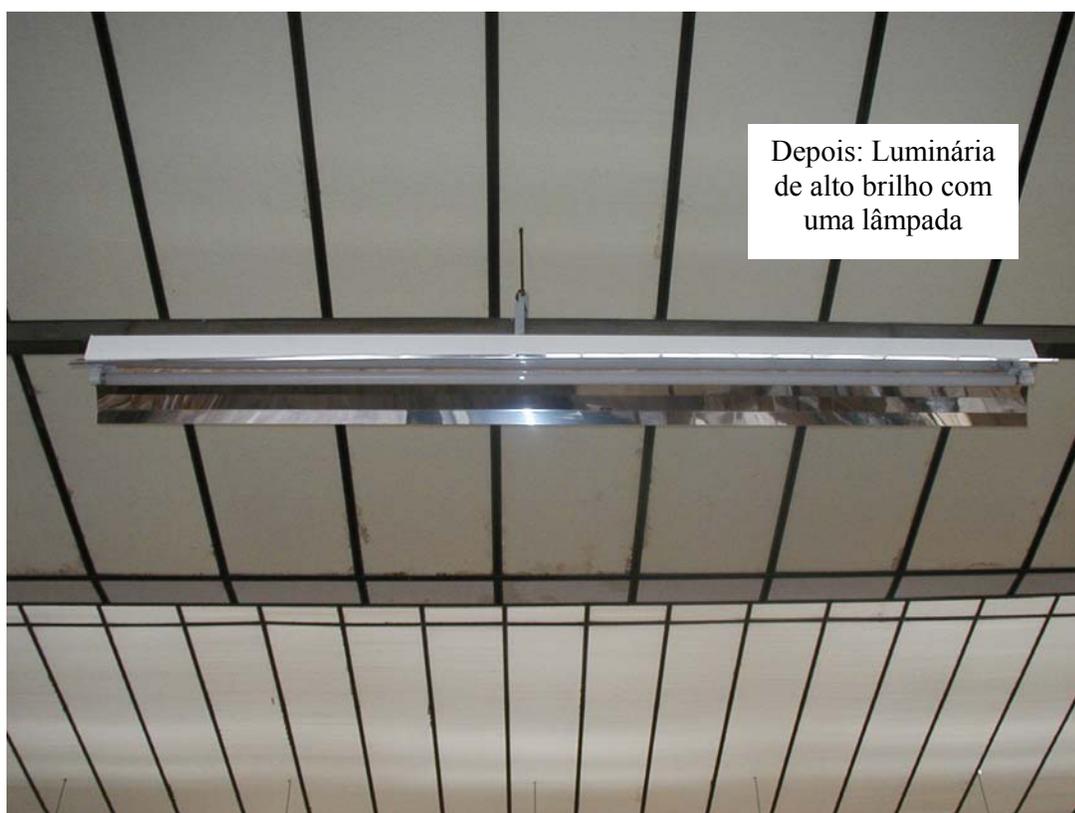
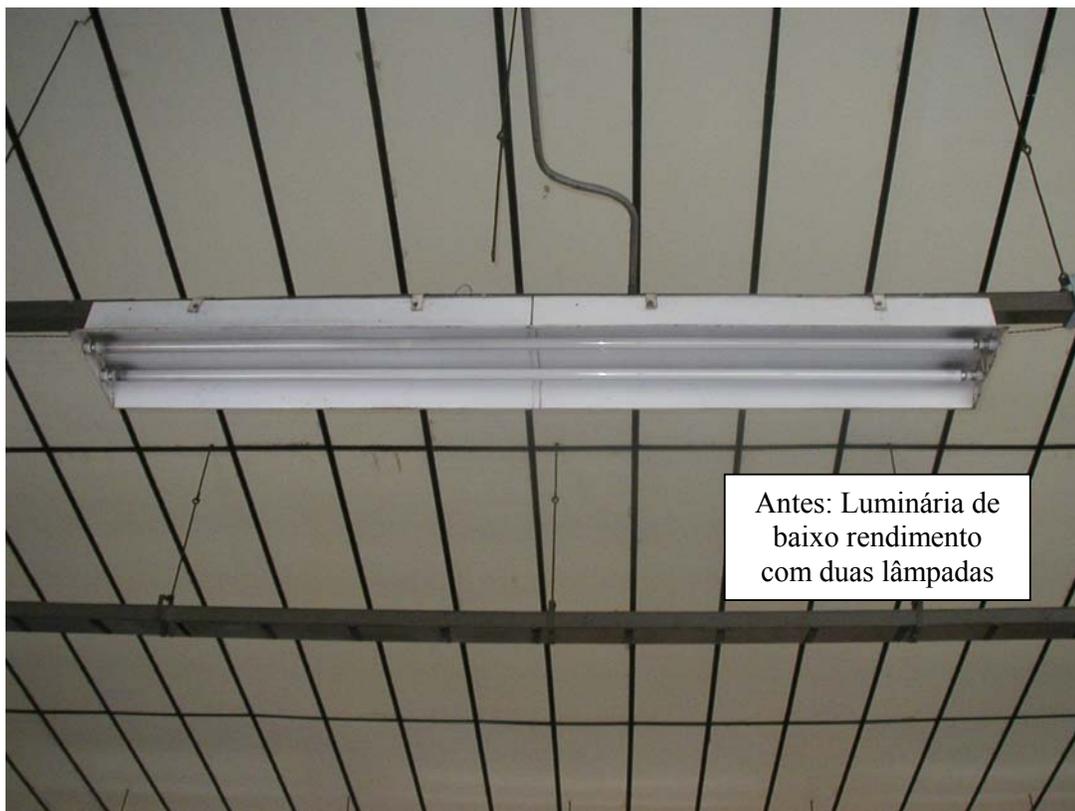




## ANEXO 30 – EXEMPLOS DE MELHORIA EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS



ANEXO 31 – EXEMPLO DE MELHORIA VISANDO À REDUÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA



ANEXO 32 – EXEMPLO DE MELHORIA VISANDO À REDUÇÃO NO CONSUMO DE  
ÁGUA



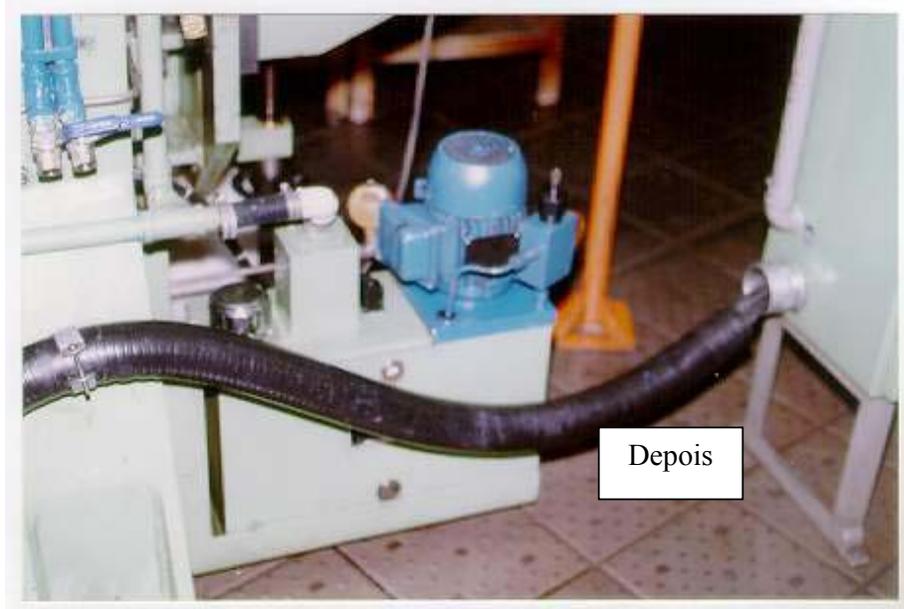
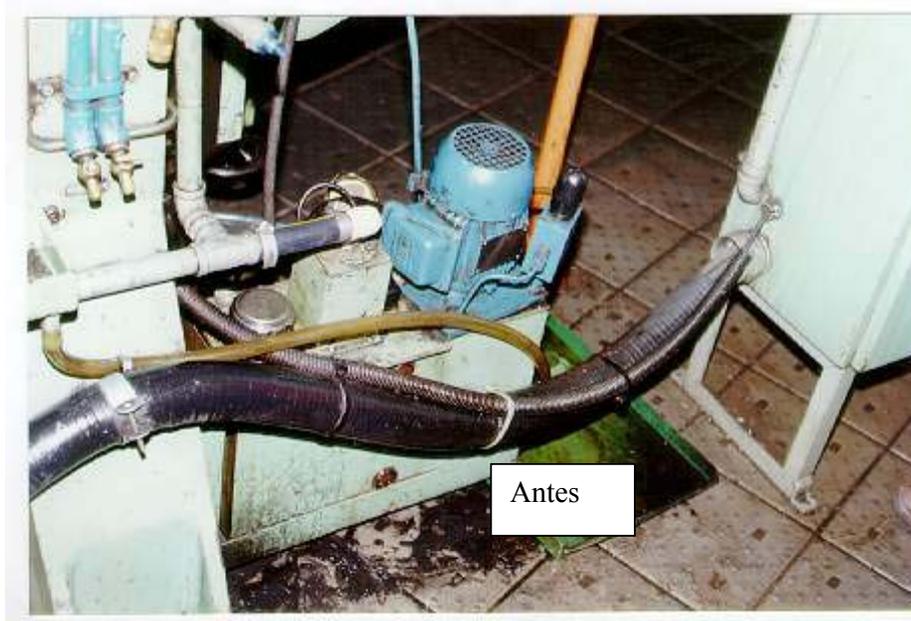
Filtro para recuperação das águas utilizadas no enxágüe das carcaças metálicas dos reatores e luminárias.



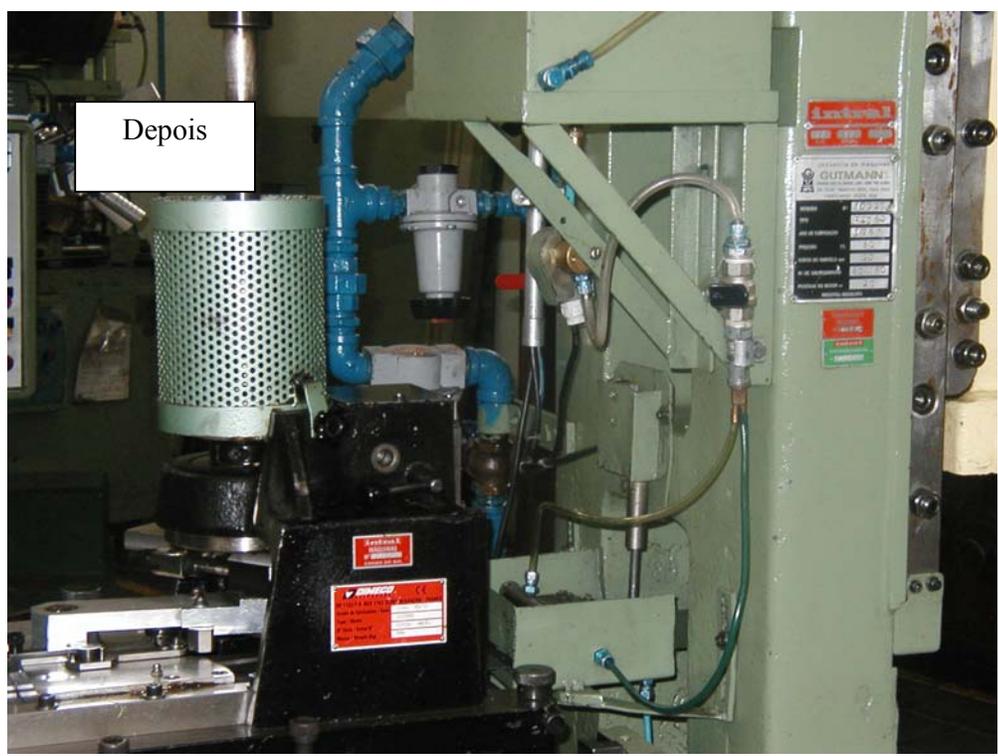
### ANEXO 33 – EXEMPLO DE MELHORIA VISANDO À ELIMINAÇÃO DE PERDAS ERGONÔMICAS



ANEXO 34 – AMBIENTE DE TRABALHO LIMPO, ORGANIZADO E SEGURO







## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLORA, F.; ALLORA, V. **UP<sup>9</sup>**; Unidade de medida da produção. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1995. 133 p.
- ANTUNES, Júnior J. A. V. **Manutenção produtiva total**; Uma análise crítica a partir de sua inserção no sistema Toyota de produção. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [1994?]. 11 p.
- BLACK, J. T. **O Projeto da Fábrica com Futuro**. Tradução Gustavo Kannenberg Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul, 1998. Título original: The design of the factory with a future.
- DANILEVICZ, A.M.F. ; ECHEVEST, M. **Ferramentas para solução de problemas**. Porto Alegre : Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999 . Paginação irregular. Apostila
- DAVIS, Roy. **Productivity improvements through TPM**; the philosophy and application of total productive maintenance. Great Britain: Prentice Hall International, 1995. 160 p. (The manufacturing practitioner series).
- DIAS, Sérgio Luís Vaz. **Avaliação do programa de TPM em uma indústria metal – mecânica do Rio Grande do Sul**. 1997. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 1997.
- FERRARI, Livia. Empresas aumentam gastos com manutenção. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 15 setembro 2000. Folha nacional, p. A-8.
- FUNDATEC – Fundação Universidade – Empresa de Tecnologia e Ciências. **Programa Fundatec da Qualidade Total** . Porto Alegre : [s.n.], 1993 . Paginação irregular.
- GOLDRATH, E.M.; FOX, R.E. **A corrida**; pela vantagem competitiva. 5ª edição Tradução Claudiney Fullmann. São Paulo, SP: Educator – Editora e Desenvolvimento Empresarial, 1989. 177 p. Título original: The race.
- GOTOH, Fumio. **Equipment planning for TPM**; maintenance prevention design. Cambridge, MA: Productivity Press, 1991. 315 p. Título original: Setsubi kaihatsu tosekkei.
- HARMON, R.L.; PETERSON, L.D. **Reinventando a fábrica**: conceitos modernos de produtividade aplicados na prática. Tradução de Ivo Korytowsky. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1991. 380 p. Título original: Reinventing the factory.
- KELLY, Anthony. **Maintenance strategy**. Great Britain : Reed Educational and Professional Publishing, 1997. 253 p.
- KARDEC, A.; NASCIF, J.; **Manutenção**; função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 1998. 287 p.

- LIKERT, Rensis. **A organização humana**. 1º edição para o português. Tradução de Márcio Cotrim. São Paulo: Editora Atlas, 1975. 266 p. Título original: The human organization: Its management and value.
- MIRSHAWKA, V.; OLMEDO N.L. **TPM à moda brasileira**. São Paulo: Makron Books do Brasil Editora, 1994. 330 p.
- MOURA, F. P. Manutenção produtiva total ou manutenção da produtividade total ? **Manutenção** – Revista oficial da Associação Brasileira de Manutenção, Rio de Janeiro, n. 59, p. A67 – A71, Jul. / Ago. 1996.
- MURPHY, R. et al. Use OEE; don't let OEE use you. **Semiconductor International**. Newton, MA, p. 125, Setembro 1996.
- NACHY-FUJIKOSHI CORPORATION. **Training for TPM**; a manufacturing success story. Tradução Productivity Press. Portland, OR: Productivity Press, 1990. 258 p. Título original: Fujikoshi no TPM.
- NAKAJIMA, Seiichi. **Introdução ao TPM**; total productive maintenance. Tradução Mário Nishimura. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989. 105 p. Título original: TPM Nyumon.
- RODRIGUES, L.H.; ANTUNES, júnior J.A.V. **Administração da produção II**. [S.I. e s.n.], [1994?]. Não paginado. Apostila da disciplina “Administração da Produção II” do curso de pós graduação em gestão da qualidade da Universidade de Caxias de Sul.
- SALVENDY, Gavriel; **Handbook of industrial engineering**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons. 1992. 2779 p.
- SEKINE, K.; ARAI, K. **TPM for the lean factory**; innovative methods and woksheets for equipment management. Tradução Karen Sandness. Portland, OR: Productivity Press, 1998. 338p. Título original: Kakushin TPM Manuaru.
- SENJU, Shizuo (Editor). **TQC and TPM**. Minato-Ku Tokyo: Asian Productivity Organization, 1992. 158 p. Título original: TQC to TPM
- SHINGO, Shigeo. **O sistema Toyota de produção**; do ponto de vista da engenharia de produção. 2ª edição. Tradução Eduardo Schaan. Porto Alegre: Editora Artes Médicas, 1996. 291 p. Título Original: A study of Toyota Production System from in industrial engineering viewpoint.
- SLACK, Nigel et al. **Administração da produção**. 3ª tiragem. Vários tradutores. São Paulo (SP): Editora Atlas, 1996. 650p. Título original: Operations Management.
- SOARES, Rosa Maria Sales de Melo (Org.). **Automação e Competitividade**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 1990. 235 p.
- STEINBACHER, H.R.; STEINBACHER, N.L. **TPM for américa**; what it is and why do you need it. Cambridge, Massachussets: Productivity Press, 1993. 147 p.
- TAJIRI, M.; GOTOH, F. **Autonomous maintenance in seven steps**; implementing TPM on the shop floor. USA: McGraw-Hill, 1992. 328 p. Título original: TPM implementation: A japanese approach.

- TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. **Manutenção produtiva total**. Tradução Outras Palavras. São Paulo / SP: Instituto IMAM, 1993. 321 p. (Série qualidade e produtividade do IMAM). Título original: TPM – Zenin Sankano Setsubishico Manajimento.
- THE JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE. **Focused equipment improvement**; for TPM teams. Tradução Karen Sandness. Portland, OR: Productivity Press, 1997. 125 p. Título original: Kobetsu kaizen no susumekata.
- THE PRODUCTIVITY DEVELOPMENT TEAM. **OEE for operators**; overall equipment effectiveness. Portland, OR: Productivity Press, 1999. 63 p. (The shopfloor series).
- THIOLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa – ação**; 7º ed. São Paulo: Cortez Editora, 1996. 107 p.
- TRUNK, Christopher. The nuts and bolts of CMMS. **Material handling engineering**; Cleveland, v. 52, n. 9, p. 47 – 53, Setembro 1997.
- WIREMANN, Terry. **Total Productive Maintenance**; an american approach. New York, NY: Industrial Press, 1991. 192 p.
- XENOS, Harilaus Georgius d’Phillipos; **Gerenciando a manutenção produtiva**. Minas Gerais : Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998. 302 p.

APÊNDICE 1 - ETAPAS DO MASP x FERRAMENTAS DO CQ  
 APLICÁVEIS A CADA ETAPA (Adaptado de Danilevitz & Echevest)

I

Etapas do MASP	7 FERRAM. CQ							7 NOVAS FER. CQ					TÉCNICAS ESTATÍSTICAS							OUTROS										
	Diagrama de causa-e-efeito	Diagrama de Pareto	Folhas de Verificação ( <i>Check Sheets</i> )	Histograma	Diagrama de Dispersão	Carta de Controle	Gráficos Variados	Diagrama de Afinidades	Diagrama de Relações	Diagrama de Árvore	Diagrama Matricial	Diagrama de Seta	PDPC - Gráf. Do Progr. Do Proce. Decisão	Diagrama de Priorização	Inferência Estatística	Projeto de Experimentos	Análise de Regressão	Análise Multivariada	Amostragem	FMEA/FTA	Análise de Weibull	Engenharia de Confiabilidade	Inspeção por amostragem	Inspeção sensorial	Gráficos da Qualidade	Engenharia Industrial	Engenharia do Valor	Pesquisa Operacional	Engenharia de Criatividade	
1. Identificação do problema	⊙	⊙	○	○		⊙	⊙	○	○	○												○			○	○	○			
2. Observação	○	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙				○	○	⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙	○	⊙	○	○	○	○	○	○	○	
3. Analisar causas	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○				⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
4. Plano de ação	⊙							⊙	○	⊙	⊙																	⊙	⊙	
5. Executar as melhorias							○				○	○																		○
6. Verificar os resultados		⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙						○	⊙	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	⊙	○	
7. Padronizar			⊙						○	⊙																				
8. Selecionar tópicos p/ o futuro	○	○				○				○		○																		

Legenda: ⊙ Muito Eficaz ○ Eficaz

## APÊNDICE 2

### APLICAÇÃO DO MASP – MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO MELHORAMENTO DO IROG DA PRENSA GUTMANN 80 TONS

O método compreendeu 8 processos, associadas ao ciclo PDCA conforme segue:

#### **1 Identificação do Problema**

O objetivo deste processo foi definir claramente o problema, reconhecer sua importância e priorizar um tema para análise. Foi dividido em três etapas conforme segue:

##### 1.1 Escolha do problema

Com base nos dados coletados, a equipe de projeto definiu o problema como sendo Índice de Rendimento Operacional Global (IROG) abaixo dos padrões indicados para empresa considerada como sendo de manufatura classe mundial”.

Índice medido em julho / 2001: 0,552 ou 55,2 %

Índice recomendado pela JIPM: maior que 0,850 ou 85 %

##### 1.2 Análise das perdas atuais e ganhos viáveis

O grupo analisou o problema sob os pontos de vista do IROG e das restrições no sistema produtivo.

##### 1.2.1 Sob o ponto de vista do IROG

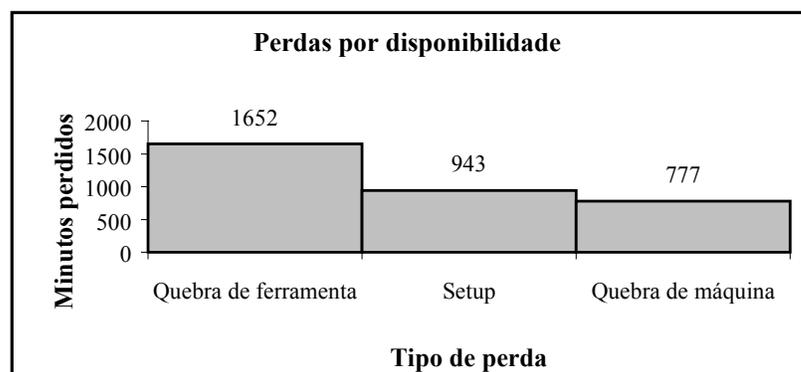
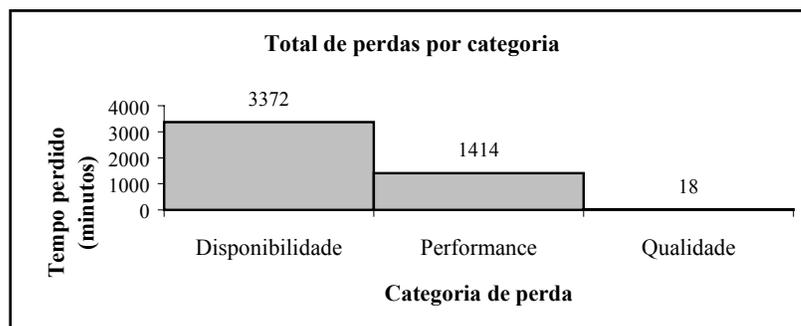
Inicialmente, a partir dos dados coletados para medição das perdas e cálculo do IROG, a equipe de projeto procurou determinar quanto representaria a elevação de 1% do IROG em termos de redução de perdas. O cálculo foi executado levando em consideração um cenário no qual todas as perdas por quebras estariam eliminadas, e então calculado o novo índice de disponibilidade e o novo IROG. Os resultados indicaram que, se todas as perdas por quebras fossem eliminadas, o índice de disponibilidade mudaria de 0,686 para 0,912 e o IROG passaria de 0,552 para 0,777. Também concluiu-se que a cada 0,010 de incremento no IROG correspondiam 108 minutos mensais de perdas eliminadas.

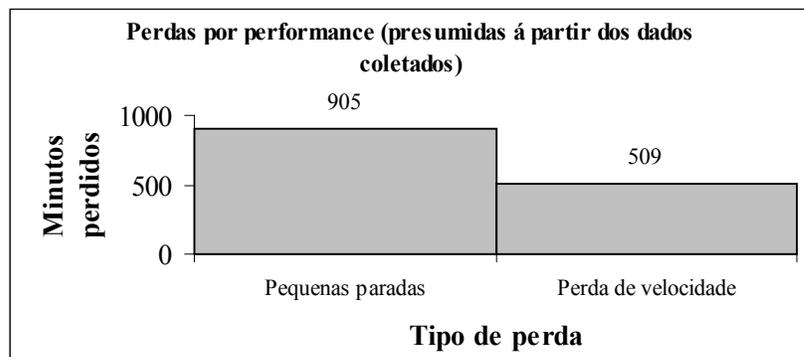
### 1.2.2 Sob o ponto de vista das restrições do sistema produtivo:

Conforme já citado no decorrer do estudo de caso, as máquinas em questão (três máquinas), constituem-se na restrição do sistema produtivo do setor. A cada dia que o sistema *kanban* das linhas de montagem por estas máquinas abastecido consome os estoques identificados com o cartão vermelho, deve-se recorrer a horas extras para manter o nível de estoques dentro de padrões que permitam a continuidade da produção. Assim sendo, ao verificar-se que uma das máquinas analisadas possui disponíveis 11.650 minutos, e que, operando-se dentro de padrões normais dispõe-se de 10.800 minutos mensais, conclui-se que foram necessários, nesta máquina, 850 minutos adicionais de trabalho durante o mês, os quais, poderiam ser eliminados com a elevação de 0,082 pontos de elevação do índice IROG. Considerando a relação para as três máquinas, chega-se a 2550 minutos mensais de trabalho adicional.

### 1.3 Análise do problema

Com objetivo de melhor entender o problema e de selecionar temas para estudo, os dados coletados para a quantificação das perdas e para o cálculo do IROG foram estatisticamente analisados conforme segue:

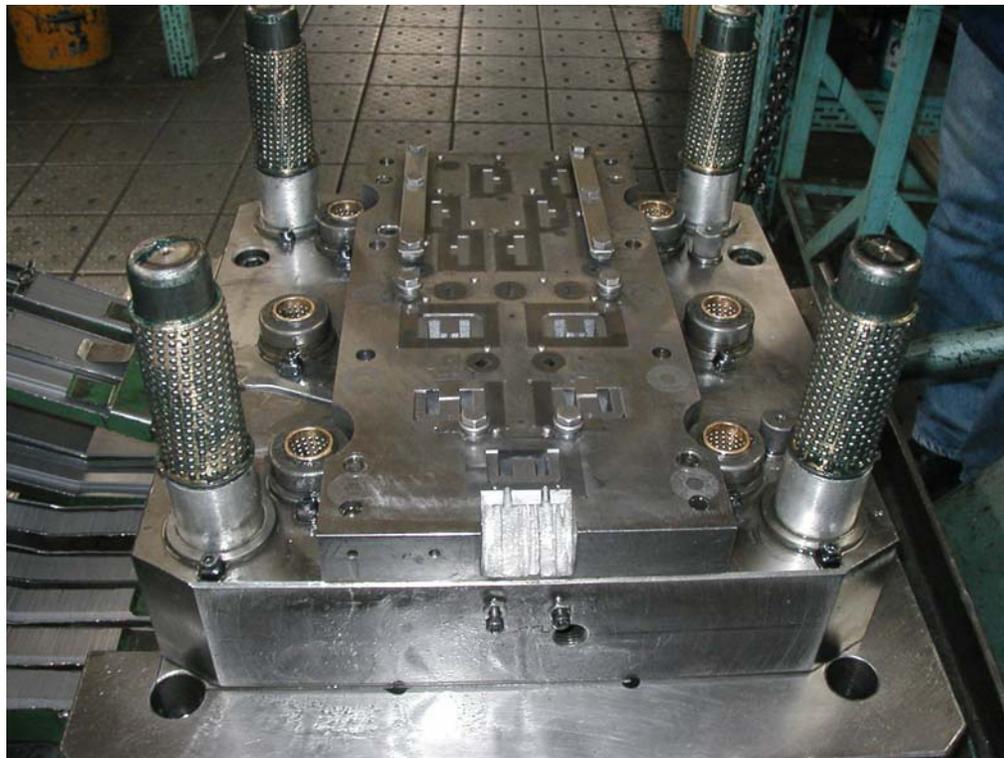




Através da análise dos dados, a equipe de projeto considerou “ quebra da ferramenta”, como sendo o tema mais importante à ser priorizado.

Nota: Para melhor entendimento do tema priorizado, a ferramenta (comumente conhecida por matriz), é constituída por punções e matrizes em metal duro sinterizado e colunas de gaiolas roletadas, próprias para operar em altas velocidades. Foi projetada e confeccionada pela INTRAL S.A, utilizando-se de *know-how* que somente algumas das maiores ferramentarias do mundo dispõem. É idealizada para a estampagem de aços para fins elétricos e, no caso específico, possui design próprio para laminações do tipo ET, utilizados na confecção do núcleo magnético de reator para lâmpada fluorescente do tipo convencional (necessita de starter para partida da lâmpada). A cada ciclo da prensa e, conseqüentemente da ferramenta são obtidos seis “E” e seis “T”. As ilustrações a seguir representam melhor a descrição citada.



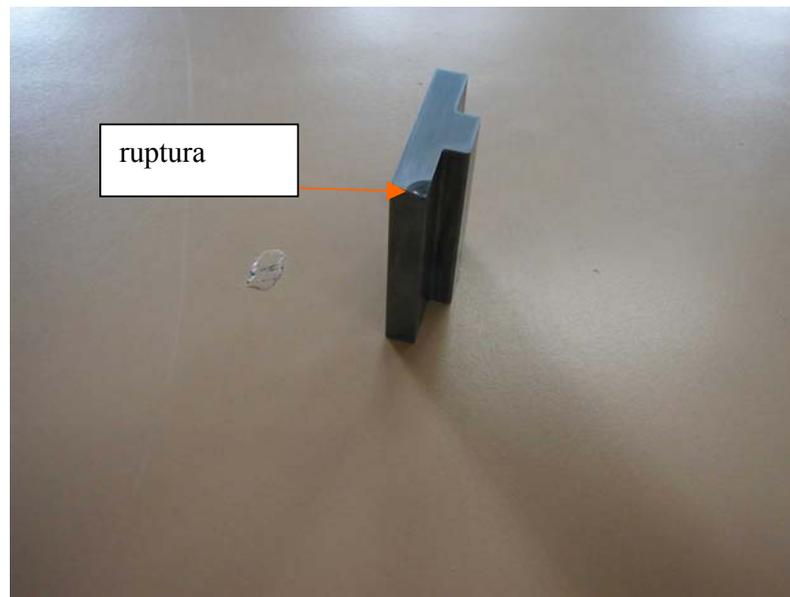


## 2 Observação

O objetivo deste processo foi o de investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vista. Foi dividido em duas etapas, conforme segue:

### 2.1 Descoberta das características do problema através de coleta de dados

Para execução desta etapa, a equipe de projeto passou a cada parada da máquina devido à quebra da ferramenta, examinar a mesma e avaliar o que havia acontecido. Os resultados obtidos mostraram que em 100 % dos casos, o motivo da quebra era “ruptura de algum dos seis punções T”, conforme mostrado na figura a seguir.



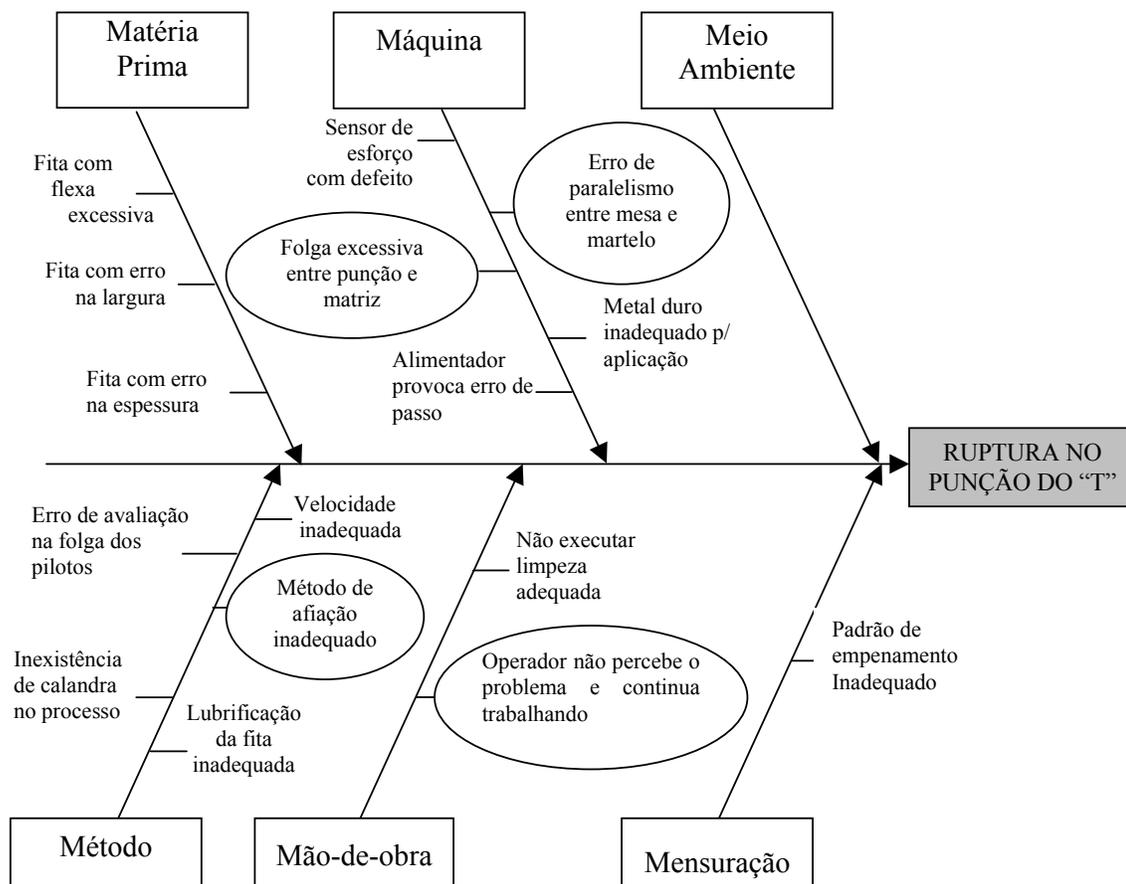
## 2.2 Estabelecimento de meta

Esta etapa concluiu a parte inicial do método. JUSE sugere que o alvo, ou objetivo, seja definido de forma clara e breve. No problema em estudo, o alvo definido foi “reduzir em 80 % as rupturas do punção T”.

## 3 Análise das causas

O seu objetivo foi descobrir as causas fundamentais do problema. É um dos pontos mais importantes do método, e baseou-se na definição das relações entre as características a serem observadas (resultados) e suas causas, através do estabelecimento de relações de causa – efeito.

A análise das causas iniciou a partir do efeito observado, ou seja, daquela característica específica que representava o problema considerado. A partir daí, foram levantadas as causas que poderiam levar ao efeito considerado. Na seqüência, essas causas foram organizadas e apresentadas na forma de um diagrama de causa-efeito, também conhecido como diagrama de Ishikawa. Os resultados estão representados no diagrama que segue:



A equipe de projeto concluiu que algumas das causas estabelecidas não contribuíam na mesma intensidade para a manifestação do efeito. Foi necessário determinar e indicar no diagrama quais eram as causas mais prováveis. No problema em estudo as causas escolhidas foram salientadas com uma elipse.

#### 4 Plano de ação

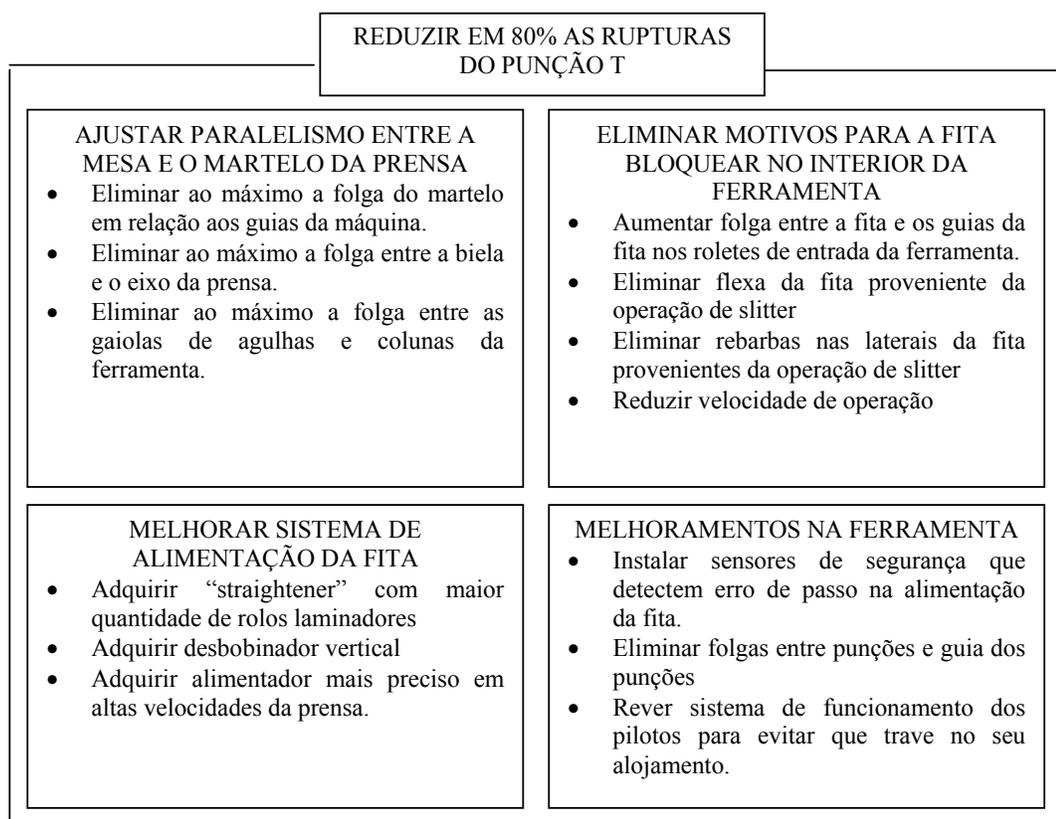
O objetivo deste processo foi conceber um plano para bloquear as causas fundamentais. A equipe de projeto dividiu este processo em duas etapas:

##### 4.1 Pesquisar melhorias a serem implementadas

Para estabelecer as melhorias a serem implementadas, a equipe de projeto utilizou a seguinte metodologia:

- Realização de sessão de *brainstorming* propondo idéias a respeito do problema;

- b) Anotação de todas as idéias em cartões;
- c) Organização de cartões em grupos por afinidade, ao final do *brainstorming*. A técnica do diagrama de afinidade foi importante nesta etapa porque representou graficamente um conjunto de dados verbais afins, agrupados segundo alguma relação natural entre cada item e definiu grupos específicos de itens. A figura a seguir representa o diagrama de afinidade obtido.



#### 4.2 Elaborar plano de ação

As melhorias propostas foram avaliadas quanto aos resultados previstos, viabilidade técnica e custo de implantação. Também foi executada uma abordagem do tipo 5W 1H, a fim de determinar qual a solução, localizá-la no tempo e no espaço, atribuir responsabilidades pela sua execução, esclarecer o motivo da melhoria e definir exatamente como seria implementada. Os resultados da avaliação estão à seguir descritos:

## 4.2.1 Ajustar paralelismo entre a mesa e o martelo da prensa

Os resultados certamente serão satisfatórios e reduzirão o número de quebras do punção T. Os maiores problemas são conseguir disponibilidade de técnico da fabrica para executar o serviço e o número de dias que a máquina deverá ficar à disposição do mesmo, visto que o ajuste requer no mínimo dois dias de trabalho. O custo de implantação não seria tão significativo. O plano de implantação resultante foi:

O que	Quem	Quando	Onde	Por que	Como
Checar paralelismo entre mesa e martelo e se necessário ajustar	Técnico da empresa fabricante da máquina	Contatar fabricante imediatamente (data provável para execução do serviço: agosto - setembro / 2001)	Intral	Eliminar possibilidade da ferramenta estar operando em condições adversas	Através de ferramentas específicas utilizadas pelo fabricante da máquina

## 4.2.2 Eliminar motivos para a fita bloquear no interior da ferramenta

As melhorias propostas requerem experimentação prática para avaliar sua eficácia. A modificação da folga entre os guias da fita e a fita é de fácil implementação. A eliminação da flexa e das rebarbas na lateral da fita requer alterações significativas na slitter da empresa, orçadas em R\$ 180.000,00. Outra alternativa seria adquirir a fita de aço silício já slitada do fornecedor (Acessita), desativando assim o equipamento interno. A redução da velocidade de operação certamente iria causar problemas no abastecimento das linhas de montagem que utilizam a referida laminação. O plano de implantação resultante foi:

O que	Quem	Quando	Onde	Por que	Como
Modificar folga entre guias da fita e fita	Setor de ferramentaria	Imediatamente	Intral	Reduzir probabilidade da fita trancar no interior da ferramenta	Executando modificação na ferramenta
Adquirir lote de fita slitada da Acessita e avaliar resultado	Engenharia de processos	Após haver sido checado e / ou corrigido o paralelismo entre mesa e martelo	Intral	Idem ao anterior	Testando resultados com fita slitada internamente e com fita slitada na Acessita

#### 4.2.3 Melhorar sistema de alimentação da fita de aço

As melhorias propostas requerem experimentação prática para avaliar sua eficácia. Contudo é possível testar a melhoria proposta através da aquisição de engrenagens adequadas para ajustar o passo da ferramenta no alimentador. Caso tenhamos que adquirir equipamentos mais precisos, o investimento é na ordem de US\$ 130.000,00. O plano de implementação resultante foi:

O que	Quem	Quando	Onde	Por que	Como
Transferir o sistema de alimentação da fita da prensa Minster para a prensa Gutmann	Engenharia de processos	Após aquisição do set de engrenagens do alimentador (prazo: 90 – 120 dias)	Minster (USA)	Permitir teste de estampagem com sistema de alimentação da prensa Minster	Adquirir engrenagens para alimentador da prensa Minster

#### 4.2.4 Melhoramentos na ferramenta

A instalação de sensores de segurança que detectem erro de passo requer reprojeção da ferramenta, devido à falta de espaço para sua colocação (interfere com as colunas da ferramenta). O tempo para projeto e fabricação da ferramenta é de no mínimo 8 meses. O custo estimado é de R\$ 160.000,00. A eliminação das folgas entre punção e guia dos punções faz-se necessária e foi um aspecto importante que o grupo de trabalho abordou e que nunca havia sido devidamente analisado. Requer a construção de uma nova base de punções. O plano de implementação resultante foi:

O que	Quem	Quando	Onde	Por que	Como
Eliminar folga entre punções e guia dos punções	Setor de ferramentaria	Imediatamente (tempo previsto de conclusão: 60 dias)	Setor de ferramentaria	Evitar que o punção opere desalinhado em relação a matriz	Fabricando nova base guia dos punções

## 5 Executar o plano de melhoria

O objetivo deste processo foi o de bloquear as causas fundamentais. As melhorias até o momento implementadas foram:

### 5.1 Verificação e ajuste do paralelismo entre mesa e martelo da prensa

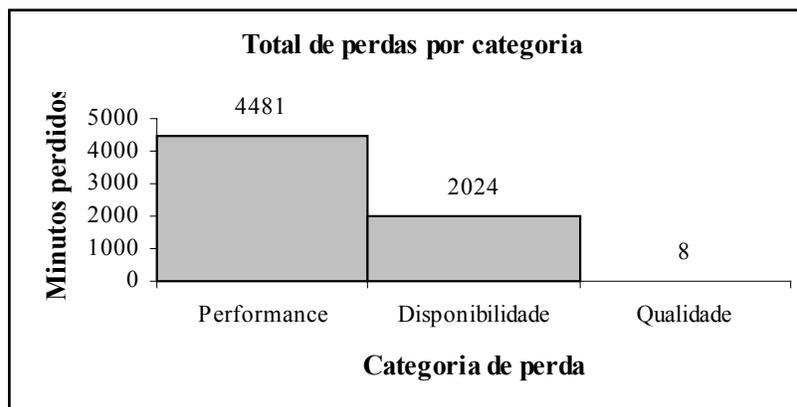
Executado por técnico da empresa fabricante da máquina. O paralelismo recomendado entre as partes é de 0,05 mm. O valor encontrado foi de 0,15 mm sendo que as guias do martelo estavam muito desgastadas devido provavelmente a procedimentos incorretos de lubrificação. Também foi encontrada folga excessiva entre a biela e o eixo, com sinais de engripamento nas buchas de bronze, e que, na opinião do fabricante, também eram derivados do mesmo motivo. O serviço foi executado nas três máquinas.

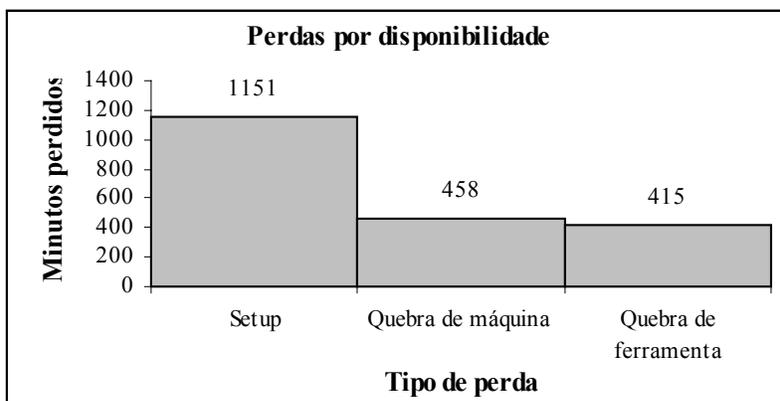
### 5.2 Modificar folga entre guias da fita e fita

Executado internamente na ferramentaria da empresa. A folga existente era de aproximadamente 0,2 mm e foi alterada para 0,3 mm.

## 6 Verificação dos resultados

A verificação dos resultados foi executada pela comparação dos resultados obtidos antes e após a implementação das melhorias planejadas, embora somente parte delas tenham sido até o momento executadas. Os resultados obtidos estão demonstrados nos gráficos que seguem e mostram que em função das ações implementadas, a categoria de perdas por disponibilidade foi superada pelas perdas devidas à performance. Também é possível verificar que as perdas por quebra de ferramentas foram superadas pelas perdas por setup.





## 7 Padronização

O objetivo desta etapa é prevenir o reaparecimento do problema. Consiste no estabelecimento de passos pré-determinados a serem seguidos rotineiramente para assegurar a performance de um determinado processo, operação ou sistema.

A equipe de projeto, através do representante do setor de manutenção, estabeleceu mecanismo para executar, de forma sistemática, a verificação do paralelismo entre mesa e martelo da prensa.

## 8 Conclusão

Esta etapa do processo visa possibilitar uma avaliação crítica do método e uma reflexão cuidadosa sobre as etapas decorridas para a solução do problema. Também é utilizada para a busca de novos problemas, sejam eles problemas não resolvidos ou ainda a serem descobertos.

Assim sendo, a equipe de projeto, com os conhecimentos adquiridos na solução do problema, está planejando a redução das perdas por setup, visto possuir subsídios para, rapidamente, resolver este problema.