

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

**O IMPACTO DA IMPLANTAÇÃO DO TPM NOS INDICADORES DE
MANUTENÇÃO**

Alessandro Sperancetta

Porto Alegre, 2005

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

**O IMPACTO DA IMPLANTAÇÃO DO TPM NOS INDICADORES DE
MANUTENÇÃO**

Alessandro Sperancetta

Orientadora: Dra. Carla Shwengber ten Caten

Banca Examinadora:

Ph.D. Flavio Sanson Fogliatto

Dr. Tarcisio Abreu Saurin

Dr. Carlos Honorato Schuch Santos

**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 Gerência de Produção**

Porto Alegre, 2005

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^a. Dra. Carla Shwengber ten Caten

Orientadora
Escola de Engenharia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof^a. Helena Beatriz Bettella Cybis

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

BANCA EXAMINADORA

Flavio Sanson Fogliatto, Ph.D.
PPGEP/UFRGS

Tarcisio Abreu Saurin, Dr.
PPGEP/UFRGS

Carlos Honorato Schuch Santos, Dr.
Depto. Administração de Empresas /UCS

*Dedico esta Dissertação aos meus pais Haroldo e Jeanete e a
minha esposa Emiliana pelo apoio e incentivo constantes.
A meu filho Bruno que chegou para alegrar o nosso lar.*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e aos professores do Curso de Pós-graduação.

A Prof^a Dra. Carla ten Caten pela dedicação e acompanhamento competente.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Esta dissertação tem por objetivo desenvolver e aplicar um modelo para avaliação do impacto da implantação da Manutenção Produtiva Total (TPM) nos indicadores de desempenho relacionados à atuação da manutenção na área de pintura em uma indústria automobilística. Para o desenvolvimento do modelo de avaliação utilizaram-se alguns conceitos do *Balanced Scorecard* (BSC). Inicialmente é apresentada a fundamentação teórica do trabalho através da abordagem dos principais assuntos relacionados ao TPM e indicadores de desempenho. Posteriormente é desenvolvido e aplicado o modelo de avaliação, observando-se quais os resultados obtidos com a implantação do TPM. As conclusões deste trabalho indicam que a implantação do TPM foi positiva para o departamento de pintura da indústria automobilística pesquisada. Além disso, é observada a possibilidade de aplicação do modelo desenvolvido em outros ramos da indústria.

ABSTRACT

The object of the present dissertation is to develop and to apply a model for evaluation of impact of the implantation of Total Productive Maintenance (TPM) in the performance indicator related to the maintenance in the paint shop area in an automotive industry. For the development of the evaluation model it has been used some concepts of Balanced Scorecard (BSC). Initially the theoretical foundation of the present study is presented through the approach of main subjects related to TPM and to performance indicators. After, it is developed and applied the evaluation model, observing itself which the results are achieved with the implantation of TPM. The conclusions of the present work indicate that the implantation of TPM is positive for paint shop area of the searched automotive industry. Moreover, it is observed the possibility of application of the model developed in other branches of industry.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Comentários iniciais.....	14
1.2 Tema e Objetivos do Trabalho.....	15
1.2.1 Objetivo geral.....	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
1.2.3 Hipótese ou questão de pesquisa.....	16
1.3 Justificativa do Tema	16
1.4 Metodologia de Trabalho.....	17
1.5 Estrutura.....	18
1.6 Limitações.....	19
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1 Gerenciamento da Manutenção.....	20
2.2 Conceitos de Manutenção.....	23
2.2.1 Histórico da Manutenção.....	23
2.2.2 A função Manutenção.....	24
2.2.3 Tipos de Manutenção.....	26

2.2.3.1	Manutenção Corretiva.....	26
2.2.3.2	Manutenção Preventiva.....	27
2.2.3.3	Manutenção Preditiva.....	27
2.3	Manutenção Produtiva Total (TPM)	27
2.3.1	Histórico.....	27
2.3.2	Conceitos.....	28
2.3.3	Objetivos e justificativas do TPM.....	30
2.3.4	Métodos e habilitadores da implantação do TPM.....	31
2.3.5	Abordagem Japonesa X Abordagem Ocidental.....	34
2.3.5.1	Abordagem Japonesa.....	34
2.3.5.2	Abordagem Ocidental.....	35
2.3.5.3	Discussões sobre as definições.....	35
2.4	Indicadores de Desempenho.....	36
2.4.1	Conceitos.....	36
2.4.2	Sistemas de Indicadores.....	38
2.5	Indicadores de Manutenção.....	41
2.5.1	Classificação.....	42
2.5.2	Definições.....	43
2.5.2.1	Indicador de disponibilidade (D).....	43
2.5.2.2	Rendimento Global do Equipamento (RGE)	44
2.5.2.3	Propósito do RGE.....	46
3.	MODELO DE AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DO TPM.....	48
3.1	Introdução.....	48
3.2	Modelo de avaliação da implantação do TPM.....	48
3.2.1	Etapa 1 – Conhecer sistema de indicadores existente.....	49
3.2.2	Etapa 2 – Elaborar novo sistema de indicadores.....	50

3.2.3	Etapa 3- Avaliar desempenho atual.....	53
3.2.4	Etapa 4- Implantar TPM.....	53
3.2.5	Etapa 5 A- Realizar acompanhamento da implantação.....	57
3.2.6	Etapa 5 B- Estabelecer e realizar planos de ações.....	58
3.2.7	Etapa 6- Avaliar desempenho após implantação do TPM.....	59
4.	APLICAÇÃO DO MODELO DE AVALIAÇÃO DE IMPLANTAÇÃO DO TPM: O CASO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO AUTOMOTIVA.....	60
4.1	Descrição da empresa.....	60
4.1.1	O departamento de pintura.....	60
4.1.2	O processo de pintura automotiva.....	61
4.2	Resultados obtidos com a implantação do TPM.....	64
4.2.1	Etapa 1 – Sistema de Indicadores (SI) existente.....	65
4.2.2	Etapa 2 – Novo sistema de indicadores.....	65
4.2.3	Etapa 3-Desempenho atual.....	71
4.2.4	Etapa 4- Implantação do TPM.....	75
4.2.5	Etapa 5 A- Acompanhamento da implantação.....	80
4.2.6	Etapa 5 B- Plano de ação.....	85
4.2.7	Etapa 6- Desempenho após implantação do TPM.....	87
4.3	Análise dos resultados obtidos.....	91
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	96
5.1	Conclusões.....	96
5.2	Recomendações para trabalhos futuros.....	98
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de gerenciamento estratégico do desempenho da manutenção.....	22
Figura 2 - Gerenciamento da manutenção em uma perspectiva de tempo.....	24
Figura 3 - Diagrama em forma de radar para análise das atividades de manutenção.....	25
Figura 4 – Os cinco pilares do TPM.....	30
Figura 5 – Modelo de Bamber do programa passo a passo para implantação do TPM.....	33
Figura 6 - Diagrama causa e efeito de um modelo genérico de fatores que afetam o sucesso da implantação do TPM.....	34
Figura 7 - Sistema de gerenciamento: quatro processos.....	39
Figura 8 - <i>Balanced Scorecard</i> : liga objetivos estratégicos com ações de curto prazo.....	40
Figura 9 - Modelo de pesquisa de Ljungberg para o RGE.....	44
Figura 10 - Fluxograma para o indicador de rendimento global do equipamento.....	45
Figura 11 – Modelo de avaliação da implantação do TPM.....	49
Figura 12 – Critério ABC para priorização de equipamentos.....	57
Figura 13 - Critério para abertura de plano de ação para um indicador exemplo.....	58
Figura 14- Fluxograma do processo da linha de pintura automotiva.....	61
Figura 15- Custo de peças de reposição/carro (CPR) antes do TPM.....	71
Figura 16- Disponibilidade (D) antes do TPM.....	72
Figura 17- Qualidade (Q) antes do TPM.....	72
Figura 18- Eficiência (Ef) antes do TPM.....	73
Figura 19- Rendimento Global do Equipamento (RGE) antes do TPM.....	73
Figura 20- Preventiva (PRV) antes do TPM.....	74
Figura 21- Taxa de polivalência (TP) antes do TPM.....	75
Figura 22- Custo de peças de reposição/carro (CPR) durante implantação do TPM.....	81
Figura 23- Disponibilidade (D) durante implantação do TPM.....	82

Figura 24- Qualidade (Q) durante implantação do TPM.....	82
Figura 25- Eficiência (Ef) durante implantação do TPM.....	83
Figura 26- Rendimento global do equipamento (RGE) durante implantação do TPM.....	83
Figura 27 - Preventiva (PRV) durante implantação do TPM.....	84
Figura 28- Taxa de polivalência (TP) durante implantação do TPM.....	85
Figura 29- Custo de peças de reposição/carro (CPR) após implantação do TPM.....	87
Figura 30- Disponibilidade (D) após implantação do TPM.....	88
Figura 31- Qualidade (Q) após implantação do TPM.....	88
Figura 32- Eficiência (Ef) após implantação do TPM.....	89
Figura 33- Rendimento global do equipamento (RGE) após implantação do TPM.....	89
Figura 34- Preventiva (PRV) após implantação do TPM.....	90
Figura 35- Taxa de polivalência (TP) após implantação do TPM.....	90
Figura 36- Impacto do TPM no custo de peças de reposição (CPR).....	91
Figura 37- Impacto do TPM na disponibilidade (D).....	92
Figura 38- Impacto do TPM na Qualidade (Q).....	92
Figura 39- Impacto do TPM na Eficiência (Ef).....	93
Figura 40- Impacto do TPM no rendimento global do equipamento (RGE).....	94
Figura 41- Impacto do TPM na % de manutenção preventiva realizada (PRV).....	94
Figura 42- Impacto do TPM na taxa de polivalência (TP).....	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Situação atual dos indicadores de manutenção.....	50
Tabela 2 – Indicadores de manutenção por perspectiva.....	51
Tabela 3- Novo sistema de indicadores de manutenção.	53
Tabela 4 - Situação atual dos indicadores de manutenção da linha de pintura.....	65
Tabela 5 – Indicadores de manutenção da linha de pintura por perspectiva antes da avaliação..	66
Tabela 6 – Avaliação dos indicadores já utilizados.....	67
Tabela 7 – Proposição de novos indicadores.	68
Tabela 8 – Indicadores de manutenção da linha de pintura por perspectiva após avaliação....	69
Tabela 9- Metas para o sistema de indicadores escolhido.	70
Tabela 10- Novo sistema de indicadores de manutenção da linha de pintura.....	70
Tabela 11- Apresentação dos grupos de melhoria.	77
Tabela 12- Planos de ação de longo prazo.....	86

1 INTRODUÇÃO

1.1 COMENTÁRIOS INICIAIS

O setor automobilístico brasileiro encontra-se em uma situação de extrema concorrência. Esta situação está relacionada com a crescente competição global no segmento automotivo. O cenário competitivo impulsionou a entrada de novas montadoras no país, provocando um processo acelerado de mudanças na indústria automobilística nacional. O resultado sob o ponto de vista do cliente foi positivo ao se constatar uma evolução tecnológica significativa nos últimos anos. Confirmando esta evolução, a exportação de veículos passou a ser uma realidade para algumas empresas do setor.

Empresas representativas mundialmente como Honda, Toyota, Renault e Peugeot, instalaram fábricas modernas no país, aumentando a competitividade no setor automobilístico. Além da presença de novos entrantes no mercado, montadoras tradicionais no país como Volkswagen, GM, FIAT e Ford realizaram fortes investimentos, construindo novas fábricas e lançando novos produtos, contribuindo para estabelecer este cenário altamente competitivo. Esta competição acirrada resultou em produtos de alta qualidade e grande diversidade para os clientes.

Este cenário faz com que as empresas automobilísticas busquem cada vez mais estratégias para obter um diferencial perante os concorrentes. Porter (1990) afirma que uma empresa obtém vantagens competitivas, executando as atividades estrategicamente importantes de uma forma mais barata ou melhor do que a concorrência.

Uma estratégia competitiva utilizada pelas indústrias é o desenvolvimento e otimização dos seus sistemas de produção. Esta otimização ocorre através da busca pela eliminação das perdas nos processos industriais. O resultado desta estratégia é a diminuição dos custos de produção, aumento nos índices de qualidade e redução dos prazos de entrega e estoques.

Para obter esta otimização produtiva constantemente surgem novas filosofias no ambiente industrial. Alguns exemplos de destaque na área de manufatura são: TQM (*Total Quality Management*) e TPM (*Total Productive Maintenance*). O uso destas filosofias em geral é comum para as empresas, o que as difere é a eficiência na implantação e utilização, podendo determinar resultados com razoável variação.

A implantação e uso destas filosofias, teoricamente, proporciona ganhos para a empresa. Porém, nem sempre os ganhos são comprovados através de indicadores confiáveis, ou sequer são mensurados. Outra situação que pode ocorrer é a implantação de uma filosofia que tenha um propósito diferente da estratégia da empresa, resultando em resultados indesejados.

O ponto chave para uma boa gestão industrial é determinar um sistema de indicadores alinhado com o planejamento estratégico da empresa e capaz de avaliar o impacto que a utilização de uma filosofia de produção pode representar.

1.2 TEMA E OBJETIVOS DO TRABALHO

O tema deste trabalho é o uso da filosofia denominada *Total Productive Maintenance* (TPM) ou Manutenção Produtiva Total dentro do departamento de Pintura de uma indústria automobilística.

São os seguintes os objetivos geral e específicos deste trabalho:

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é desenvolver e aplicar um modelo para avaliação do impacto da implantação da Manutenção Produtiva Total (TPM) nos indicadores de

desempenho relacionados à atuação da manutenção na área de pintura de uma indústria automobilística.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desta dissertação são os seguintes:

- Avaliar os indicadores de desempenho da manutenção existentes e atualmente utilizados na empresa;
- Definir grupo de indicadores mais representativo para o setor produtivo da empresa relacionados à atuação do departamento de manutenção;
- Avaliar os resultados obtidos com a implantação da filosofia TPM no departamento de Pintura da empresa.

1.2.3 Hipótese ou questão de pesquisa

Desenvolver um modelo para avaliar a implantação e o uso do TPM nos indicadores de desempenho relacionados à área de manutenção em uma linha de pintura automobilística.

1.3 JUSTIFICATIVA DO TEMA

Inicialmente é importante destacar a situação da empresa e em particular do departamento de Pintura de veículos de passeio antes da aplicação do modelo desenvolvido neste trabalho.

Do ponto de vista comercial a situação é bastante promissora, com a possibilidade de novas exportações de veículos para mercados que hoje não são explorados. Além desta expectativa de novas exportações, existem estudos para produção de novos modelos de veículos no Brasil.

Para concretizar estes novos projetos uma série de condições deve ser atingida. É necessário demonstrar para a matriz que a fábrica tem condições, em termos de custo, qualidade e produtividade, para receber novos investimentos.

A viabilidade dos novos projetos está associada com a eliminação de uma série de gargalos no setor produtivo da empresa. Em particular a área de Pintura tem pontos críticos que impedem que o desempenho necessário seja atingido. Uma das principais dificuldades da linha de Pintura é alcançar o tempo de ciclo solicitado. Esta dificuldade está associada com problemas freqüentes de paradas de máquinas e crises de qualidade, além da incapacidade de algumas máquinas em atingir o tempo de ciclo de projeto.

Devido as limitações atuais é fundamental para a empresa melhorar o desempenho industrial. Para tanto se faz necessário explorar alternativas que direcionem os recursos disponíveis para atingir os objetivos. A decisão adotada pelo departamento para transpor estas dificuldades e se tornar competitivo é implantar o TPM.

Destaca-se que a mesma importância que será dada à implantação será dispensada para avaliação do desempenho alcançado através do TPM. O desenvolvimento do sistema de indicadores de desempenho a ser utilizado nesta avaliação será baseado nos conceitos do *Balanced Scorecard* (BSC). O objetivo da utilização do BSC é traduz a missão e a estratégia da empresa para todos os funcionários, além de atuar como sistema de avaliação de desempenho.

1.4 METODOLOGIA DE TRABALHO

Segundo Thiollent (1997) a pesquisa-ação consiste em acoplar pesquisa e ação em um processo no qual os atores implicados participam, junto com os pesquisadores, para elucidar a realidade em que estão inseridos, identificando problemas coletivos, buscando e experimentando soluções em situação real. Simultaneamente, há produção e uso de conhecimento. A dimensão ativa do método manifesta-se no planejamento de ações e na avaliação de seus resultados.

Por ter este caráter participativo e de ampla interação entre pesquisador e a situação investigada o método a ser utilizado neste trabalho será a pesquisa-ação. Depois de definido o método a ser utilizado, serão definidas as etapas planejadas para o desenvolvimento deste trabalho.

Inicialmente será apresentado e discutido o referencial teórico do trabalho para que sejam consolidados os principais conceitos e técnicas que serão utilizados. Em seguida será desenvolvido o modelo a ser utilizado na empresa em estudo.

A partir da definição do modelo serão analisados os indicadores de desempenho existentes e definidos os mais representativos para a área de manutenção do departamento em questão.

Após a definição do sistema de indicadores a ser utilizado, será iniciada a implantação do TPM. Em paralelo ocorrerá a avaliação crítica através da coleta de dados antes, durante e após a implantação do TPM. A partir dos dados coletados será realizada uma análise dos resultados obtidos.

1.5 ESTRUTURA

Esta dissertação é dividida em cinco capítulos, que apresentam as etapas envolvidas no desenvolvimento do trabalho e estão estruturados da seguinte forma:

O Capítulo 1 é voltado à introdução ao trabalho, apresentando-se o tema e os objetivos da pesquisa e a justificativa para a sua realização. Na sequência deste capítulo também são exploradas a metodologia utilizada, a estrutura e as limitações do trabalho.

No Capítulo 2 é realizada uma revisão bibliográfica analisando o que já foi escrito sobre o tema da pesquisa, mostrando diferentes enfoques de diferentes autores, contextualizados dentro da literatura publicada. A filosofia TPM é apresentada, além de definições sobre sistemas de indicadores e conceitos de manutenção.

O modelo proposto para ser utilizado na avaliação da implantação do TPM é apresentado detalhadamente no Capítulo 3.

No Capítulo 4 é apresentada uma análise sobre o que foi observado na pesquisa, considerando-se o embasamento fornecido pelos capítulos anteriores. Os dados e informações obtidas são relatados detalhadamente.

A Conclusão do trabalho é apresentada no Capítulo 5. A síntese do estudo e um balanço dos resultados são descritos neste capítulo. Além disso, sugestões para trabalhos futuros são indicadas.

1.6 LIMITAÇÕES

Este trabalho será desenvolvido e aplicado dentro de uma indústria automobilística, especificamente no departamento de pintura de veículos de passeio. Futuramente outros departamentos que compõe uma montadora podem ser estudados através do modelo a ser desenvolvido.

Somente os indicadores de desempenho do departamento de Pintura relacionados à manutenção estarão sendo avaliados, para os demais indicadores que não estão relacionados à atuação da manutenção este trabalho não se aplica.

A utilização do modelo desenvolvido nesta dissertação é limitada ao estudo do impacto da implantação do TPM nos indicadores de manutenção, não sendo válida para avaliar implantações de outras filosofias de produção.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica sobre o processo de manutenção industrial, com enfoque na filosofia denominada TPM (Manutenção Produtiva Total), através da revisão bibliográfica dos temas comentados a seguir.

Inicialmente o tema Gerenciamento da Manutenção é apresentado descrevendo a importância da manutenção no desempenho da empresa. O processo de gerenciamento da manutenção e sua relação com a estratégia da empresa são abordados.

Os conceitos de manutenção também são explorados, descrevendo o histórico da manutenção; as definições e os tipos de manutenção existentes. Na sequência do capítulo a Manutenção Produtiva Total (TPM) é abordada. Os tópicos apresentados são os seguintes: histórico do TPM; sua definição conceitual; os objetivos e sua metodologia de implantação.

Os Indicadores de Desempenho são abordados ao se apresentar conceitos e descrever os sistemas de gerenciamento de indicadores. O *Balanced Scorecard* (BSC) é abordado neste tópico. Finalizando o capítulo 2, os Indicadores de Desempenho comumente utilizados para avaliação da Manutenção são apresentados.

2.1 GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO

Com a mudança constante no cenário dos negócios do mercado automobilístico nos últimos anos, mais do que nunca se faz necessário que cada departamento dentro da empresa contribua para o aumento da competitividade da mesma. Para Porter (1990) a vantagem competitiva não pode ser compreendida observando-se a empresa como um todo, ela tem sua origem nas inúmeras atividades distintas que a empresa executa no projeto, na produção, no *marketing*, na entrega e no suporte ao seu produto. Cada uma destas atividades pode contribuir

para a posição dos custos relativos de uma empresa, além de criar uma base para a diferenciação. Conseqüentemente a atividade de manutenção tem um papel importante dentro deste contexto influenciando o desempenho da empresa.

Mudanças drásticas no modo de funcionamento das empresas, causadas pelo aumento da competição global, tem afetado a manutenção, fazendo com que esta tenha um papel cada vez mais crucial no sucesso dos negócios. Hoje a manutenção é um grande contribuinte para o desempenho e rentabilidade de sistemas de manufatura (MAGGARD; RHYNE *apud* KUTUCUOGLU et al., 2001).

A manutenção de equipamentos e o gerenciamento da confiabilidade são importantes no efetivo funcionamento dos negócios da empresa hoje. Com o crescimento das tecnologias para maioria das operações empresariais é importante desenvolver as estratégias de manutenção e confiabilidade para assegurar que estas empresas sejam capazes de fornecer serviços confiáveis e com alta qualidade para seus clientes. As atividades de manutenção e confiabilidade, se não tratadas apropriadamente, podem criar um significativo “gargalo” que pode atrapalhar a capacidade da empresa de atingir suas metas (MADU, 2000).

Wireman *apud* Riis; Luxhoj; Thorsteinsson (1997) observa que com a tendência do uso de sistemas que agilizam a manufatura, como o Just In Time (JIT), é vital que o gerenciamento da manutenção se torne integrado com a estratégia da corporação para assegurar a disponibilidade dos equipamentos, qualidade dos produtos, entregas nos prazos corretos e preços competitivos. Sob a mesma ótica Kutucuoglu et al. (2001) relata que o papel da manutenção na manufatura moderna está se tornando cada vez mais importante, com empresas adotando a manutenção como um elemento gerador de lucro. Como resultado, termos tradicionais usados para descrever a manutenção como “mal necessário” são obsoletos. Para direcionar a função manutenção contribuindo com o lucro da empresa é necessário que as operações de manutenção estejam em harmonia com os objetivos estratégicos da companhia.

Na figura 1, Tsang (1998) apresenta o fluxograma de um processo de gerenciamento no qual o desempenho da manutenção será direcionado para contribuir com o sucesso da empresa no futuro. Este processo consiste em definir, a partir da estratégia da empresa, a estratégia de manutenção. Posteriormente objetivos são traçados e medições e alvos são

definidos. Para que estes objetivos e alvos sejam alcançados, são elaborados e implantados planos de ação. Após a implantação dos planos de ação, medições de desempenho são realizadas para avaliar os resultados obtidos. Completando o ciclo são realizadas revisões periódicas nos objetivos e alvos para garantir o correto direcionamento da estratégia de manutenção.

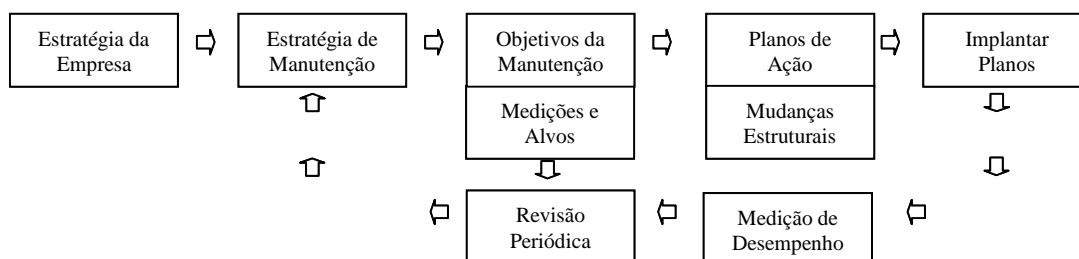


Figura 1 – Processo de gerenciamento estratégico do desempenho da manutenção

Fonte: adaptada de Tsang (1998)

Para Riis; Luxhoj e Thorsteinsson (1997) as duas maiores tendências no gerenciamento da manutenção identificadas em estudos de *benchmarking* podem ser resumidas como:

- a) Desenvolvimentos recentes e avanços na tecnologia da área de manutenção, tecnologia de informação e decisão e métodos de manutenção;
- b) A ligação da manutenção com os sistemas de melhoria de qualidade e o uso da manutenção como uma estratégia competitiva, por exemplo, através do desenvolvimento da Manutenção Produtiva Total (TPM).

A partir desta tendência de utilização de sistemas de melhoria de desempenho na manutenção, Sharp e Kutucuoglu *apud* Bamber; Sharp; Hides (1999) relatam que uma efetiva atividade de manutenção pode trazer uma significativa contribuição para a lucratividade da companhia através do aumento da eficiência da produção, disponibilidade e confiabilidade dos meios produtivos. A filosofia TPM proporciona uma eficaz e eficiente estratégia de manutenção nas indústrias e isto agrega valor às atividades. Na mesma direção Willmott *apud* Mitchell; Robson; Prabhu (2002) afirma que o TPM utilizado como uma estratégia de manutenção oferece uma significante vantagem competitiva e Schonberger *apud* Mitchell;

Robson; Prabhu (2002) listou o TPM como uma das quatro principais práticas em direção a manufatura de classe mundial, trazendo melhorias perceptíveis aos clientes.

Nakajima (1988) no Japão, Hartmann e Willmott *apud* Kutucuoglu et al. (2001) no Ocidente, mostram que algumas empresas têm aumentado sua competitividade através de aplicações de TPM, conseguindo otimizar a função manutenção. Por outro lado, Coetzee *apud* Kutucuoglu et al. (2001) escreve que os custos de manutenção ainda são altos e que a disponibilidade dos sistemas vem se mantendo baixa. Certamente existe muito a se fazer para atingir a harmonia entre os objetivos estratégicos das empresas e suas ações de manutenção. Coetzee *apud* Kutucuoglu et al. (2001) complementa que a razão para isto é que a complexidade da função manutenção dificulta desenvolver uma relação entre as decisões gerenciais e o sucesso ou fracasso do sistema de manutenção atual. Uma possibilidade para transpor esta dificuldade poderia ser desenvolver um sistema de medição de desempenho para manutenção que proporcionasse comunicação entre a estratégia empresarial e as diferentes hierarquias da manutenção.

Hoje existem grandes desafios que defrontam a manutenção, itens como melhoria de qualidade, redução dos tempos de ciclo e tempos de *set up*, reduções de custos, expansões de capacidade e questões ambientais. Apesar deste amplo escopo de fatores influenciados, há evidências que sugerem a falta de interligação entre os objetivos de manutenção e a estratégia global da empresa no ramo de manufatura (HARTMANN *apud* KUTUCUOGLU et al., 2001).

2.2 CONCEITOS DE MANUTENÇÃO

2.2.1 Histórico da Manutenção

A manutenção industrial ao longo dos anos vem modificando sua contribuição dentro do processo produtivo. A figura 2 apresenta como o gerenciamento da manutenção evoluiu nos últimos sessenta anos.

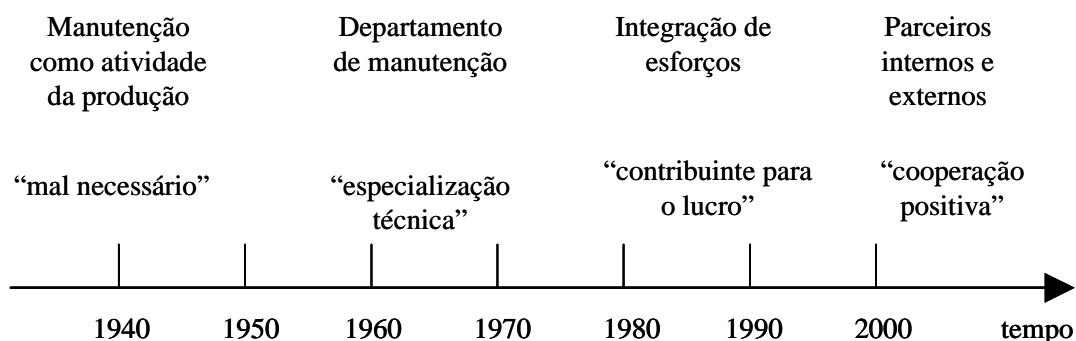


Figura 2 - Gerenciamento da manutenção em uma perspectiva de tempo

Fonte: adaptado de Pintelon; Preez; Puyvelde (1999)

2.2.2 A função Manutenção

Muitas pesquisas publicadas apontam as paradas de máquinas como o mais importante fator que pode influenciar o desempenho do chão de fábrica (GINDY e SAAD *apud* LABIB, 1999). Este fato faz que a Gestão da Manutenção tenha um papel cada vez mais importante dentro das empresas.

A percepção tradicional do escopo da manutenção é “consertar algo quebrado”. Usando esta visão os trabalhos de manutenção ficam restritos a ações reativas através de reparos ou trocas de peças. Uma visão mais recente de manutenção é definida por Geraerds *apud* Arts; Knapp; Mann Jr (1998) como todas as atividades dirigidas para manter um item ou restaurar o mesmo deixando-o em um estado físico considerado necessário para satisfazer a função produção. De acordo com esta definição a manutenção engloba ações pró-ativas como inspeção periódica, trocas preventivas e monitoramento da condição do equipamento.

A função Manutenção é uma função suporte dentro de uma empresa, especialmente na indústria. Tradicionalmente, manutenção era principalmente uma função de ação orientada, os bombeiros que resolviam os problemas da produção. Seu objetivo era manter o processo rodando, maximizando a disponibilidade. Um pequeno tempo era gasto no planejamento das atividades. Isto é chamado de manutenção de paradas ou manutenção baseada em falhas: manutenção que não realiza intervenção antes de uma falha ocorrer (GERAERDS *apud* ARTS; KNAPP; MANN JR, 1998).

O escopo do gerenciamento da manutenção deve cobrir o ciclo de vida de um sistema técnico (fábrica, máquina, utilidades, etc.): especificação, aquisição, planejamento, operação, avaliação de desempenho, melhorias, reposições e descarte (TSANG; JARDINE; KOLODNY, 1999). O gerenciamento da manutenção envolve diversas ações e interfaces, a figura 3 apresenta um diagrama para análise das atividades de manutenção.

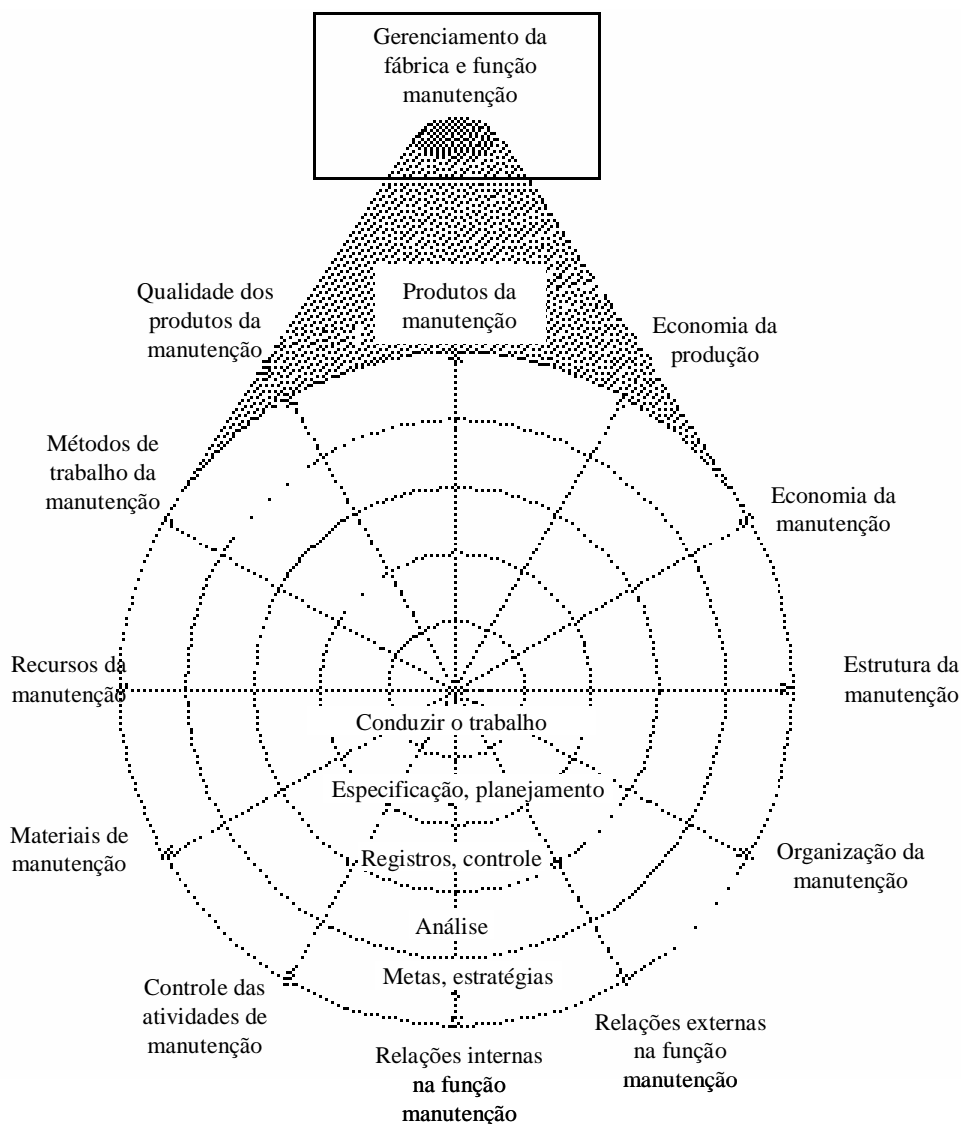


Figura 3 - Diagrama em forma de radar para análise das atividades de manutenção

Fonte: adaptado de Thorsteinsson (1990)

O conceito de gerenciamento de manutenção industrial é definido por Pintelon; Nagarur e Puyvelde (1999) como todas as atividades requeridas para recuperar, ou manter, uma condição específica de operação de um equipamento. Para tal, a disponibilidade máxima

das instalações é assegurada com a qualidade operacional requerida. Obviamente estas atividades devem ser conduzidas de uma maneira eficiente com relação aos custos e de acordo com a legislação ambiental e de segurança.

2.2.3 Tipos de Manutenção

De acordo com Arts; Knapp; Mann Jr (1998) atualmente verifica-se uma forte competição global, com margens de lucro pequenas, altos padrões de segurança e normas ambientais restritas. O gerenciamento da manutenção tenta se adaptar a estas mudanças através de uma maior ênfase no desenvolvimento dos conceitos de manutenção. Estes conceitos abrangem o grupo de regras que prescrevem quais as atividades de manutenção têm que ser desempenhadas e através de quais eventos estas são iniciadas. Estes eventos são divididos em:

- a) A ocorrência de uma falha (manutenção baseada em falha ou FBM);
- b) O transcorrer de uma certa quantidade de tempo ou uso (manutenção baseada no uso ou UBM);
- c) A condição de uma unidade (manutenção baseada na condição ou CBM).

2.2.3.1 Manutenção Corretiva

Manutenção corretiva é a atuação para correção da falha ou do desempenho menor do que o esperado (Pinto e Xavier, 1999). Este tipo de manutenção está relacionado com a FBM.

A manutenção corretiva pode ser dividida em duas partes (Pinto e Xavier, 1999):

- Manutenção corretiva planejada - é a correção do desempenho menor do que o esperado ou da falha, por decisão gerencial, isto é, pela atuação em função do acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra.
- Manutenção corretiva não planejada – é a correção da falha de maneira aleatória.

2.2.3.2 Manutenção Preventiva

Manutenção preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo (Pinto e Xavier, 1999). Este tipo de manutenção está relacionado com a UBM.

2.2.3.3 Manutenção Preditiva

Manutenção preditiva é a atuação realizada com base em modificações de parâmetro de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática (Pinto e Xavier, 1999). Este tipo de manutenção está relacionado com a CBM.

2.3 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)

2.3.1 Histórico

Os japoneses, baseados na manutenção preventiva (PM), desenvolveram o conceito de Manutenção Produtiva Total (TPM). Nakajima (1988) descreveu como isto ocorreu: em 1953 vinte empresas japonesas formaram um grupo de pesquisa sobre manutenção preventiva e em 1962 este grupo organizou uma missão aos Estados Unidos para estudar a manutenção de equipamentos. Em 1969 fundaram o Instituto do Japão de Engenheiros de Fábrica (JIPE), o qual foi predecessor do Instituto do Japão de Manutenção de Fábrica (JIPM). Em 1969, o JIPE iniciou um trabalho com um fabricante de componentes automotivos – Nippondenso – na questão da PM, onde a empresa decidiu mudar as regras de trabalho dos operadores, permitindo que os mesmos realizassem a rotina de manutenção dos equipamentos, este era o início do TPM. Tajiri e Gotah *apud* Riis; Luxhoj; Thorsteinsson (1997) relataram que inicialmente somente um pequeno número de fábricas aceitou o desafio de implantar o TPM. Foi a severa situação econômica no início dos anos 70 que acelerou a aceitação do TPM, divulgado através do programa dos sete passos desenvolvido pela Tokai Rubber Industries (NAKAJIMA, 1989). No início dos anos 90, organizações do Ocidente começaram a mostrar interesse no TPM através dos programas de Gerenciamento da Qualidade Total (TQM).

2.3.2 Conceitos

Existem três principais conceitos sobre TPM, os quais são definidos por Nakajima (1989):

- a) Melhorar o equipamento para que o mesmo atinja o mais alto nível de desempenho, resultando na maximização do rendimento do equipamento (zero perdas);
- b) Obter o melhor nível de manutenção do equipamento através da aplicação da manutenção autônoma;
- c) Pesquisar novos equipamentos com um alto nível de desempenho e baixo custo através de pequenos grupos.

Complementando esta idéia, Labib (1999) defende que a principal idéia do TPM é fazer com que a produção e a manutenção trabalhem conjuntamente, através de pequenos grupos, com troca de conhecimentos e com ações específicas.

O TPM é uma filosofia baseada na gestão de perdas. A importância de analisar as perdas de maneira eficaz é defendida por Ljungberg (1998) ao afirmar que as empresas têm seu foco nas perdas por paradas, especialmente quebras de equipamentos. Muitas perdas não estão focadas dentro das empresas de maneira adequada, tais como: paradas planejadas, perdas por tempos de ciclos e pequenas paradas. Isto deveria impulsionar uma mudança de foco e ser usado para um modelo de análise de perdas mais detalhado.

Nakajima (1988) e Labib (1999) relatam que o TPM baseia-se no indicador chamado de *Overall Effectiveness Equipment* (OEE) ou Rendimento Global do Equipamento (RGE), o qual é o produto de três medidas: disponibilidade, eficiência e qualidade. Estes indicadores de desempenho são decompostos em seis perdas relacionadas com a manutenção. Segundo Nakajima (1988) devem ser eliminadas estas seis grandes perdas para que seja elevado o RGE. Estas seis grandes perdas são definidas por Nakajima (1988) como:

- a) Quebras / falhas de equipamentos onde ocorrem perda de tempo e conseqüentemente produtividade reduzida;
- b) Tempos de preparação (*set up*) resultam em máquinas paradas e produtos com defeito;
- c) Pequenas paradas (ou micro paradas) que ocorrem quando as máquinas estão com um defeito temporário ou ocupadas;
- d) Redução de velocidade que é a diferença entre a velocidade projetada e a velocidade real do equipamento;
- e) Problemas no início da produção (*start up*);
- f) Defeitos de qualidade e retrabalhos que são perdas causadas pelo mau funcionamento do equipamento.

A primeira e segunda são conhecidas como perdas de tempo produtivo e são usadas para calcular a disponibilidade de uma máquina. Já a terceira e a quarta são as perdas de velocidade que determinam a eficiência do desempenho de uma máquina. A quinta e a sexta são consideradas perdas por defeitos devido à baixa qualidade das peças produzidas.

Dentro dos conceitos sobre o TPM, Ireland e Dale (2001) relatam que existem sete pilares que são a base para o funcionamento adequado da filosofia e são críticos para o sucesso da mesma. Os sete pilares são: foco nas melhorias; manutenção autônoma; planejamento da manutenção do equipamento na fase de projeto; manutenção planejada; educação e treinamento; qualidade de manutenção e segurança e meio ambiente.

Por outro lado Yeoman e Milington (1997) e Nakajima (1989) descrevem cinco pilares como base do TPM: aumentar rendimento do equipamento; treinamento; manutenção autônoma; gerenciamento do projeto de equipamento e manutenção preventiva planejada. Estes cinco pilares são mostrados na figura 4.

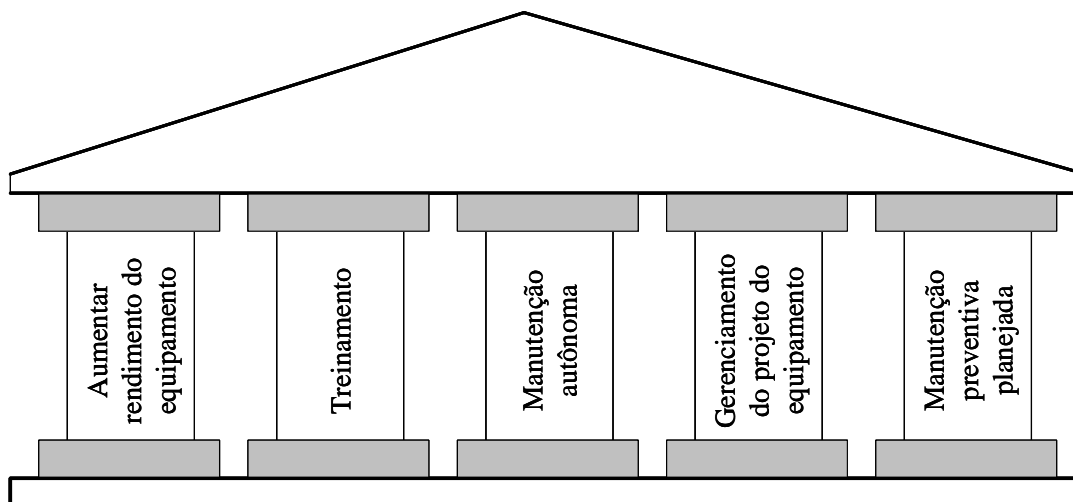


Figura 4 – Os cinco pilares do TPM

Fonte: adaptada de Yeoman e Milington (1997)

2.3.3 Objetivos e justificativas do TPM

O foco do TPM está na eliminação das principais perdas encontradas nas atividades de produção. Estas perdas são decompostas em restrições na eficiência do equipamento, eficiência da mão-de-obra e eficiência dos materiais e energia. Relacionando estes itens com as metas que a empresa deve conquistar, são desenvolvidos objetivos para eliminar ou reduzir estas perdas através das atividades de manutenção dentro do sistema de produção (RIIS; LUXHOJ; THORSTEINSSON, 1997).

Para Takahashi *apud* Bohoris et al. (1995) a Manutenção Produtiva Total (TPM) objetiva aumentar a disponibilidade de um equipamento existente em uma dada situação, em geral sem a necessidade de investimentos adicionais. O meio para este sucesso é o investimento em recursos humanos, tendo como resultado uma melhor utilização dos equipamentos, alta qualidade dos produtos e redução dos custos de mão-de-obra. De acordo com Takahashi *apud* Bohoris et al. (1995) alguns motivos específicos que justificam a implantação do TPM:

- a) Aumento de produtividade através da alta motivação dos trabalhadores. No TPM os operadores desenvolvem seus conhecimentos e isto reduz a monotonia e os trabalhos repetitivos;
- b) Familiarização dos operadores com o equipamento juntamente com a promoção de uma postura de preservação das máquinas e retorno rápido de informações sobre as mesmas;
- c) Formação de pequenos grupos de atividades, também chamados de grupos de zero defeitos, fazendo com que o uso dos conhecimentos de todos seja plenamente utilizado.

2.3.4 Métodos e habilitadores da implantação do TPM

A implantação do programa TPM em uma empresa é uma tarefa complexa por envolver vários departamentos num mesmo projeto, além de provocar uma mudança na cultura da empresa. Em virtude disto um programa passo a passo para a implantação foi desenvolvido por Nakajima (1988). Os 12 passos da implantação do TPM são:

- 1- Divulgação da decisão de implantar o TPM por parte da alta gerência;
- 2- Treinamento e campanha para introdução do TPM;
- 3- Criação de equipes para promover o TPM;
- 4- Estabelecimento de metas para o TPM;
- 5- Formulação do plano mestre para desenvolvimento do TPM;
- 6- Início do TPM;
- 7- Progresso do rendimento de cada parte do equipamento;
- 8- Criação do programa para manutenção autônoma:
 - a) Limpeza inicial;

- b) Medidas contra fontes de degradação;
- c) Formulação de procedimentos de limpeza e lubrificação;
- d) Inspeção geral;
- e) Inspeção autônoma;
- f) Padronização;
- g) Gerenciamento autônomo;

9- Criação do programa de manutenção planejada no departamento de manutenção;

10- Treinamento para melhoria dos conhecimentos de operação e manutenção;

11- Criação do programa para gerenciamento inicial do equipamento;

12- Implantação completa e alto nível de TPM.

O modelo desenvolvido por Bamber *apud* Bamber; Sharp; Hides (1999) tem enfoque maior nas etapas iniciais que envolvem a avaliação e planejamento antes da efetiva implantação do TPM. Este modelo é apresentado na figura 5.

O número de companhias que implantaram com sucesso programas de TPM é relativamente pequeno e as falhas podem ser atribuídas aos seguintes aspectos (BAKERJAN *apud* BAMBER; SHARP; HIDES, 1999):

- 1- Falta de suporte e compreensão por parte da gerência;
- 2- Falta de treinamento;
- 3- Falha na previsão de tempo suficiente para evolução do programa.

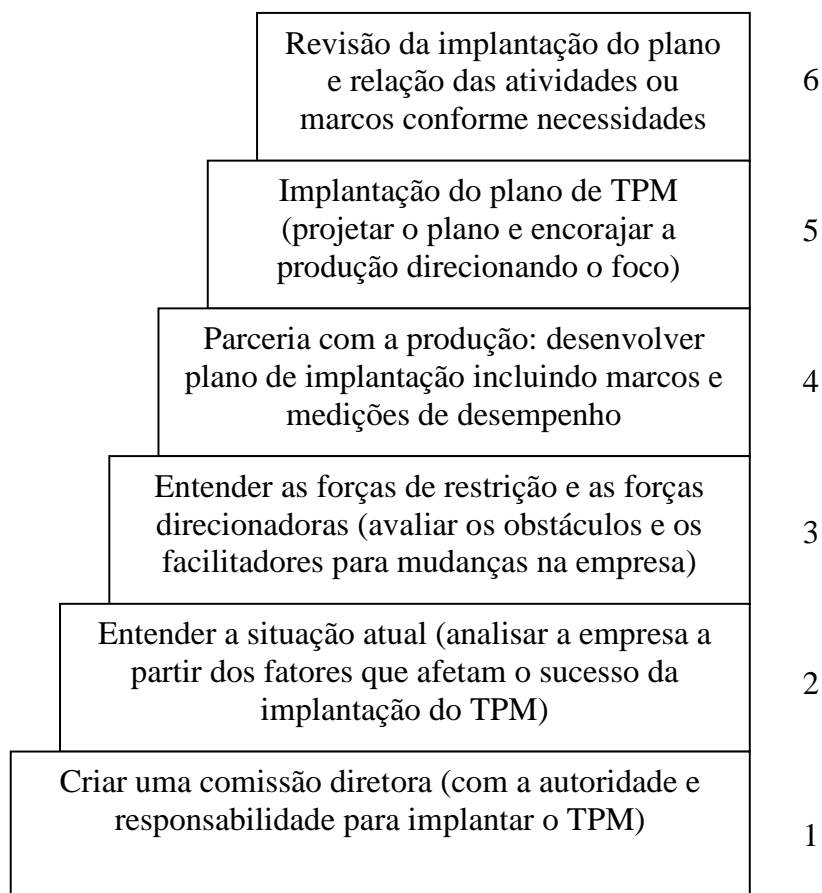


Figura 5 – Modelo de Bamber do programa passo a passo para implantação do TPM

Fonte: adaptado de Bamber; Sharp; Hides (1999)

Um ponto-chave na implantação do TPM é a participação da produção. Em virtude disto Bamber; Sharp; Hides (1999) sugerem que a implantação do TPM seja dirigida pelo departamento de produção com o suporte da engenharia de manutenção, com o objetivo de reduzir a resistência por parte da produção, sem que nada seja imposto e posteriormente rejeitado. Complementando isto Bohoris et al. (1995) cita que a falta de envolvimento da produção é a principal razão para o fracasso do TPM.

A figura 6 apresenta um diagrama de causa e efeito proposto por Bamber *apud* Bamber; Sharp e Hides (1999) com os nove principais fatores que afetam o sucesso do TPM.

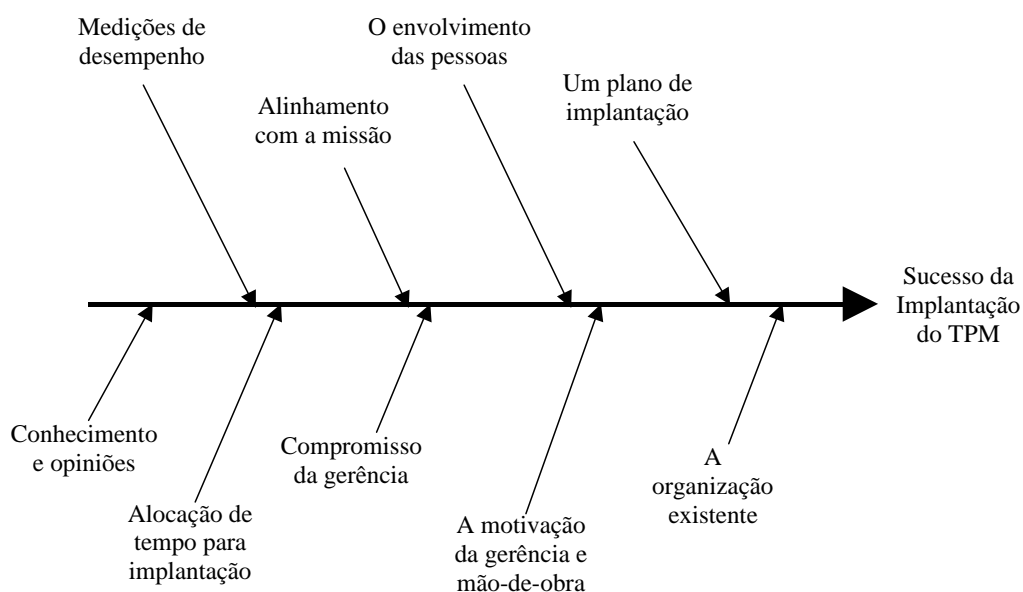


Figura 6 - Diagrama causa e efeito de um modelo genérico de fatores que afetam o sucesso da implantação do TPM

Fonte: adaptado de Bamber; Sharp; Hides (1999)

2.3.5 Abordagem Japonesa x Abordagem Ocidental

O TPM foi originado no Japão, onde sua filosofia foi desenvolvida com base na cultura industrial daquele país. Para utilização do TPM no Ocidente algumas adaptações ocorreram. Bamber *apud* Bamber; Sharp; Hides (1999) apresenta uma revisão da literatura sobre TPM aonde ele identifica duas principais abordagens, descritas como Japonesa e a Ocidental.

2.3.5.1 Abordagem Japonesa

Muitos seguidores do estilo japonês de TPM, como Tajiri e Gotah *apud* Riis; Luxhoj; Thorsteinsson (1997), consideram Nakajima como o pai do TPM. Ambos os autores citados acima reconhecem que a definição completa sobre TPM contém os seguintes pontos:

- 1- Proporciona buscar maior eficiência no uso do equipamento;
- 2- Estabelece um sistema de manutenção planejada total abrangendo a manutenção;

- 3- Requer a participação de projetistas de equipamentos, operadores e do departamento de manutenção;
- 4- Envolve todos os funcionários começando pela alta gerência;
- 5- Promove e implementa a manutenção planejada autônoma e as atividades em pequenos grupos.

Nakajima (1988) resume a definição de TPM como: Manutenção Produtiva envolvendo a participação total voltada para maximizar o rendimento do equipamento e estabelecer um sistema de manutenção preventiva (PM).

2.3.5.2 Abordagem Ocidental

Na Inglaterra, o TPM foi iniciado por Edward Willmott. Willmott *apud* Bamber; Sharp; Hides (1999) define que o TPM busca causar uma preparação em toda a empresa no sentido de atingir um padrão de desempenho na manufatura, em termos de rendimento global do equipamento (RGE), o qual deve ser verdadeiramente de classe mundial. Similarmente, Hartmann *apud* Bamber; Sharp; Hides (1999) afirma que o TPM permanentemente melhora o RGE com as atividades envolvendo operadores. Já Wireman *apud* Bamber; Sharp; Hides (1999) sugere que o TPM é a manutenção que envolve todos os empregados de uma empresa incluindo a alta gerência, projetistas, engenheiros, compradores, almoxarifes, contadores, etc. Rhyne *apud* Kutucuoglu et al. (2001) considera o TPM como uma parceria entre os departamentos de manutenção e produção para melhorar a qualidade do produto, reduzir resíduos, reduzir custos de manufatura e aumentar a disponibilidade dos equipamentos.

2.3.5.3 Discussões sobre as definições

Os japoneses baseiam o TPM em atividades de pequenos grupos, já os ocidentais não focam a definição nos grupos de trabalho, mas sim no RGE através da participação dos operadores nas atividades.

Para Nakajima (1988) o TPM tem um propósito comum que é a busca por três metas: zero defeitos, zero acidentes e zero paradas. Nakajima (1988) também afirma que os objetivos do TPM são: elevar a produtividade, melhorar a qualidade, reduzir o custo dos produtos, agilizar a entrega e movimentação dos produtos, garantir a segurança dos operadores e elevar a moral de todos os envolvidos. Com exceção de Ireland e Dale (2001), os *experts* consideram que qualquer programa de TPM deveria conter os cinco pilares mostrados na figura 2 por Yeomans e Millington (1997) e resumidos por Nakajima (1989):

- 1- Implantar atividades de melhorias com o objetivo de aumentar o rendimento do equipamento. Isto é relacionado principalmente com as seis grandes perdas.
- 2- Estabelecer um programa de treinamentos para os operadores elevarem seus níveis de conhecimento sobre o equipamento.
- 3- Estabelecer um sistema de manutenção autônoma executada pelos operadores dos equipamentos. Isto é iniciado após os operadores serem treinados.
- 4- Estabelecer um sistema de prevenção da manutenção, ou seja, trabalhar nos projetos dos equipamentos para que os mesmos não necessitem de manutenção.
- 5- Estabelecer um sistema de manutenção planejada. Isto eleva a eficiência do departamento de manutenção.

A diferença entre as afirmações dos autores de artigos sobre TPM está na ênfase que deve ser dada para cada um destes pilares. Yeomans e Millington (1997) sugerem que o foco seja direcionado a manutenção autônoma, enquanto que Nakajima (1988, 1989) não menciona que um único pilar deve ser enfatizado.

2.4 INDICADORES DE DESEMPENHO

2.4.1 Conceitos

Os indicadores de desempenho vêm sendo largamente utilizados nos mais diversos segmentos de negócios. No ambiente fabril os indicadores de desempenho são utilizados para medir atividades como produção, qualidade, manutenção, segurança, logística, treinamento e custos. Rose *apud* Kutucuoglu et al. (2001) define que a medição de desempenho é a linguagem do progresso para a organização. Ela indica onde a organização está e para onde está direcionada. A medição deve ser a atividade gerencial chave que alimenta os tomadores de decisões com informações necessárias para tomada de decisão, monitorando o desempenho e a efetiva alocação de recursos.

Dwight e Martin (1995) definem desempenho de maneira simples como o nível para o qual uma meta é atingida. A definição para meta apropriada é descrita por Dwight (1999) como o que poderia estar sendo atingindo levando-se em conta os recursos disponíveis, tanto físicos como conhecimento, baseados no período que o desempenho é medido.

As metas de desempenho são tipicamente estabelecidas através de extrapolações de resultados passados. Isto é introspectivo e não é aplicado para indicadores que nunca foram medidos antes. É mais pró-ativo usar o nível de desempenho de empresas de classe mundial identificadas através de *benchmarking* como uma base para escolher as metas para os indicadores chave. Porém o estudo de *benchmarking* é apenas uma referência para a definição das metas (TSANG, 1998).

A medição de desempenho precisa estar alinhada com a estratégia organizacional. O ponto inicial é determinar o que se quer medir. Enquanto isto parece muito simples, acaba sendo uma das mais difíceis atividades. Criar uma lista enorme de medições englobando todas as atividades da organização pode ser um desperdício de recursos. O foco deve estar naquelas coisas que realmente são importantes – as medições adotadas devem ser seletivas. As medições dependem da visão, missão e da estratégia da empresa. As empresas medem desempenho para identificar sucesso; identificar se elas estão alinhadas com as necessidades dos clientes; ajudar a entender seus processos; identificar quais são seus pontos fracos e onde melhorias são necessárias; assegurar as decisões baseadas em fatos e não em suposições; apresentar o resultado de melhorias planejadas. Os parceiros e fornecedores também devem estar alinhados com os indicadores de desempenho (PARKER, 2000).

Complementando o conceito descrito por Parker (2000), Tsang; Jardine e Kolodny (1999) mencionam que os indicadores de desempenho precisam estar posicionados em um contexto estratégico, pelo fato de que eles influenciam o que as pessoas fazem.

2.4.2 Sistema de Indicadores

Para um sistema de indicadores ter êxito é necessário envolver os empregados no seu desenvolvimento. Os empregados são os indivíduos que operam o processo e quem conhece melhor as atividades (SINCLAIR E ZAIRI, 1996).

Kaplan e Norton (1996a) desenvolveram um sistema de gerenciamento de indicadores que possibilita um forte enfoque no alinhamento estratégico da empresa. Este sistema é conhecido como BSC ou *Balanced Scorecard*.

Inicialmente o BSC foi criado para ser um sistema de medição para avaliação das empresas, utilizando fatores financeiros e não-financeiros. Porém, após sua aplicação percebeu-se que o BSC apresenta um potencial mais abrangente (KAPLAN E NORTON *apud* FRANZ et al., 2004).

Hoje, o BSC atua como um sistema de gerenciamento que traduz a missão e a estratégia da empresa para todos os funcionários, motivando as pessoas envolvidas através dos resultados que são apresentados abertamente, além de atuar como sistema de avaliação de desempenho, mostrando o desempenho da empresa em relação as suas metas (FCAV *apud* FRANZ et al., 2004).

O propósito do BSC também é o de buscar a solução para conflitos comuns entre objetivos de longo e curto prazo, através da organização do sistema estratégico. Para isto, a estratégia e os objetivos da empresa, que explicam melhor sua missão, são utilizados como base para o desdobramento de um sistema de indicadores. Este sistema de indicadores deve primar pelo balanceamento das medidas financeiras (muito úteis para a alta administração) com as não financeiras (úteis na área operacional e de apoio) (MARCHESAN; MIORANDO; CATEN *apud* FRANZ et al., 2004).

A estrutura central do BSC contém quatro perspectivas que podem ser aplicadas independentemente do tipo de empresa com a qual se está trabalhando: perspectiva financeira, perspectiva de mercado e clientes, perspectiva de processos internos do negócio e perspectiva de crescimento e aprendizado. Pode ser necessário desdobrar mais alguma perspectiva. Isto ocorre quando outro assunto apresenta grande importância para a empresa e para sua estratégia (MARCHESAN; MIORANDO; CATEN *apud* FRANZ et al., 2004).

A figura 7 apresenta o sistema de gerenciamento do BSC proposto por Kaplan e Norton (1996b). Este sistema de gerenciamento propõe a utilização de quatro etapas interligadas de modo cíclico.

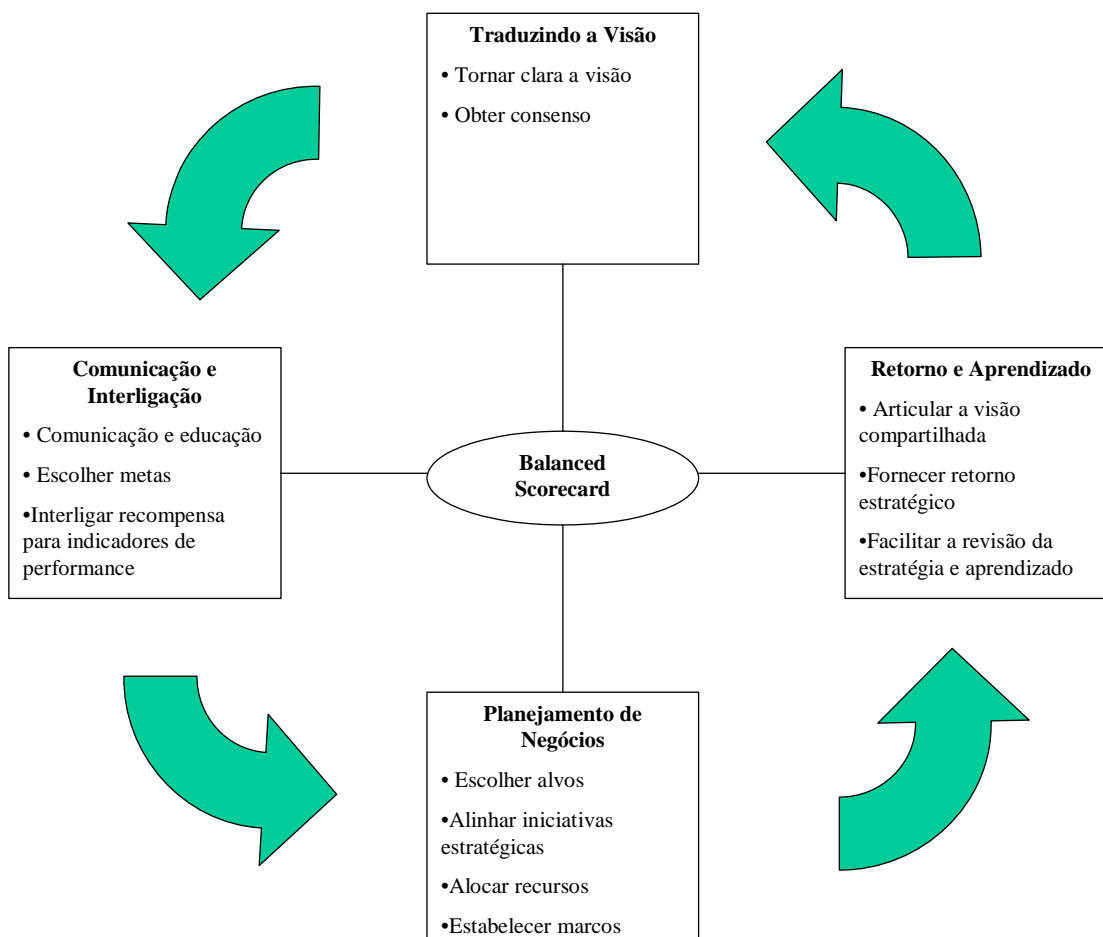


Figura 7 - Sistema de gerenciamento: quatro processos

Fonte: Kaplan e Norton (1996b)

A ligação da missão e estratégia da empresa com os objetivos estratégicos é apresentada na figura 8, resultando em ações de curto prazo. Os objetivos e indicadores devem atender as quatro perspectivas do BSC.



Figura 8 - Balanced Scorecard: liga objetivos estratégicos com ações de curto prazo

Fonte: adaptada de Kaplan e Norton (1996b)

Kaplan e Norton (1996b) escreveram suas orientações para o projeto de um sistema de indicadores de desempenho que pode direcionar para um desempenho excelente, principalmente com a turbulência e competição no ambiente dos negócios nos dias de hoje. Estas orientações são:

- 1- Indicadores são específicos para a empresa, eles estão ligados à estratégia da organização;
- 2- Indicadores múltiplos - internos e externos, indicadores financeiros e não financeiros, direcionadores de desempenho e indicadores de resultados - devem ser usados para obter um balanceamento nas perspectivas;
- 3- Indicadores devem ser simples, de fácil utilização e prontamente disponíveis;
- 4- Indicadores de diferentes níveis hierárquicos devem estar alinhados e integrados com as funções da empresa;

- 5- Envolver funcionários na elaboração de estratégias, identificando os indicadores mencionados;
- 6- A infra-estrutura da empresa deve fornecer suporte operacional ao sistema de indicadores;
- 7- A eficácia do sistema e sua contribuição para o desempenho global da empresa devem ser revisadas periodicamente permitindo mudanças e melhorias.

Complementando Kaplan e Norton, para desenvolver um sistema de medição de desempenho eficaz, Kutucuoglu; Hamali; Sharp (2001) sugerem que as seguintes questões devem ser respondidas:

- 1- Por que a medição é requerida (objetivo)?
- 2- O que deveria ser medido (procurar fatores que são importantes)?
- 3- Como isto deveria ser medido (método)?
- 4- Quando isto deveria ser medido (frequência e período para medição)?
- 5- Quem deveria medir isto (dono do processo x parte independente)?
- 6- Como o resultado deveria ser usado (avaliação, propostas de melhoria)?

2.5 INDICADORES DE MANUTENÇÃO

A manutenção responde pelo consumo de uma parte significativa do orçamento operacional das organizações, através de investimentos pesados nas instalações, maquinários e equipamentos. Monitorar o desempenho das operações de manutenção deve ser um dos pontos chave no gerenciamento das organizações (TSANG; JARDINE; KOLODNY, 1999).

Dados precisos do desempenho do equipamento são essenciais para o sucesso e a eficácia em longo prazo das atividades de TPM (ERICSSON *apud* DAL; TUGWELL e GREATBANKS, 2000).

2.5.1 Classificação

Segundo Kutucuoglu et al. (2001) através da revisão da literatura sobre indicadores de desempenho e suas implicações específicas para manutenção, os indicadores de desempenho para uma visão balanceada do sistema de manutenção podem ser classificados em cinco categorias:

- 1- Desempenho relacionado ao equipamento.
- 2- Desempenho relacionado às atividades.
- 3- Desempenho relacionado aos custos.
- 4- Desempenho relacionado ao impacto para o cliente imediato.
- 5- Desempenho relacionado ao aprendizado e crescimento.

Já Campbell *apud* Tsang; Jardine e Kolodny (1999) classifica os indicadores de desempenho comumente usados em três categorias baseadas nos seus focos:

- 1- Indicadores de desempenho do equipamento – por exemplo: disponibilidade, confiabilidade, RGE (rendimento global do equipamento).
- 2- Indicadores de desempenho de custo – por exemplo: custos de materiais e custos dos trabalhos de manutenção.
- 3- Indicadores de desempenho do processo – por exemplo: razão entre trabalhos planejados e não planejados, conformidade da execução do planejamento.

Ambas as classificações citadas (KUTUCUOGLU et al., 2001 e CAMPBELL *apud* TSANG; JARDINE; KOLODNY, 1999) mencionam os indicadores de custo e desempenho de equipamentos. Os itens referentes às atividades da manutenção e impacto para o cliente são mencionados de forma direta por Kutucuoglu et al. e de forma indireta por Campbell dentro do item indicadores de desempenho de processo. A principal diferença está no item aprendizado e crescimento que é citado por Kutucuoglu et al. e não é mencionado por Campbell.

2.5.2 Definições

A seguir são apresentados os indicadores de Disponibilidade e Rendimento Global do Equipamento. Estes indicadores são os mais utilizados no TPM (NAKAJIMA, 1988).

2.5.2.1 Indicador de disponibilidade (D)

Disponibilidade é a mais importante terminologia usada para avaliação do rendimento de uma planta industrial, onde a maioria das máquinas são sistemas reparáveis. O estado de disponibilidade de uma planta, por um dado período, é definido como a porcentagem de tempo durante a qual está produzindo com o resultado planejado (MURTY; NAIKAN, 1995). Dal; Tugwell e Greatbanks (2000) apresentam as equações para o cálculo da disponibilidade:

$$\text{Disponibilidade (D)} = \frac{\text{Tempo de operação real (Tr)}}{\text{Tempo de operação planejado (Tp)}} \times 100 (\%) \quad (1)$$

$$\text{Tempo de operação planejado (Tp)} = \text{Tempo total do turno} - \text{Tempo das manutenções planejadas} \quad (2)$$

$$\text{Tempo de operação real (Tr)} = \text{Tempo de operação planejado (Tp)} - \text{Tempo das manutenções não planejadas} - \text{Tempo das pequenas paradas} - \text{Tempo dos } \textit{set ups} \text{ e trocas} \quad (3)$$

Uma outra maneira de escrever a equação para o cálculo da disponibilidade é escrita por Murty e Naikan (2000):

$$\text{Disponibilidade (D)} = \frac{\text{Tempo de funcionamento}}{\text{Tempo de funcionamento} + \text{Tempo de parada}} \times 100 (\%) \quad (4)$$

2.5.2.2 Rendimento Global do Equipamento (RGE)

Segundo Nakajima (1988), o TPM disponibiliza uma medida, chamada rendimento global do equipamento (RGE), o qual é definido como uma função da confiabilidade do equipamento, taxa de qualidade e eficiência do desempenho do equipamento. Esta medida oferece um ponto de partida para desenvolver variáveis quantitativas para relacionar os indicadores de manutenção com a estratégia da empresa.

Posteriormente a Nakajima (1988), Ljungberg (1998) escreveu que o RGE inclui tempos de parada de produção e outras perdas, identificando as três dimensões de rendimento consideradas da seguinte maneira:

- 1- Disponibilidade (D);
- 2- Taxa de desempenho ou eficiência (Ef);
- 3- Taxa de qualidade (Q).

As figuras 9 e 10 apresentam fluxogramas que detalham o RGE através da estratificação das variáveis, inclusive as perdas, que compõe este indicador.

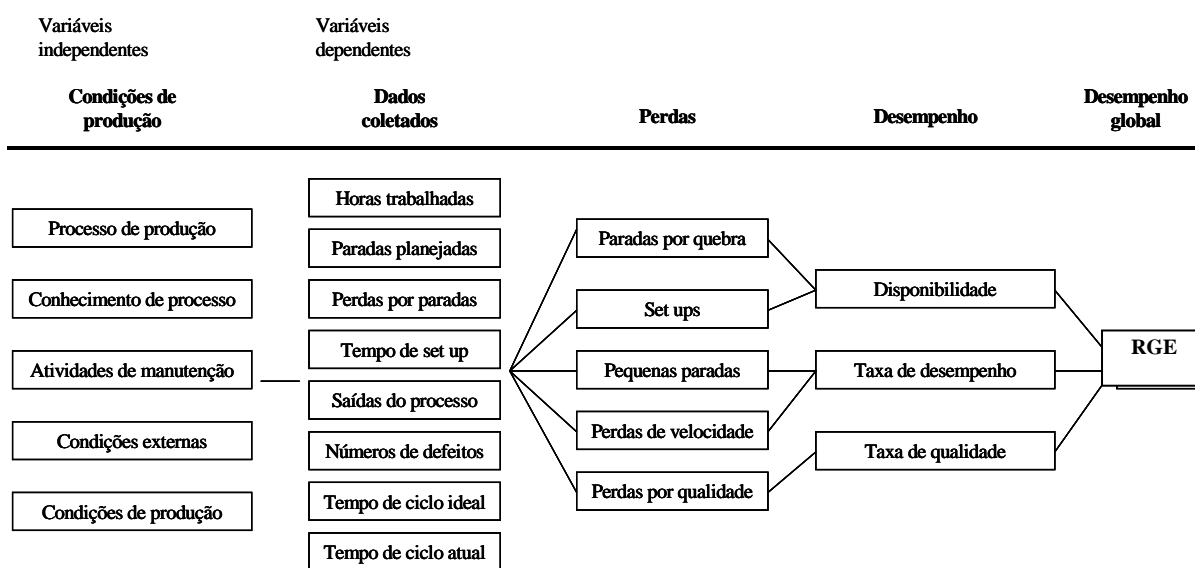


Figura 9 - Modelo de pesquisa de Ljungberg para o RGE

Fonte: adaptado de Ljungberg (1998)

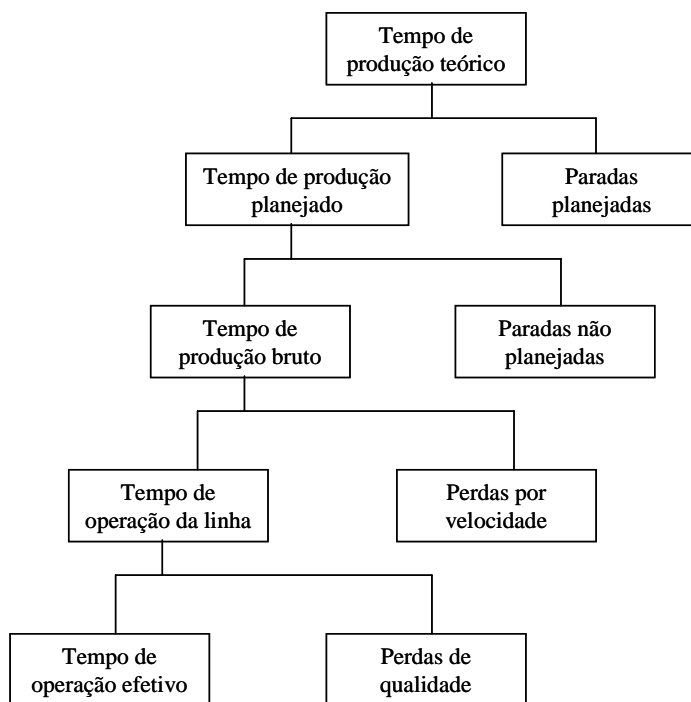


Figura 10 - Fluxograma para o indicador de rendimento global do equipamento

Fonte: adaptado de Groote (1995)

Através da definição de RGE citada por Nakajima (1988) e complementada por Ljungberg (1998) observa-se que este indicador não mede apenas o desempenho de grandezas relacionadas à manutenção, mas inclui indicadores de produção. Dal; Tugwell; Greatbanks (2000) resumem que o RGE pode ser considerado uma combinação de operação, manutenção e gerenciamento dos equipamentos de manufatura e recursos disponíveis.

Dal; Tugwell e Greatbanks (2000) e Raouf (1994) descrevem as equações para o cálculo do RGE:

$$\text{RGE} = \text{Disponibilidade (D)} \times \text{Taxa de Desempenho ou Eficiência (Ef)} \times \text{Taxa de Qualidade (Q)} \quad (5)$$

Disponibilidade (D):

$$D = \frac{\text{Tempo planejado} - \text{Tempo das paradas}}{\text{Tempo planejado}} \quad (6)$$

Taxa de Desempenho ou Eficiência (Ef):

$$Ef = \frac{(\text{Tempo padrão} / \text{unidade}) \times (\text{Número de unidades produzidas})}{\text{Tempo de operação}} \quad (7)$$

$$\text{Tempo de operação} = \text{Tempo planejado} - \text{Tempo das paradas} \quad (8)$$

Taxa de Qualidade (Q):

$$Q = \frac{\text{Produção total} - \text{Número de peças com defeito}}{\text{Produção total}} \quad (9)$$

2.5.2.3 Propósito do RGE

O indicador RGE pode ser aplicado em diferentes níveis dentro do ambiente de manufatura. Primeiramente o RGE pode ser usado como um *benchmarking* para medição do desempenho inicial de uma planta de manufatura na sua totalidade. Desta forma o valor inicial de RGE pode ser comparado com valores futuros, quantificando o nível de melhoria realizado. Em segundo lugar, um valor de RGE, calculado para uma linha de produção, pode ser usado para comparar o desempenho com outras linhas de produção da fábrica, deste modo destacando qualquer deficiência de desempenho. Em terceiro lugar, se as máquinas trabalham individualmente, uma medição de RGE pode identificar qual é a máquina com desempenho pior e então indicar onde o TPM deve focar seus recursos (NAKAJIMA, 1989).

Nakajima (1988) sugere que os valores ideais que compõe o RGE sejam:

- Disponibilidade maior que 90%;
- Eficiência do desempenho maior que 95%;
- Qualidade maior que 99%.

Com estes níveis de disponibilidade, qualidade e desempenho, o resultado do RGE é de 85% aproximadamente. Mas a literatura sobre níveis apropriados de RGE não é clara.

Kotze *apud* Dal; Tugwell; Greatbanks (2000) diz que um RGE de 50% é mais realista e então mais utilizado como objetivo aceitável. Ericsson *apud* Dal; Tugwell; Greatbanks (2000) relata que o RGE pode variar entre 30 e 80%.

Ahlmann *apud* Ljungberg (1998) indicou em um estudo que a média de RGE encontrada foi de 60%. Na segunda conferência internacional sobre TPM em Birmingham, 1993, foi apresentado um relatório pela Volvo Gent, indicando que o RGE na empresa era 66-69 % antes da implantação do TPM e 86-90% após a mesma em 1990 (LJUNGBERG, 1998). Para Riis; Luxhoj e Thorsteinsson (1997) se uma empresa tem um RGE de 85% ou mais, então esta é considerada como uma empresa de classe mundial.

3 MODELO DE AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DO TPM

3.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é definido um modelo para avaliar o impacto da implantação do TPM de forma objetiva em uma linha de produção. O modelo de avaliação a ser desenvolvido terá como base a filosofia do TPM e utilizará alguns conceitos do *Balanced Scorecard* (BSC), ambos apresentados no capítulo 2.

O desenvolvimento do modelo iniciou-se com a escolha da filosofia de implantação definida por Nakajima (1989), precursor mundial do TPM. Nakajima define cinco pilares como fundamentais para a implantação do TPM: aumentar o rendimento do equipamento; treinamento; manutenção autônoma; gerenciamento do projeto do equipamento e manutenção preventiva planejada. Após a decisão de utilizar a filosofia do TPM definida por Nakajima (1989), alguns conceitos do BSC foram usados no desenvolvimento do modelo de avaliação.

3.2 MODELO DE AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DO TPM

O modelo proposto segue uma sistemática que está ilustrada na figura 11 e é composto das seguintes etapas:

ETAPA 1 - CONHECER SISTEMA DE INDICADORES EXISTENTE

ETAPA 2 - ELABORAR NOVO SISTEMA DE INDICADORES

ETAPA 3 - AVALIAR DESEMPENHO ANTES DA IMPLANTAÇÃO DO TPM

ETAPA 4 - IMPLANTAR TPM

ETAPA 5 A - REALIZAR ACOMPANHAMENTO DA IMPLANTAÇÃO

ETAPA 5 B - ESTABELECER E REALIZAR PLANOS DE AÇÕES

ETAPA 6 - AVALIAR DESEMPENHO APÓS IMPLANTAÇÃO DO TPM

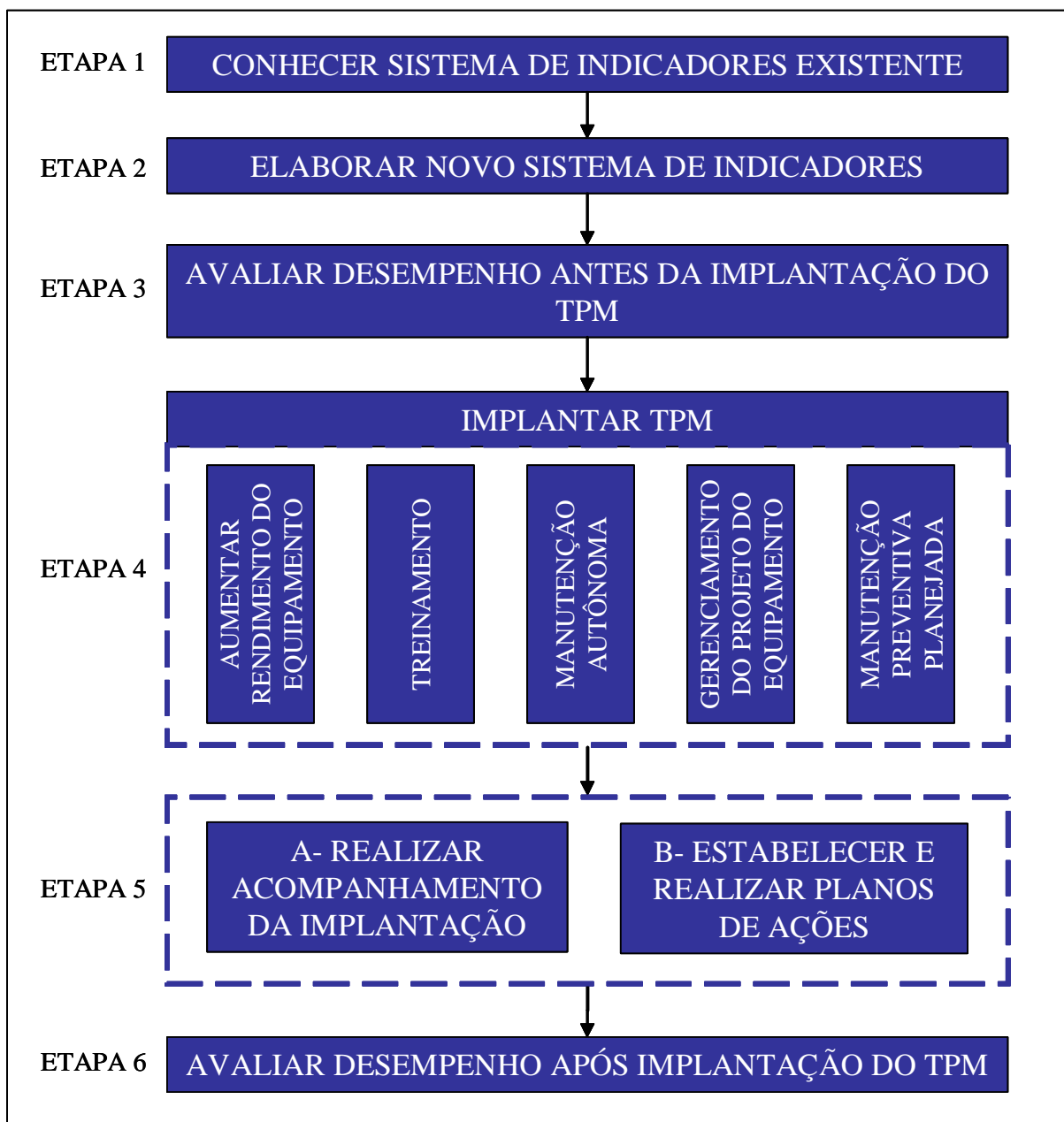


Figura 11 – Modelo de avaliação da implantação do TPM

3.2.1 Etapa 1 – Conhecer Sistema de Indicadores Existente

O objetivo desta etapa é conhecer como funciona a avaliação de desempenho da manutenção dentro da empresa ou departamento antes da implantação do TPM. Um

levantamento de todos os indicadores de desempenho da manutenção que estão sendo utilizados deve ser realizado. Além dos indicadores, as unidades, metas, frequências de medição, tipo, origem dos dados e responsáveis pela evolução do indicador, também devem ser observados. Com relação ao tipo de indicador existem três classificações: “nominal é melhor”, “maior é melhor” ou “menor é melhor”. Estas informações devem ser registradas na tabela 1.

Tabela 1 – Situação atual dos indicadores de manutenção

INDICADOR	UNIDADE	META	FEQUÊNCIA DE MEDIÇÃO	TIPO	ORIGEM DOS DADOS	RESPONSÁVEL

O preenchimento da tabela 1 não deve representar grande dificuldade, porém dois pontos devem ser observados:

- Todos os indicadores utilizados devem ser relatados, mesmo que pareçam absurdos ou redundantes, a avaliação dos mesmos, resultando em exclusão ou inclusão de novos indicadores, será feita na etapa 2.
- Indicadores com falta de informações, como por exemplo a falta de uma meta definida ou de um responsável, também devem ser registrados. As informações faltantes serão definidas na próxima etapa.

3.2.2 Etapa 2 – Elaborar novo sistema de indicadores

Nesta etapa inicialmente deve ser avaliado o sistema de indicadores existente, observado na etapa 1. Caso seja constatado que o mesmo não é adequado deve ser proposto um novo sistema de indicadores. A avaliação do sistema atual e a proposição do novo sistema de indicadores devem utilizar os conceitos do *Balanced Scorecard* (BSC) apresentado na revisão bibliográfica deste trabalho. O propósito de utilizar o BSC é planejar um sistema de

indicadores alinhado com a estratégia da empresa e direcionado para avaliar eficazmente a implantação e o uso do TPM.

Nesta etapa é importante a participação de representantes de todos os departamentos envolvidos: manutenção, produção, engenharia, compras, financeiro e gerência. É fundamental que a equipe que vai participar da elaboração do sistema de indicadores tenha em mente a estratégia da empresa e do departamento, traduzindo isto para o novo sistema de indicadores de manutenção. A seguir são definidos cinco passos necessários para elaboração do novo sistema de indicadores:

1º Passo – Conhecer a estratégia da empresa:

É fundamental para a elaboração do novo sistema de indicadores que a estratégia da empresa seja conhecida. A estratégia deve estar clara para as pessoas envolvidas, uma vez que a mesma deve ser traduzida para o sistema de indicadores.

2º Passo - Separar os indicadores por perspectivas:

Através da utilização do BSC, identificar e separar os indicadores já existentes e descritos na tabela 1 por quatro perspectivas: financeira, clientes, processos internos e aprendizado e crescimento, conforme tabela 2. Com a separação por perspectiva pode-se verificar se existe um balanceamento no sistema de indicadores.

Tabela 2 – Indicadores de manutenção por perspectiva

PERSPECTIVA	INDICADORES
FINANCEIRA	
CLIENTE	
PROCESSOS INTERNOS	
APRENDIZADO E CRESCIMENTO	

3º Passo - Avaliar cada indicador existente e propor novos indicadores:

Este passo é o mais importante, uma vez que serão escolhidos os indicadores que vão dar suporte as tomadas de decisões. Neste passo podem ser alteradas as frequências de monitoramento, forma de aquisição de dados e responsáveis pelos indicadores. Caso algum indicador utilizado não seja representativo, o mesmo deve ser retirado do sistema de indicadores.

Algumas orientações definidas por Kaplan e Norton (1996b) apresentadas no item 2.4.2 deste trabalho, para elaborar um sistema de indicadores, devem ser seguidas pela equipe.

4º Passo - Definir metas para os indicadores escolhidos:

Uma vez definidos os indicadores que serão utilizados, este passo serve para que as metas sejam traçadas. Deve-se definir o que está sendo pretendido com a implantação do TPM, alinhando as metas com a estratégia da empresa. Alguns valores históricos podem ser considerados, porém o ideal é utilizar um estudo de *benchmarking* para definir as metas.

As metas devem ser compatíveis com os recursos disponíveis e ao mesmo tempo desafiadoras, exigindo o máximo da equipe. Por outro lado é desaconselhável estabelecer metas inatingíveis que vão resultar em uma equipe desmotivada.

5º Passo - Redigir o novo sistema de indicadores:

Uma vez definido o novo sistema de indicadores nos passos anteriores, deve ser preenchida a tabela 3, que apresenta todo o sistema de indicadores de manutenção. Além disso, nesta tabela, os indicadores são divididos de acordo com as quatro perspectivas do BSC. É importante ressaltar que o sistema de indicadores não é estático. O sistema pode ser alterado caso necessário, cabendo a equipe envolvida tomar as decisões necessárias.

Tabela 3- Novo sistema de indicadores de manutenção

PERSPECTIVA	INDICADOR	UNIDADE	META	FEQUÊNCIA DE MEDIÇÃO	TIPO	ORIGEM DOS DADOS	RESPONSÁVEL
FINANCEIRA							
CLIENTE							
PROCESSOS INTERNOS							
APRENDIZADO E CRESCIMENTO							

3.2.3 Etapa 3- Avaliar desempenho antes da implantação do TPM

Nesta etapa deve ser aplicado o sistema de indicadores definido na etapa 2 na linha de produção ou departamento em questão. Esta etapa deve ser realizada com atenção especial para tornar o sistema confiável, uma vez que as etapas posteriores serão guiadas pelos resultados medidos através deste novo sistema de indicadores. O período de avaliação sugerido para realizar esta etapa é de três meses.

Antes de iniciar a implantação do TPM, o sistema de indicadores deve estar funcionando e com dados históricos disponíveis. Este histórico será a base para comparação do desempenho antes, durante e após a implantação do TPM, bem como servirá de ferramenta para direcionar os recursos e atividades envolvidas.

Ao final desta etapa as metas traçadas inicialmente devem ser verificadas, uma vez que dados históricos iniciais serão conhecidos. Caso seja observado que algum indicador tem uma meta inicial fácil de ser atingida, a mesma deve ser alterada. Da mesma forma, metas inatingíveis devem ser revistas.

3.2.4 Etapa 4 - Implantar TPM

Para a implantação do TPM é necessário que ocorra uma mudança na cultura da empresa. Como o TPM é uma filosofia voltada para a gestão de perdas, todos os funcionários devem compartilhar esta visão. Os departamentos da empresa devem trabalhar mais próximos, em especial a produção e a manutenção. Esta parceria é apontada como o principal fator crítico para o sucesso do TPM.

Antes de iniciar as atividades do TPM, deve ser elaborado um planejamento para a implantação. Nakajima (1988) apresenta os passos para a implantação do TPM, descritos no item 2.2.4 deste trabalho. O planejamento de implantação deve basear-se nos passos propostos por Nakajima, porém algumas variações podem ocorrer de acordo com aspectos internos da empresa.

Durante a implantação é necessário que sejam consolidados os cinco pilares do TPM. Todos os pilares são fundamentais para o sucesso do TPM dentro da empresa. A implantação destes pilares é comentada baixo:

- **AUMENTAR O RENDIMENTO DO EQUIPAMENTO**

Como visto no capítulo 2 o rendimento global do equipamento (RGE) é o produto da disponibilidade do equipamento, qualidade dos produtos e eficiência da linha de produção. Por ser composto por estes três indicadores o RGE é o indicador que permite quantificar de maneira global as perdas de uma máquina ou uma linha de produção. Em termos de resultados para empresa este pilar é o mais representativo, porém o rendimento do equipamento também está ligado diretamente aos demais pilares.

Trabalhar para aumentar o RGE significa atacar os problemas em três frentes de trabalho: disponibilidade, qualidade e eficiência. O trabalho em pequenos grupos de melhoria pode trazer bons resultados para o rendimento do equipamento. Estes grupos devem ter representantes de vários departamentos para que os recursos disponíveis na empresa sejam utilizados plenamente e o TPM tenha representatividade em toda fábrica. Para promover o rendimento dos equipamentos, três grupos básicos devem ser implantados:

- 1- Grupo manutenção com objetivo de aumentar a disponibilidade dos equipamentos;

- 2- Grupo qualidade com objetivo de melhorar os índices de qualidade dos produtos;
- 3- Grupo engenharia de processo com objetivo de aumentar a eficiência (ou desempenho) da linha de produção.

- **TREINAMENTO**

Este pilar é a base para a implantação do TPM na fábrica, podendo determinar o sucesso ou fracasso do TPM. Alguns dos principais treinamentos a serem realizados são: treinamento dos operadores sobre TPM, treinamento dos operadores sobre funcionamento e manutenções básicas das máquinas, treinamento da equipe de manutenção sobre TPM, treinamento dos departamentos suporte como Engenharia, Utilidades, Almoxarifado e Qualidade sobre TPM.

Não existem regras para definir quais os treinamentos são necessários e quais assuntos devem ser abordados. Cabe aos responsáveis pela implantação do TPM definir o planejamento do pilar treinamento. É interessante que o departamento de recursos humanos auxilie no planejamento dos treinamentos.

- **MANUTENÇÃO AUTÔNOMA**

Este pilar tem fundamental importância na implantação do TPM por envolver diretamente o departamento de produção na execução da manutenção do equipamento. O treinamento dos operadores sobre manutenção básica dos equipamentos é fundamental para que a manutenção autônoma traga resultados positivos, caso contrário pode comprometer o funcionamento dos mesmos. As atividades mais complexas devem permanecer sob responsabilidade do departamento de manutenção.

Outro aspecto importante é a motivação dos operadores ao sentirem-se responsáveis por suas máquinas através dos conceitos de manutenção autônoma. Esta responsabilidade é traduzida em diagnósticos iniciais de melhor qualidade sobre falhas, facilitando o trabalho da manutenção; maior cuidado ao operar o equipamento, reduzindo significativamente quebras de máquinas por erro de operação e aumento da motivação dos funcionários.

- **GERENCIAMENTO DO PROJETO DO EQUIPAMENTO**

A parceria entre a Engenharia de Projetos e a Manutenção é a base para o sucesso deste pilar. Um grupo de trabalho com representantes da Engenharia e Manutenção deve ser montado para desenvolver este pilar, onde o propósito é evitar problemas futuros nos equipamentos atuando na fase de projeto dos mesmos.

O grupo deve promover alterações de projeto não só para novos equipamentos, mas também para os equipamentos existentes. Estas alterações são baseadas na experiência adquirida com os equipamentos existentes. O benefício que este pilar pode trazer é a diminuição da necessidade de manutenção e o aumento da confiabilidade dos equipamentos. A longo prazo pode ser obtida uma redução nos custos de manutenção dos equipamentos.

- **MANUTENÇÃO PREVENTIVA PLANEJADA**

Inicialmente deve ser verificado se já existe um plano de Plano de Manutenção Preventiva (PMP) sendo utilizado. Caso não exista um PMP, o mesmo deve ser implantado, pois independente da implantação do TPM, esta é uma ferramenta básica dentro da Manutenção. A existência do PMP não garante que as metas da manutenção serão atingidas, é necessário avaliar o funcionamento deste plano e a qualidade da execução das atividades.

Independente do PMP já existir ou ser iniciado durante a implantação do TPM, o importante é saber se o mesmo está alinhado com as metas do departamento. Um erro muito comum nos PMP é a não priorização dos equipamentos “gargalo” de produção ou dos equipamentos que envolvem risco de acidente. Para que isto não ocorra deve ser feito um estudo para identificar quais equipamentos serão prioritários e que conseqüentemente deverão receber maior atenção na elaboração do plano de preventiva.

Para facilitar a priorização deve ser estabelecido algum critério para dividir os equipamentos em grupos por ordem de importância. Um critério que pode ser utilizado é a classificação ABC. O critério a ser utilizado é apresentado na figura 12.

Nível	Fatores de avaliação	Questão	Padrão de Avaliação		
			1	2	3
S	Segurança	Por causa de uma falha:	existe risco de acidente	existe risco de acidente, mas existem dispositivos de prevenção	não existe risco de acidente
A	Ambiente	Por causa de uma falha:	existe risco de acidente ambiental	existe risco de acidente ambiental, mas existem dispositivos de prevenção	não existe risco de acidente ambiental
Q	Qualidade	Por causa de uma falha:	são gerados refugos não recuperáveis	são gerados refugos recuperáveis	não são gerados refugos
V	Velocidade trabalho (real/nominal)	Velocidade de Trabalho (real / nominal):	$v > 1,2$	$1 < V < 1,2$	$V < 1$
T	Tempo de trabalho	Turnos de Trabalho:	3 Turnos	2 Turnos	1 Turno
P	Perda de produção	Por causa de uma falha:	pára a linha e não há modo degradado	pára a linha e há modo degradado	não pára a linha
F	Frequência falha mensal	Frequência de falha mensal:	> 3 falhas/mês	$1 < \text{falhas/mês} < 3$	$\text{falhas/mês} < 1$
M	Mantenabilidade MTTR	Tempo médio para reparação (MTTR):	$\text{MTTR} > 2$ hora	$0,5 < \text{MTTR} < 1$ h	$\text{MTTR} < 0,3$ h

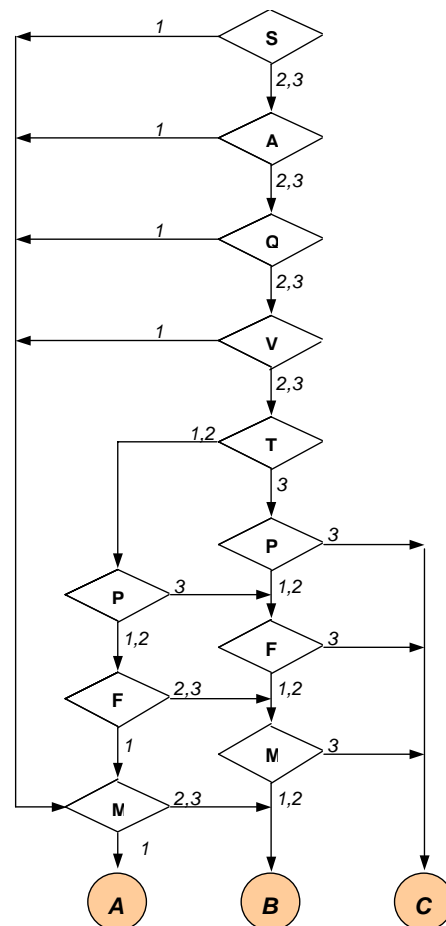


Figura 12 – Critério ABC para priorização de equipamentos

Para os equipamentos “A” (alta prioridade) a carga horária de preventiva deve ser maior e o intervalo entre a programação das manutenções deve ser menor. Já para equipamentos classificados como “C” (baixa prioridade) somente as manutenções básicas devem ser planejadas e com intervalos maiores entre as manutenções.

Após a revisão do PMP, o monitoramento da quantidade e qualidade da execução deste plano é fundamental para o sucesso da Manutenção. Uma vez definido o PMP, o mesmo deve ser cumprido nas datas estipuladas para trazer os resultados desejados.

3.2.5 Etapa 5A- Realizar acompanhamento da implantação

Através do sistema de indicadores definido, verificar o desempenho do departamento, relacionando os resultados com as atividades do TPM e seus pilares. Neste momento devem ser identificados os pontos fracos do departamento e gargalos de produção. Equipamentos com elevado número de panes e problemas de qualidade ou desempenho devem ser identificados através dos indicadores e tratados de maneira diferenciada. Os grupos de melhoria devem ser os responsáveis por analisar os indicadores de desempenho e identificar onde as perdas ocorrem e tratá-las.

Os resultados da mudança que o TPM proporciona podem aparecer rapidamente, porém uma avaliação a médio e longo prazo é mais indicada. Cobrar muitos resultados em curto prazo pode comprometer todo o trabalho.

3.2.6 Etapa 5B- Estabelecer e realizar planos de ações

Após o início do acompanhamento da implantação do TPM (etapa 5 A), a sistemática de elaboração dos planos de ações deve ser iniciada. O propósito destes planos de ações é direcionar os recursos disponíveis para eliminar os desvios apresentados nos resultados dos indicadores. Através dos planos de ações é possível corrigir as deficiências já na fase de implantação, tornando pró-ativa a gestão do TPM.

A gestão dos planos de ações deve ser feita pelo responsável do indicador que não atingir a meta estabelecida. A figura 13 ilustra o critério para elaboração de um plano de ação.

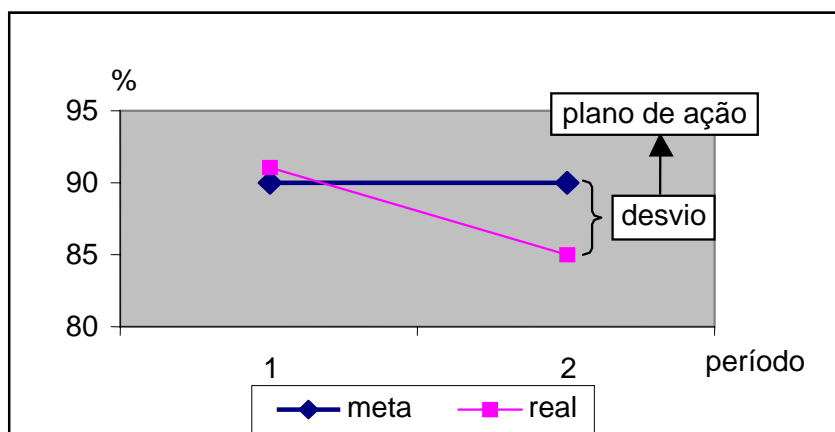


Figura 13 - Critério para abertura de plano de ação para um indicador exemplo

3.2.7 Etapa 6- Avaliar desempenho após implantação do TPM

Após o TPM estar implantado, avaliar o desempenho através do sistema de indicadores, identificando a evolução do departamento como um todo. Nesta etapa será possível verificar qual foi o impacto da implantação do TPM nos indicadores e por consequência os ganhos ou perdas para a fábrica.

Os resultados observados na etapa 3 (antes da implantação) devem ser comparados com os resultados medidos na etapa 7 (após a implantação do TPM). A partir desta comparação será possível identificar em quais indicadores o TPM tem influência e se a mesma é positiva ou negativa.

4 APLICAÇÃO DO MODELO DE AVALIAÇÃO DE IMPLANTAÇÃO DO TPM: O CASO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO AUTOMOTIVA

4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A validação da aplicabilidade e consistência do modelo proposto no capítulo 3 deste trabalho foi realizada através da sua aplicação em uma linha de produção do setor de pintura de veículos automotivos. O estudo que será apresentado neste capítulo limitou-se ao departamento de pintura, o qual recebe a carroceria soldada em chapa nua e é responsável por fornecer a carroceria pintada para o departamento de montagem.

4.1.1 O Departamento de Pintura

O departamento de pintura automotiva da empresa em estudo conta com aproximadamente 120 operadores (mão-de-obra direta) e mais 60 funcionários (mão-de-obra suporte) divididos entre as áreas de engenharia, manutenção, limpeza técnica, custos, recursos humanos, fornecedores internos e gerência. A capacidade produtiva projetada para esta linha de pintura é de 44 veículos / hora. O número de operadores pode ser considerado baixo, justificado pelo alto grau de automatização da linha, superior a 60%. O grau de automatização da linha é a razão entre o número de postos de trabalho automatizados pelo número total de postos de trabalho.

Dentro do departamento de pintura, a equipe de manutenção é responsável pelo funcionamento dos equipamentos, realizando as intervenções corretivas, preventivas e preditivas. Além de realizar a manutenção, a equipe executa pequenas melhorias nos equipamentos, visando aumentar a disponibilidade, eficiência e qualidade.

A equipe da manutenção é dividida em engenharia e execução. A engenharia é composta por um supervisor de manutenção, dois técnicos e um estagiário. A equipe de execução é composta por um líder e dez técnicos (mecânicos e eletrotécnicos). O pesquisador atua na empresa como supervisor de manutenção.

4.1.2 O processo de pintura automotiva

A planta em estudo utiliza o processo de pintura automotiva com tinta a base de água. As etapas do processo são apresentadas no fluxograma da figura 14. Após o fluxograma cada etapa do processo é descrita.

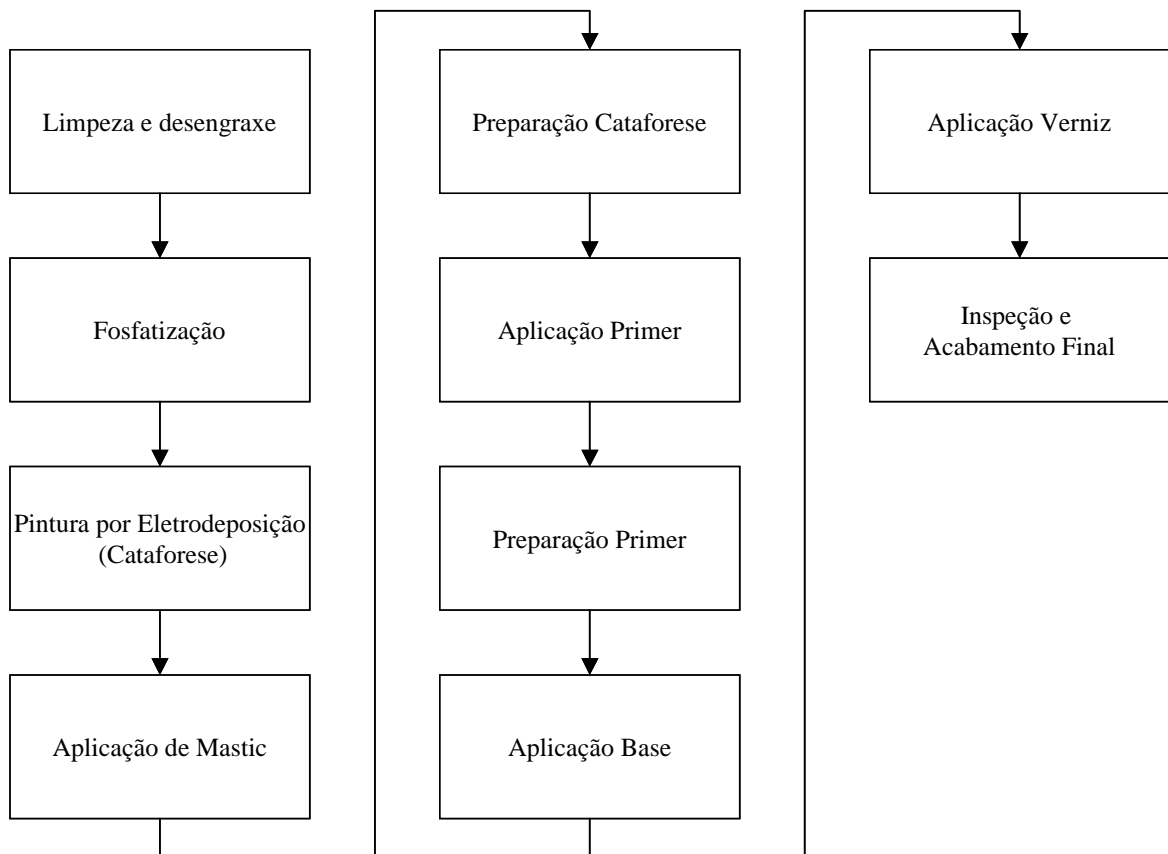


Figura 14- Fluxograma do processo da linha de pintura automotiva

ETAPA 1- Limpeza e desengraxe

Este estágio remove as impurezas provenientes das etapas anteriores do processo (estampagem e soldagem da carroceria). Basicamente estas impurezas são óleos e limalhas metálicas. A limpeza e desengraxe da carroceria é realizada em uma linha automatizada, utilizando-se um produto denominado desengraxante. Este processo consiste na lavagem da carroceria através de jatos *spray* e posterior imersão em tanques.

ETAPA 2- Fosfatização

As carrocerias limpas provenientes do desengraxe, em um processo automatizado, são imersas em uma solução a base de fosfato, formando pequenos cristais que preenchem os defeitos microscópicos das chapas de aço, diminuindo a rugosidade e favorecendo a aplicação de tinta nas etapas posteriores.

Após a aplicação de fosfato, as carrocerias são imersas em um tanque para passivação e posteriormente passam por uma lavagem através de jatos de água.

ETAPA 3- Pintura por Eletrodeposição (Cataforese)

O processo de cataforese consiste na pintura da carroceria por eletrodeposição de tinta e também é conhecido por *E-Coat*. Sua função é aplicar uma camada de tinta em todas as partes metálicas da carroceria, com o propósito de evitar a corrosão. Através da aplicação de uma corrente elétrica contínua no processo, a carroceria a ser pintada assume uma polaridade e o banho de tinta uma polaridade contrária, com isto a tinta se deposita em todas as partes metálicas de forma uniforme.

Após a aplicação de tinta dentro do banho a carroceria é lavada para remoção do excesso de tinta e segue para a estufa de secagem da Cataforese.

ETAPA 4- Aplicação de Mastic

Este processo, também conhecido como calafetação, tem como objetivos a vedação contra entrada de poeira e água em certas regiões e o isolamento acústico do interior do veículo. Nas carrocerias provenientes da Cataforese é aplicado um produto denominado mastic, que consiste em uma massa a base de PVC (policloreto de vinila).

A aplicação nas carrocerias é feita sob alta pressão através de pistolas manuais ou robôs. As principais regiões onde é aplicado o mastic são: junções de chapas, flanges, pára-lamas e no assoalho do veículo. Após a aplicação de mastic a carroceria segue para uma estufa aonde ocorre a cura do produto. Antes de seguir até a próxima etapa a carroceria passa por um resfriador, para tornar possível o trabalho de preparação da cataforese.

ETAPA 5- Preparação da Cataforese

Nesta etapa as carrocerias provenientes do processo de aplicação de Mastic são inspecionadas. Todos os defeitos originados na pintura por Cataforese, principalmente grãos (impurezas), são removidos através de lixamento e posterior limpeza. O objetivo é ter uma camada de tinta limpa e sem grãos para facilitar o processo posterior.

ETAPA 6- Aplicação de *Primer*

A aplicação do *primer* é feita sobre a camada de cataforese, sendo importante para a durabilidade, protegendo contra a corrosão. Além de aumentar a durabilidade da pintura o *primer* serve como preparação para aplicação da camada de base. As impurezas de menor porte são encobertas pela camada de *primer* facilitando a obtenção de um aspecto satisfatório na aplicação da base.

A aplicação do *primer* pode ser feita manualmente ou por máquinas automáticas. A cor do *primer* é selecionada em função da cor final do veículo, sendo que são utilizados três tipos: claro, médio e escuro. Após a aplicação da tinta a carroceria é direcionada para a estufa de *primer*, aonde ocorre a cura do produto.

ETAPA 7- Preparação do *Primer*

Nesta etapa, de forma semelhante a preparação da cataforese, as carrocerias são inspecionadas e quando necessário as mesmas são lixadas nos pontos onde são encontrados impurezas. Após o lixamento ocorre a limpeza da carroceria e a mesma é enviada ao processo de aplicação de base.

ETAPA 8- Aplicação de Base

A tinta denominada base é responsável pela coloração final do veículo, além de proteger as camadas anteriores. A aplicação é manual no interior do veículo e automática na região externa do mesmo.

Após a aplicação da base, são utilizadas estufas para a cura da tinta. Antes de seguir para a etapa posterior a carroceria passa por um resfriador, reduzindo a temperatura e facilitando a aplicação do verniz.

ETAPA 9- Aplicação de Verniz

Utilizando máquinas automáticas ou processo manual é aplicado o verniz, que representa a proteção para a camada de base, além de ser responsável pelo brilho da pintura. Do mesmo modo que ocorre nos processos anteriores de aplicação de tinta a cura do verniz ocorre através do uso de estufas.

ETAPA 10- Inspeção e polimento

Nesta linha, todas as carrocerias pintadas são avaliadas de maneira criteriosa. Os defeitos são avaliados e caso sejam de fácil remoção, podem ser sanados através de lixamento e polimento. Para defeitos críticos, opta-se pela repintura da carroceria, retornando a mesma ao processo.

4.2 RESULTADOS OBTIDOS COM A IMPLANTAÇÃO DO TPM

Com o objetivo de validar o modelo proposto no capítulo 3 foi definida uma equipe de trabalho responsável por implantar as etapas previstas neste modelo. O grupo que realizou o trabalho foi composto pela equipe de manutenção (supervisor e técnicos) com a participação de representantes da produção, engenharia e a gerência do departamento.

A seguir, a implantação das etapas que compõe o modelo são detalhadas e os resultados obtidos são apresentados.

4.2.1 Etapa 1 – Sistema de Indicadores (SI) existente

Nesta etapa foram verificados quais indicadores estavam sendo utilizados e apenas foi realizado o registro dos mesmos, sem qualquer alteração. A tabela 4 apresenta o SI que estava sendo utilizado pela equipe de manutenção antes da aplicação do modelo.

Tabela 4 - Situação atual dos indicadores de manutenção da linha de pintura

INDICADOR	UNIDADE	META	FEQUÊNCIA DE MEDIÇÃO	TIPO	ORIGEM DOS DADOS	RESPONSÁVEL
Disponibilidade (D)	%	95	Mensal	Maior é melhor	<i>Software</i> CUBE	Estagiário
Rendimento operacional (Ro)	%	x	Mensal	Maior é melhor	<i>Software</i> PSF	Analista de desempenho
<i>Turn over</i> dos técnicos (To)	%	1,5	Mensal	Menor é melhor	Supervisor	Estagiário
Custo peças de reposição/carro produzido (CPR)	R\$/carro	x	Mensal	Menor é melhor	<i>Software</i> SAP/R3	Supervisor

4.2.2 Etapa 2 – Novo Sistema de Indicadores

Conforme definido no modelo apresentado no capítulo 3, na etapa 2 é desenvolvido o novo SI. Esta etapa é dividida em cinco passos, que são detalhados a seguir.

O 1º passo consiste em conhecer a estratégia da empresa, que será fundamental para a seqüência do trabalho. A estratégia da empresa em estudo é dividida em cinco eixos estratégicos apresentados a seguir:

1. Divulgar a identidade da marca;
2. Ser a empresa mais competitiva no mercado em qualidade, custos e prazos;

3. Participar da internacionalização do grupo;
4. Desenvolver os valores do grupo;
5. Manifestar nosso sucesso através de nossos resultados financeiros.

A partir da estratégia da empresa, a direção industrial traduziu para o departamento de produção a estratégia industrial, enfatizando o segundo eixo: a busca pela eliminação das perdas de produção, seja por qualidade, disponibilidade ou eficiência. Para viabilizar esta estratégia uma das práticas definidas como fundamentais foi o TPM. O quarto eixo também foi desdobrado para a área produtiva através da valorização do conhecimento dos colaboradores, aspecto que teoricamente é fortalecido pela prática do TPM.

No 2º passo desta etapa, os indicadores foram classificados em quatro perspectivas de acordo com o BSC (*Balanced Scorecard*): financeira, clientes, processos internos e aprendizado e crescimento. Esta classificação é apresentada na tabela 5. Após esta separação por perspectivas, verificou-se que o balanceamento no SI não estava adequado. A perspectiva processos internos, por exemplo, não estava sendo avaliada por nenhum indicador.

Para a realização desta etapa, deve ser destacado que a cultura da empresa em estudo define que o cliente interno da manutenção é o departamento de produção, que é o usuário dos equipamentos. O cliente externo é o consumidor final.

Tabela 5 – Indicadores de manutenção da linha de pintura por perspectiva antes da avaliação

PERSPECTIVA	INDICADORES
FINANCEIRA	Custo de peças de reposição/carro produzido (CPR)
CLIENTE	Rendimento operacional (Ro)
	Disponibilidade (D)
PROCESSOS INTERNOS	x
APRENDIZADO E CRESCIMENTO	<i>Turn over</i> dos técnicos (To)

O 3º Passo consistiu na avaliação dos indicadores existentes e proposição de novos indicadores. Inicialmente os indicadores já utilizados foram avaliados. Para cada indicador foi feita uma análise crítica e definido se o mesmo seria mantido ou não. A base para a avaliação e proposição dos indicadores foi à estratégia da direção industrial da empresa e o que se espera com a implantação do TPM. Na tabela 6 segue a avaliação de cada indicador.

Tabela 6 – Avaliação dos indicadores já utilizados

Indicador	Avaliação do grupo	Será utilizado?
Disponibilidade (D)	Demonstra quanto tempo os equipamentos estão disponíveis para produzir e por conseqüência o tempo das perdas por paradas. Como a eliminação das perdas é o foco da estratégia industrial da empresa, este indicador é fundamental para o SI.	Sim
Rendimento operacional (Ro)	O Ro nada mais é do que o produto entre Disponibilidade (D) e Eficiência (Ef). Como a disponibilidade já faz parte do SI, o Ro pode ser substituído pela própria Ef.	Não
Turn over dos técnicos (To)	Medir o To sob o aspecto de aprendizado e crescimento pode significar um erro grave. Um To baixo significa que os funcionários permanecem por um longo período na empresa. Porém o tempo de permanência dos funcionários na empresa pode não ser diretamente proporcional ao seu nível de conhecimento ou seu desempenho.	Não
Custo de peças de reposição / carro produzido (CPR)	As despesas de manutenção podem ser divididas em serviços e peças. Para os serviços, a maior parcela tem um custo fixo (salários e terceirizações). Então a maior despesa variável da manutenção é o consumo de peças de reposição, que tem um impacto razoável no custo do produto final. Com base na estratégia industrial, que determina que os custos sejam extremamente competitivos, este indicador é importante para o SI.	Sim

Depois de analisados os indicadores existentes, foram mantidos somente os que o grupo considerou significativos, conforme avaliação da tabela 6. Em seguida foram propostos novos indicadores pela equipe de trabalho. Os novos indicadores escolhidos são apresentados na tabela 7.

Tabela 7 – Proposição de novos indicadores

Indicador	Avaliação do grupo
Qualidade (Q)	Este indicador já é monitorado pela Produção, porém a Manutenção não estava envolvida. Como o processo de pintura utilizado é bastante automatizado, a qualidade dos carros depende muito do desempenho e condição de funcionamento das máquinas. Outro fator importante é que a busca constante do aumento na qualidade faz parte da estratégia da empresa.
Eficiência (Ef)	Aumentar a Ef da fábrica é uma prioridade da direção industrial da empresa. Sob o ponto de vista do TPM medir a Ef é importante para detectar micro paradas e perdas por redução de velocidade (diferença entre a velocidade real e a de projeto).
Rendimento global do equipamento (RGE)	Este indicador é o produto da Disponibilidade, Eficiência e Qualidade. Mesmo com estes três indicadores já escolhidos para compor o SI, o RGE apresenta uma medida global do desempenho do equipamento, sendo um dos pilares do TPM.
% Manutenção preventiva realizada (PRV)	A manutenção preventiva planejada é um dos pilares do TPM. Sob o ponto de vista da manutenção, medir a PRV mostra qual o nível de organização interna da manutenção. A não execução do plano de preventiva também pode significar um elevado número de horas gastas com manutenção corretiva.
Taxa de polivalência (TP)	Medir qual a abrangência do conhecimento de cada técnico significa saber se o mesmo está evoluindo dentro da empresa. Como o processo de pintura é complexo e extenso, é muito difícil que um técnico consiga dominar plenamente todas as etapas. O treinamento (um dos pilares do TPM) dos técnicos em um número maior de equipamentos garante o crescimento e motivação da equipe. A estratégia industrial da empresa também prioriza a valorização do conhecimento.

Depois de definidos quais indicadores vão compor o SI da manutenção para avaliação do TPM, os mesmos foram divididos novamente em quatro perspectivas de acordo com o BSC. A tabela 8 apresenta esta divisão, que tem a função de garantir um SI balanceado.

Tabela 8 – Indicadores de manutenção da linha de pintura por perspectiva após avaliação

PERSPECTIVA	INDICADORES
FINANCEIRA	Custo de peças de reposição / carro produzido (CPR)
CLIENTE	Disponibilidade (D)
	Qualidade (Q)
	Eficiência (Ef)
	Rendimento global do equipamento (RGE)
PROCESSOS INTERNOS	% Manutenção preventiva realizada (PRV)
APRENDIZADO E CRESCIMENTO	Taxa de polivalência (TP)

No 4º Passo foi realizada a definição de metas para os indicadores escolhidos. Com o sistema de indicadores definido, as metas foram traçadas pelo grupo de trabalho, levando-se em conta o que está sendo pretendido com o TPM na fábrica e a estratégia da empresa. Valores históricos para alguns indicadores foram considerados. Além disso, um estudo de *benchmarking* foi realizado para a definição das metas. Alguns valores foram obtidos junto as demais fábricas do grupo, que são os casos da Disponibilidade, Qualidade e Preventiva. Os demais valores foram retirados da literatura sobre TPM.

Na tabela 9 estão resumidos os valores obtidos através do *benchmarking* realizado pela equipe de manutenção e o histórico da fábrica. Além destes valores também estão definidas as metas para cada indicador. As metas foram divididas em dois estágios para a fase de implantação: 1º estágio compreendendo o início da implantação do TPM até dezembro 2002 e 2º estágio de janeiro de 2003 até o término da implantação. Após a fase de implantação do TPM, foi traçada uma meta, que será revisada periodicamente.

Tabela 9- Metas para o sistema de indicadores escolhido

Indicador	CPR	D	Q	Ef	RGE	PRV	TP
Benchmarking	n/d	98,0%	94,0%	95,0%	85,0%	100,0%	n/d
Histórico	R\$ 14,10	93,6%	81,8%	80,6%	61,5%	n/d	45,0%
Meta 1º estágio	R\$ 14,00	95,0%	90,0%	85,0%	72,7%	90,0%	50,0%
Meta 2º estágio	R\$ 14,00	96,0%	90,0%	89,0%	76,9%	95,0%	55,0%
Meta Após implantação	R\$ 14,00	96,5%	90,0%	90,0%	78,2%	100,0%	60,0%

No 5º Passo é finalizado o novo SI definido nos passos anteriores com as metas finais estipuladas. A tabela 10 apresenta o novo sistema de indicadores de manutenção definido pela equipe. As frequências de medição e os responsáveis foram definidos pelo grupo de trabalho.

Tabela 10- Novo sistema de indicadores de manutenção da linha de pintura

PERSPECTIVA	INDICADOR	UNIDADE	META FINAL	FREQUÊNCIA DE MEDIÇÃO	TIPO	ORIGEM DOS DADOS	RESPONSÁVEL
FINANCEIRA	CPR	R\$/carro	14,00	SEMANAL	Menor é melhor	Software SAP/R3	Supervisor
CLIENTE	D	%	96,5	DIÁRIA	Maior é melhor	Software Cube	Técnico Sr.
	Q	%	90,0	DIÁRIA	Maior é melhor	Software PSF	Operador Sr.
	Ef	%	90,0	SEMANAL	Maior é melhor	Software PSF	Técnico Sr.
	RGE	%	78,2	SEMANAL	Maior é melhor	Manual	Técnico Sr.
PROCESSOS INTERNOS	PRV	%	100,0	SEMANAL	Maior é melhor	Software Coswin	Técnico Sr.
APRENDIZADO E CRESCIMENTO	TP	%	60,0	SEMESTRAL	Maior é melhor	Manual	Supervisor

4.2.3 Etapa 3- Desempenho antes da implantação do TPM

Depois de definido o SI a ser utilizado, foi iniciada a medição de desempenho da linha de pintura. Com o objetivo de avaliar o impacto do TPM nos indicadores, foram coletados dados referentes aos três meses que antecederam a implantação do mesmo. A seguir são apresentados os resultados dos indicadores que compõe o SI.

1. CUSTO DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO (CPR):

A figura 15 apresenta o desempenho antes da implantação do TPM para o CPR. Este indicador é calculado dividindo-se a despesa total de peças de reposição utilizadas nos equipamentos da linha de Pintura pelo volume de carros produzido no mesmo período. A fonte dos dados para cálculo do CPR é o *software* de ERP (*enterprise resource planning*) chamado SAP R/3. A grande variação no resultado mensal é associada a necessidade de utilização de peças de elevado valor, fato ocorrido no mês de janeiro de 2002.

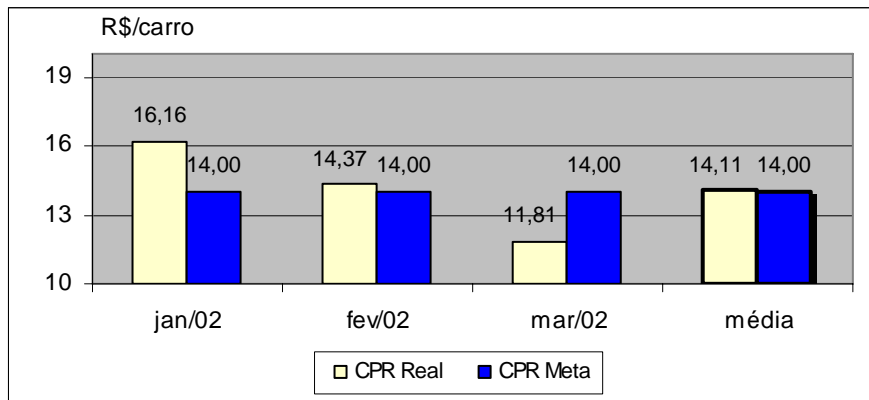


Figura 15- Custo de peças de reposição/carro (CPR) antes do TPM

2. DISPONIBILIDADE (D):

A D da linha de pintura antes da implantação do TPM é apresentada na figura 16. Conforme visto na fundamentação teórica deste trabalho a D expressa a razão entre o tempo de funcionamento do equipamento sobre o tempo total de produção (tempo de funcionamento somado ao tempo do equipamento parado).

Os tempos de paradas de máquinas são extraídos do *software* chamado Cube. O valor médio da disponibilidade nos três meses que antecederam a implantação do TPM foi de 95,9% para uma meta de 95%, demonstrando que a meta deve ser mais ousada. A ocorrência de paradas longas (acima de uma hora) nos equipamentos penaliza o resultado mensal.

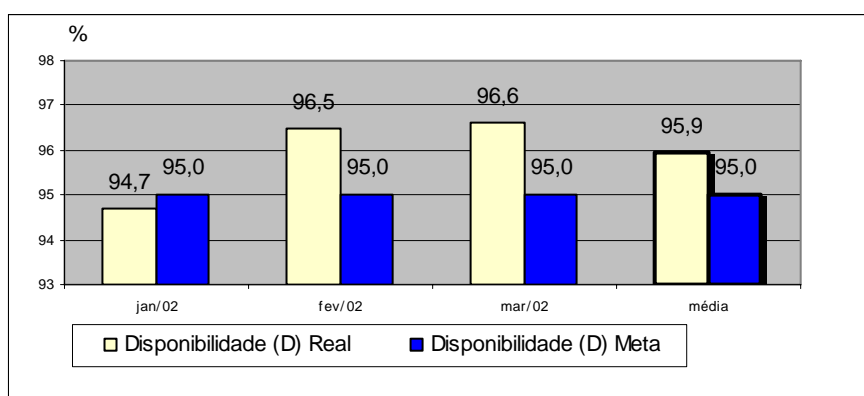


Figura 16- Disponibilidade (D) antes do TPM

3. QUALIDADE (Q):

O indicador de Q da linha é apresentado na figura 17. Este indicador representa a razão entre o número de carros aprovados na linha de inspeção pelo número total de carros produzidos (aprovados + enviados para retrabalho). Os problemas de qualidade no departamento de pintura em geral ocorrem de forma acentuada, sendo chamados de “crise”, gerando um grande número de carros retrabalhados. A Q é obtida através de um *software* chamado PSF desenvolvido pela própria empresa.

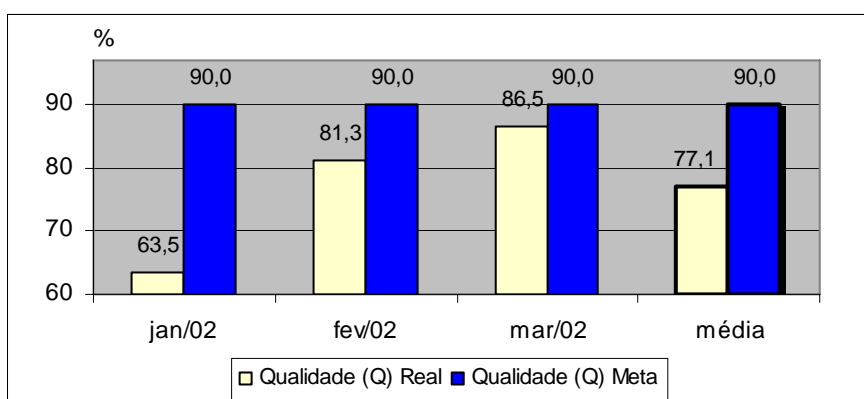


Figura 17- Qualidade (Q) antes do TPM

4. EFICIÊNCIA (Ef):

A figura 18 apresenta a Ef da linha de pintura antes da implantação do TPM. Como visto no capítulo 2, a Ef expressa as perdas relacionadas à velocidade da linha e micro paradas. Da mesma forma que a qualidade, a Ef é calculada a partir de dados fornecidos pelo *software* PSF.

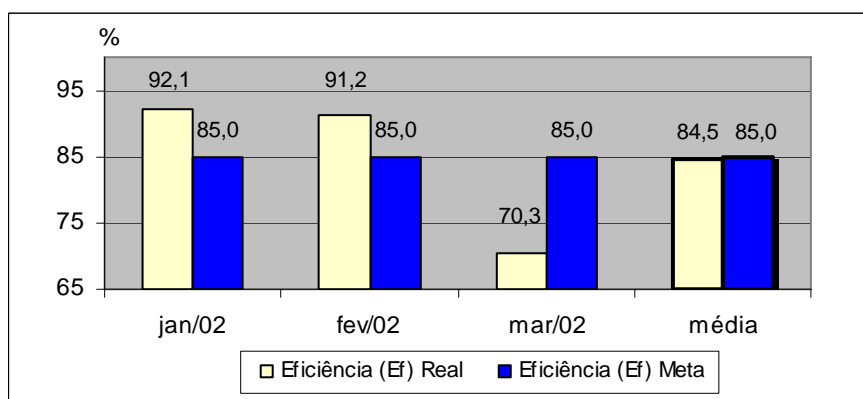


Figura 18- Eficiência (Ef) antes do TPM

5. RENDIMENTO GLOBAL DO EQUIPAMENTO (RGE):

Os valores de RGE antes da implantação do TPM na linha de Pintura são apresentados na figura 19. É importante destacar que os resultados são para a linha como um todo e não para um determinado equipamento.

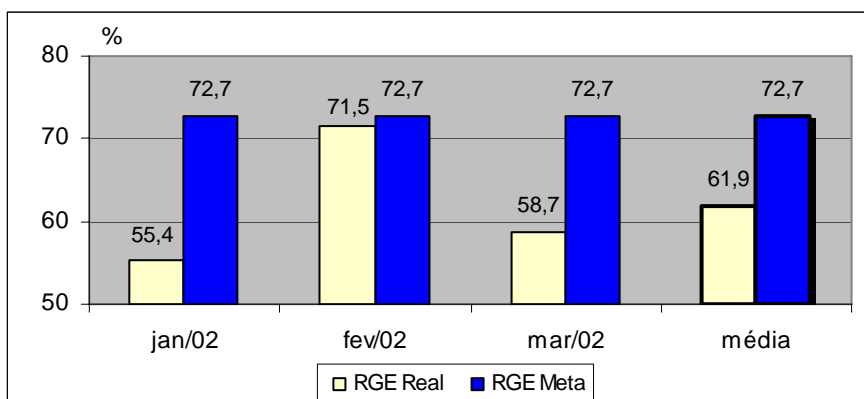


Figura 19- Rendimento Global do Equipamento antes do TPM

6. % MANUTENÇÃO PREVENTIVA REALIZADA (PRV):

A figura 20 apresenta o indicador de Preventiva (PRV) avaliado no departamento de Pintura. Esta taxa expressa a razão entre as ordens de serviço de preventiva realizadas pelo número total de ordens de preventiva planejadas para um determinado período.

Os valores para este indicador são obtidos através de um *software* chamado Coswin, que é a ferramenta utilizada para gerenciar todas as ordens de serviço de manutenção na fábrica.

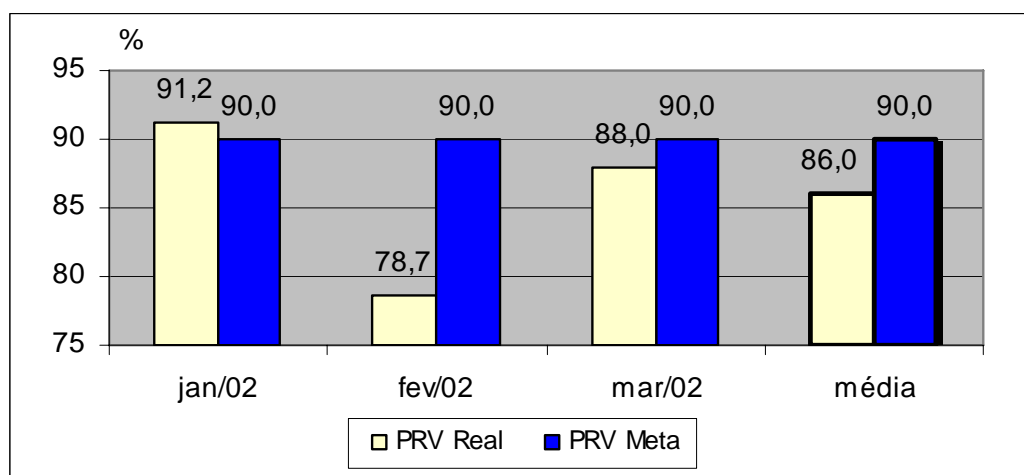


Figura 20- Preventiva (PRV) antes do TPM

7. TAXA DE POLIVALÊNCIA (TP):

Esta taxa mede o conhecimento da equipe sobre os equipamentos e processos através de uma avaliação individual de cada técnico. Uma TP individual é obtida a partir da razão entre o número de equipamentos e processos que o técnico domina pelo número total de equipamentos e processos existentes na linha de Pintura. A média da TP individual é a TP do departamento. A figura 21 mostra o resultado antes da implantação do TPM no departamento.

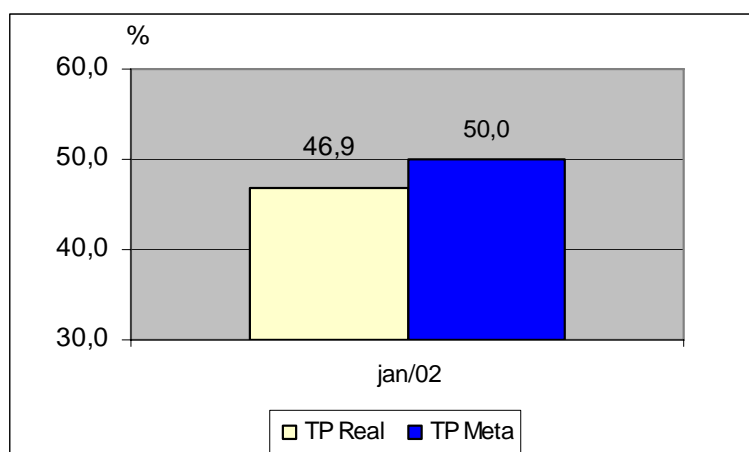


Figura 21- Taxa de polivalência (TP) antes do TPM

4.2.4 Etapa 4- Implantação do TPM

A implantação do TPM na linha de produção em estudo ocorreu através da aplicação dos conceitos e técnicas de forma simples e objetiva. Grande parte do planejamento e das ações de implantação foram originadas dentro do próprio departamento de pintura. A mudança cultural foi um dos pontos mais enfatizados pela equipe responsável por implantar o TPM.

A implantação do TPM no departamento de Pintura seguiu os seguintes passos:

- 1- Divulgação da decisão de implantar o TPM por parte da gerência;
- 2- Treinamento e campanha para introdução do TPM;
- 3- Criação de equipes para promover o TPM - pequenos grupos de melhoria;
- 4- Treinamento para melhoria dos conhecimentos de operação e manutenção;
- 5- Criação do programa para manutenção autônoma:
 - a. Limpeza inicial;
 - b. Medidas contra fontes de sujeira /degradação;
 - c. Formulação de procedimentos de limpeza e lubrificação;

- d. Inspeção geral;
 - e. Inspeção autônoma;
 - f. Padronização;
- 6- Progresso do rendimento global do equipamento;
- 7- Revisão do programa de manutenção planejada no departamento de manutenção;
- 8- Criação do programa para gerenciamento inicial do equipamento;
- 9- Implantação completa e alto nível de TPM.

A partir dos nove passos definidos para a implantação do TPM, os cinco pilares propostos por Nakajima (1989) foram implantados. A seguir são descritas as particularidades da implantação de cada pilar dentro do departamento de Pintura:

- **AUMENTAR O RENDIMENTO DO EQUIPAMENTO**

Para desenvolver este pilar foram montados três grupos de trabalho: grupo máquinas, grupo qualidade e grupo tempo de ciclo. Os três grupos tinham um objetivo comum: eliminar as perdas no processo produtivo ou, em outras palavras, aumentar o Rendimento Global da linha de pintura. A tabela 11 apresenta informações sobre os participantes dos grupos de melhoria, bem como os objetivos e indicadores que sofrerão impactos.

Tabela 11- Apresentação dos grupos de melhoria

GRUPO	DEPARTAMENTOS PARTICIPANTES	OBJETIVOS	INDICADORES
MÁQUINAS	1-Manutenção 2-Produção 3-Engenharia 4- Fornecedor de tinta	- Reduzir paradas de equipamentos - Eliminar defeitos de qualidade	1- Disponibilidade 2- Qualidade
QUALIDADE	1-Manutenção 2-Produção 3-Engenharia 4- Fornecedor de tinta	- Reduzir o número de carros repintados - Diminuir número de defeitos / veículo	1- Qualidade
TEMPO DE CICLO	1-Manutenção 2-Produção 3-Engenharia	- Identificar equipamentos “gargalo” na linha - Reduzir os tempos de ciclo dos “gargalos”	1- Eficiência

- **TREINAMENTO**

O início da consolidação deste pilar na linha de produção em estudo foi marcado pelo treinamento de todos os colaboradores, incluindo os fornecedores internos, sobre os conceitos e a filosofia do TPM. Este treinamento foi ministrado por pessoas da equipe de manutenção.

Depois de conhecidos todos os conceitos sobre TPM, a próxima etapa foi dirigida a equipe de produção, que recebeu treinamento sobre operação e manutenção básica dos equipamentos. Devido a complexidade da linha de pintura ocorreram vários treinamentos divididos de acordo com os processos existentes. Os operadores receberam treinamento

somente sobre as máquinas que já operavam, para que fosse possível um razoável grau de aprofundamento. Estes treinamentos também foram ministrados pela equipe de manutenção.

Após os treinamentos para o pessoal de produção, foram iniciados os treinamentos para a equipe de manutenção. Diversos treinamentos foram realizados através dos fornecedores dos equipamentos. O objetivo destes treinamentos foi de formar uma equipe de manutenção de alto nível. A última etapa foi treinar a equipe de manutenção em um número maior de processos, com o objetivo de desenvolver a polivalência.

• MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

Este pilar foi iniciado após o treinamento dos operadores sobre as máquinas. As atividades consistiram em seis etapas de acordo com o planejamento de implantação do TPM:

- 1- Limpeza inicial: nesta etapa os equipamentos foram limpos pelos operadores, sendo retirado excesso de óleos e graxas, além de restos de produto. O objetivo da limpeza é facilitar a inspeção do equipamento em busca de anomalias;
- 2- Medidas contra fontes de sujeira /degradação: os operadores em conjunto com a equipe da manutenção, puderam fazer pequenas melhorias para evitar acúmulo de sujeira ou degradação da máquina. O principal objetivo é incentivar a realização de melhorias nos equipamentos;
- 3- Formulação de procedimentos de limpeza e lubrificação: os próprios operadores, apenas com auxílio da manutenção, escreveram os procedimentos a serem realizados na automanutenção. O objetivo aqui é manter os equipamentos em condições normais de operação;
- 4- Inspeção geral: os operadores com a participação da manutenção realizaram inspeções nas máquinas a partir do conhecimento adquirido no treinamento. A inspeção geral tem como objetivo identificar problemas antes que ocorram e assim reduzir as perdas. Nesta etapa foi iniciado o uso de etiquetas para sinalizar os problemas encontrados. As etiquetas da cor azul são utilizadas para sinalizar problemas que a produção tem

condições de resolver. Já as etiquetas vermelhas são relacionadas a problemas que necessitam de intervenção da manutenção;

- 5- Inspeção autônoma: aqui os operadores já estavam em condições de realizar inspeções sem a necessidade da presença da manutenção. O objetivo é comum ao da inspeção geral;
- 6- Padronização: uma ação conjunta entre produção e manutenção foi realizada para escrever as fichas de automanutenção, com o objetivo de padronizar as atividades de manutenção que os operadores vão realizar.

Após o término deste pilar foi observada uma grande motivação por parte dos operadores. Outra consequência foi a redução do número de panes por erros de operação.

• **GERENCIAMENTO DO PROJETO DO EQUIPAMENTO**

Os trabalhos relativos a este pilar se concentraram em uma mudança cultural nas atuações da Manutenção e da Engenharia. O envolvimento maior da equipe de Manutenção em todas as etapas do projeto, incluindo a fase de fabricação do equipamento, foi um dos acordos firmados entre os dois departamentos.

A principal vantagem da participação da Manutenção foi o uso da experiência da equipe e do histórico de falhas, resultando em projetos de equipamentos mais confiáveis. Além de novos projetos, algumas alterações em equipamentos já existentes foram desenvolvidas, porém o ideal é que isto não seja necessário, uma vez que o custo é bem superior. As alterações devem ocorrer na fase conceitual do equipamento, onde o custo é muito inferior.

O objetivo com a implantação do pilar Gerenciamento do Projeto do Equipamento foi reduzir ao máximo a necessidade de manutenção através do aumento da confiabilidade do equipamento. Nos casos onde não é possível eliminar a necessidade de manutenção, a orientação é desenvolver um equipamento que facilite as ações de reparo.

Com relação ao uso de peças e componente de máquinas, a equipe de Manutenção definiu junto ao departamento de Engenharia duas orientações:

- 1- Utilizar materiais, peças e subconjuntos padronizados de acordo com os já existentes na fábrica;
- 2- Utilizar itens nacionais sempre que possível;

O objetivo destas orientações é facilitar a obtenção das peças de reposição, preferencialmente com itens já existentes em estoque. Estas orientações são comuns a todos os novos projetos.

• **MANUTENÇÃO PREVENTIVA PLANEJADA**

Os trabalhos deste pilar foram desenvolvidos pelo supervisor e técnicos que executam as preventivas. A participação dos executores na elaboração foi de extrema importância pelo conhecimento profundo do equipamento.

A primeira ação foi levantar todo o conteúdo existente do plano de manutenção preventiva em uso. Após isto foi dado início a classificação dos equipamentos pelo critério ABC, que define o grau de prioridade.

Com a classificação ABC, os equipamentos considerados “gargalos” pela produção foram priorizados. Após a classificação foi realizada uma revisão em todo plano de preventiva existente. A revisão do plano consistiu em alterar o conteúdo das fichas de preventiva, as frequências de execução e conseqüentemente o número de horas planejadas por equipamento.

Como resultado da implantação do pilar de Preventiva, o acompanhamento da execução das preventivas por parte da engenharia de manutenção foi iniciado. O objetivo foi melhorar a qualidade da preventiva.

4.2.5 Etapa 5 A- Acompanhamento da implantação

Nesta etapa os indicadores que compõe o SI continuaram a ser avaliados, porém agora sob a influência da implantação do TPM. O período de avaliação foi determinado pelo tempo utilizado para implantação da filosofia TPM no departamento. Esta implantação ocorreu em 13 meses, iniciando em abril de 2002 com término em abril de 2003.

A medição de desempenho ocorreu em todos os meses, com exceção de dezembro de 2002, período que não houve produção na fábrica. A seguir são apresentados os resultados dos 7 indicadores que compõe os SI.

1- CUSTO DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO (CPR):

O resultado medido para o CPR é apresentado na figura 22. Observa-se oscilação nos valores, com resultados reais acima da meta de R\$ 14,00 /carro. Não foi possível associar de maneira clara a implantação do TPM com as oscilações no CPR.

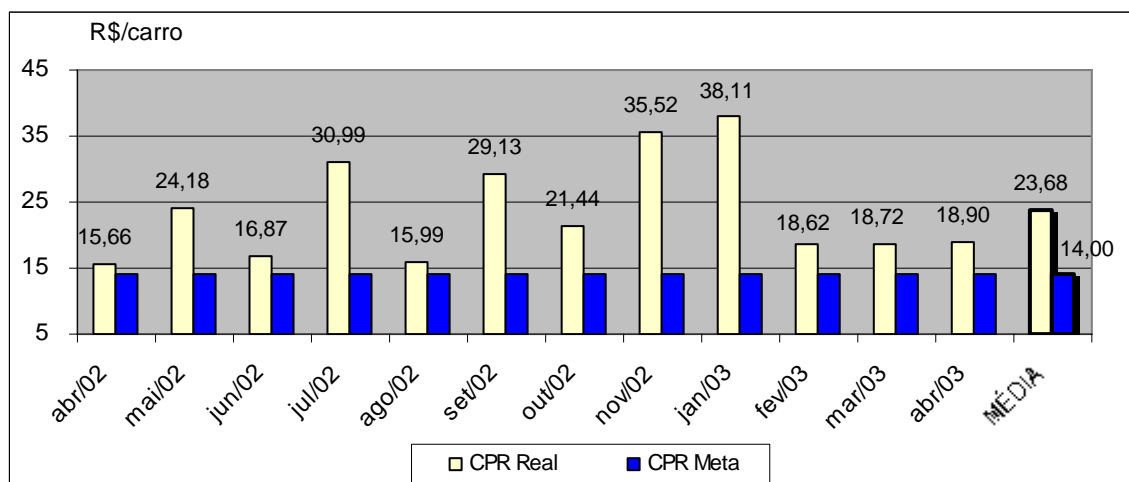


Figura 22- Custo de peças de reposição /carro (CPR) durante implantação do TPM

2- DISPONIBILIDADE (D):

Este indicador apresentou evolução logo após o início da implantação do TPM, atingindo a meta já no terceiro mês, conforme demonstra a figura 23. Após seis meses de trabalho a evolução foi significativa, alcançando o patamar de 98% de disponibilidade. Estes

resultados demonstraram que a implantação do TPM teve impacto positivo na Disponibilidade.

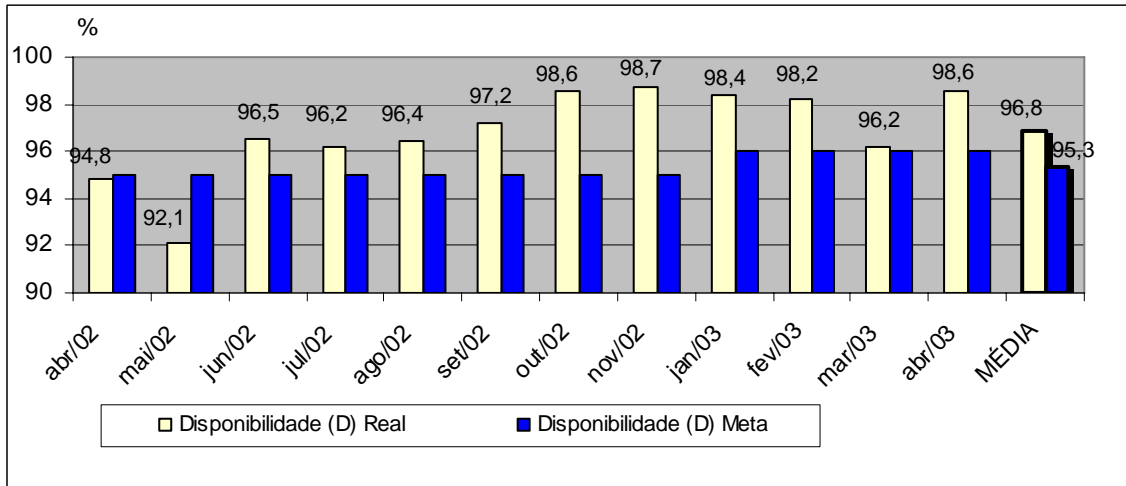


Figura 23- Disponibilidade (D) durante implantação do TPM

3- QUALIDADE (Q):

Este indicador apresentou uma leve evolução no início dos trabalhos do TPM, porém a mesma não se manteve ao longo da implantação. Em apenas três ocasiões a meta de 90% foi alcançada. Os valores medidos para este indicador são apresentados na figura 24. Os resultados observados demonstram que a implantação do TPM teve razoável contribuição para elevar a Qualidade durante a fase de implantação.

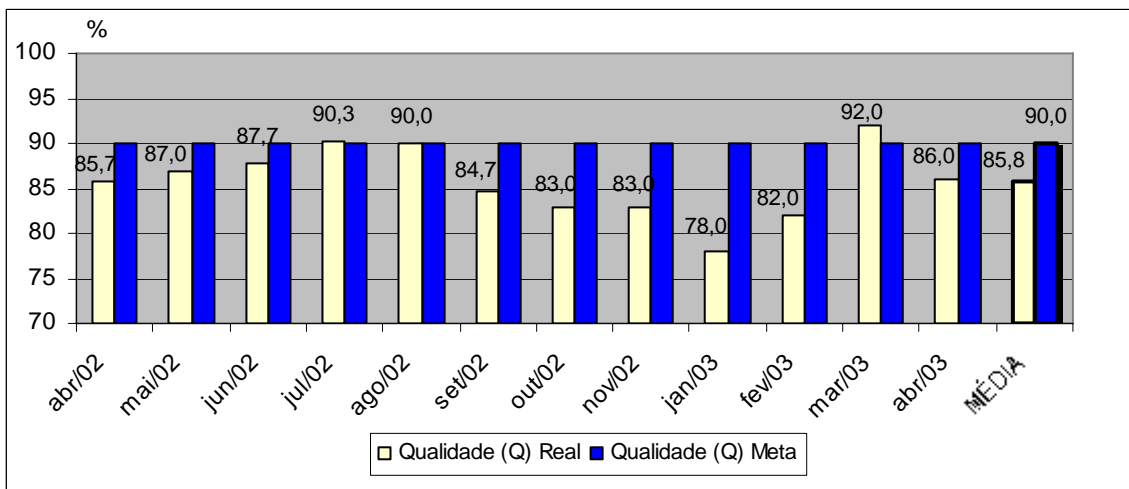


Figura 24- Qualidade (Q) durante implantação do TPM

4- EFICIÊNCIA (Ef):

Os resultados da implantação do TPM foram bastante positivos sob o aspecto de eficiência da linha de produção. A partir do sétimo mês foi possível manter o indicador acima da meta de 85%. Em virtude do bom resultado obtido em 2002 a meta passou a ser de 90% em janeiro de 2003. Na figura 25 são apresentados os resultados da Ef da linha de pintura.

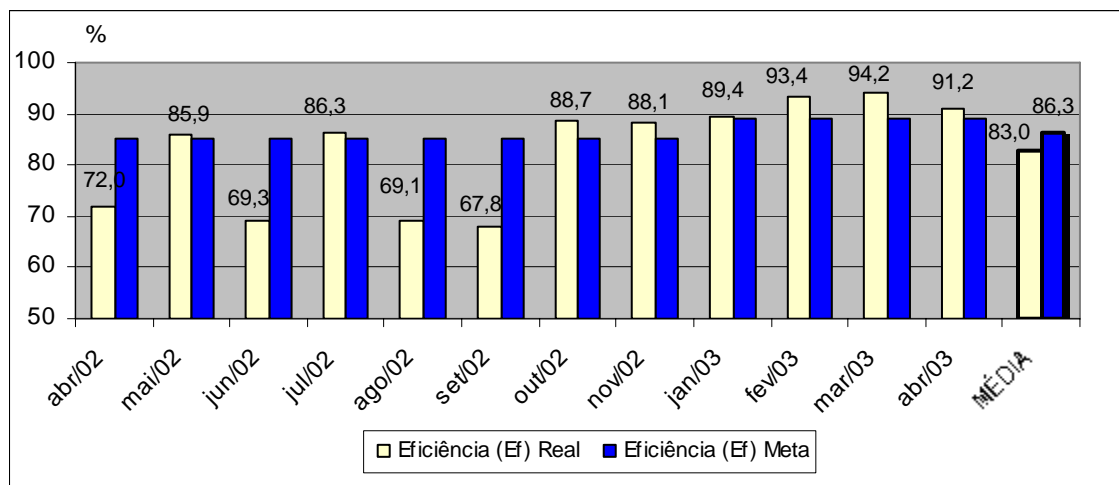


Figura 25- Eficiência (Ef) durante implantação do TPM

5- RENDIMENTO GLOBAL DO EQUIPAMENTO (RGE):

Como este indicador é diretamente proporcional a disponibilidade e eficiência, com a evolução de ambas, ocorreu uma melhora no resultado do RGE nos meses finais dos trabalhos de implantação do TPM. A figura 26 apresenta os resultados mês a mês para este indicador.

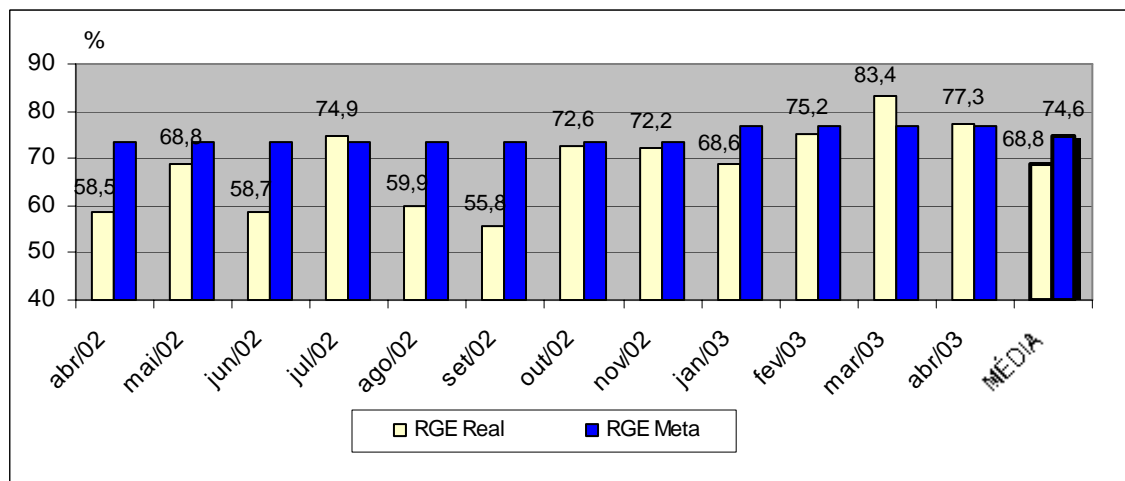


Figura 26- Rendimento global do equipamento (RGE) durante implantação do TPM

6- % MANUTENÇÃO PREVENTIVA REALIZADA (PRV):

Com os trabalhos realizados sobre a manutenção preventiva a partir da implantação do TPM, este indicador apresentou uma significativa evolução. A meta que era de 90% em 2002 passou a 95% em 2003, sendo atingida em 9 meses dos 12 avaliados. A figura 27 demonstra os resultados da PRV durante a fase de implantação do TPM, destacando-se os três últimos meses, onde todo plano de preventiva foi realizado nas datas planejadas.

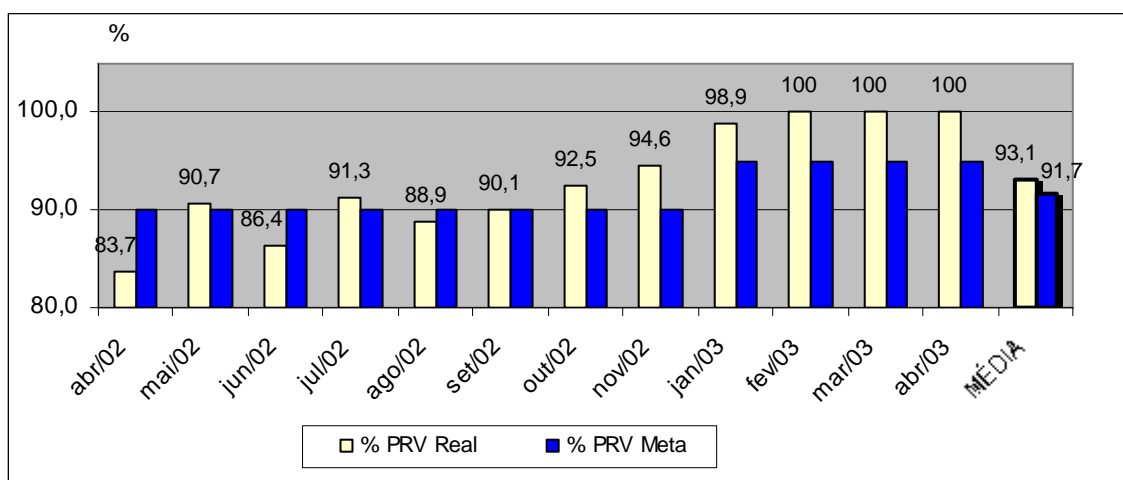


Figura 27 - Preventiva (PRV) durante implantação do TPM

7- TAXA DE POLIVALÊNCIA (TP):

A figura 28 traz o resultado do indicador TP durante a fase de implantação do TPM. Observou-se que a partir da utilização dos conceitos do TPM, o domínio dos técnicos sobre os processos dentro da planta de Pintura cresceu, favorecendo a gestão dos trabalhos de manutenção. O comportamento da equipe de manutenção foi positivo com os treinamentos que foram promovidos e com a ampliação de suas áreas de atuações.

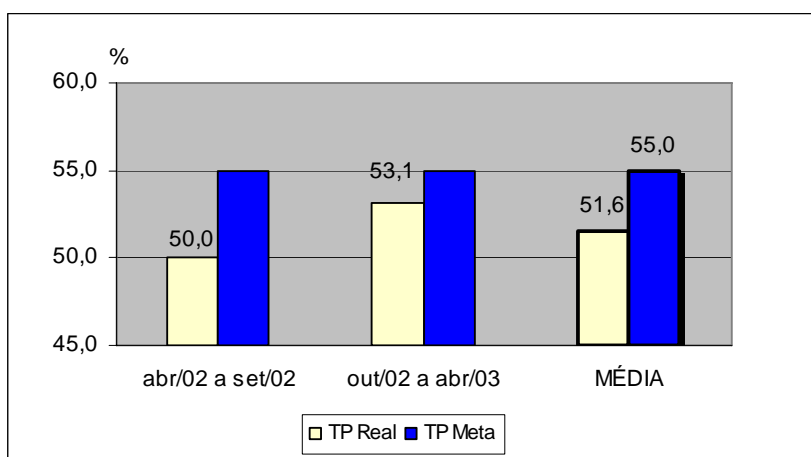


Figura 28- Taxa de polivalência (TP) durante implantação do TPM

4.2.6 Etapa 5 B- Estabelecer e realizar planos de ações

Com a utilização do sistema de indicadores para avaliar o impacto do TPM no departamento de pintura, freqüentemente foram elaborados planos de ações com o objetivo de atingir as metas estabelecidas. Estes planos de ações são iniciados a partir da sistemática apresentada no capítulo 3.

Os planos de ações implantados durante este trabalho foram classificados em dois grupos: curto prazo e longo prazo. Esta classificação ocorreu levando-se em conta a complexidade das ações e os custos envolvidos.

Os planos de curto prazo são estabelecidos para ações específicas, com o objetivo de corrigir um desvio rapidamente, normalmente são ações de ordem técnica e sem necessidade de investimento. Exemplos de planos de curto prazo são: pequenas melhorias em equipamentos, alterações em fichas de inspeção (*check lists*) ou fichas de manutenção preventiva.

Já os planos de ações de longo prazo são empregados para situações mais complexas, com a participação da equipe de engenharia de manutenção e outros departamentos, envolvem decisões gerenciais e demandam investimentos. Alguns exemplos são modificações em processos e compra de equipamentos.

Comparativamente os planos de curto prazo foram abertos numa frequência muito maior que os de longo prazo, fato considerado normal pela equipe de trabalho em virtude das características citadas anteriormente. Em função desta quantidade elevada e da simplicidade das ações, os planos de curto prazo não serão registrados neste trabalho.

A tabela 12 apresenta os planos de ações de longo prazo que foram elaborados durante a implantação do modelo desenvolvido no capítulo 3.

Tabela 12- Planos de ação de longo prazo

PLANO	PRINCIPAIS AÇÕES	PILOTO	PRAZO
Redução do custo de peças de reposição (CPR)	1- Nacionalizar os itens de valor e consumo elevados. 2- Desenvolver fornecedores de recuperação de peças usadas ou danificadas.	Supervisor de Manutenção	Dez/02
Alteração no processo de filtragem de tinta	1- Mudança nos circuitos de tinta. 2- Instalação de filtros de tinta no processo.	Supervisor de Engenharia	Jan/03
Revisão do Plano de Manutenção Preventiva	1- Classificação ABC dos equipamentos. 2- Adequação da carga horária com a mão-de-obra disponível.	Supervisor de Manutenção	Jan/03
Redução do Tempo de Ciclo nos equipamentos gargalo	1- Alteração / melhoria no <i>software</i> e <i>hardware</i> dos equipamentos. 2- Alterações de <i>lay out</i> 3- Mudança no balanceamento de linha	Supervisor de Engenharia	Out/02

4.2.7 Etapa 6- Desempenho após implantação do TPM

Após o término da fase de implantação do TPM no departamento de Pintura o desempenho continuou a ser medido através do SI, passando a fazer parte do dia-a-dia da equipe.

Especificamente para este trabalho foram considerados os três meses subsequentes ao término da fase de implantação. O objetivo é verificar quais foram os ganhos reais para a empresa através da utilização do TPM. A seguir são apresentados os resultados para os sete indicadores que compõe do SI.

1. CUSTO DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO (CPR):

A figura 29 apresenta o resultado após a implantação do TPM para o indicador Custo de Peças de Reposição (CPR). Os valores realizados ficaram acima da meta estabelecida, porém não ficou explícita a relação da utilização do TPM com a variação no consumo de peças de reposição.

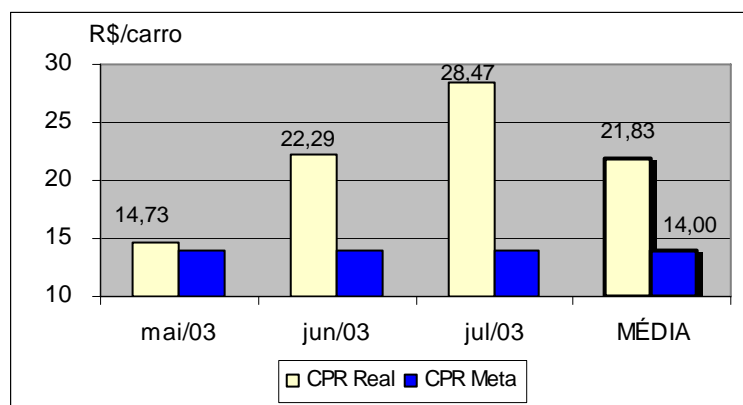


Figura 29- Custo de peças de reposição/carro (CPR) após implantação do TPM

2. DISPONIBILIDADE (D):

O resultado para o indicador Disponibilidade (D) após a implantação do TPM é apresentado na figura 30. Fica claro que o TPM permitiu manter os resultados de D estáveis e

em patamares acima da meta. O número de paradas de máquina teve uma redução sensível, contribuindo para atingir os volumes diários de produção.

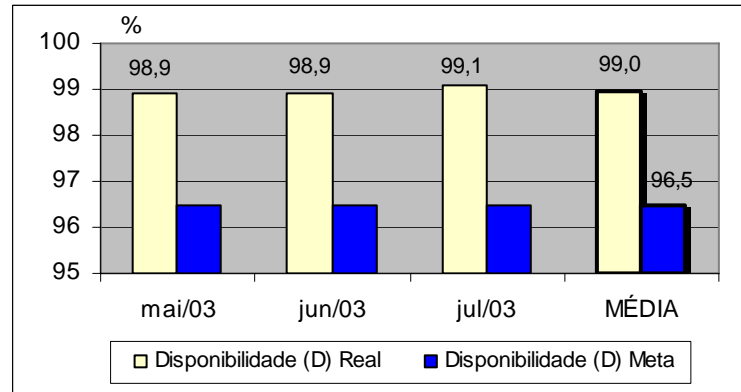


Figura 30- Disponibilidade (D) após implantação do TPM

3. QUALIDADE (Q):

A figura 31 apresenta o resultado após a implantação do TPM para o indicador Qualidade (Q). Embora os índices de Q tenham ficado abaixo da meta, foram atingidos patamares razoáveis, se comparados aos resultados antes e durante a implantação do TPM.

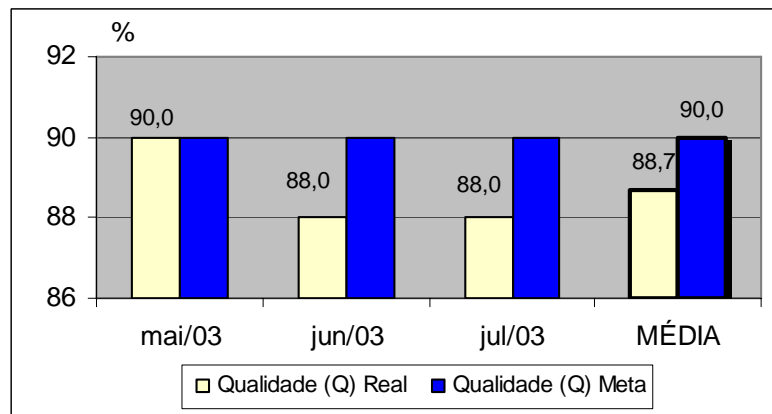


Figura 31- Qualidade (Q) após implantação do TPM

4. EFICIÊNCIA (Ef):

Após a fase de implantação do TPM, o resultado medido para o indicador Eficiência (Ef) é apresentado na figura 32.

Confirmando a tendência desde o início do TPM, o impacto na Ef foi extremamente positivo. As ações desenvolvidas pelo TPM serviram para eliminar gargalos importantes na linha de produção.

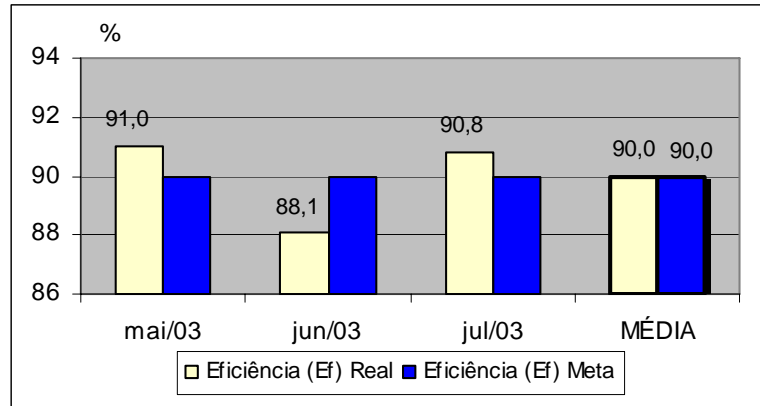


Figura 32- Eficiência (Ef) após implantação do TPM

5. RENDIMENTO GLOBAL DO EQUIPAMENTO (RGE):

A figura 33 apresenta o resultado após a implantação do TPM para o Rendimento Global do Equipamento (RGE). Como resultado da melhora significativa da Disponibilidade e da Eficiência e razoável melhora na Qualidade, o Rendimento Global do equipamento teve excelente desempenho e atingiu a meta estipulada.

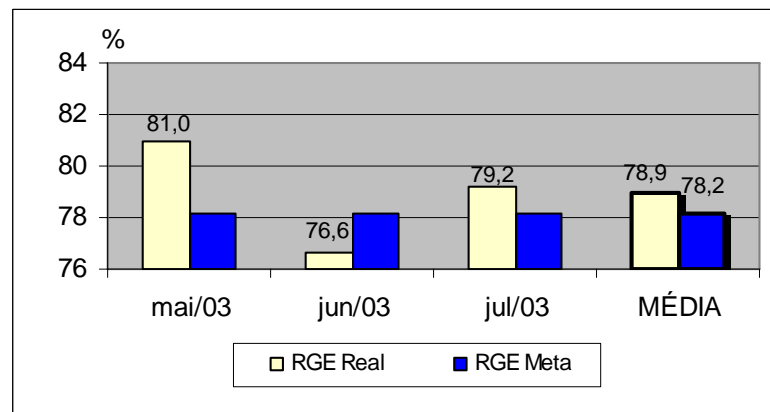


Figura 33- Rendimento global do equipamento (RGE) após implantação do TPM

6. % MANUTENÇÃO PREVENTIVA REALIZADA (PRV):

O resultado obtido após a implantação do TPM para o indicador % Manutenção Preventiva Realizada (PRV) é apresentado na figura 34. Fica evidente que a facilidade para que o Plano de Manutenção Preventiva fosse realizado dentro dos prazos programados foi resultado do trabalho de TPM na planta de Pintura.

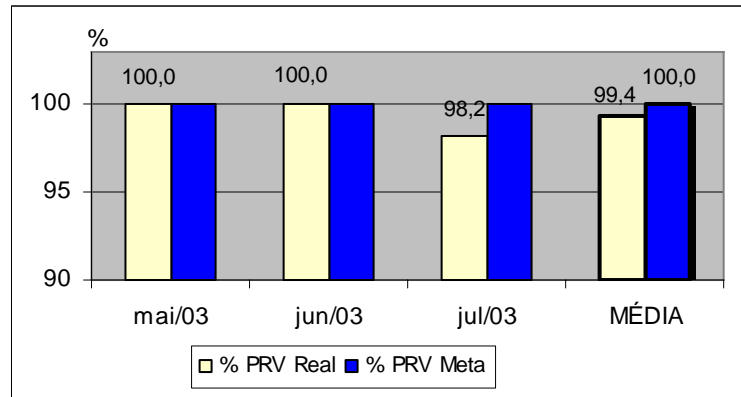


Figura 34- Preventiva (PRV) após implantação do TPM

7. TAXA DE POLIVALÊNCIA (TP):

A figura 35 apresenta o resultado após a implantação do TPM para o indicador Taxa de Polivalência (TP). O resultado ficou abaixo da meta, mas manteve a tendência de crescimento demonstrada desde o início da implantação do TPM.

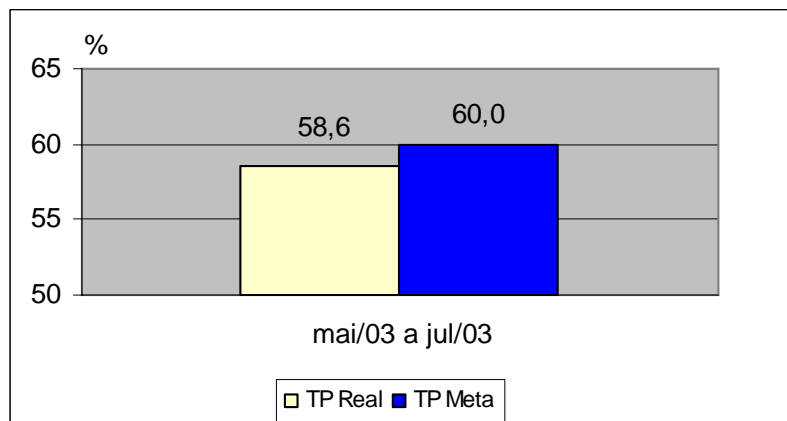


Figura 35- Taxa de polivalência (TP) após implantação do TPM

4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Após a implantação do modelo proposto foi realizada uma análise dos indicadores com o objetivo de quantificar o ganho ou perda realizada. Esta análise consistiu em comparar as médias dos resultados de cada indicador em três fases distintas: antes; durante e após a implantação do modelo proposto.

1. CUSTO DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO (CPR):

Conforme valores observados na figura 36, os valores do Custo de peças de reposição ficaram acima da meta estabelecida. A análise para este indicador, apesar do resultado negativo, é que não fica explícito que o gasto com peças de reposição tenha aumentado em função das atividades relacionadas ao TPM.

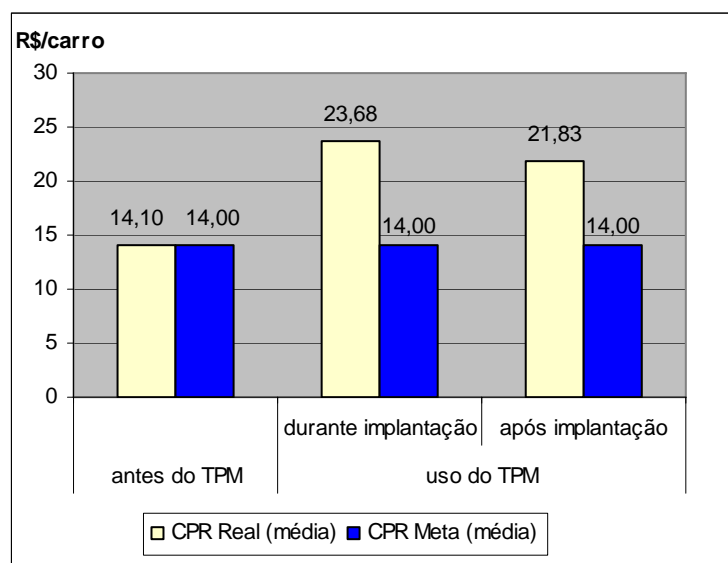


Figura 36- Impacto do TPM no custo de peças de reposição (CPR)

2. DISPONIBILIDADE (D):

A Disponibilidade (D) superou a meta final definida para a implantação do TPM que era de 96,5%. Além disso, superou até o *Benchmarking* de 98%, demonstrando que o TPM proporcionou forte eliminação de perdas por parada de máquinas. A figura 37 apresenta os valores médios de D.

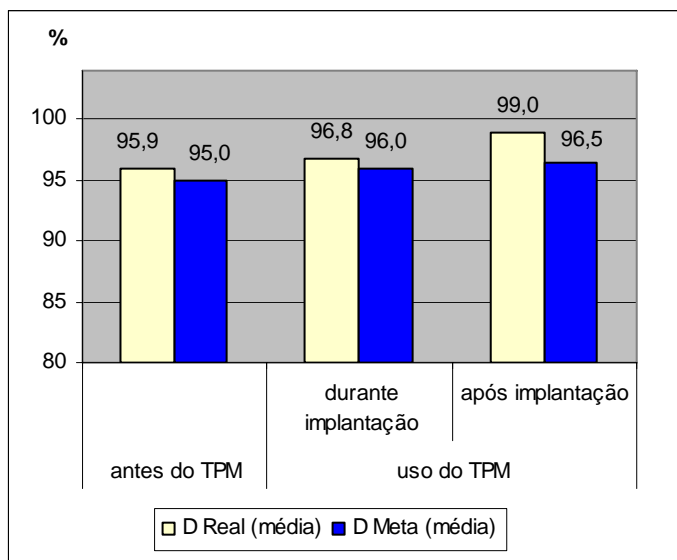


Figura 37- Impacto do TPM na disponibilidade (D)

3. QUALIDADE (Q):

No indicador de Qualidade (Q), o TPM proporcionou uma evolução, porém o resultado não cumpriu a meta estabelecida de 90%. Mesmo sem cumprir a meta, o resultado obtido foi satisfatório pela evolução, conforme se observa na figura 38.

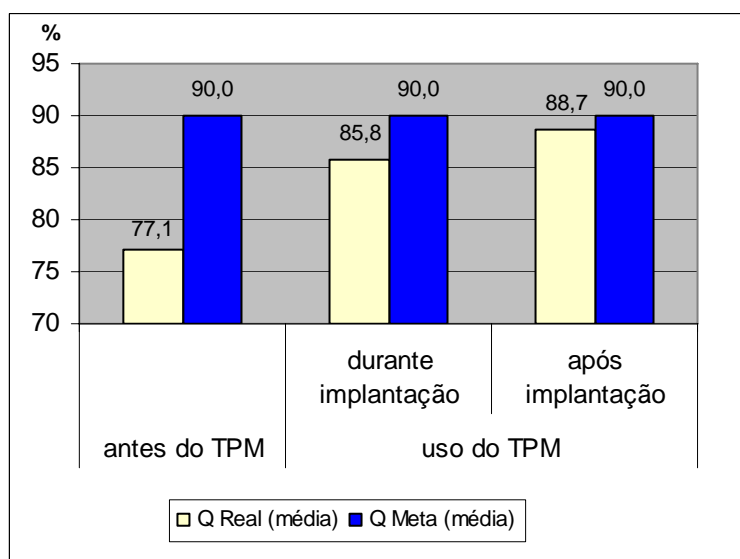


Figura 38- Impacto do TPM na Qualidade (Q)

4. EFICIÊNCIA (Ef):

Uma grande conquista realizada através da utilização dos conceitos do TPM foi a redução do tempo de ciclo da linha de Pintura, atingindo o tempo de ciclo de projeto pela primeira vez na história da fábrica. Este ganho possibilitou aumentar a eficiência da linha.

Conforme a figura 39 este indicador apresentou queda no resultado comparando-se os períodos “antes” e “durante” a implantação do TPM, porém depois de finalizada a implantação, o ganho foi significativo, inclusive com o cumprimento da meta estabelecida. Este ganho expressivo ao final da implantação é explicado pela finalização com sucesso dos planos de ações sobre os gargalos da linha de produção.

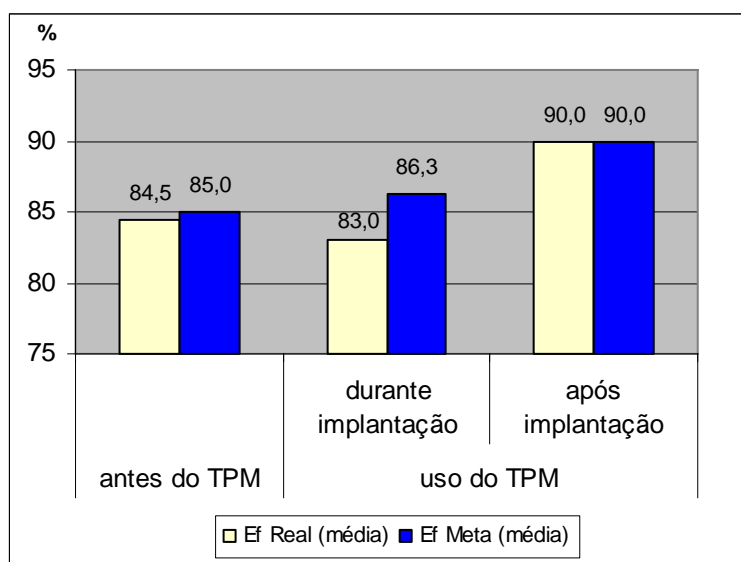


Figura 39- Impacto do TPM na Eficiência (Ef)

5. RENDIMENTO GLOBAL DO EQUIPAMENTO (RGE):

Conforme se observa na figura 40 o RGE apresentou uma grande evolução e ao final do estudo ultrapassou a meta de 78,2%. Embora o *benchmarking* seja de 85%, o resultado de 78,9% demonstrou que o TPM influenciou fortemente este indicador.

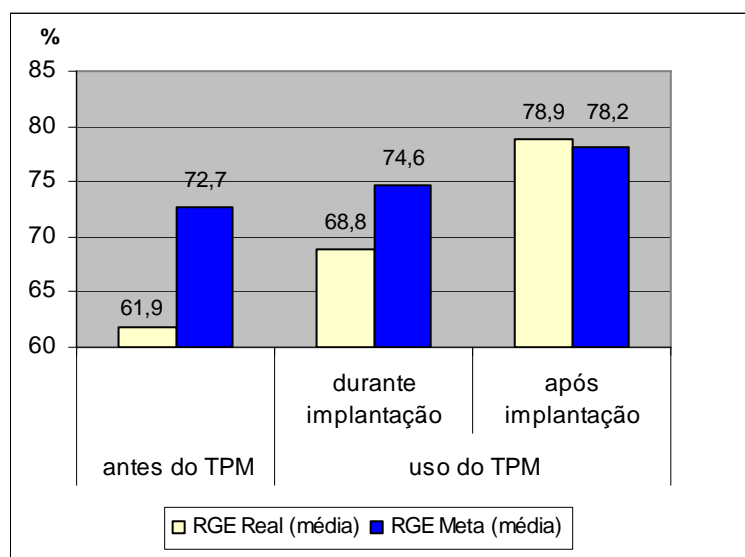


Figura 40- Impacto do TPM no rendimento global do equipamento (RGE)

6. % MANUTENÇÃO PREVENTIVA REALIZADA (PRV):

O indicador PRV teve excelente evolução ao longo da implantação, chegando muito próximo à meta de 100%. A automanutenção permitiu que algumas atividades que faziam parte do plano de manutenção preventiva (PMP) passassem a ser realizadas pelos operadores, reduzindo a carga horária do PMP. Em paralelo ocorreu a revisão do PMP, facilitando a execução do trabalho planejado. A figura 41 demonstra a evolução do indicador PRV.

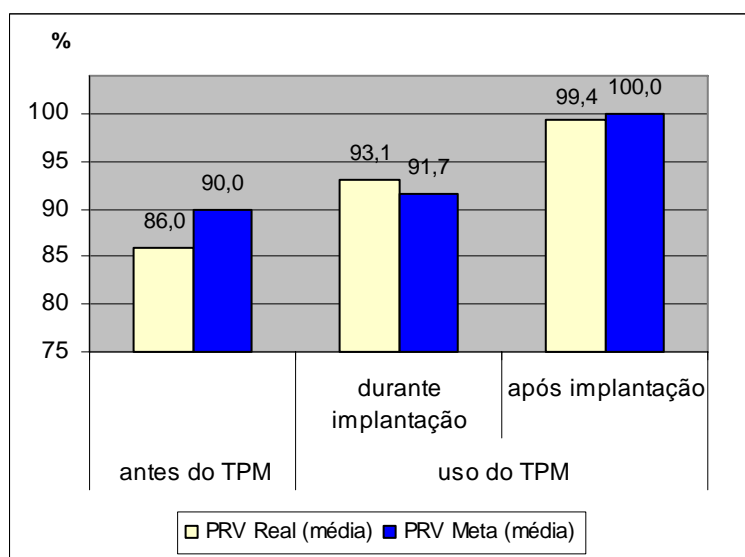


Figura 41- Impacto do TPM na % de manutenção preventiva realizada (PRV)

7. TAXA DE POLIVALÊNCIA (TP):

O acompanhamento da TP demonstra o aprendizado e crescimento da equipe de manutenção. Na figura 42 observa-se que ocorreu significativa evolução no conhecimento e polivalência da equipe. Embora a meta de 60% não tenha sido atingida, a evolução foi superior a 20%. Este resultado positivo está relacionado a aplicação do pilar Treinamento do TPM, que promove o conhecimento e habilidade dos funcionários.

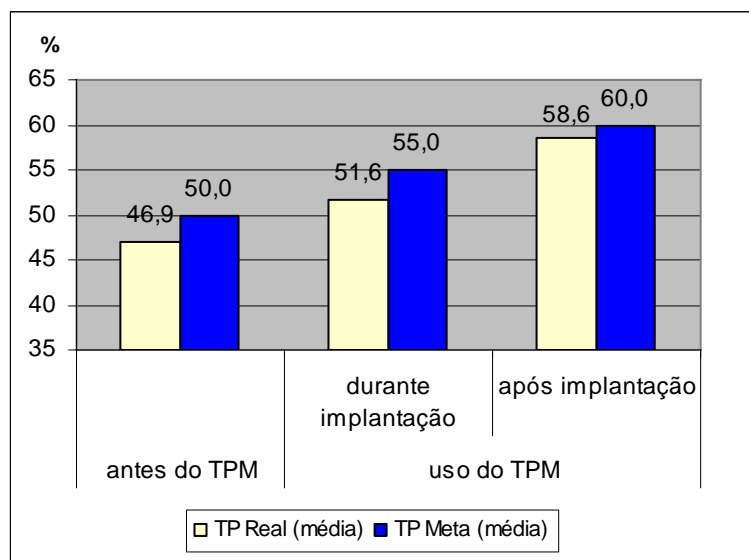


Figura 42- Impacto do TPM na taxa de polivalência (TP)

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÕES

Esta dissertação teve como objetivo geral desenvolver e aplicar um modelo para avaliação do impacto da implantação do TPM nos indicadores de desempenho relacionados à atuação da manutenção na área de pintura de uma indústria automobilística.

O objetivo específico **Avaliar os indicadores de desempenho da manutenção existentes e atualmente utilizados na empresa** foi atingido através do desenvolvimento e aplicação das etapas 1 e 2 do modelo de avaliação proposto. Na etapa 1 ocorreu a identificação dos indicadores de desempenho inicialmente existentes no departamento de Pintura da empresa. Na etapa 2 a estratégia da empresa foi estudada, servindo como base para avaliar os indicadores de desempenho.

O objetivo específico **Definir grupo de indicadores mais representativo para o setor produtivo da empresa relacionados à atuação do departamento de manutenção** foi atingido através do desenvolvimento e aplicação da etapa 2 do modelo proposto. Na definição deste grupo de indicadores de desempenho utilizaram-se os conceitos do BSC. O principal ganho com a utilização do BSC foi alinhar o sistema de indicadores de desempenho com a estratégia da empresa.

O objetivo específico **Avaliar os resultados obtidos com a implantação da filosofia TPM no departamento de Pintura da empresa** foi atingido através do desenvolvimento e aplicação das etapas 3; 4; 5 e 6 do modelo proposto. Na etapa 3 foi avaliado o desempenho dos indicadores de manutenção antes da implantação do TPM. Na seqüência realizou-se a

etapa 4 com a implantação do TPM e seus pilares. A partir da implantação do TPM a etapa 5 foi iniciada, através do acompanhamento do sistema de indicadores, resultando em diversos planos de ações. Finalizando a metodologia, na etapa 6 o desempenho do departamento de Pintura foi avaliado após a fase de implantação do TPM. Nesta etapa foram quantificados os resultados obtidos com a utilização do TPM.

Em termos de resultados para a empresa, a implantação do TPM teve forte impacto sobre os indicadores de desempenho de manutenção. O Rendimento Global do Equipamento (RGE), considerado por Nakajima (1988) como referência para avaliação do TPM, apresentou resultado bastante positivo ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

O RGE médio que era de 61,9% antes da implantação do TPM, atingiu 78,9% após a implantação, superando a meta de 78,2%. Esta evolução de 17% é resultado dos ganhos obtidos nos indicadores de Disponibilidade; Qualidade e Eficiência. Deste indicadores, o que apresentou maior contribuição para a evolução do RGE foi a Qualidade, subindo de 77,1% antes do TPM para 88,7% após a implantação.

Com base no desempenho do RGE, conclui-se que o TPM teve forte contribuição na eliminação de perdas no processo produtivo da linha de pintura automotiva pesquisada. O forte envolvimento da equipe de implantação do TPM deve ser destacado. Este envolvimento foi caracterizado pela efetiva participação nos grupos de melhoria, que tinham como objetivo a identificação e eliminação das perdas.

Outro indicador que apresentou razoável evolução foi a Taxa de Polivalência (TP), inicialmente com resultado de 46%, atingindo 58,6% após a implantação do TPM. Este resultado está relacionado com a implantação do pilar Treinamento, responsável por aumentar a abrangência do conhecimento de cada técnico, garantindo o sucesso e continuidade do trabalho da equipe de manutenção.

A Preventiva Realizada (PRV) também apresentou considerável evolução, subindo de 86% para 99,4% ao final da pesquisa. Conclui-se a partir deste indicador que o TPM fortaleceu a prática de manutenção planejada, que é um de seus pilares. A implantação do pilar automanutenção resultou no envolvimento dos operadores na execução de algumas

tarefas de manutenção de nível básico, proporcionando aos técnicos de manutenção mais tempo para execução de atividades. Outro fator determinante para a PRV foi a otimização do plano de manutenção preventiva.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base neste trabalho, alguns assuntos podem ser sugeridos para novos estudos. A seguir são apresentadas sugestões para temas futuros:

- Aplicar esta metodologia em outros departamentos dentro da indústria automotiva, como carroceria e montagem, buscando padronizar o uso e avaliação do TPM em toda fábrica.
- Aplicar este modelo de trabalho em outras empresas, adequando a implantação às diferentes características.
- Com base neste trabalho, desenvolver metodologias similares para implantar e avaliar outras filosofias de melhoria na empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTS, R. H. P. M.; KNAPP, Gerald M.; MANN JR, Laurence. *Some aspects of measuring maintenance performance in the process industry*. MCB University Press, 1998.

BAMBER, C. J.; SHARP, J. M.; HIDES, M. T. *Factors affecting successful implementation of total productive maintenance. A UK manufacturing case study perspective*. MCB University Press, 1999.

BOHORIS, G. A. et al. *TPM implementation in Land-Rover with assistance of a CMMS*. MCB University Press, 1995.

DAL, Bulent; TUGWELL, Phil; GREATBANKS, Richard. *Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement - A practical analysis*. MCB University Press, 2000.

DWIGHT, R. A.; MARTIN, H. H. *Concepts for measuring maintenance performance*. New Developments in maintenance: An International View, Moret Ernst and Young, 1995.

DWIGHT, Richard A. *Searching for real maintenance performance measures*. MCB University Press, 1999.

FRANZ, L. A. S. et al. *Implantação de um sistema de indicadores de desempenho baseado nos conceitos do Balanced Scorecard*. Anais do XXIV ENGEPE, Florianópolis, 2004.

GROOTE, P. *Maintenance performance analysis: a practical approach*. MCB University Press, 1995.

IRELAND, F.; DALE, B. G. *A study of total productive maintenance implementation*. MCB University Press, 2001.

KAPLAN, Robert S.; NORTON, David P. *The Balanced Scorecard*. Boston: Harvard Business School Press, 1996a.

KAPLAN, Robert S.; NORTON, David P. *Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System*. Harvard Business Review, 1996b.

KUTUCUOGLU, K. Y. et al. *A framework for managing maintenance using performance measurement systems*. MCB University Press, 2001.

LABIB, Ashraf W. *A framework for benchmarking appropriate productive maintenance*. MCB University Press, 1999.

LJUNGBERG, Orjan. *Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities*. MCB University Press, 1998.

MADU, Christian N. *Competing through maintenance strategies*. MCB University Press, 2000.

MITCHELL, Ed; ROBSON, Andrew; PRABHU, Vas B. *The impact of maintenance practices on operational and business performance*. MCB University Press, 2002.

MURTY, A. S. R.; NAIKAN, V. N. A. *Availability and maintenance cost optimization plant*. MCB University Press, 1995.

NAKAJIMA, Seiichi. *Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)*. Cambridge: Productivity Press, 1988.

NAKAJIMA, Seiichi. *TPM Development Program: Implementing Total Productive Maintenance*. Cambridge: Productivity Press, 1989.

PARKER, Charles. *Performance measurement*. MCB University Press, 2000.

PINTELON, Liliane; PREEZ, Niek D.; PUYVELDE, Frank V. *Information technology: opportunities for maintenance management*. MCB University Press, 1999.

PINTELON, Liliane; NAGARUR, N.; PUYVELDE, Frank V. *Case study: RCM – yes, no or maybe?* MCB University Press, 1999.

PINTO, Alan K.; XAVIER, Julio N. *Manutenção: função estratégica*. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 1999.

PORTER, Michael E. *Vantagem Competitiva: Criando e sustentando um desempenho superior*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1990.

RAOUF, A. *Improving Capital Productivity through Maintenance*. MCB University Press, 1994.

RIIS, Jens O.; LUXHOJ, James T.; THORSTEINSSON, Uffe. *A situational maintenance model*. MCB University Press, 1997.

SINCLAIR, D.; ZAIRI, M. *Assessing the effectiveness of performance measurement systems: a case study*. Total Quality Management, 1996.

THIOLLENT, Michel. *Pesquisa-Ação nas Organizações*. São Paulo: Editora Atlas, 1997.

TSANG, Albert H. C. *A strategic approach to managing maintenance performance*. MCB University Press, 1998.

TSANG, Albert H. C.; JARDINE, Andrew K. S.; KOLODNY, Harvey. *Measuring maintenance performance: a holistic approach*. MCB University Press, 1999.

YEOMANS, M.; MILLINGTON, P. *Getting maintenance into TPM*. Manufacturing Engineer, 1997.