



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

JOSÉ BONIFACIO MORAIS MARINHEIRO

A MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL E A PRODUTIVIDADE:
ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA

Recife – 2013

JOSÉ BONIFACIO MORAIS MARINHEIRO

A MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL E A PRODUTIVIDADE:
ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica como requisito para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica.

Orientador: Professor Dr. Maurílio José dos Santos

Recife - 2013

Catálogo na fonte
Bibliotecária: Rosineide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361 (BCTG)

M337m Marinheiro, José Bonifacio Morais.

A Manutenção Produtiva Total e a Produtividade: estudo de caso em uma indústria / José Bonifacio Morais Marinheiro – Recife: O Autor, 2013. 147f. il., figs., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Maurílio José dos Santos.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, 2013. Inclui Referências e Apêndice.

1. Engenharia Mecânica. 2. TPM . 3. Eliminação de Perdas. 4. Produtividade. 5. Produtividade Física. I. Santos, Maurílio José dos (Orientador). II. Título.

621 CDD (22.ed) UFPE/BCTG-2013/ 024

“A MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL E A PRODUTIVIDADE: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA”

JOSÉ BONIFACIO MORAIS MARINHEIRO

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE MATERIAIS E FABRICAÇÃO

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA/CTG/EEP/UFPE

PROF. DR. MAURÍLIO JOSÉ DOS SANTOS
ORIENTADOR/PRESIDENTE

Prof. Dr. JORGE RECARTE HENRÍQUEZ GUERRERO
COORDENADOR DO PROGRAMA

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. MAURÍLIO JOSÉ DOS SANTOS (UFPE/PPGEM)

Prof. Dr. OSCAR OLÍMPIO DE ARAÚJO FILHO (UFPE/PPGEM)

Prof. Dr. COSMO SEVERIANO FILHO (UFPB/DEP)

DEDICATÓRIA

Ao Deus todo poderoso, fonte de toda força, todo conhecimento e toda sabedoria, que criou todas as coisas e para quem tudo existe. A Ele, único que é digno de receber a honra, a glória e o louvor, por ter-me concedido forças e permitido concluir este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus que, com sua misericórdia sem medida, nunca deixou de prover o sustento à minha família. Abriu portas, concedeu-me fé, força, paciência e saúde. Colocou no meu caminho as pessoas certas, para que esta dissertação de mestrado pudesse ser concluída de forma exitosa. Algumas dessas pessoas simplesmente me incentivaram ou torceram por mim, outras me acompanharam ou me apoiaram diretamente.

Neste sentido, agradeço ao meu orientador, Professor Dr. Maurílio José dos Santos que, em meio às suas muitas responsabilidades, na busca pela formação de mais um orientando, encontrou tempo e paciência para ouvir-me e orientar-me. Visando o êxito desse trabalho, levou-me a refletir acerca de caminhos que deveriam ser seguidos ou evitados. Alertando para possíveis dificuldades envolvidas numa pesquisa, discutindo e propondo alternativas, conduziu-me ao êxito na conclusão dessa pesquisa.

Agradeço aos componentes da banca examinadora, Professor Dr. Cosmo Severiano Filho e Professor Dr. Oscar Olímpio de Araújo Filho que, dedicando parte dos seus preciosos tempos para ler e analisar esta dissertação, contribuíram para o enriquecimento deste trabalho, fazendo importantes observações e recomendações. Ao Professor Dr. Alex Maurício Araújo, obrigado pelo apoio que sempre demonstrou, bem como por ter-se disponibilizado para participar da banca examinadora como suplente. Sou grato à Professora Dra. Hajnalka Halász Gati que, sob o olhar da metodologia científica, também contribuiu para a construção do texto quando ele ainda era embrionário, assim como disponibilizando-se a participar da banca examinadora como suplente.

Agradeço à empresa que, gentilmente, abrindo as suas portas, forneceu os dados e informações fundamentais para a realização do estudo. Aos amigos Lindemberg Figueiredo Silva, Luiz Fernando S. Chaves e Vinícius Gomes Silva, minha gratidão pelo apoio de cada um, indispensáveis à conclusão desse trabalho. Ao amigo Rafael José Albuquerque Bacelar, da Alumar, que, mesmo distante de Recife, contribuiu procurando viabilizar a pesquisa de campo. Aos amigos de outras instituições ou empresas que também procuraram ajudar, como Andrea Nunes F. de Lima e o Professor Dr. Romildo Morant de Holanda, da UFRPE, Wayesley Siqueira

Heredia e Pablo Marques do Nascimento, da Moura Baterias e Anderson de Souza Paula, da Unilever.

Ao meu amigo Eduardo José Fernandes Rocha, da Festo, muito obrigado. Tendo já concluído o seu mestrado, num momento em que a realização da minha pesquisa de campo parecia impossível, empenhou-se em buscar alternativas para mim. Agradeço a todos os amigos de jornada do mestrado, quando torcíamos uns pelos outros ou nos ajudávamos mutuamente, pela convivência amigável, em especial ao Roberto de Araújo Alécio, Paulo Bonfim, Iara Margolis Ribeiro e Flávia Attaíde da Mota.

Agradeço aos meus amigos do Sebrae/PE que, tendo eu acabado de ingressar nessa reconhecida instituição, ouse chamá-los de amigos, visto que só ouvi palavras de apoio, a exemplo da pesquisadora e doutoranda Ana Cláudia Arruda. Aqui, agradecimentos especiais pelo apoio e incentivo recebidos da colega Délcia Castro Felismino e das minhas gerentes Ana Lúcia Nasi Silva e Roberta Melo Correia.

Agradeço a todos os meus familiares, em particular, meus irmãos e minha mãe, dona Bernardete Moraes Marinheiro. Nominar um a um seria difícil, mas todos são queridos e a todos agradeço pelo apoio, incentivo e compreensão, em particular à minha tia Adeildes Dias Araújo. Agradeço em especial à minha cunhada e prima Isaura Dias de Araújo Rocha pelas muitas vezes que, de diversas maneiras, expressou o desejo de ver este trabalho concluído, inclusive lendo e criticando-o.

Aos meus filhos Thiago Araújo Marinheiro, Rafaela Araújo Marinheiro, Juliana Araújo Marinheiro Maciel e seu esposo Rielto Dias Maciel, pela compreensão e apoio durante todo o período de estudo e pesquisa. Para cada um, um lugar especial e um sentimento de gratidão no coração feliz do pai, especialmente ao Thiago, pelas tantas vezes que leu, ouviu, criticou ou ajudou em algo. Neste ponto, um agradecimento especial à minha esposa, Maria Aparecida Dias de Araújo Moraes Marinheiro. Companheira inseparável, amiga fiel, mãe exemplar, cuidadora por excelência. A você, por ter suportado toda a caminhada ao longo desse trabalho de pesquisa, obrigado querida!

Para finalizar, a todos aqueles que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste sonho, os mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

A Manutenção Produtiva Total (TPM) e a produtividade são os assuntos que compõem o tema desta dissertação. A TPM é uma metodologia que tem como objetivo a perda zero e a melhoria da produtividade na indústria. O estudo da produtividade tem características complexas e precisa ser bem focalizado para viabilizar análises objetivas. Por conta disso a investigação restringiu-se à produtividade física. Classificado como pesquisa descritivo-quantitativa, o presente trabalho utilizou o estudo de caso como técnica de pesquisa e foi realizado numa indústria de embalagens localizada no estado de Pernambuco, que recebeu o codinome de Embala S.A. Na empresa, o estudo abrangeu as três máquinas piloto na implementação da TPM, tendo focado em duas, a KS1 e a PT2. Buscando identificar a influência da TPM sobre a produtividade física da empresa, o estudo investigou se a implementação da TPM, ainda que restrita a apenas os pilares MA, MP, MF e ET, quatro dos cinco pilares fundamentais da metodologia, seria suficiente para influenciar positivamente a produtividade física da empresa. Da pesquisa empírica foram obtidos os dados para se analisar a evolução do OEE nos equipamentos estudados, bem como as evoluções de volumes produzidos, tempos de carga e, finalmente, da produtividade física. Por sua vez, a produtividade física foi obtida em termos de quilogramas por hora-máquina, detalhe que a caracteriza como uma produtividade parcial. Como resultado da análise realizada, foi possível concluir que a TPM tem influenciado de forma positiva na produtividade física da empresa estudada, a qual, ao final período estudado, na média, obteve maiores volumes produzidos com menores quantidades de horas-máquina.

Palavras-chave: TPM. Produtividade. Produtividade física. Eliminação de perdas.

ABSTRACT

The Total Productive Maintenance (TPM) and productivity are the subjects that compound the theme of this dissertation. The TPM is a methodology that has as objective the zero losses and improving the industrial productivity. The study of the productivity presents complex characteristics and need be well focalized to enable objective analysis. On account this, the investigation was restricted to physical productivity. Classified as a descriptive-quantitative research, the present work utilized the case study as research technique and was realized in a packages industry localized in state of Pernambuco, that received the codename of Embala S/A. In the company, the survey covered the three pilot machines in the TPM implementation, focusing on two, KS1 and PT2. Seeking to identify the influence of TPM on the physical productivity of the enterprise, the study examined whether implementation of TPM, although restricted to only the pillars MA, MP, MF and ET, four of the five fundamental pillars of the methodology, would be sufficient to positively influence the physical productivity of the company. From the empirical research, data were obtained to analyze the evolution of OEE of the studied equipments, as well as volumes produced, load times and, finally, the physical productivity. In turn, the physical productivity was obtained in terms of kg per machine hours, a detail which characterizes it as a partial productivity. As a result of the analysis, we concluded that TPM has impacted positively on the physical productivity of the studied company, which, at the end of the studied period, on average, achieved higher volumes produced with smaller amounts of machine hours.

Keywords: *TPM. Productivity. Physical productivity. Losses elimination.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A TPM dos departamentos de produção para a TPM na empresa inteira ...	30
Figura 2 - Resumo da História da TPM e sua Introdução no Brasil.....	35
Figura 3 - Os oito pilares da TPM sugeridos pelo JIPM.....	39
Figura 4 - Etiquetas para identificação de anormalidades (ou inconveniências)	41
Figura 5 - Lição de um ponto (LUP ou OPL)	45
Figura 6 - Relação esquemática dos tempos com as seis grandes perdas e o OEE	50
Figura 7 - Rede de inter-relações de produtividades até a rentabilidade	61
Figura 8 - Rentabilidade: produtividade do capital	65
Figura 9 - Construção do mapa estratégico sob a perspectiva financeira	65
Figura 10 - Relacionamento entre entradas e saídas nas atividades de produção...75	
Figura 11 - Relacionamento entre os tipos de avarias, as perdas e os resultados....78	
Figura 12 - Estrutura de comitês e subcomitês de TPM	90
Figura 13 - Os pilares de TPM da Embala S.A	106

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução da PTF no Brasil - (1960 = 100)	69
Gráfico 2 - Evolução da produtividade (valor adicionado bruto/pessoal ocupado) na indústria de transformação e em outros setores econômicos (2000 = 100).....	70
Gráfico 3 - OEE, disponibilidade, performance e qualidade da KS1 – 2011 e 2012	115
.....	115
Gráfico 4 - OEE da KS1 – 2011 e 2012	116
Gráfico 5 - Produção mensal da KS1 – 2011 e 2012.....	117
Gráfico 6 - Tempos de carga da KS1 – 2011 e 2012.....	117
Gráfico 7 - Produtividades da KS1 – 2011 e 2012.....	118
Gráfico 8 - OEE, disponibilidade, performance e qualidade da PT2 – 2011 e 2012	124
.....	124
Gráfico 9 - OEE da PT2 – 2011 e 2012.....	125
Gráfico 10 - Produção mensal da PT2 – 2011 e 2012.....	125
Gráfico 11 - Tempos de carga da PT2 – 2011 e 2012.....	126
Gráfico 12 - Produtividades da PT2 – 2011 e 2012.....	126
Gráfico 13 - OEE – Eficiência Global do Equipamento – RD1 – 2012	131

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Exemplo de cálculo do Rendimento Global do Equipamento (OEE)	53
Quadro 2: Modelo de 4 fases para implementação da TPM	91
Quadro 3: Etiquetas de anormalidades resolvidas na KS1 em 2011 e 2012	108
Quadro 4: Análises de quebras realizadas na KS1 em 2011 e 2012	108
Quadro 5: Números de LUP's elaboradas na KS1	109
Quadro 6: Dados do OEE da máquina KS1 – 2011	110
Quadro 7: Dados do OEE da máquina KS1 – 2012	112
Quadro 8: Etiquetas de anormalidades resolvidas na PT2 em 2011 e 2012	119
Quadro 9: Análises de quebras realizadas na PT2 em 2011 e 2012	120
Quadro 10: Números de LUP's elaboradas na PT2	120
Quadro 11: Dados do OEE da máquina PT2 – 2011	121
Quadro 12: Dados do OEE da máquina PT2 – 2012	123
Quadro 13: Etiquetas de anormalidades resolvidas na RD1 em 2011 e 2012	128
Quadro 14: Números de LUP's elaboradas na RD1	128
Quadro 15: Dados do OEE da máquina RD1 – 2012	129
Quadro 16: Visão geral das etiquetas de anomalias resolvidas em 2011 e 2012 ..	132
Quadro 17: Visão geral das análises de quebras realizadas em 2011 e 2012	133
Quadro 18: Números de LUP's elaboradas nas máquinas KS1, PT2 e RD1	133

TABELA

Tabela 1 - Crescimento da PTF e PTF de diferentes países relativa aos EUA (%)
.....68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial.

BM - Manutenção por quebra (do inglês *Breakdown Maintenance*).

CM - Manutenção corretiva (do inglês *Corrective Maintenance*).

ET - O pilar educação e treinamento.

EUA - Estados Unidos da América.

FTA - Análise de Árvore de Falhas (do inglês *Fault-Tree Analysis*)

FTPM - *Ford Total Productive Maintenance* (o programa mundial de TPM da Ford).

GA - O pilar gestão antecipada.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IBTPM - Instituto Brasil TPM.

IMC - Internacional Media & Comunicações Ltda.

IM&C - O mesmo que IMC.

IE - Engenharia Industrial (do inglês *industrial engineering*)

JIPM - Instituto Japonês de Manutenção de Fábrica (*Japan Institute of Plant Maintenance*).

JIT - *Just in time*.

LPP - O mesmo que LUP.

LUP - Lição de um ponto. Documento da TPM, associado principalmente aos pilares ET, MA e MP. Contém instruções geralmente bem visuais é utilizado para treinamentos rápidos com lições objetivas, em geral, repassadas em 5 minutos.

MA - O pilar manutenção autônoma.

MASP - Método de Análise e Solução de Problemas.

MF - O pilar melhoria focada.

MI - Melhoria da manutenibilidade (do inglês *Maintenability Improvement*).

MP - O pilar manutenção planejada.

MP - Prevenção da manutenção (do inglês *Maintenance Prevention*).

MPT - Manutenção Produtiva Total (o mesmo que TPM).

MQ - O pilar manutenção da qualidade.

MRP - Programa de planejamento de produção (*Manufacturing Resource Planning*).

OEE - Rendimento Global do equipamento (do inglês *Overall Equipment Effectiveness*).

OJT - Treinamento no trabalho (do inglês *On the Job Training*).

OPE - Rendimento Global da Fábrica (do inglês *Overall Plant Effectiveness*).

OPL - O mesmo que LUP (do inglês *One Point Lesson*).

PDCA - Planejar, executar, checar e agir (do inglês *Plan, Do, check, action*).

PM - Manutenção preventiva – significado original - (do inglês *Preventive Maintenance*).

PM - Manutenção produtiva – novo significado da sigla - (do inglês *Productive Maintenance*).

PTF - Produtividade total de fatores.

PQCDSM - Produção (em volume); qualidade; custo; entrega (*delivery*); segurança, saúde e meio Ambiente, e Moral.

SEBRAE/PE - Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequena Empresa / Pernambuco

SCN - Sistema de Contas Nacionais.

SMED - O mesmo significado de TRF (do inglês *Single Minute Exchange of Die*, significando trocas de ferramentas em tempos da ordem de apenas um dígito).

SSMA - O pilar segurança, saúde e meio ambiente.

STP - Sistema Toyota de Produção.

TPM - Manutenção Produtiva Total (do inglês *Total Productive Maintenance*, o mesmo que MPT).

TRF - Troca Rápida de Ferramentas.

UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

VA - Análise de Valor (do inglês *value analysis*)

SUMÁRIO

1	Introdução	18
1.1	O problema	21
1.2	Justificativa	21
1.3	Objetivos da pesquisa.....	25
1.3.1	Objetivo geral.....	25
1.3.2	Objetivos específicos.....	25
1.4	Estrutura geral da dissertação.....	25
2	Fundamentação Teórica.....	27
2.1	A TPM.....	27
2.1.1	Definições da TPM segundo o <i>JIPM</i>	29
2.1.2	Histórico da TPM	32
2.1.3	A TPM e sua relação com o <i>Just In Time / STP</i>	36
2.1.4	A Importância da manutenção para o <i>Just In Time</i>	37
2.1.5	Os 8 pilares da TPM	39
2.1.5.1	O pilar manutenção autônoma (MA)	40
2.1.5.2	O pilar melhorias focadas (MF).....	42
2.1.5.3	O pilar manutenção planejada (MP)	43
2.1.5.4	O pilar educação e treinamento (ET).....	43
2.1.5.5	O pilar gestão antecipada (GA)	46
2.1.5.6	O pilar manutenção da qualidade (MQ)	47
2.1.5.7	O pilar <i>office</i>	48
2.1.5.8	O pilar segurança, saúde e meio ambiente (SSMA)	48
2.1.6	O rendimento global do equipamento (OEE).....	49
2.1.6.1	As seis grandes perdas.....	50
2.1.6.2	Os componentes do OEE	51
2.2	A produtividade	55
2.2.1	A produtividade física	56
2.2.2	Definições genéricas para a produtividade	57
2.2.3	A produtividade como medida de resultados das empresas.....	57
2.2.4	A produtividade além do processo produtivo.....	59
2.2.5	A importância da produtividade.....	59
2.2.6	Produtividade: uma variável parcialmente conhecida	60

2.2.7	A complexidade das redes de produtividade numa organização	61
2.2.8	A rentabilidade como uma produtividade global	63
2.2.9	A produtividade na estratégia da empresa.....	65
2.2.10	A produtividade industrial no Brasil.....	67
2.3	A TPM e a produtividade	71
2.3.1	A utilização dos ativos, a produtividade e a rentabilidade da empresa.....	71
2.3.2	Os resultados do gerenciamento da fábrica (PQCDSM)	73
2.3.3	As avarias	76
2.3.3.1	Qualidade assegurada e as condições ótimas dos equipamentos	79
2.3.3.2	As avarias abruptas e as paralisações rápidas.....	80
2.3.3.3	A erradicação das avarias e a eliminação de perdas.....	80
2.3.4	Ferramentas aplicadas na TPM para melhorar a produtividade.....	81
2.4	A implementação da TPM	83
2.4.1	A prevenção na TPM e a orientação para “meta zero”	83
2.4.2	A Importância da colaboração manutenção e produção.....	83
2.4.3	A participação total dos funcionários.....	84
2.4.4	Dificuldades na implementação da TPM	85
2.4.5	Os fatores humanos.....	88
2.4.6	Modelo de 4 fases para implementação da TPM.....	90
2.4.7	Principais ferramentas para implementação da TPM.....	92
2.4.7.1	A troca rápida de ferramentas (TRF)	92
2.4.7.2	Os cinco sentidos - 5S.....	94
2.4.7.3	O PDCA e o <i>Kaizen</i>	95
2.4.8	Os resultados da implementação da TPM	96
2.4.8.1	A necessidade de medição rigorosa na TPM.....	96
2.4.9	Críticas à TPM	97
3	Metodologia	99
3.1	Classificação das pesquisas.....	99
3.2	Técnica de pesquisa e delimitações.....	100
3.2.1	Construção e efetivação da pesquisa empírica.....	101
3.2.2	Possibilidades de mudanças	103
3.3	Considerações acerca das análises dos resultados.....	103
4	Apresentação dos dados e análise dos resultados	105
4.1	A empresa e o ambiente do estudo.....	105

4.2 A estrutura de comitês de TPM na Embala S.A.	106
4.3 Apresentação dos dados.....	107
4.4 Dados e resultados da máquina KS1	108
4.4.1 Dados da máquina KS1 em 2011 e 2012.....	108
4.4.2 Análise da evolução do OEE da máquina KS1 em 2011 e 2012	115
4.4.3 Análise da produtividade da máquina KS1 em 2011 e 2012	118
4.5 Dados e resultados da máquina PT2	119
4.5.1 Dados da máquina PT2 em 2011 e 2012.....	119
4.5.2 Análise da evolução do OEE da máquina PT2 em 2011 e 2012.....	124
4.5.3 Análise da produtividade da máquina PT2 em 2011 e 2012.....	126
4.6 Dados e resultados da máquina RD1.....	128
4.6.1 Dados da máquina RD1 em 2012	128
4.6.2 Análise do caso da máquina RD1 em 2012.....	130
4.7 Os esforços totais para eliminação de perdas na Embala S.A.	132
4.8 Conclusões do capítulo	134
5 Conclusão.....	136
5.1 Alcance dos objetivos do estudo.....	138
5.2 Considerações finais e sugestões para trabalhos futuros	140
Referências	142
APÊNDICE I.....	147

1 Introdução

Ao longo das últimas décadas, o mundo tem passado por intensas transformações, destacando-se o fenômeno da globalização, que afeta nações como um todo, bem como regiões, organizações e indivíduos. Entre as organizações, as empresas industriais são submetidas a ambientes de negócio onde a concorrência intensifica-se cada vez mais. Filosofias, metodologias, ferramentas e técnicas de gestão têm sido desenvolvidas e/ou trazidas às empresas como possíveis soluções para conduzi-las ao sucesso. O *Just In Time (JIT)*, a Manutenção Produtiva Total (MPT) ou simplesmente TPM, sigla de maior aderência no Brasil (de *Total Productive Maintenance*), a Troca Rápida de Ferramentas (TRF), o ciclo PDCA, o *Kanban* e o 5S estão entre os exemplos que mais aparecem na literatura acerca das abordagens em busca de melhoramento dos sistemas de produção.

Sistema Toyota de Produção (STP) é, como o próprio nome sugere, o sistema de produção usado pela Toyota nas suas operações. Ele foi desenvolvido pela Toyota após a segunda guerra mundial. Também conhecido como sistema *Lean Manufacturing* ou de Produção Enxuta, esse sistema tem entre suas principais características a busca pela eliminação dos desperdícios, alta eficiência, flexibilidade e agilidade.

A produção “enxuta” (do original em inglês, “*lean*”) é, na verdade, um termo cunhado no final dos anos 80 pelos pesquisadores do IMVP (*International Motor Vehicle Program*), um programa de pesquisas ligado ao MIT [*Massachusetts Institute of Technology*], para definir um sistema de produção muito mais eficiente, flexível, ágil e inovador do que a produção em massa; um sistema habilitado a enfrentar melhor um mercado em constante mudança. Na verdade, produção enxuta é um termo genérico para definir o Sistema Toyota de Produção (GHINATO, 2000, p. 1).

O *Just In Time* é uma filosofia que está intimamente ligada ao STP, chegando algumas vezes a ser utilizado para designar o próprio STP. Como tal, seu grande objetivo é a eliminação de desperdícios, pois, segundo Ohno (1997, p. ix), “o objetivo mais importante do STP tem sido aumentar a eficiência da produção pela eliminação completa e consistente de desperdícios”.

Segundo Santos (1994 p. 36 e 37), a filosofia *Just In Time*, ou Toyotismo, “surgiu em 1949, num período em que a Toyota estava em crise”. Numa linha

diferente da filosofia norte-americana taylorista-fordista, onde estoques são parte normal dos seus sistemas de produção, com o *JIT* os japoneses adotam “[...] uma inovação organizacional na qual os estoques deveriam ser os menores possíveis e, quando a empresa precisasse de algum item, deveria fabricá-lo imediatamente e entregá-lo a quem o solicitasse. Essa forma de pensar é o fundamento da filosofia *Just In Time*”. (SANTOS, 1994 p. 36).

A eliminação radical do desperdício pelo STP é reafirmada por Ohno (1997, p. 25), quando diz que “a base do Sistema Toyota de Produção é a absoluta eliminação do desperdício”. Como um dos pilares do STP, na busca pelo estoque mínimo, o *JIT* depende da estabilidade do sistema, que depende da perfeição dos equipamentos. Com relação a esse aspecto, Takahashi e Osada (1993, p. 16) apresentam o lema da Toyota comparando a meta de perfeição a ser atingida com as metas dos voos espaciais do programa Apollo que, para garantir viagens de ida e volta seguras, deveriam ter todas as falhas eliminadas.

Com o lema “faça o necessário – o quanto for necessário – quando necessário”, a meta da Toyota é um estoque de material em processo igual a zero. O método de produção da Toyota refere-se ao índice de utilização do equipamento como “índice operacional”. Isso significa que, sempre que necessário, seu equipamento estará preparado para operar e que, depois de ativado, não gerará peças com defeito. (TAKAHASHI e OSADA, 1993, p. 16).

Embora, como já dito, o *JIT* algumas vezes apareça na literatura como sendo o próprio Sistema Toyota de Produção, Ohno (1997, p. 25) o define como um dos pilares do STP, juntamente com o pilar *Jidoka*. De forma geral, pode-se afirmar que o *JIT* constitui parte significativa da estrutura do *Lean Manufacturing* ou STP.

Para atender às demandas por produtos através da filosofia *JIT*, isto é, com estoques mínimos, incertezas geradas por produtos defeituosos, paradas imprevistas em geral e por quebras de equipamentos são todas inaceitáveis. Segundo Lima Jr. (2002, p. 28), disponibilidades de equipamentos de 90% eram o alvo do departamento de manutenção até 1970, mas, diante das reduções drásticas dos estoques-pulmão, estes níveis de disponibilidade passaram a não mais atender aos objetivos da produção. Diante deste contexto surgiu a TPM. Essa metodologia tem como meta geral a busca pela Perda Zero. Isto é, a eliminação total das perdas do sistema produtivo. Segundo Shirose (1992, p. 23, tradução nossa) “uma das

principais características da TPM é a perseguição agressiva a metas absolutas, como zero quebras e zero defeitos.”¹

Essa abordagem parte do gerenciamento orientado para o equipamento que, progressivamente, elimina as perdas por produtos defeituosos, por baixas velocidades e por interrupções da produção devidas a paradas inesperadas. Segundo Takahashi e Osada (1993, p. 7), no esforço pela eliminação total das perdas, o envolvimento de todas as funções organizacionais é uma das características da TPM, embora, particularmente, seja essencial o envolvimento conjunto da Manutenção e da Produção. “Assim, a MPT é uma campanha que abrange a empresa inteira, com a participação de todo o corpo de empregados, para conseguir a utilização máxima do equipamento existente, utilizando a filosofia do gerenciamento orientado para o equipamento”. (TAKAHASHI e OSADA, 1993 p. 7).

Segundo Ahuja and Khamba (2008, p. 716, tradução nossa), evidencia-se claramente que “a TPM é a atividade considerada pedra fundamental para a maioria das filosofias *lean manufacturing* e pode efetivamente contribuir para o sucesso da manufatura enxuta”.²

Segundo Shirose (1992, p.14), a TPM originou-se da manutenção preventiva, tendo incorporado novos conceitos, passou ao conceito mais amplo da **manutenção produtiva**, novo significado para MP. Seus objetivos vão além do equipamento, incluindo a segurança, o rendimento e a qualidade. Segundo esse autor, é por isso que o objetivo da manutenção produtiva é maximizar a produtividade.

A produtividade é definida de forma genérica como a relação entre as saídas (*outputs*) de um processo e as entradas (*inputs*) necessárias para produzir aquelas saídas. Apesar dessa definição relativamente simples, a depender da abordagem, o estudo e a definição da produtividade podem se tornar muito complexos. Entretanto, esse assunto foi estudado detalhadamente mais adiante, na seção 2.2, da fundamentação teórica.

¹ *One of the main characteristics of TPM is its aggressive pursuit of absolute goals, such as zero breakdowns and zero defects.*

² *It is clearly revealed, that TPM is the corner stone activity for most of the lean manufacturing philosophies and can effectively contribute towards success of lean manufacturing.*

1.1 O problema

Considerando as complexidades inerentes ao estudo da produtividade e a necessidade de tornar viável a sua concretização, a produtividade física foi escolhida para ser investigada neste trabalho. Assim, sabendo que a produtividade física é definida como a relação entre as saídas físicas e as entradas físicas de um processo, partiu-se para a definição do problema.

Então, dados a importância da TPM como metodologia de gestão e seu pleno alinhamento com o *JIT* e seus objetivos, definiu-se o problema como: qual a influência da TPM na produtividade física de uma empresa industrial?

1.2 Justificativa

A baixa produtividade industrial do Brasil é uma realidade inquietante, que pode ser constatada através de noticiários especializados e de indicadores do próprio setor, como os da ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial). Evidentemente, essa é uma vulnerabilidade que contribui para manter o país na contramão da competitividade.

Segundo ABDI (2011, p. 7), no período de 2000 a 2008, verificou-se aumentos de produtividade em alguns setores econômicos no Brasil, com destaque para a agricultura. Infelizmente, e ao contrário do que era de se esperar, constatou-se nesse mesmo período que a **produtividade industrial** no país ficou estagnada e teve até tendência de diminuição.

A região Nordeste, particularmente o estado de Pernambuco, tem recebido importantes empreendimentos industriais. Como em quaisquer segmentos econômicos, para geri-los com eficiência e eficácia, eles demandam profissionais bem preparados e atualizados, de modo que os resultados pretendidos possam ser alcançados. Maiores níveis de produtividade são benefícios que as empresas podem colher quando dispõem de gestores assim.

A gestão da produtividade tem importância estratégica para as empresas, pois é um dos caminhos para impulsionar os seus resultados. Segundo Kaplan e Norton (2001, p. 97), as empresas dispõem de duas estratégias básicas para

impulsionar o desempenho financeiro: a “estratégia de aumento de receita”, que foge aos objetivos do presente estudo, e a “estratégia de produtividade”.

Segundo Costas (2012), em artigo da BBC Brasil em Londres, fraquezas da economia brasileira alimentam incertezas e preocupações com relação à economia do país. Entre as fragilidades listadas, surge a falta de perspectivas de melhoria da produtividade industrial, como mostra o texto a seguir.

No fim de 2009, uma capa da revista britânica *The Economist* trazia o Cristo Redentor alçando voo nos céus do Rio de Janeiro. 'O Brasil decola', anunciava. No mês passado, a mesma revista ilustrava um artigo sobre as 'fraquezas' da economia brasileira com uma imagem bem menos grandiosa: um boi debatendo-se para tentar sair de um pântano. As incertezas em relação ao Brasil são alimentadas tanto por fatores internos quanto externos. Além de o país estar crescendo menos que outros emergentes, há preocupações com as baixas taxas de poupança e investimento, o chamado Custo Brasil (excesso de burocracia, déficit de infraestrutura, etc) e a relativa falta de crescimento na **produtividade da indústria**. (COSTAS, 2012).

A adoção do Sistema Toyota de Produção (ou manufatura enxuta) é uma das abordagens utilizadas pelas empresas industriais de vanguarda. Ela permite a eliminação de perdas, redução de custos e ganho de competitividade. Em contrapartida, no contexto de empresas que adotam o *JIT*, a falta de confiabilidade dos sistemas de produção compromete os seus resultados.

A natureza de tecnologias de produção tem mudado tremendamente por causa da manufatura *Just-In-Time (JIT)*. Todavia, os benefícios desses programas têm frequentemente sido limitados por causa de equipamentos não confiáveis e não flexíveis. (TAJIRI and GOTOH, 1992 *apud* AHUJA and KHAMBA, 2008, p. 710, tradução nossa).³

Essas limitações podem ser consequência de princípios enxutos parcialmente adotados. Trazendo contribuições a partir das suas experiências, Sharma e Moody (2003, p. 45), sugerem que, ao invés de adoções parciais de princípios enxutos, a competitividade deveria ser buscada através do **robustecimento do sistema**, eliminando desperdícios e criando condições para que as empresas atendessem aos seus clientes com confiabilidade, rapidez e valor para o cliente.

³ *The nature of production technologies has changed tremendously because of the and Just-In-Time (JIT) manufacturing. However, benefits from these programs have often been limited because of unreliable or inflexible equipment.*

Melhorias de produtividade estão entre os resultados mais importantes para as empresas, pois estão intimamente ligadas a menores custos e mais rentabilidade. A TPM tem sido uma importante abordagem para obtenção de tais melhorias. Segundo Suzuki (1996, p. xiii, tradução nossa), “por todos os lugares as pessoas começam a perceber que a TPM é uma das chaves para a alta produtividade, excelente qualidade, baixos custos e menores *lead times*”.⁴

Essa metodologia tem o potencial de proporcionar melhorias no processo produtivo a partir da restauração e manutenção das condições ideais do equipamento. Segundo Shirose (1992, p. xiii, tradução nossa), “a TPM pode formar a base para a melhoria de todo o processo produtivo”. Continuando, o autor apresenta uma definição sucinta para a TPM, de onde se tem uma noção do caminho adotado: “um conjunto de atividades para restaurar o equipamento para suas condições ótimas e mudar o ambiente de trabalho para manter essas condições”.⁵

Para evidenciar a importância dessa metodologia, pode-se citar a Unilever, uma das referências mundiais no uso da TPM, sendo também uma evidência da sua consistência. Segundo *Works Management* (2001), a TPM passou a programa corporativo da Unilever nos anos 90, tendo sua importância só crescido desde então.

Ela foi adotada como um programa corporativo em meados dos anos 90. Desde então, sua relevância para a estratégia Unilever tem crescido enormemente. Não há dúvidas agora que a TPM está no centro da nossa estratégia de cadeia de suprimentos, a qual é parte do caminho global para a estratégia de crescimento. (WORKS MANAGEMENT, 2001, tradução nossa).⁶

Uma compreensão ampla e profunda da TPM precisaria considerar, pelo menos, os oito pilares que compõem o modelo proposto pelo Instituto Japonês de Manutenção de Fábrica (*JIPM - Japan Institute of Plant Maintenance*) para a

⁴ *People everywhere are beginning to realize that TPM is one of the Keys to high productivity, excellent quality, low costs, and short lead times.*

⁵ *TPM can form the foundation for improvements to the entire production process, and the author defines it as "a set of activities for restoring equipment to its optimal conditions and changing the work environment to maintain those conditions."*

⁶ *It was adopted as a corporate program in the mid-Nineties. From there, its relevance to Unilever strategy has grown enormously. There's no doubt now that TPM is at the centre of our supply chain strategy, which in turn is part of Unilever's overall Path to Growth strategy.*

metodologia. Além disso, em todas as suas potencialidades, por definição, a TPM precisa envolver a empresa inteira. Consequentemente, um estudo envolvendo todas as suas dimensões implicaria algo de muita complexidade. Dessa forma, procurando viabilizar o presente estudo, essa pesquisa estudou esforços combinados dos pilares MP (Manutenção Planejada) e MA (Manutenção Autônoma) e suas relações com possíveis melhorias de produtividade.

No contexto da empresa pesquisada, o estudo do impacto da TPM sobre as produtividades pode proporcionar mais compreensão e comprometimento das equipes e colaboradores acerca da metodologia. Com isso, pode trazer mais consistência aos sistemas de gestão da empresa.

Por outro lado, no contexto mais amplo da pesquisa, o estudo dessa metodologia e do seu potencial para melhoria da produtividade da indústria, além de estar alinhado com o desenvolvimento industrial que ocorre na região, pode ser um importante aliado contra a perda de competitividade da indústria nacional. Além disso, o presente estudo haverá de contribuir para incrementar o conhecimento acadêmico sobre o tema, com amplas possibilidades para novas investigações.

Justifica-se dessa forma a relevância do presente estudo, que foi classificado como descritivo-quantitativo e usou o estudo de caso como técnica de pesquisa. Para realização da pesquisa empírica, a investigação ocorreu numa indústria de embalagens do estado de Pernambuco. Foram analisados os resultados obtidos pela implementação da TPM e verificada a sua influência sobre a produtividade física da empresa estudada.

1.3 Objetivos da pesquisa

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo da presente pesquisa é **determinar a influência da TPM na produtividade física de uma empresa do setor industrial.**

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar quais indicadores são monitorados para medir a evolução da TPM e da produtividade na empresa estudada
- Determinar a evolução da TPM na empresa através da evolução dos seus indicadores, particularmente do OEE, na área ou equipamento estudado.
- Determinar a evolução das produtividades físicas da empresa nas áreas ou equipamentos estudados em função da implementação da TPM.
- Verificar quais pilares da TPM têm sido implementados na empresa pesquisada.
- Identificar eventuais ações ou projetos de eliminação de perdas vinculados aos pilares da TPM que impactaram de forma diferenciada a evolução da produtividade investigada.

1.4 Estrutura geral da dissertação

O texto da desta presente dissertação está estruturado em cinco capítulos. No presente capítulo, denominado “Introdução”, buscou-se posicionar o leitor acerca do tema e dos principais conceitos a ele relacionados. Além disso, também foi definido o problema e apresentadas a justificativa, a abrangência e as delimitações do estudo.

No segundo capítulo, intitulado “Fundamentação teórica”, sequencialmente, foram estudados os principais fundamentos teóricos relacionados à TPM, à produtividade em geral e à produtividade física. Após estes tópicos foi realizado um estudo relacionando a TPM e a produtividade simultaneamente. Finalmente, o capítulo abordou a questão da implementação da TPM, tendo, entre outros

aspectos, abordado os fatores humanos, a necessidade de medição rigorosa e as principais ferramentas aplicáveis a esta implementação.

O terceiro capítulo tratou da “Metodologia”, que também é o título do capítulo. Partindo do estudo de classificações das pesquisas científicas, o capítulo estabeleceu os procedimentos metodológicos através dos quais foram planejados e realizados os passos necessários para a concretização da pesquisa empírica, da análise de dados, apresentação dos resultados e obtenção das conclusões.

Com o título “Apresentação dos dados e análise dos resultados”, o capítulo quatro apresentou toda realização da pesquisa empírica, ou seja, a realização de todas as observações de campo, coleta de dados, apresentação dos dados, análise e interpretação dos resultados e, finalmente, apresentação das conclusões.

O capítulo cinco, com o título “Conclusão”, foi utilizado para concluir a apresentação da pesquisa, dando um “fechamento” à dissertação. Assim, fazendo um rápido retrospecto dos principais pontos do estudo, o capítulo mostrou que os objetivos geral e específicos foram alcançados, permitindo que se chegasse à conclusão da pesquisa com êxito. Por fim, abrindo espaço para trabalhos futuros, foram apresentadas várias sugestões para realização de novas pesquisas relacionadas ao tema.

Após o quinto e último capítulo, tem-se as referências, que apresentam as fontes consultadas para realização de toda a fundamentação teórica. Dessa forma, quaisquer verificações ou reestudos que se pretenda fazer poderão vir a ser realizados.

2 Fundamentação Teórica

2.1 A TPM

A Manutenção Produtiva Total (TPM) é uma metodologia focada na eliminação de perdas do sistema produtivo. Orientada para a “meta zero”, ou seja, “zero quebras, zero defeitos e zero acidentes”, em última instância, ela tem como objetivo melhorar a produtividade da empresa. Para isso, utilizando a filosofia do gerenciamento orientado para o equipamento, a TPM requer e promove a participação e motivação de todos, da alta direção ao chão de fábrica. Isso é obtido pela utilização de grupos autônomos, a exemplo dos grupos MA e MP, que são conduzidos pelos respectivos pilares, todos sob a condução do comitê diretivo, que é liderado pela alta direção da empresa.

Segundo Gupta, Tewari e Sharma (2006, p. 2), a TPM constrói uma estreita relação entre a boa manutenção dos equipamentos e a produtividade. Em seguida os autores definem a TPM da seguinte maneira:

Ela é uma filosofia de melhoria contínua que cria o senso de propriedade no(s) operador(es) de cada máquina bem como nos seus supervisores. Ela é um processo de gestão da manutenção que dá poder à organização com uma progressiva e contínua filosofia de habilitar toda a força de trabalho para trabalhar junta para alcançar a meta mútua de eficiência da manufatura. (GUPTA, TEWARI e SHARMA, 2006, p. 2) ⁷

Segundo Robinson and Ginder (1995) *apud* Ahuja and Khamba (2008, p. 716), a “TPM é uma metodologia conduzida pela produção que é projetada para otimizar a confiabilidade do equipamento e assegurar gestão eficiente dos ativos da fábrica”.⁸

Devido à compreensão inadequada sobre o que é essa metodologia, abordagens equivocadas têm sido constatadas nos planos para sua aplicação. Pode-se perceber isso através de Takahashi e Osada (1993, p. 34), quando alertam

⁷ *It is a philosophy of continuous improvement that creates a sense of ownership in the operator(s) of each machine as well as in their supervisor. It is a process of maintenance management that empowers the organization with a progressive, continuous philosophy of enabling all manpower resources to work together to accomplish the mutual goal of manufacturing efficiency.*

⁸ *TPM is a production-driven improvement methodology that is designed to optimize equipment reliability and ensure efficient management of plant assets.*

que a manutenção produtiva deve proporcionar ganhos na produtividade da fábrica, ao invés da simples restauração de máquinas e equipamentos:

O ponto crucial para se determinar a adequação desses planos é definir se as atividades de MP estão sendo implementadas apenas como reparos e restaurações de máquinas e equipamentos, quando deveriam estar diretamente associadas à melhoria da **produtividade** da fábrica em termos da qualidade, custos e gerenciamento da produtividade (TAKAHASHI e OSADA, 1993, p. 34).

Segundo Ahuja and Khamba (1998, p. 735), deficiências no entendimento dos princípios e conceitos da TPM têm sido apontadas como um dos obstáculos para se alcançar a excelência através da sua implementação. Pode-se dizer que um dos motivos para tais deficiências é a amplitude da abrangência dessa metodologia. Portanto, devem ser dedicados significativos esforços visando o entendimento dessa metodologia, de modo que haja uma compreensão adequada dos seus conceitos. Finalmente, a partir desse entendimento, será possível compreender como ela pode contribuir para melhorar a produtividade industrial.

Os resultados da TPM são verificáveis através das melhorias nos níveis de produtividade, que deve ser o objetivo da utilização da própria metodologia. A TPM busca maximizar a eficiência global do equipamento que, como parte da metodologia, é medida pelo indicador “OEE”, do inglês *Overall Equipment Effectiveness*. À medida que eleva-se esse indicador, é de se esperar que a produtividade (ou as produtividades) da empresa melhore(m).

Segundo Moraes (2004, p. 60), o “OEE é o principal indicador para monitoramento dos resultados da implementação do FTPM (*Ford Total Productive Maintenance*)”, uma adaptação da TPM para a Ford que é mundialmente aplicada nas suas unidades.

Com o objetivo de alcançar uma compreensão adequada sobre a TPM, os seguintes elementos foram estudados:

- Os oito pilares da TPM.
- O envolvimento de todos.
- A orientação para “meta zero”.
- As seis grandes perdas a serem identificadas e eliminadas.
- O rendimento global dos equipamentos (OEE) ou da fábrica (OPE).
- Os resultados da TPM (PQCDSM).

2.1.1 Definições da TPM segundo o *JIPM*

Uma definição completa para a TPM precisa considerar vários aspectos que a caracterizam. Ao abordar seus esforços para divulgação das atividades de MP para a comunidade industrial japonesa, Takahashi e Osada (1993, p. 21) consideram que “essas atividades de MP não significam apenas a Manutenção Preventiva, mas uma MP mais ampla, baseada na aplicabilidade econômica e vitalícia de equipamentos, matrizes e gabaritos que desempenham papéis importantes na produção”.

Segundo Nakajima (1988, p. 10), frequentemente a TPM tem seu significado desconstruído pelos gestores quando estes assumem que esta seja uma abordagem para ser conduzida autonomamente pelo chão de fábrica, entretanto, para ser efetiva, a TPM precisa ser desenvolvida numa base que envolva a empresa inteira.

Segundo Suzuki (1994, p. 6), devido às suas origens nos departamentos de produção, o *JIPM* apresentou, numa versão original, uma definição para a TPM que incluía as cinco estratégias seguintes:

1. Maximizar a eficiência global do equipamento.
2. Estabelecer um sistema de Manutenção Produtiva (MP) que considere o tempo de vida do equipamento.
3. Envolver os departamentos que planejam, usam e mantêm os equipamentos.
4. Envolver todos, desde a alta administração até os trabalhadores da linha de frente.
5. Promover a MP através da gestão da motivação, i.e. atividades de pequenos grupos autônomos. (SUZUKI, 1994 p. 6, tradução nossa).⁹

Essa definição, com pequenas diferenças, também é dada por Nakajima (1988, p. 10), Shirose (1992, p. 16) e por Takahashi e Osada (1993, p. 21).

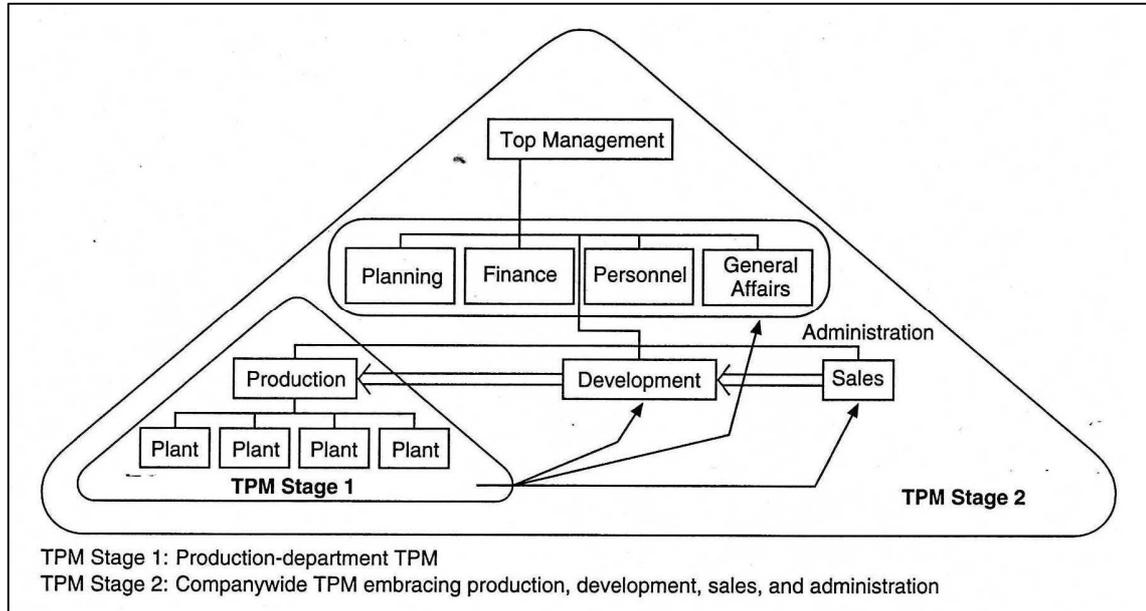
Segundo Nakajima (1988, p. 11), a palavra “total” na designação de “*Total Productive Maintenance*” tem três significados que estão relacionados aos cinco elementos da definição da TPM, listados a seguir:

⁹ 1. *Maximize overall equipment effectiveness.*
 2. *Establish a comprehensive PM system covering the life of the equipment.*
 3. *Involve all departments that plan, use, and maintain equipment.*
 4. *Involve all employees from top management to front-line workers.*
 5. *Promote PM through motivation management, i.e. autonomous small group activities.*

1. Total eficácia (relacionado ao ponto 1 acima) indica que a TPM busca eficiência econômica ou rentabilidade.
2. O sistema de manutenção total (ponto 2) inclui prevenção da manutenção (MP) e melhoria da manutenibilidade (MI) bem como manutenção preventiva.
3. Participação total de todos os funcionários (pontos 3, 4 e 5) inclui a manutenção autônoma pelos operadores através das atividades de pequenos grupos. (NAKAJIMA, 1988, p.11, tradução nossa)¹⁰.

Conforme já apresentado, segundo Suzuki (1994, p. 2), a TPM teve suas raízes na indústria automobilística, tendo sido incorporada rapidamente às culturas de empresas como Toyota, Nissan e Mazda, bem como às de seus fornecedores e suas afiliadas. Inicialmente, a TPM envolvia departamentos cujas atividades estavam ligadas diretamente aos equipamentos, como o departamento de produção. Posteriormente, os métodos de melhoramento e atividades da TPM passaram também a ser adotados pelos departamentos de suporte e administrativos, bem como de desenvolvimento de produtos e por vendas.

Figura 1 - A TPM dos departamentos de produção para a TPM na empresa inteira



Fonte: Suzuki (1994, p. 3)

¹⁰ 1 - Total effectiveness (referred to in point 1 above) indicates TPM's pursuit of economic efficiency or profitability.

2 - Total maintenance system (point 2) includes maintenance prevention (MP) and maintainability improvement (MI) as well as preventive maintenance.

3 - Total participation of all employees (points 3, 4 and 5) includes autonomous maintenance by operators through small group activities.

Esse desdobramento, que considera o envolvimento da empresa como um todo, pode ser melhor entendido através da figura 1, como pode ser verificado. A ideia é que no estágio 1 a implementação da TPM inicia-se nos departamentos de produção. Depois, num segundo estágio, expande-se, de modo que passa a envolver as demais áreas da empresa, como as de desenvolvimento e de vendas.

Segundo Suzuki (1994, p. 6), para refletir a tendência então existente em muitas empresas de aplicar a TPM além dos departamentos de produção, o *JIPM* introduziu em 1989 a nova definição para a TPM, a qual incorpora essas tendências, ampliando a abrangência das definições iniciais com aspectos estratégicos nos cinco componentes, conforme apresentado a seguir:

1. Elaborar uma constituição corporativa que maximizará a eficácia dos sistemas de produção.
2. Usando uma abordagem de chão de fábrica, construir uma organização que previna todo tipo de perda (assegurando zero acidentes, zero defeitos e zero falhas) por toda vida do sistema de produção.
3. Envolver todos os departamentos na implementação da TPM, incluindo desenvolvimento, vendas e administração.
4. Envolver todos, desde a alta administração até os trabalhadores de chão de fábrica.
5. Conduzir atividades de zero perda através da sobreposição de atividades de pequenos grupos. (SUZUKI, 1994 p. 6, tradução nossa).¹¹

Com essa nova definição, pode-se perceber que a TPM incorpora uma abrangência mais ampla que aquela sugerida pelo nome, isto é, restrita à produção ou manutenção. Naturalmente, isso acaba trazendo complexidades que demandam maiores esforços por parte das empresas que a queiram aplicar.

¹¹ 1. *Build a corporate constitution that will maximize the effectiveness of production systems.*
2. *Using a shop-floor approach, build an organization that prevents every type of loss (by ensuring zero accidents, zero defects, and zero failures) for the life of the production system.*
3. *Involve all departments in implementing TPM, including development, sales, and administration.*
4. *Involve everyone — from top management to shop-floor workers.*
5. *Conduct zero-loss activity through overlapping small-group activities.*

2.1.2 Histórico da TPM

Dando resposta às novas demandas das áreas de produção que exigiam a eliminação de quebras e defeitos, a manutenção preventiva evoluiu para a manutenção produtiva, levando ao nascimento da metodologia TPM. A essência dessa metodologia é o conjunto de atividades de produção que tem como objetivo a eliminação total das perdas do sistema produtivo. Com relação a isso, Shirose (1992, p. 15 e 16) afirma: “as atividades do departamento de manutenção baseadas no estilo americano de manutenção preventiva nunca eram suficientes para alcançar zero quebras e zero defeitos”. Além disso, continua, a TPM tem como base a atividade de pequenos grupos e ganha a participação e suporte de todos, em todos os níveis hierárquicos.

Conforme Suzuki (1994, p. 1), o berço para o nascimento da abordagem exclusivamente japonesa chamada *Total Productive Maintenance* (TPM) foi a combinação da tendência pela produção *Just-in-time* com a tendência da indústria de montagem em direção à automação, que investia pesadamente em equipamentos para tornar-se menos intensiva em mão de obra:

O equipamento usado por estas indústrias tem se tornado cada vez mais automatizado e sofisticado e o Japão é agora o líder mundial no uso de robôs. Esta tendência para automação, combinada com a tendência em direção à produção *just-in-time*, estimulou o interesse em melhorar a gestão da manutenção em indústrias de fabricação e de montagem. Isso provocou o nascimento para a abordagem exclusivamente japonesa chamada *total productive maintenance* (TPM), uma forma de manutenção produtiva envolvendo todos os trabalhadores. (SUZUKI, 1994 p. 1, tradução nossa).¹²

Segundo Shirose (1992, p. 14), a manutenção produtiva surgiu como evolução dos conceitos da manutenção preventiva (PM) que foi trazida dos Estados Unidos e introduzida no Japão em 1951. Naquela ocasião, as empresas que adotaram os conceitos americanos da manutenção preventiva obtiveram reduções substanciais nas quebras dos equipamentos. Antes disso, as empresas praticavam a

¹² *The equipment used by these industries has become increasingly automated and sophisticated, and Japan is now the world leader in the use of industrial robots. This trend toward automation, combined with the trend toward just-in-time production, stimulated interest in improving maintenance management in the fabrication and assembly industries. This gave birth to a uniquely Japanese approach called total productive maintenance (TPM), a form of productive maintenance involving all employees.*

manutenção por quebra (BM)¹³, isto é, só consertar os equipamentos após eles quebrarem (SHIROSE, 1992, p. 13).

Apesar dos benefícios da manutenção preventiva (PM), com o passar dos anos, novas demandas da indústria moderna proporcionaram mudanças nos seus conceitos, que incorporaram a Manutenção Corretiva (CM) e a Prevenção da Manutenção (MP). Segundo Shirose (1992, p. 14), “finalmente, as abordagens PM, CM e MP consolidaram-se sob a abordagem chamada PM, que neste caso significa Manutenção Produtiva”¹⁴.

A formalização da TPM como metodologia veio a efetivar-se através do *JIPM*. Nakajima (1988, p. 9), num quadro denominado “Desenvolvimento da PM no Japão”, apresenta vários eventos, vincula-os às décadas de 1950, 1960 e 1970 e associa-os a várias teorias, como, por exemplo: Manutenção Produtiva (1954), Engenharia da Confiabilidade (1962) e Logística (década de 1970). Sperancetta (2005, p. 27) descreve alguns desses fatos conforme se sucederam e culminaram com o nascimento da TPM:

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 o 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 da TPM. (SPERANCETTA, 2005, p. 27).

Com o objetivo de alcançar as metas de maximização da produtividade, de acordo com Shirose (1992, p. 14), existem quatro tipos de atividades que incluem-se na Manutenção Produtiva: Manutenção Preventiva, Melhoria de Manutenção, Prevenção da Manutenção e Manutenção *Post-facto*, as três primeiras são destacadas como especialmente importantes. A seguir tem-se a discriminação dessas três abordagens:

¹³ O termo BM vem do inglês *Breakdown Maintenance* (Manutenção por quebra);

¹⁴ *Finally, the PM, CM, and MP approaches were consolidated under a new type of approach called PM, which in this case stands for productive maintenance.*

- **Manutenção Preventiva:** tem como objetivo prevenir quebras e defeitos. Para isso, as atividades diárias incluem inspeções de equipamentos, medições de precisão, inspeções em períodos específicos, trocas de óleo, lubrificação, etc. São também registrados pelos trabalhadores pontos de deterioração para serem corrigidos antes de causarem problemas.
- **Melhorias de Manutenção:** são atividades que visam melhorar o equipamento a partir da localização e entendimento, onde são feitas melhorias que visam reduzir quebras e defeitos, bem como facilitam acessos para manutenção e operação do equipamento.
- **Prevenção da Manutenção:** estas atividades começam desde as etapas de projeto do equipamento e visam torná-lo mais confiável, mais fácil de manter, ajustar, trocar ferramental e operar.

Nesse contexto, conforme Shirose (1992, p. 15), a Manutenção Preditiva, que é incluída pelo autor como parte da Manutenção Preventiva, incorpora as ferramentas para inspeção e diagnóstico com tecnologias avançadas, que são usadas para agregar mais precisão e confiabilidade à manutenção dos equipamentos. Segundo Nakajima *apud* Palmeira (2002, p. 87), para tentar prever a ocorrência de falhas através do uso de medições ou por controle estatístico, surgiu, durante os anos de 1980, a Manutenção Preditiva, que passou a fazer parte significativa da TPM.

Conforme Ribeiro (2004, p. 6) *apud* Carrijo e Toledo (2005, p. 3), a TPM no Brasil herdou várias designações, entre elas, Manutenção Produtiva Total, Manutenção Total da Produção, Melhoria da Produtividade Total e Manutenção da Produtividade Total. Saliencia inclusive que a tradução inicial “Manutenção Produtiva Total” trouxe dificuldades à implantação da metodologia, pois induzia ao entendimento de que a TPM restringia-se às atividades de manutenção. Continuando, o autor afirma que “há, entretanto, correntes (norte-americana e européia) que dão à letra “M” a denominação Management, ou seja, tornam a TPM uma filosofia de Gerenciamento da Produtividade Total.

Segundo Carrijo e Lima (2008, p. 3), o crescente interesse por técnicas de produtividade japonesas como a TPM foram devidas ao “progresso econômico

japonês e à expansão da participação de mercado das indústrias automobilísticas” nas décadas de 70 e 80 do século passado, tendo alcançado a América do Norte, a Ásia, a Europa e a América do Sul, especialmente o Brasil. Em novembro de 1991, o primeiro congresso mundial de TPM foi promovido pelo *JIPM* em Tokyo.

Com relação ao desenvolvimento da TPM no Brasil, os autores descrevem alguns acontecimentos, entre os quais destaca-se a presença do Professor Seiichi Nakajima, autor de um dos referenciais teóricos sobre a TPM, *Introduction to Total Productive Maintenance*, de 1988:

Em novembro de 1996, na cidade do Rio de Janeiro, em evento organizado conjuntamente pelo Instituto Brasil TPM (IBTPM) e IM&C, o Professor Seiichi Nakajima esteve participando da comemoração dos 10 anos de sua primeira vinda ao Brasil e ocorreu um Fórum TPM com a presença e apresentação de casos de empresas de diversos lugares do mundo, entre elas a Ford dos Estados Unidos da América, Clabinal de Portugal, Grupo Carbajal da Colômbia e outras empresas, inclusive do Japão (CARRIJO e LIMA, 2008, p. 6)

Figura 2 - Resumo da História da TPM e sua Introdução no Brasil

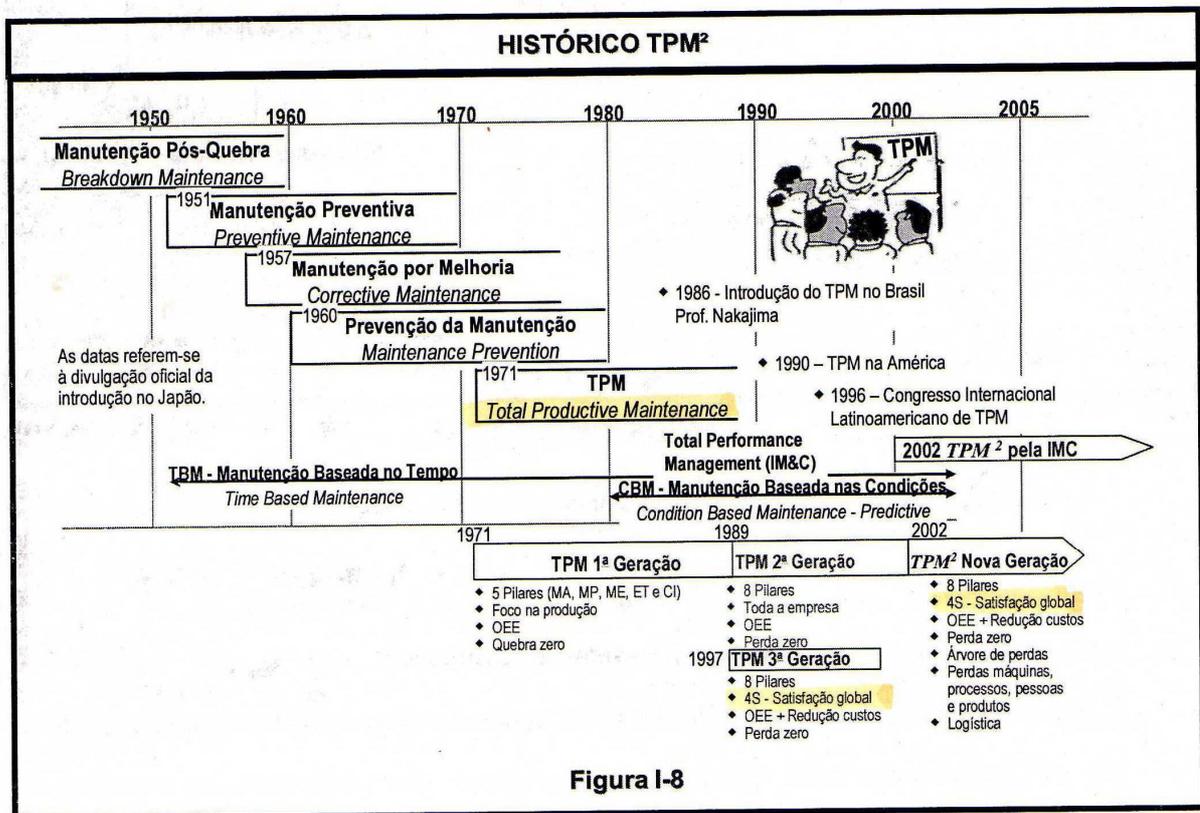


Figura I-8

Fonte: IMC (2004, p. INSTR-I-10).

A figura 2 apresenta um resumo da evolução histórica da TPM, incluindo sua introdução no Brasil. Ribeiro (2004) *apud* Carrijo e Lima (2008, p. 6) faz considerações acerca da TPM no Brasil e sobre sua adoção por diversas grandes empresas. Além disso, cita pontos relativos à consolidação da metodologia em algumas delas, como pode ser constatado no texto a seguir:

No Brasil, muitas empresas vêm adotando a TPM, tendo como base alguns princípios de trabalho em equipe e autonomia, bem como uma abordagem de melhoria contínua para prevenir quebras. O mesmo autor também assinala que algumas empresas instaladas no Brasil têm o processo de implantação consolidado, inclusive algumas reconhecidas pelo prêmio da JIPM. São elas: Yamaha, GM, Alcoa, Pirelli Cabos, Pirelli Pneus, Andréas Stihl, Alumar, Texaco do Brasil, FIAT, Copene, Ford, Azaléia, Marcopolo, Multibras, Editora Abril, Votorantin Celulose e Papel, Eletronorte, Gessy Lever, Tilibra, Cervejaria Kaiser, Ambev, entre outras.' (RIBEIRO 2004 *apud* CARRIJO e LIMA, 2008, p. 6)

A julgar pelo número, porte e diferentes origens das empresas que aparecem nessa lista, dá para se ter uma ideia do quanto a TPM está bem disseminada no país, bem como reforçar a percepção acerca da sua importância.

2.1.3 A TPM e sua relação com o *Just In Time* / STP

Um importante aspecto a ser ressaltado com relação à TPM é o fato dela ter uma íntima ligação com o Sistema Toyota de Produção. Segundo Nakajima (1988, p. xviii), no prefácio da obra, das 116 fábricas que o *JIPM* premiou pelo sucesso na implementação da TPM entre 1971 e 1988, sessenta por cento eram de empresas do grupo Toyota e das suas fornecedoras de peças. A partir disso, conforme o autor, conclui-se que há uma estreita relação entre a produção *just in time* e a TPM.

Com relação aos objetivos da TPM e do STP, pode-se perceber a existência de uma importante sintonia entre ambos. Conforme Suzuki, (1994, p. 59), em última instância, a TPM objetiva “zero perdas e zero quebras”.

Ao abordar as relações entre a TPM e o STP, Nakajima (1988, p. 16) diz que, de acordo com um dos criadores do STP, Taiichi Ohno, o STP é baseado na absoluta eliminação de desperdícios. Além disso, continua o autor, a eliminação das seis grandes perdas da TPM corresponde à absoluta eliminação de perdas do STP: “No esforço para zero quebras, a TPM promove a produção sem defeitos, a

produção *just in time* e a automação [...] o fato de que as empresas ligadas à Toyota estão rapidamente implementando a TPM confirma sua importância para o Sistema Toyota de Produção” (NAKAJIMA, 1988, p. 16, tradução nossa).¹⁵

Sharma e Moody (2003, p. 45) relatam o caso da Samsonite, cujos princípios enxutos melhoraram a qualidade de seus produtos em dez vezes e, na sequência, evidenciam também a importância da manutenção preventiva. Em contrapartida, ainda, segundo os autores, “curiosamente, programas de manutenção preventiva têm estado em evidência durante anos como uma daquelas abordagens que muitas empresas continuam a ignorar, apesar de extremamente necessárias”.

Segundo Sharma e Moody (2003, p. 45), de maneira distorcida e incompleta, apressadamente, para transformar o sistema, empresas teriam adotado partes do STP como o *Just in Time* e o *Kanban*. Mas o *Just in Time* houvera se tornado meramente uma técnica de gerenciamento de estoques, numa abordagem aparentemente simples para repor o movimento do estoque. Entretanto, segundo os autores, “sem a manutenção preventiva, os fabricantes potencialmente enxutos nunca atingirão níveis aceitáveis de progresso”.

Continuando suas colocações, os autores criticam a postura adotada de dar ênfase ao controle dos estoques. O simples abandono de técnicas de controle de estoques via MRP's (*Material Resource Planing*) era uma abordagem equivocada. Em oposição àquele posicionamento, deveria ser buscada a competitividade através do robustecimento do sistema, eliminando desperdícios e criando condições para que as empresas atendessem aos seus clientes com confiabilidade, rapidez e valor para o cliente.

2.1.4 A Importância da manutenção para o *Just In Time*

Para enfrentar as exigências cada vez mais elevadas por parte dos mercados, as empresas precisam ganhar mais flexibilidade com menores custos e mais qualidade.

¹⁵ *In striving for zero breakdowns, TPM promotes defect-free production, just-in-time production, and automation [...] the fact that Toyota-related companies are rapidly implementing TPM confirms its importance in the Toyota production system.*

De modo geral, parece óbvio que a manutenção seja uma atividade fundamental para que os sistemas de produção alcancem seus objetivos. Todavia é importante ressaltar que a importância da manutenção é crítica quando a abordagem é feita dentro do contexto do Sistema Toyota de Produção.

Segundo Ohno (1997, p. 112), “se o princípio estabelecido de *just in time* da Toyota funciona, certamente não há necessidade de estocar matérias-primas e produtos acabados extras”. Além disso, afirma o autor, a tendência de estocar coisas é a origem do desperdício no mundo dos negócios. Seguindo as regras do *Kanban*, uma peça só deve ser retirada do processo anterior quando for necessária. Entretanto, caso a máquina deste processo estivesse parada e as peças não produzidas, a consequência “certamente seria uma situação difícil”.

Por esta razão, segundo Ohno (1997, p. 112), o STP destaca a necessidade de prevenção para todos os processos de produção, bem como enfatiza a necessidade de uma linha de produção de constituição forte, que é consequência do que ele chama de ‘medicina preventiva’, ou seja, da manutenção, que tornou-se parte integrante do Sistema Toyota de Produção. Além disso, conclui reforçando que a força da Toyota tem origem na manutenção preventiva.

Durante as expansões graduais do Sistema Toyota de Produção dentro e fora da *Toyota Motor Company*, pedi a todos os envolvidos que estudassem uma maneira de se impedir problemas nas máquinas e dificuldades no processo. Assim, ‘medicina preventiva’ ou manutenção tornaram-se parte integrante do Sistema Toyota de Produção. [...] A força da Toyota não vem dos seus processos de recuperação, mas sim da sua manutenção preventiva. (OHNO, 1997, p. 112 e 113).

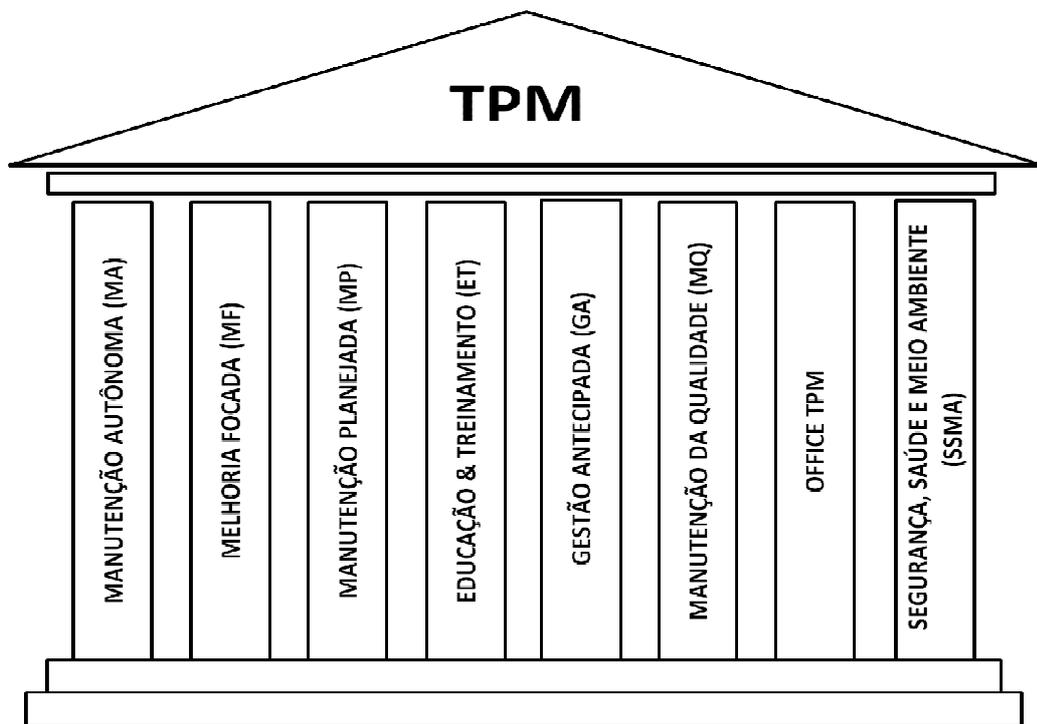
Segundo Takahashi e Osada (1993, p. 113), a entrega é o fator que associa mais diretamente uma fábrica a seus clientes, sendo os problemas gerenciais mais comuns nas fábricas de peças e montagem aqueles relacionados ao cumprimento das datas de entrega. Além disso, segundo o autor, num ambiente *just in time* e nas fábricas que trabalham com estoques mínimos de produtos em processo, o problema das datas de entrega não pode ser solucionado sem que um gerenciamento aprimorado assegure a contínua manutenção dos equipamentos de produção.

2.1.5 Os 8 pilares da TPM

O desenvolvimento da TPM precisa ser adaptado às características de cada empresa. Todavia, existem algumas atividades que são consideradas fundamentais para o desenvolvimento adequado da metodologia. Suzuki (1994, p. 12) define oito atividades que são consideradas centrais na TPM e afirma que, no planejamento para sua implementação, primeiramente devem ser decididas quais as atividades serão adotadas para se alcançar as metas da TPM.

Segundo Nakajima (1989, p.42), *JIPM* (2002, p.2) e Palmeira (2002, p.113) *apud* Moraes (2004, p. 40), “embora cada empresa, em função de sua cultura, tenha suas peculiaridades para a implementação da TPM, existem alguns princípios que são básicos para todas elas e que são denominados de os pilares de sustentação da TPM”.

Figura 3 - Os oito pilares da TPM sugeridos pelo *JIPM*



Fonte: O autor - adaptado de (AHUJA and KHAMBA, 2008, P. 721)

Na sua versão original, a TPM possuía cinco pilares, mas, com a evolução dos conceitos, este número passou a oito. Shirose (1992, p. 17) apresenta “Os Cinco Pilares do Desenvolvimento da TPM” (da versão original): Manutenção Autônoma

(MA), Melhoria Focada (MF), Manutenção Planejada (MP), Educação e Treinamento (ET) e Gestão Antecipada do Equipamento. Este último, ao incorporar as atividades de desenvolvimento de produtos, passou a ser denominado simplesmente “Gestão Antecipada” (GA). Posteriormente, foram acrescentados mais três pilares, quais sejam: Manutenção da Qualidade (MQ), *Office* TPM (ou TPM nas Áreas Administrativas) e, finalmente, Segurança, Saúde e Meio Ambiente (SSMA). A figura 3 ilustra a TPM como uma estrutura suportada por estes oito pilares que, conforme Ahuja and Khamba (1998, p. 721), é sugerida pelo *JIPM*.

2.1.5.1 O pilar manutenção autônoma (MA)

Segundo Shirose (1992, p. 20), o pilar MA tem como metas treinar os operadores em habilidades relacionadas aos equipamentos e habilitá-los a cuidar dos equipamentos dos quais são os “proprietários”. Os participantes desse pilar são os operadores e os líderes de linha.

As atividades específicas para implementação do pilar MA são definidas como os sete passos da manutenção autônoma, listados a seguir:

- Limpeza inicial;
- Eliminação das fontes de contaminação e áreas de difícil acesso;
- Implementação de padrões de limpeza e lubrificação;
- Inspeção geral do equipamento;
- Inspeção geral do processo;
- Organização da área de trabalho e (finalmente, o sétimo passo),
- Implementação plena do programa de manutenção autônoma.

A participação do operador nas atividades voltadas para a manutenção dos equipamentos é um diferencial que caracteriza a TPM. É importante lembrar que essa atuação não visa substituir os especialistas, mas compartilhar a responsabilidade de manter os equipamentos em ótimas condições. É no transcorrer da implementação dos sete passos da MA que são desenvolvidas as competências dos operadores, indispensáveis à perfeita manutenção e operação (ou gestão) dos seus equipamentos e processos.

Promover a eliminação de todas as anormalidades (ou inconveniências) dos equipamentos é um dos pontos essenciais para se assegurar que eles operem em ótimas condições. Suzuki (1994, p. 106 e 108) apresenta as etiquetas de identificação de anormalidades (também conhecidas como etiquetas de anomalias). Elas são colocadas como uma técnica para expor os problemas da máquina. As etiquetas de cores diferentes são utilizadas conforme possam ser resolvidas pelos próprios operadores ou por especialistas. Segundo o autor, com essa técnica, as anormalidades deixam de ficar sob o conhecimento exclusivo de indivíduos que compõem os grupos de manutenção autônoma e passa ao conhecimento de todos, como seus colegas, supervisores e pessoal da manutenção.

Figura 4 – Etiquetas para identificação de anormalidades (ou inconveniências)

The figure shows two Ford maintenance tags side-by-side. Both tags feature the Ford logo at the top and the instruction "Esta etiqueta fica no equipamento".

Left Tag (Blue): Labeled "ETIQUETAS AZUIS (OPERADORES)". It includes a classification scale from 1 to 5, fields for identification and date, and a section for "Descrição do problema".

Right Tag (Red): Labeled "ETIQUETAS VERMELHAS (MANTENEDORES)". It includes the same classification scale, identification, and date fields, and a section for "Descrição do problema".

At the bottom of each tag, a legend defines the classification numbers: 1 - Segurança, 2 - Fontes de Contaminação, 3 - Difícil acesso, 4 - 5 S's, 5 - Outros.

Fonte: Moraes (2004, p. 66)

A figura 4, exatamente como publicada na fonte consultada – exceto as tarjas brancas adicionadas no presente trabalho, no campo “descrição do problema”, para identificá-las com maior precisão, mostra as etiquetas de inconveniências utilizadas

pelo programa de TPM da Ford. O texto a seguir descreve como essas etiquetas são utilizadas na identificação e eliminação de problemas da máquina a partir do primeiro passo da MA.

[...] Efetua-se então a limpeza e organização de todas as máquinas e da própria área, já com especial atenção para a identificação dos pontos de travamento das fontes de energia e de riscos de acidente. Durante as inspeções, as inconveniências que não puderem ser eliminadas de imediato, são identificadas para eliminação posterior com etiquetas azuis ou vermelhas conforme modelo apresentado na Figura 4. Apesar do mesmo conteúdo, cada uma das etiquetas tem um propósito distinto. As azuis identificam as inconveniências que o próprio time é capaz de eliminar. Já as vermelhas identificam as inconveniências para as quais o time ainda não está apto e necessita de recursos externos para resolvê-las (MORAES 2004, p. 66).

2.1.5.2 O pilar melhorias focadas (MF)

Segundo Shirose (1992, p. 20), o pilar MF tem como metas alcançar a “meta zero” (zero quebra e zero defeito) e levar os equipamentos à disponibilidade ótima. É importante que se destaque que essa é uma meta orientadora, pois, ainda que a condição “zero” seja atingível por longos períodos, é improvável que isso perdure indefinidamente. Suzuki (1994, p. 51, tradução nossa), entre as abordagens do pilar MF, aponta que “uma das principais características da TPM é sua ‘orientação para zero’, que encoraja as equipes a reduzirem sistematicamente todos os tipos de perda a zero”¹⁶.

Os participantes desse pilar são as pessoas de suporte (*staff*) e os líderes de linha. As atividades específicas para implementação do pilar MF são:

- Identificação das seis grandes perdas;
- Cálculo do OEE e estabelecimento das metas de melhoramento;
- Análise dos fenômenos e das respectivas causas;
- Implementação da análise P-M (*Phenomena and Mechanism*)¹⁷.
- Estudo completo das condições ótimas dos equipamentos.

¹⁶ A major feature of TPM is its ‘zero-orientation’, which encourages teams systematically to reduce all kinds of losses to zero.

¹⁷ O P em P-M significa “*Phenomena*” (fenômeno) e “*Physical*” (físico). O M significa Mecanismo, Máquina, *Man* (pessoal), e Material [...] (SHIROSE, 1992, p. 65, tradução nossa).

2.1.5.3 O pilar manutenção planejada (MP)

Segundo Shirose (1992, p. 20), o pilar MP tem como meta a elevação da eficiência do departamento de manutenção para prevenir as seis grandes perdas. Os participantes desse pilar são o *staff* do departamento de manutenção, líderes e funcionários em geral. As atividades específicas para implementação do pilar MP são:

- Manutenção diária e medidas de inspeção;
- Manutenção periódica;
- Manutenção preditiva;
- Melhorias para aumentar a vida do equipamento;
- Controle de peças reservas;
- Análise e prevenção das quebras, e
- Controle de lubrificação.

2.1.5.4 O pilar educação e treinamento (ET)

Educação e treinamento são duas das atividades vitais para um programa de TPM. Dado que o conhecimento acerca dos equipamentos e dos processos é indispensável para operação e manutenção adequadas, treinar e desenvolver operadores, mantenedores e lideranças é crucial para se melhorar a produtividade do sistema produtivo. Segundo Suzuki (1994, p. 262), todas as empresas que receberam o prêmio *PM-Prize* (prêmio concedido pelo *JIPM* às empresas bem sucedidas na implementação da TPM), como resposta ao crescimento acelerado das demandas por habilidades e tecnologias, estabeleceram o sistema de educação e treinamento para maximizar o potencial de todos os seus trabalhadores.

Segundo o autor, as duas abordagens básicas para o treinamento são o treinamento no trabalho, ou *OJT* (*on the job training*) e o autodesenvolvimento. Como consequência, ao melhorar as habilidades das pessoas, a empresa não só ajuda a sua linha de frente, mas também incrementa o entusiasmo e o prazer das pessoas no trabalho.

Na condução dos programas de treinamentos, tradicionalmente são definidos quatro níveis para a avaliação das habilidades das pessoas:

- Nível 1 – Tanto conhecimento teórico quanto as habilidades práticas precisam ser ensinados.
- Nível 2 – Sabe a teoria mas não a prática (precisa treinamentos práticos).
- Nível 3 – Sabe tanto a teoria quanto a prática (não sabe ensinar).
- Nível 4 – Tem proficiências da teoria e da prática (pode ensinar aos outros).

Para que os colaboradores mantenham-se continuamente atualizados nas tecnologias e métodos dos seus respectivos postos de trabalho, existe a necessidade de um processo sistematizado de educação e treinamento. Tal sistematização é obtida através do Pilar ET, a quem pertence a coordenação e o controle dos processos de treinamento e desenvolvimento das pessoas. Combinando as atuações do Pilar ET e dos pilares MA e MP, assegura-se as participações das equipes de operação e manutenção, de modo que todos se atualizem.

Segundo Suzuki (1994, p. 276), treinamentos básicos para o pessoal de produção e manutenção deveriam enfatizar o treinamento *OJT* e o autodesenvolvimento no local de trabalho. A longo prazo, para enfrentar a rápida evolução das tecnologias e da automação, é essencial que seja promovido um programa que considere as necessidades individuais, tanto do ponto de vista dos indivíduos quanto dos respectivos postos de trabalho.

Na abordagem da TPM, considerando as complexidades da automação, dos controles eletrônicos e de outras tecnologias avançadas, o operador precisa ser competente tanto com relação ao processo quanto ao equipamento. Segundo Suzuki (1994, p. 263 e 266), para ser considerado competente no seu equipamento, o operador precisa possuir quatro habilidades:

1. Saber detectar anormalidades e efeitos de melhorias nos seus equipamentos;
2. Entender a estrutura e as funções do equipamento e estar apto a descobrir causas de anormalidades;
3. Entender as relações entre a qualidade e o equipamento e prever anormalidades e descobrir suas causas;
4. Entender e reparar seu equipamento.

Figura 5 – Lição de um ponto (LUP ou OPL)

ONE-POINT LESSON	Dept.: _____ Date prepared: _____ Team: _____ Prepared by: _____																		
The Role of FRLs-Lubricators	Type: Basic pneumatic device																		
<p>Why are lubricators necessary?</p> <p>The lubricator works on the atomization principle. The oil mist produced by the lubricator prevents the interiors of pneumatic piping and equipment from rusting and helps pneumatic devices to operate smoothly by lubricating cylinder walls.</p>																			
<p>Principles</p> <ul style="list-style-type: none"> • The surface of the oil inside the sight glass (A) remains constantly under the pressure of the air on the inlet side. • When the pneumatic device actuates, the inlet-side pressure exceeds the outlet-side pressure. Oil is drawn up the suction pipe and forms a droplet (B). • This droplet falls down and mixes with the incoming air (C). • The oil is atomized and passes out with the outgoing air. 	<p>Drip-rate Adjustment</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adjust the drip rate so that a drip is formed while the piston of the hydraulic device is still moving. • If the oil drop forms after the piston has completed a full stroke, the cylinder walls will not be lubricated. • Do not allow the oil level to fall below the suction pipe intake 																		
Training Completed	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Date:</td> <td style="width: 25%;">25 August 1986</td> <td style="width: 15%;">"</td> <td style="width: 15%;">29 August 1986</td> <td style="width: 15%;">"</td> <td style="width: 15%;">"</td> </tr> <tr> <td>Trainee:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Checked:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Date:	25 August 1986	"	29 August 1986	"	"	Trainee:						Checked:					
Date:	25 August 1986	"	29 August 1986	"	"														
Trainee:																			
Checked:																			

Fonte: Suzuki (1994, p. 278)

Considerando a habilidade 4, acima, não se deve confundir operador competente com uma pessoa que substitua o mantenedor especialista.

Compondo o sistema de educação e treinamento, existe um documento conhecido como LUP (lição de um ponto), LPP (lição ponto a ponto) ou OPL (*one point lesson*). Seu objetivo é facilitar o treinamento no chão de fábrica que, em geral, pode ser repassado em tempos próximos a 5 minutos. Como no exemplo visto na figura 5, acima, as LUP's, em geral, contêm instruções bem visuais. Isso permite que treinamentos possam ser realizados com lições rápidas e objetivas. Embora já bem disseminado nas empresas, esse documento é típico da TPM, sendo aplicado principalmente pelos pilares MA e MP.

2.1.5.5 O pilar gestão antecipada (GA)

Segundo Shirose (1992, p. 20), na concepção ainda restrita à gestão antecipada do equipamento, o pilar Gestão Antecipada (GA) tem como metas: projetar equipamentos que tenham menores probabilidades de quebra, que entrem em operação com maior confiabilidade de modo a reduzir os tempos de *startups*.

Segundo Willmott e McCarthy (2001, p. 2), o pilar Gestão Antecipada “não é uma iniciativa conduzida pelo departamento de manutenção, mas, na realidade, trás produção e manutenção juntas, como partes participantes iguais sob o guarda-chuva da manufatura.”¹⁸ (Tradução nossa). Segundo Shirose (1992, p. 20), os participantes desse pilar são os engenheiros de produção e o *staff* (pessoal de suporte) da manutenção.

As atividades específicas para implementação do pilar GA são:

- Estabelecimento de metas de projeto;
- Manutenibilidade – (facilidade de se realizar a manutenção);
- Manutenibilidade autônoma – (facilidade de ser feita manutenção pela equipe de MA);
- Operabilidade;
- *Reliability* (confiabilidade);
- Custeio ciclo de vida;
- Identificação de problemas em cada estágio (projeto, desenho, fabricação, instalação, etc);
- *Debugging* (depuração – um processo de identificação e eliminação de *bugs* – ou falhas - em *softwares* ou similares).

¹⁸... *it is not a Maintenance Department-driven initiative, but actually brings production and maintenance together as equal partners under the umbrella of manufacturing.* (WILLMOTT e McCARTHY, 2001, p. 2)

2.1.5.6 O pilar manutenção da qualidade (MQ)

A automatização tende a aumentar o controle da qualidade, pois os processos ficam menos dependentes da variabilidade inerente à intervenção do homem. Paradoxalmente, isso vai deixando de ser verdade à medida que variações acontecem no decorrer do tempo. Nos equipamentos, seus componentes se desgastam e sofrem alterações.

Essas modificações são inerentes aos processos, pois, a depender das características ou tecnologias envolvidas, o equipamento pode estar sujeito a entupimentos ou obstruções, que modificam ou limitam os fluxos do processo. Lâminas perdem o fio de corte e passam a produzir peças com rebarbas. Componentes sofrem desgastes e começam a produzir peças com tamanhos fora das especificações, etc.

Segundo Suzuki (1994, p. 236, tradução nossa), “a manutenção da qualidade é um conjunto de atividades que estabelecem condições que não produzem defeitos, com uma meta de manter o equipamento em perfeitas condições para fabricar produtos perfeitos”.¹⁹

Suzuki (1994, p. 237 e 238) também sugere que a qualidade deve ser assegurada pela prevenção de defeitos e pelo controle dos quatro elementos de entrada dos processos: material, máquina, métodos e mão de obra. Isso é feito através de medições periódicas em pontos de checagem desses elementos, verificando desvios com relação a condições pré-estabelecidas. Segundo este autor, existem diversas pré-condições necessárias, mas, para um programa de manutenção da qualidade exitoso destacam-se: eliminação da deterioração acelerada, eliminação de problemas de processo, e o desenvolvimento de operadores competentes.

¹⁹ *Quality maintenance consists of activities that establish equipment conditions that do not produce quality defects, with a goal of maintaining equipment in perfect condition to producing perfect products.*

2.1.5.7 O pilar *office*

“Pilar *Office*” é o nome dado ao pilar envolvido com melhoramentos nas áreas administrativas e de suporte. Através dele procura-se identificar e eliminar as perdas relacionadas às atividades dessas áreas, que atrapalham o bom desempenho dos processos de coleta, tratamento e distribuição de informações dentro da organização.

Entre as atividades dos departamentos administrativos estão aquelas relativas ao desenvolvimento de produtos, normalmente ligadas aos departamentos de engenharia e desenvolvimento.

Segundo Suzuki (1994, p. 283), diante das tecnologias da informação cada vez mais avançadas, um dos pontos centrais que deve ser buscado pelo Pilar *Office* é a melhoria da resposta ao mercado. Na busca pela redução do “*time-to-market*” no desenvolvimento dos produtos, a cooperação com o departamento de produção deve levá-lo à fabricação de produtos sem perdas e com valor agregado para o cliente.

O Pilar *Office* deve atuar levando cada departamento administrativo e de apoio a se questionar sobre qual é a sua missão e quais questões devem ser resolvidas para maximizar sua eficiência no apoio às áreas de produção.

2.1.5.8 O pilar segurança, saúde e meio ambiente (SSMA)

Este pilar visa a criação de um gerenciamento da área de segurança com o propósito de alcançar “zero acidentes” e “zero contaminações do meio ambiente”. Através do emprego das atividades da TPM nesta área, incluindo-se as etapas de projeto dos equipamentos, consegue-se o estabelecimento de ambientes de trabalho mais seguros e agradáveis, reduzindo riscos para as pessoas e para o meio ambiente.

Segundo Suzuki (1994, p 323), assegurar a confiabilidade dos equipamentos, a prevenção de erros humanos e a eliminação de acidentes e poluição são princípios básicos da TPM. Segundo o autor, as iniciativas da TPM contribuem para melhorar a segurança por diferentes caminhos, entre eles: a aplicação dos princípios do 5S pela MA, a eliminação de áreas inseguras pela MF e MA, e o fato de operadores mais bem treinados conseguir reagir melhor às anormalidades.

2.1.6 O rendimento global do equipamento (OEE)

Uma das estratégias incluídas pelo *JIPM* para definir a TPM é maximizar a eficiência global do equipamento. Na TPM o rendimento global do equipamento é dado pelo OEE, do inglês *Overall Equipment Effectiveness*. Segundo Moraes (2004, p. 69), o OEE é um padrão mundial de medição de resultados obtidos com a implantação da TPM. Conforme Nakajima (1988, p. 27), Takahashi e Osada (1993, p. 50) e Shirose (1994, p.55), o OEE é obtido pelo produto de três fatores percentuais: disponibilidade, taxa de desempenho e taxa de qualidade. Segundo Nakajima (1988, p. 24), dessa maneira obtém-se o rendimento global do equipamento, de modo que são incluídas no cálculo as seis grandes perdas do equipamento, apresentadas a seguir.

Equação 1: Cálculo do OEE

Rendimento global do equipamento (OEE) =	disponibilidade	x	taxa de desempenho	x	taxa de produtos de qualidade	(1)
---	-----------------	---	-----------------------	---	----------------------------------	-----

Fonte: Nakajima (1988, p. 27)

Pela sua própria construção, isto é, composto por três fatores de rendimento que se complementam, o OEE proporciona uma visão global e efetiva do desempenho de um equipamento, célula ou mesmo de um sistema de manufatura completo. Além disso, ajuda a direcionar os esforços para as maiores perdas. Ncube (2006, p. 19) descreve estas capacidades da seguinte forma:

O OEE provê uma forma efetiva de medir e analisar a eficiência de uma simples máquina/célula ou um sistema integrado de manufatura. O OEE é também usado como um direcionador para melhoria do desempenho do negócio através da concentração em qualidade, produtividade e questões de utilização de máquinas. Ele aponta para a redução de atividades sem valor agregado, frequentemente inerente em processos de manufatura. (NCUBE, 2006, p. 19).²⁰
(Tradução nossa).

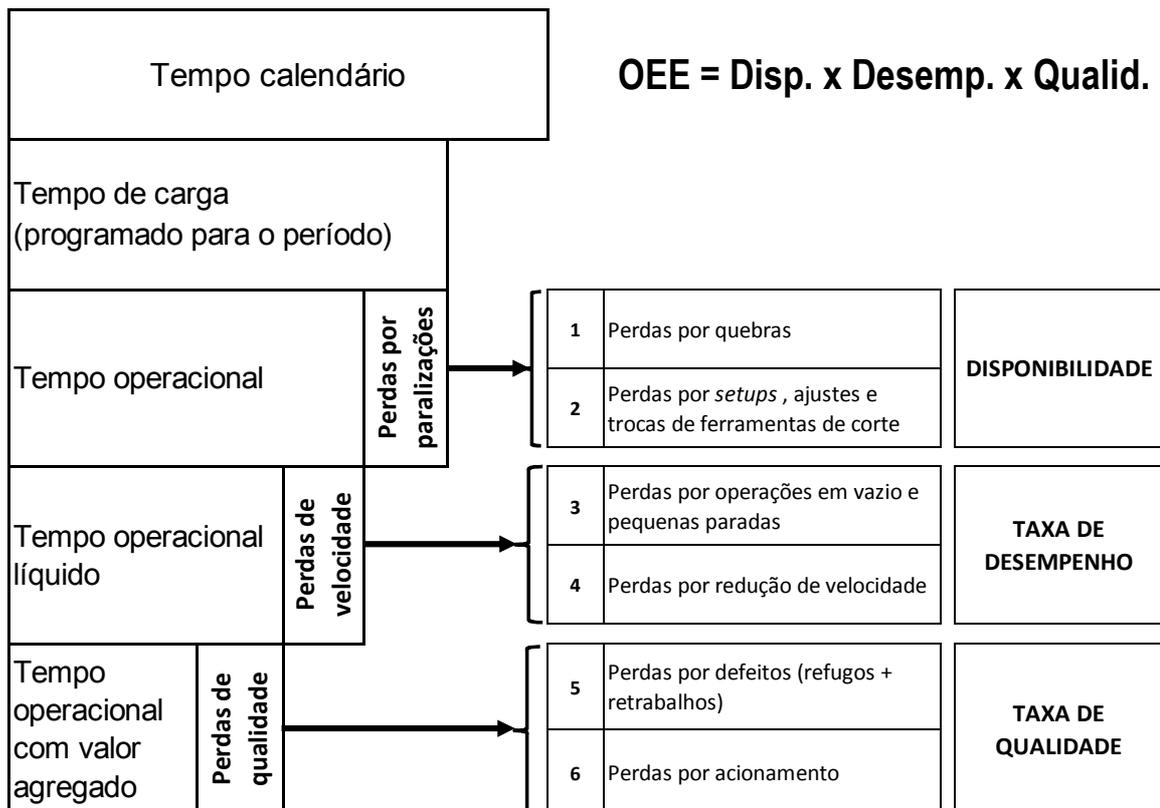
²⁰ *OEE provides an effective way of measuring and analysing the efficiency of a single machine/cell or an integrated manufacturing system. OEE is also used as a driver for improving performance of the business by concentrating on quality, productivity and machine utilisation issues. It is aimed at reducing non-value adding activities, often inherent in manufacturing processes.*

2.1.6.1 As seis grandes perdas

Segundo Shirose (1992, p. 37), as barreiras que atrapalham a eficiência global do equipamento são conhecidas na TPM como as “seis grandes perdas”, que precisam ser eliminadas para que se melhore o OEE:

- Perdas por quebra de equipamento;
- Perdas por *setups* e ajustes;
- Perdas por pequenas paradas ou operações em vazio;
- Perdas por redução de velocidade;
- Perdas por defeitos ou retrabalhos;
- Perdas para entrada em regime normal de produção

Figura 6 - Relação esquemática dos tempos com as seis grandes perdas e o OEE



Fonte: Shirose (1992, p. 53). Traduzido e adaptado pelo autor.

2.1.6.2 Os componentes do OEE

Disponibilidade

O primeiro fator na composição do “Rendimento Global do Equipamento” (OEE), a taxa de disponibilidade representa a eficiência no uso do tempo operacional disponível. Ela é definida pela relação percentual entre o tempo em que o equipamento realmente operou e o tempo que deveria ter operado, conforme a equação abaixo. Este índice é tanto menor quanto maiores forem as perdas de tempo por quebras, *setups*, ajustes e para trocas de ferramentas.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de carga} - \text{Tempo de parada}}{\text{Tempo de carga}} \times 100 \quad (2)$$

Equação 2

Taxa de desempenho

Segundo Nakajima (1988, p. 27), a taxa de desempenho considera, de forma simultânea, dois fatores. Eles incorporam as perdas de desempenho dos equipamentos e estão apresentados na equação 3, a seguir. Os dois fatores para obtenção da taxa de desempenho são: **taxa de velocidade operacional** e **tempo operacional líquido**.

A grande virtude do monitoramento da “taxa de desempenho” é sua capacidade de medir, de modo relativamente simples, as perdas provenientes de muitos fatores diferentes e aleatórios, e que, juntos, podem comprometer significativamente a velocidade de operação da linha: reduções da velocidade operacional, operações em vazio e pequenas paradas.

A **taxa de velocidade operacional** considera as perdas relativas à velocidade operacional, ou seja, a velocidade de operação real com relação à velocidade ideal, sendo obtida pela equação (4) abaixo, **taxa de velocidade operacional**. O outro fator, **tempo operacional líquido**, obtido pela equação (5), é uma forma objetiva de evidenciar duas perdas muitas vezes negligenciadas: operações em vazio e pequenas paradas. Estas, por razões práticas, normalmente

não são registradas, pois, geralmente, são muitas, aleatórias e originadas por diversas causas diferentes, como, por exemplo, vazios na alimentação da linha, pequenos entupimentos, etc.

Equação 3: Taxa de desempenho

$$\text{Taxa de desempenho} = \frac{\text{Taxa de velocidade operacional} \times \text{Tempo operacional líquido}}{\text{Tempo operacional líquido}} \quad (3)$$

Fonte: Nakajima (1988, p. 27)

Equação 4: Taxa de velocidade operacional

$$\text{Taxa de velocidade operacional} = \frac{\text{Tempo de ciclo padrão}}{\text{Tempo de ciclo real}} \times 100 \quad (4)$$

Fonte: Nakajima (1988, p. 27)

Equação 5: Tempo operacional líquido

$$\text{Tempo operacional líquido} = \frac{\text{Número de produtos processados} \times \text{Tempo de ciclo real}}{\text{Tempo operacional}} \times 100 \quad (5)$$

Fonte: Nakajima (1988, p. 27)

Fazendo o produto das equações (4) e (5) obtém-se a equação da **taxa de desempenho** num formato mais simplificado, conforme a equação (6), a seguir:

Equação 6: Taxa de desempenho

$$\text{Taxa de desempenho} = \frac{\text{Número de produtos processados} \times \text{Tempo de ciclo padrão}}{\text{Tempo operacional}} \times 100 \quad (6)$$

Fonte: Nakajima (1988, p. 27)

Quadro 1: Exemplo de cálculo do Rendimento Global do Equipamento (OEE)

DISPONIBILIDADE				
Item	Descrição	Forma de cálculo	Valor	Resultado
A	Tempo de carga (programado para o dia)	8 horas	8 x 60 min	480 min
B	Tempo de parada programada (reunião, descanso, manutenção preventiva)			20 min
C	Tempo de carga (disponível para o dia)	A - B	480 - 20	460 min
D	Tempo de inatividade - perdido no dia - (por quebra, falhas, ajustes e pequenas paradas registradas)			60 min
E	Tempo operacional (disponível-perdido)	C - D	460 - 60	400 min
F	Disponibilidade (Tempo operacional / Tempo de carga)	$(E / C) * 100$	$(400 / 460) * 100$	87,0%
TAXA DE DESEMPENHO				
Item	Descrição	Forma de cálculo	Valor	Resultado
G	Total de unidades processadas			400 unid
H	Tempo de ciclo teórico			0,5 min / unid
I	Tempo de ciclo real			0,8 min / unid
J	Taxa de Velocidade Operacional	$(H / I) * 100$	$(0,5 / 0,8) * 100$	62,5%
K	Tempo operacional líquido	$((G * I) / E) * 100$	$((400 * 0,8) / 400) * 100$	80,0%
L	Taxa de Desempenho (Veloc. Operac. * Tempo oper. Líq.)	J * K	62,5% * 80,0%	50,0%
TAXA DE PRODUTOS DE QUALIDADE				
Item	Descrição	Forma de cálculo	Valor	Resultado
M	Total peças defeituosas (refugo + retrabalho)			8 unid
N	Taxa de Produtos de Qualidade (Total de unid. Processadas - defeituosos) / Total de unid. Processadas	$((G - M) / G) * 100$	$((400 - 8) / 400) * 100$	0,98
TAXA DE EFICIÊNCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO (OEE)				
Item	Descrição	Forma de cálculo	Valor	Resultado
O	Índice de Eficiência Global do Equipamento (OEE) (Disponib. * Desempenho * Qualidade)	$(F * L * N)$	$(0,87 * 0,50 * 0,98) * 100$	43,0%

Fonte: adaptado pelo autor a partir de Nakajima (1988, p. 27), Shirose (1992, p.52) e Moraes (2004, p. 46)

Taxa de produtos de qualidade:

O terceiro elemento na composição do OEE, a **taxa de produtos de qualidade** representa a eficiência com que se transforma os insumos em produtos acabados de qualidade. Assim, este índice será tanto menor quanto maior for a quantidade de produtos com defeito gerados pelo processo, isto é, refugos e retrabalhos.

Equação 7: Taxa de produtos de qualidade

$\text{Taxa de produtos de qualidade} = \frac{\text{Número de produtos processados} - \text{Número de produtos defeituosos}}{\text{Número de produtos processados}} \times 100$	(7)
---	-----

Fonte: Nakajima (1988, p. 27)

Através da aplicação de valores num exemplo didático, apresentado no quadro 1, pode-se verificar a simulação do cálculo do rendimento global do equipamento (OEE), onde se procura esclarecer a sua aplicabilidade na prática. Nele é possível se observar a descrição de cada tempo, as fórmulas, os valores e as operações envolvidos. A partir do produto das taxas de disponibilidade, desempenho e qualidade obtidas chega-se, finalmente, ao valor do OEE.

2.2 A produtividade

A presente seção dá uma visão geral acerca da produtividade. Isso foi feito com o objetivo de possibilitar o enfoque na questão central da presente dissertação.

De uma forma muito sucinta, Slack *et al* (2009, p. 49) definem produtividade como “a razão entre o que é produzido por uma operação e o que é necessário para essa produção”. Em outras palavras, a produtividade é a relação entre as saídas (*outputs*) de um processo, isto é, seus resultados, e suas entradas (*inputs*), definição que também é dada por Prokopenko (1992, p. 3).

Segundo Prokopenko (1992, p. 3), a produtividade pode também ser definida pela relação entre a produção de algo e o tempo necessário para este algo ser produzido. Segundo este autor, independente da abordagem ser em sistemas de produção, políticos ou econômicos, a definição de produtividade permanece a mesma.

Ainda nas definições básicas, Prokopenko (1992, p. 3) alerta que não se deve confundir maiores níveis de produção resultantes de maiores esforços de homens e máquinas com melhoria da produtividade. Para ele, a essência da produtividade é trabalhar mais inteligentemente e não “mais duramente”, pois este caminho apresenta sérias limitações, particularmente quando se trata dos limites do homem.

Segundo Severiano Filho (1995), as primeiras interpretações do conceito de produtividade estão associadas à Escola de Administração Científica, quando dos estudos de Taylor sobre a capacidade de um carregador transportar, em média, 12,5 toneladas por dia, enquanto, segundo suas observações e sob certas condições, poderia transportar de 47 a 48 toneladas por dia.

Algumas das principais questões relacionadas à produtividade dizem respeito à dificuldade de se padronizar sua medição. Isso está relacionado ao fato de a produtividade ser um conceito muito genérico.

Segundo Prokopenko (1992, p. 5), definir produtividade é uma questão complexa, que não envolve apenas questões técnicas e gerenciais. Sua definição, se considerada em termos mais amplos, diz respeito a aspectos tão abrangentes quanto estruturas de governo, sindicatos e outras instituições sociais.

Seguindo uma percepção de base elementar, poder-se-ia dizer que o termo produtividade possui um conceito simples. Entretanto, segundo afirmação de Severiano Filho (1995), “existem muitos e diferentes métodos pelos quais a

produtividade pode ser medida”. Segundo Lessa, Severiano Filho e Oliveira (2007, p. 2), embora, à primeira vista, pareça fácil de ser conceituada, uma definição para produtividade traz consigo vários problemas a medida que se busca classificar com mais precisão os seus componentes.

2.2.1 A produtividade física

Na busca por uma definição clara para o termo produtividade, considerando os muitos caminhos possíveis, bem como as limitações desse estudo, definiu-se o termo “produtividade física” para referir-se à produtividade como conceito central dessa pesquisa. Essa definição foi fundamentada na “Proposição 1 – Produtividade de Fator Simples” (Spf – do inglês *Simple productivity factor*), dada por Severiano Filho (1995).

Segundo essa proposição, “produtividade é uma medida da eficiência com a qual insumos físicos são transformados em resultados físicos”. Desta definição consolidou-se o conceito “produtividade física”, que é uma produtividade de fator simples, bem como uma produtividade parcial. A partir dessa definição a “produtividade física” foi tomada como um dos referenciais para as observações de campo da pesquisa empírica.

Conforme este conceito, e partindo do modelo a seguir, apresentado pelo mesmo Severiano Filho, tem-se a produtividade definida pela relação entre uma saída física e um insumo físico: SpfA2 (produtividade de fator simples do produto A em relação ao insumo 2).

$$\text{SpfA2} = \frac{\text{output do produto A}}{\text{input do recurso 2}} \quad (9)$$

Seguindo o conceito e o modelo dados acima, definiu-se PfA2 (produtividade física do produto A em relação ao insumo 2). Então, tem-se que a produtividade física (Pf) será definida pela relação entre uma saída física e um insumo físico. Assim, o indicador de produtividade física PfA2 terá o “*output do produto A*” como numerador e o “*input do recurso 2*” como denominador.

$$PfA2 = \frac{\text{output do produto A}}{\text{input do recurso 2}} \quad (10)$$

2.2.2 Definições genéricas para a produtividade

Segundo Severiano Filho (1995), em todo sistema produtivo as relações *outputs-inputs* relacionam todos os elementos de entrada e saída. Estes relacionamentos podem envolver todos os recursos de entrada com todas as saídas, partes da entrada com partes da saída ou simplesmente relacionar um elemento de saída com um de entrada. Então, com base nesse raciocínio, apresenta três definições genéricas de produtividade: produtividade total dos fatores, produtividade múltipla dos fatores e produtividade parcial:

- **Produtividade Total dos Fatores** - Segundo os estudos de produtividade, esse conceito é obtido relacionando-se alguma medida de produção, com dois insumos combinados: capital e trabalho, por exemplo.
- **Produtividade Múltipla dos Fatores** - Esse termo foi criado por Kendrick (1984), para designar a relação entre alguma medida de produção e todos os fatores de produção: capital, trabalho, matérias-primas, energia, etc.
- **Produtividade Parcial** - Relaciona alguma medida de produção a algum fator específico, tomado isoladamente (SEVERIANO FILHO, 1995).

2.2.3 A produtividade como medida de resultados das empresas

Para que o gerenciamento da produtividade das empresas seja objetivo bem fundamentado é importante que as medições e monitoramentos sejam consistentes. Para isso, precisa-se dispor de referenciais também consistentes. Severiano Filho (1995) traz à tona a questão sobre a produtividade dos processos. Segundo o autor, certas situações exigem que a produtividade tenha seus referenciais bem especificados para que se possa determinar o quanto ela está em um nível bom ou ruim:

A menos que o processo seja especificado exatamente em função do projeto de equipamento que ele utiliza, ou ainda em função das leis químicas e físicas que o sublinha, raramente existe algum modo de

determinar se o valor da taxa de produtividade parcial é bom ou ruim. Em outras palavras, embora seja usualmente possível estimar como muitas horas de trabalho foram consumidas na produção de um dado bem, é difícil saber, por exemplo, como muitas *poderiam* ter sido melhor consumidas (SEVERIANO FILHO, 1995).

Comparando as definições a seguir é possível que se extraia um modelo que, utilizando como pré-requisitos alguns dos critérios apresentados, auxilie num gerenciamento proveitoso para a produtividade nas empresas.

Segundo Diorio (1981, p. 89) *apud* Severiano Filho (1995), “produtividade é a economia dos meios de produção na busca de um determinado objetivo; é uma combinação da eficácia e da eficiência, ou seja, o alcance de resultados com a melhor utilização possível dos recursos”. Prokopenko (1992, p. 6) propõe uma definição semelhante, porém num formato diferente:

A produtividade é uma medida compreensiva com que as organizações conseguem satisfazer a quatro critérios:

- Objetivos: o grau de atingimento dos mesmos.
- Eficiência: quão eficazmente os recursos são utilizados para gerar saídas úteis.
- Eficácia: o que se consegue em comparação com os valores esperados (possíveis).
- Comparabilidade: como a produtividade é registrada ao longo do tempo (PROKOPENKO 1992, p. 6).

Por outro lado, os critérios acima trazem algumas semelhanças com o raciocínio apresentado por Diorio (1981, p. 4) *apud* Severiano Filho (1995) acerca dos cuidados na definição de medidas de produtividade como instrumento gerencial das empresas. Estes cuidados devem ter como pressuposto a observação de cinco critérios preliminares, os quais são descritos a seguir. As semelhanças podem ser percebidas, particularmente, nos critérios de “comparabilidade” (presente nos dois conjuntos de critérios) e “objetivos” versus “utilidade”, presentes, respectivamente, no primeiro e segundo conjunto de critérios:

- Economicidade - os benefícios descontados devem ser superiores ao custo de obtenção das informações investigadas;
- Validade - estas medidas devem ser adaptadas conforme o uso que se quer fazer delas, refletindo sempre o nível de produtividade esperado;
- Utilidade - os indicadores devem orientar a consecução dos objetivos, bem como a correção ou ajustamento das situações;

- Comparabilidade - as medidas devem ser homogêneas no tempo e levar também em consideração, os mesmos elementos dos fatores observados;
- Complementaridade - pelo menos uma das medidas deve servir à avaliação dos recursos chave relacionados à uma atividade importante (DIORIO, 1981, p. 4) *apud* (SEVERIANO FILHO, 1995).

2.2.4 A produtividade além do processo produtivo

A análise da produtividade pode ter várias abrangências numa empresa. Macedo (2002, p. 1) alerta para isso com o fato da utilização do termo produtividade ser tradicionalmente restrito ao processo de produção. Numa visão mais abrangente, a produtividade pode ir além do processo de produção, ou seja, além das etapas onde ocorrem as transformações físicas de insumos em produtos acabados. Como exemplo, o autor destaca que produtos podem ser armazenados sem necessariamente estar agregando valor, ou seja, poder acumular estoques indesejáveis. Neste sentido, o termo produtividade, quando aplicado ao processo mais amplo de agregação de valor, capta a eficiência do sistema maior.

2.2.5 A importância da produtividade

Sob uma visão geral, a produtividade tem uma extensa gama de possibilidades de análise. Com relação aos seus impactos, segundo Prokopenko (1992, p. 6), não existe atividade humana que não se beneficie de melhorias em termos de produtividade. Também, segundo o autor, não é errado dizer que a produtividade é a única fonte de suma importância para o crescimento da economia mundial, progresso social e melhoria da qualidade de vida. Além disso, um ganho expressivo de produtividade num determinado aspecto pode ser o principal responsável pela melhoria da produtividade global, até mesmo de um país.

Exemplificando o ponto acima, Prokopenko (1992, p. 6) traz o caso de Singapura, cujos ganhos de produtividade do trabalho no período de 1966 a 1983 foram responsáveis por mais da metade da melhoria de produtividade do país como um todo. Em contrapartida, continua o autor, os efeitos de uma baixa produtividade podem ser verificados nas Filipinas, onde 97,7% do crescimento da produção total do país entre 1900 e 1960 foram decorrentes do aumento nos fatores extensivos de

produção, isto é, maiores quantidades de recursos utilizados, com apenas 2,3% do crescimento desse período atribuíveis ao aumento da produtividade.

Severiano Filho (1995) afirma que “os consumidores e a nação inteira beneficiam-se economicamente de todo e qualquer aumento de produtividade”.

Giambiagi e Pinheiro (2012, p. 47) também ressaltam a importância da produtividade no contexto de uma nação. Segundo esses autores, “um ponto fundamental para o desenvolvimento de um país é o nível da sua produtividade”.

2.2.6 Produtividade: uma variável parcialmente conhecida

Embora exista uma razoável literatura disponível abordando a produtividade, o tema possui dificuldades tanto relativas à definição quanto a questões de medições precisas. Conforme será visto mais adiante, entre outros fatores, isso relaciona-se com a característica dessa variável de, considerando um determinado ponto de uma rede de produtividades, poder ser afetada por diversos fatores direta e indiretamente.

Giambiagi e Pinheiro (2012, p. 47) atribuem ao terceiro capítulo dessa mesma obra o título “Produtividade: essa desconhecida”. Com isso, sugerem a dificuldade em se dominar o assunto “produtividade” com plena segurança. Para reforçar essa percepção de conhecimento parcial da produtividade, pode-se tomar uma declaração de Moses Abramovitz, economista especialista em desenvolvimento, *apud* Giambiagi e Pinheiro (2012, p. 48):

Dado que sabemos muito pouco sobre as causas dos aumentos da produtividade, a importância indicativa desse elemento, a PTF (produtividade total de fatores) pode ser tomada como uma espécie de medida da nossa ignorância sobre o processo de crescimento econômico” (MOSES ABRAMOVITZ *apud* GIAMBIAGI e PINHEIRO, 2012, P. 48).

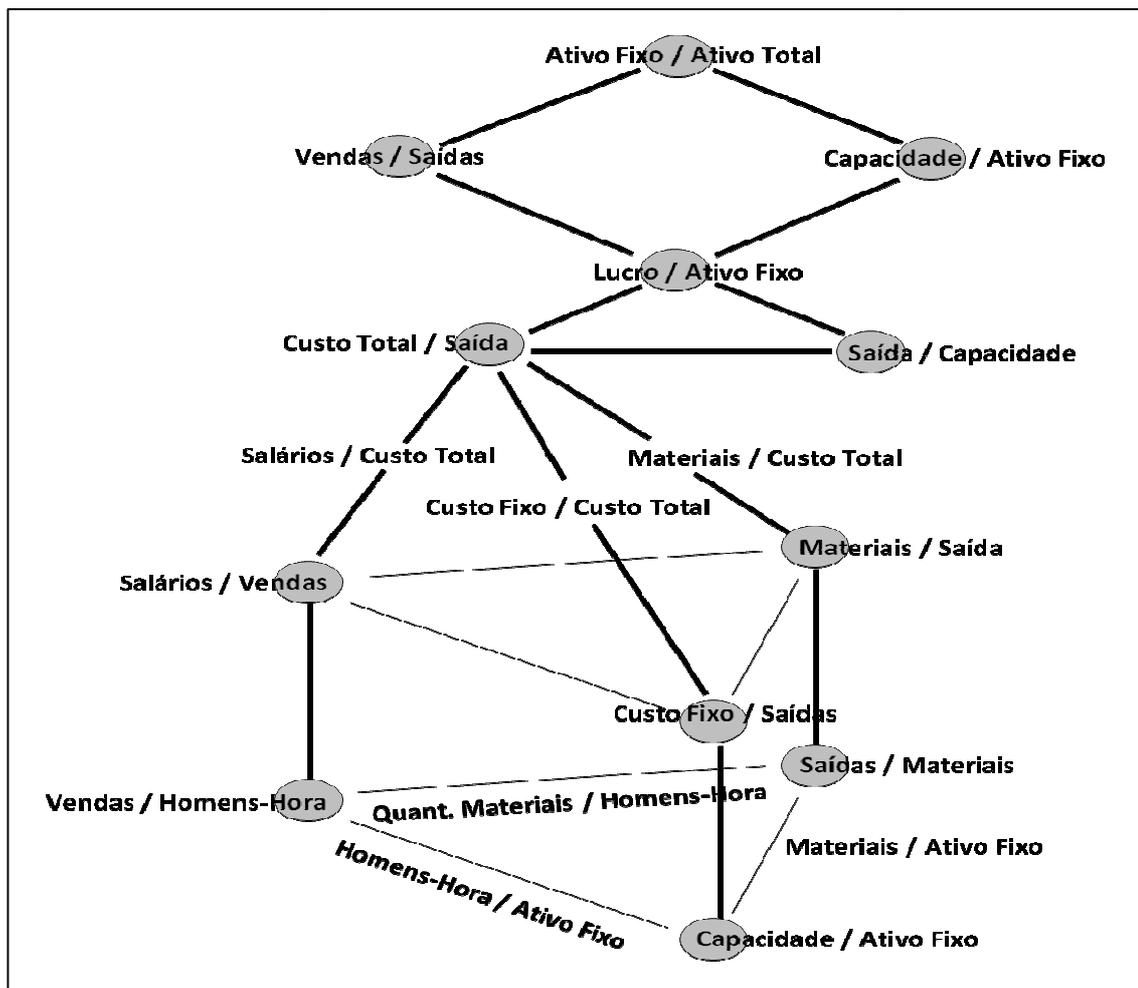
Um ponto adicional merece ser aqui ressaltado: não se confundir produtividade com eficiência. Segundo Khan e Wayne (2007, p. 61), a eficiência é a taxa real de saídas atingida com relação a um valor padrão esperado, enquanto a produtividade está preocupada com a utilização eficiente de recursos ou *inputs* na produção de produtos e serviços, isto é, saídas.

2.2.7 A complexidade das redes de produtividade numa organização

Um dos aspectos relevantes acerca da produtividade é sua característica de poder ser definida nos mais diversos níveis de uma organização. Além disso, a produtividade é resultante de um conjunto de interações, cujos impactos podem ser dependentes de fatores diretos ou indiretos, que podem impactar uns aos outros.

Segundo Severiano Filho (1995), "os índices de controles gerenciais devem estar integrados com a estrutura de produtividade física e com a rede de índices de custos, para a montagem de uma estrutura unificada". A figura 7, a seguir, adaptada de Gold (1976) *apud* Severiano Filho (1995), cuja leitura deve ser feita de baixo para cima, ilustra esta integração e as complexidades da rede de inter-relações das produtividades.

Figura 7 - Rede de inter-relações de produtividades até a rentabilidade



Fonte: adaptado de Gold (1976) *apud* Severiano Filho (1995)

Moore (1989) *apud* Severiano Filho (1995) faz considerações acerca das interações nessa rede de produtividades. Segundo estas considerações, as interações podem levar uma determinada produtividade a melhores níveis sem que se tenha feito nenhum esforço com aquela finalidade, sendo a eventual melhoria resultante apenas de melhorias em outros pontos da rede:

[...] pode ser apenas o resultado passivo de mudanças iniciadas em outro lugar da rede, pela própria natureza das relações existentes entre os indicadores. Por exemplo, a substituição da mão de obra por máquinas adicionais, representa uma diminuição inicial da relação homens-horas por utilização das instalações, resultando uma maior produtividade da mão de obra, mesmo se a qualidade desse fator permanecesse inalterada (SEVERIANO FILHO. 1995).

Em contraposição ao conceito genérico de “produtividade parcial” dado na seção 2.2.2, aparece o conceito de produtividade global. É relativamente lógico afirmar que, isoladamente, produtividades parciais não fornecem suporte conclusivo para as análises de desempenho de uma organização. Para apoiar esta percepção, pode-se tomar Gold (1973) *apud* Severiano Filho (1995) que evita o uso de indicadores de produtividade parcial e sugere a rentabilidade como medida de produtividade total.

O conceito de produtividade global desenvolvido por Gold (1973) *apud* Severiano Filho (1995) considera a existência de “dois fluxos distintos que se completam: fluxos físico e econômico”. Segundo os comentários de Severiano Filho, os dois conceitos de produtividade que são dados a seguir são decorrentes desses dois fluxos:

Produtividade Técnica, indicando a eficiência total dos fatores produtivos empregados, em relação à produção obtida. A produtividade técnica de um sistema produtivo pode, assim, ser representada pela relação entre a saída física de produtos e a quantidade de fatores utilizados;

Produtividade Econômica, indicando a monetarização das relações técnicas que formam o processo de produção. Esse conceito apresenta um caráter fundamentalmente operacional, preocupado em monetizar os recursos e os resultados (SEVERIANO FILHO. 1995).

2.2.8 A rentabilidade como uma produtividade global

Segundo Gold (1973) *apud* Severiano Filho (1995), a produtividade global da empresa pode ser tomada pela produtividade do capital, ou simplesmente rentabilidade. Com essa abordagem, obtém-se a vantagem de medir a produtividade de forma sistêmica ao combinarem-se as redes de produtividades, estruturas de custos e índices de controle administrativos. Dessa forma evita-se o uso limitado e temerário das produtividades parciais isoladamente.

Com base no modelo de Gold (1973), Severiano Filho (1995) apresenta a rentabilidade como função de cinco relações de produtividade. Gold (1976) *apud* Prokopenko (1992, p. 41) apresenta a mesma expressão, a seguir. Partindo-se da relação entre o lucro e o investimento total (ativo total), obtém-se a rentabilidade:

Produtividade do Capital = Rentabilidade = Lucro / Investimento Total ²¹

$$\text{Lucro / Ativo Total} = (\text{vendas / saída} - \text{custo total / saídas}) \times (\text{saídas / capacidade}) \times (\text{capacidade / ativo fixo}) \times (\text{ativo fixo / ativo total}) \quad (8)$$

Fonte: Prokopenko (1992, p. 41)

²¹ A expressão (8), da Rentabilidade, após o sinal de igualdade, na segunda relação, apresenta o termo “custo total / saídas”. O termo “saídas” refere-se à produção, isto é, saídas de produtos acabados vendidos. O termo “custo total” segue literalmente as fontes consultadas, isto é, Prokopenko (1992, p. 41) e Severiano Filho (1995). Procurando manter a integridade da expressão original, o termo inglês “total costs” foi traduzido na íntegra. Para ser preciso e claro, particularmente no Brasil, o “custo total” é composto pela soma “custos + despesas”. De forma geral, no seu conceito original, custo está ligado aos gastos diretamente associados à produção industrial. Por outro lado, despesas estão associadas aos gastos para geração de receitas. Para dirimir possíveis dúvidas, apresenta-se a seguir os conceitos para custos e despesas. Introduzindo a terminologia contábil básica aplicada aos custos industriais, Martins (2010, p. 25, grifo do autor) coloca a seguinte questão: “Gastos, Custos e Despesas são três palavras sinônimas ou dizem respeito a conceitos diferentes?”. Em seguida, entre outros três conceitos correlacionados, ele apresenta os conceitos para estes três termos contábeis.

Gasto: compra de um produto ou serviço qualquer, que gera sacrifício financeiro para a entidade [...] sacrifício esse representado por entrega ou promessa de entrega de ativos (normalmente dinheiro).

Custo: gasto relativo a bem ou serviço utilizado na produção de outros bens ou serviços. [Exemplos: matéria-prima, energia para a fábrica, mão de obra do operador de máquina, etc.].

Despesa: bem ou serviço consumido direta ou indiretamente para obtenção de receitas. A comissão do vendedor, por exemplo, é um gasto que se torna imediatamente uma despesa. O equipamento usado na produção, que fora transformado em investimento [compondo o custo do estoque de produtos acabados] torna-se, na venda do produto feito, uma despesa. [Outros exemplos: salário do gerente de vendas, custos de transportes para entrega dos produtos vendidos, energia do escritório de vendas, etc.]. MARTINS (2010, p. 25).

Segundo Prokopenko, essa expressão também ilustra como mudanças na rentabilidade de um período para o outro depende das interações entre a contribuição do produto, utilização da capacidade e da proporção do investimento total alocado à produção. Aqui ele chama a atenção para o fato de que as três primeiras relações são de curto prazo, enquanto as duas últimas são de longo prazo.

Para um melhor entendimento das relações da expressão (8), segundo Severiano Filho (1995), tem-se, a seguir, os significados de cada uma das relações envolvidas:

- **vendas / saída** = preço médio (indica preço de venda unitário).
- **custo total / saídas** = custo unitário médio (indica o custo unitário).
- **saídas / capacidade** [de produção] = taxa de utilização (indica a utilização da capacidade total dos equipamentos e instalações).
- **capacidade / ativo fixo** = produtividade do capital (indica o quanto se acertou nas decisões para investir em equipamentos e instalações).
- **ativo fixo / ativo total** = alocação do capital (indicando a porcentagem do capital da empresa que é alocada para manter sua capacidade de produção).

A partir das identidades de significados entre os respectivos termos, a expressão pode ser reescrita da seguinte forma:

$\text{Lucro / Ativo Total} = (\text{preço médio} - \text{custo unitário médio}) \times (\text{taxa de utilização}) \times (\text{produtividade do capital}) \times (\text{alocação do capital})$	(9)
---	-----

Adaptada de Produtividade (200?, p. 1), a figura 8, a seguir, mostra de forma mais didática um passo a passo para obtenção dessa expressão. A partir da última expressão da figura, pode-se, mais facilmente, perceber as diferentes relações de produtividade “agindo” de forma simultânea e impactando sobre a rentabilidade. Em outras palavras, para que haja rentabilidade, são necessárias decisões e gestão sobre cada uma destas relações, de modo que as mesmas contribuam positivamente com a rentabilidade.

Figura 8 - Rentabilidade: produtividade do capital

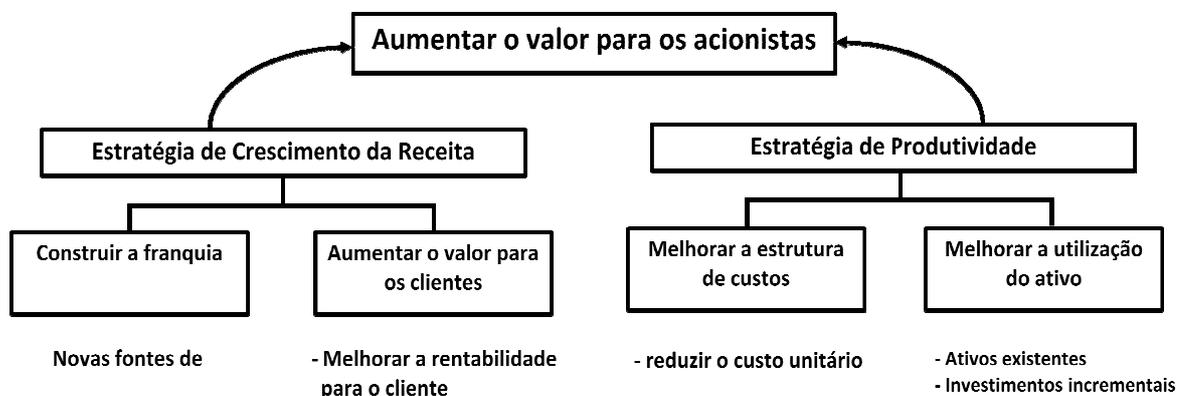
$$\begin{aligned}
 \text{RENTABILIDADE} &= && * \text{ Ver nota de rodapé 21} \\
 &= \frac{\text{LUCRO}}{\text{INVESTIMENTO TOTAL}} = \\
 &= \frac{\text{RECEITAS} - \text{CUSTO TOTAL}^*}{\text{INVESTIMENTO TOTAL}} = \\
 &= \left[\frac{\text{RECEITAS} - \text{CUSTO TOTAL}^*}{\text{SAÍDAS}} \right] \left[\frac{\text{SAÍDAS}}{\text{INVESTIMENTO TOTAL}} \right] = \\
 &= \left[\frac{\text{RECEITAS}}{\text{SAÍDAS}} - \frac{\text{CUSTO TOTAL}^*}{\text{SAÍDAS}} \right] \left[\frac{\text{SAÍDAS}}{\text{CAPACIDADE}} \right] \left[\frac{\text{CAPACIDADE}}{\text{INVESTIMENTO TOTAL}} \right] = \\
 &= \left[\frac{\text{RECEITAS}}{\text{SAÍDAS}} - \frac{\text{CUSTO TOTAL}^*}{\text{SAÍDAS}} \right] \left[\frac{\text{SAÍDAS}}{\text{CAPACIDADE}} \right] \left[\frac{\text{CAPACIDADE}}{\text{INVESTIMENTO FIXO}} \right] \left[\frac{\text{INVESTIMENTO FIXO}}{\text{INVESTIMENTO TOTAL}} \right] =
 \end{aligned}$$

Fonte: Adaptado de PRODUTIVIDADE.(200?)

2.2.9 A produtividade na estratégia da empresa

Numa abordagem para a construção do mapa estratégico, e considerando qualquer critério de mensuração baseado em valor como objetivo financeiro de nível mais elevado, Kaplan e Norton (2001, p. 96) afirmam que “as empresas dispõem de

Figura 9 - Construção do mapa estratégico sob a perspectiva financeira



Fonte: Kaplan e Norton (2001, p. 97).

duas estratégias básicas para impulsionar o desempenho financeiro”. A primeira, que foge aos objetivos do presente estudo, é a estratégia do aumento de receita, como ilustrado no lado esquerdo da Figura 9. A outra, estratégia de produtividade, lado direito da figura, está intimamente ligada aos objetivos desta dissertação, particularmente na sua componente de “melhor utilização do ativo”.

Segundo os autores, a estratégia de produtividade geralmente tem duas componentes, também apresentadas na Figura 9, que são explicadas logo a seguir: melhorar a estrutura de custos e a utilização do ativo.

A estratégia de produtividade trata da execução eficiente das atividades operacionais em apoio aos atuais clientes. Seu foco é a redução de custos e o aumento da eficiência. [...] a estratégia de produtividade geralmente tem dois componentes:

Melhorar a estrutura de custo: reduzir os custos diretos dos produtos e serviços, diminuir os custos indiretos e compartilhar recursos comuns com outras unidades de negócio.

Melhorar a utilização do ativo: reduzir o ativo circulante e o ativo fixo necessários à sustentação de determinado nível de atividades, por meio de melhor utilização dos recursos existentes e de aquisições ou baixas mais cuidadosas de itens da atual base de ativos”. (KAPLAN e NORTON, 2001, p. 97).

Como visto anteriormente, a produtividade indica quão bem os recursos estão sendo utilizados para gerar saídas do processo ou operação. Sua medição permite que os desempenhos de cada nível organizacional ou partes das operações sejam monitorados e controlados. Assim, desempenhos inferiores às metas estabelecidas podem ser acompanhados, permitindo que ações possam ser tomadas, de forma que os objetivos mais estratégicos venham a ser alcançados.

Por definição, o lucro é a diferença entre receitas e despesas (ver nota 21) $\text{Lucro} = \text{receitas} - \text{despesas}$. Conforme foi apresentado na nota 21, como os custos são transformados em despesas por ocasião da venda, todo custo a mais implica em redução do lucro. Por um lado, embora melhorias em eficiência sejam necessárias, é indispensável que tais melhorias sejam acompanhadas de reduções de custos. Considerando uma mesma receita, e seguindo o caminho da melhoria da produtividade (nas atividades produtivas), é reduzindo-se os custos que se aumentam os lucros, dos quais a empresa não pode abrir mão.

Segundo Lu (1989, p. 38, tradução nossa), a melhoria da eficiência não pode ser considerada por si só um meta a ser perseguida. “Somente quando alta eficiência e baixo custo se tornam um é que pode haver significado para o ato de aumentar a eficiência”.²² Nessa mesma linha, Ohno (1997, p. 38) diz que “o aumento da eficiência só faz sentido quando está associado à redução de custos”.

Se por um lado, conforme visto anteriormente, melhorias em produtividades parciais, isoladamente, não asseguram custos menores, por outro, a redução de custos só ocorre através de melhorias de produtividade.

A obtenção de bons resultados para uma empresa ocorre através de um bom e contínuo processo de tomada de decisão. Decidir os rumos de uma organização é algo inerente às atividades daqueles que a conduzem. Segundo Chiavenato (2004, p. 254), “tomar decisão é identificar e selecionar um curso de ação para lidar com um problema específico ou extrair vantagens de uma oportunidade”.

Neste ponto, visando combinar a melhoria da produtividade e a redução dos custos, não se deve esquecer a importância de um bom sistema de informações para o processo de tomada de decisão. Entretanto, também é importante que a obtenção de informações seja bem planejada, caso contrário sua estruturação, operacionalização e análise, além de elevar os custos da empresa, pode, simplesmente, ser ineficiente e/ou ineficaz.

2.2.10 A produtividade industrial no Brasil

Numa abordagem ampla, o estudo da produtividade no Brasil é relativamente novo. Segundo Carvalho e Feijó (2000, p. 232), a discussão da produtividade na década de 1980 centrava-se na evolução dos salários, na absorção da mão de obra e no ciclo econômico. A partir da década de 1990 o tema amplia-se e passa a envolver diversos aspectos como o aumento da produtividade, relações com recessão e questões relativas à reestruturação produtiva.

Procurando contextualizar a produtividade industrial no Brasil, primeiramente propõe-se uma questão: numa abordagem genérica, como estaria a produtividade no país? Uma resposta a esse questionamento é obtida através das comparações da PTF (produtividade total de fatores) na tabela 1, a seguir. Segundo Khan e

²² *Only when higher efficiency and lower cost become one can there be meaning to the act of enhancing efficiency.*

Wayne (2007, p. 71), a PTF é uma média ponderada das produtividades do capital e do trabalho.

Segundo Giambiagi e Pinheiro (2012, p. 52), “a chamada PTF mede o efeito conjunto da produtividade do capital e do trabalho” e representa “uma medida da contribuição ao crescimento dada por razões ligadas ao progresso, mas que a economia não consegue explicar de forma individualizada para atribuir a um fator específico”.

Buscando agora entender como está a produtividade no Brasil, ao analisar os dados da tabela 1, verifica-se um péssimo desempenho do Brasil na PTF média do período 1980 a 2007, sendo o único país com decréscimo neste indicador (-2,1%). Quando comparada com a PTF dos EUA em 2007, o nível alcançado foi 63% do obtido pelos americanos (tomados como referencial) e inferior ao da Coreia do Sul e do Chile.

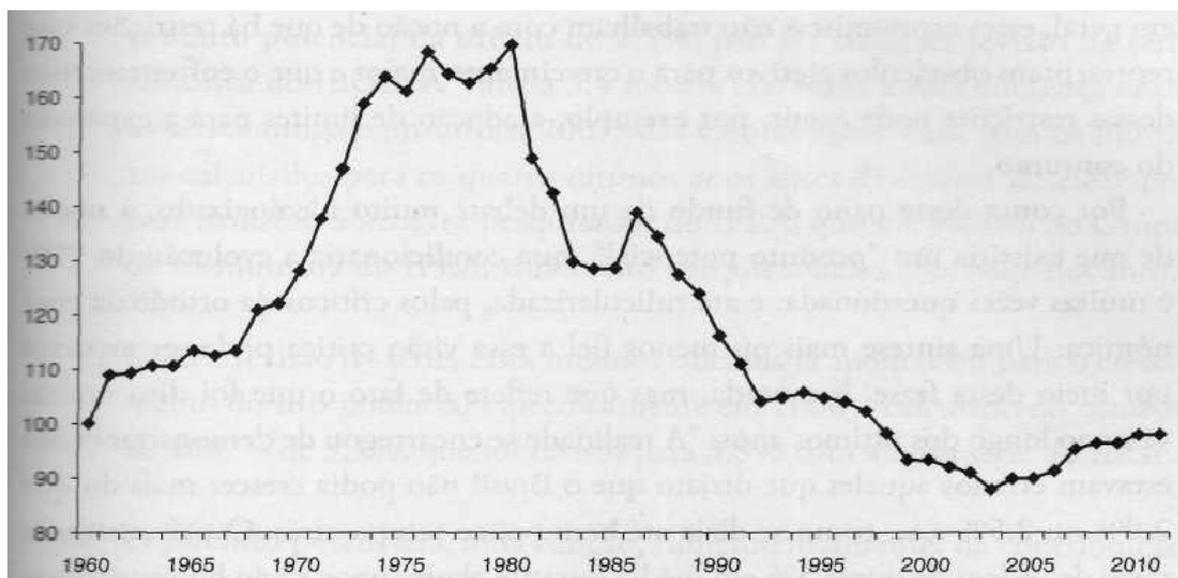
Tabela 1: Crescimento da PTF e PTF de diferentes países relativa aos EUA (%)

País	PTF: Taxa crescimento média 1980/2007 (% a.a.)	PTF relativa aos EUA em 2007
Brasil	-2,1	0,63
Chile	1,0	0,86
China	3,8	0,52
Coreia do Sul	1,1	0,65
Estados Unidos	0,9	1,00
Índia	1,0	0,56

Fonte: Giambiagi e Pinheiro (2012, p. 54)

Considerando uma sequência histórica, segundo Giambiagi e Pinheiro (2012, p. 55), o comportamento da PTF no Brasil no período de 1960 a 2010 pode ser verificado no gráfico 1. Conforme pode ser observado, a PTF no Brasil cresceu continuamente de 1960 até por volta de 1975, mantendo um patamar elevado até 1981. A partir daí acumulou decréscimos de forma quase contínua e chegou ao mínimo em 2003, quando voltou a crescer moderadamente.

Gráfico 1: Evolução da PTF no Brasil - (1960 = 100)



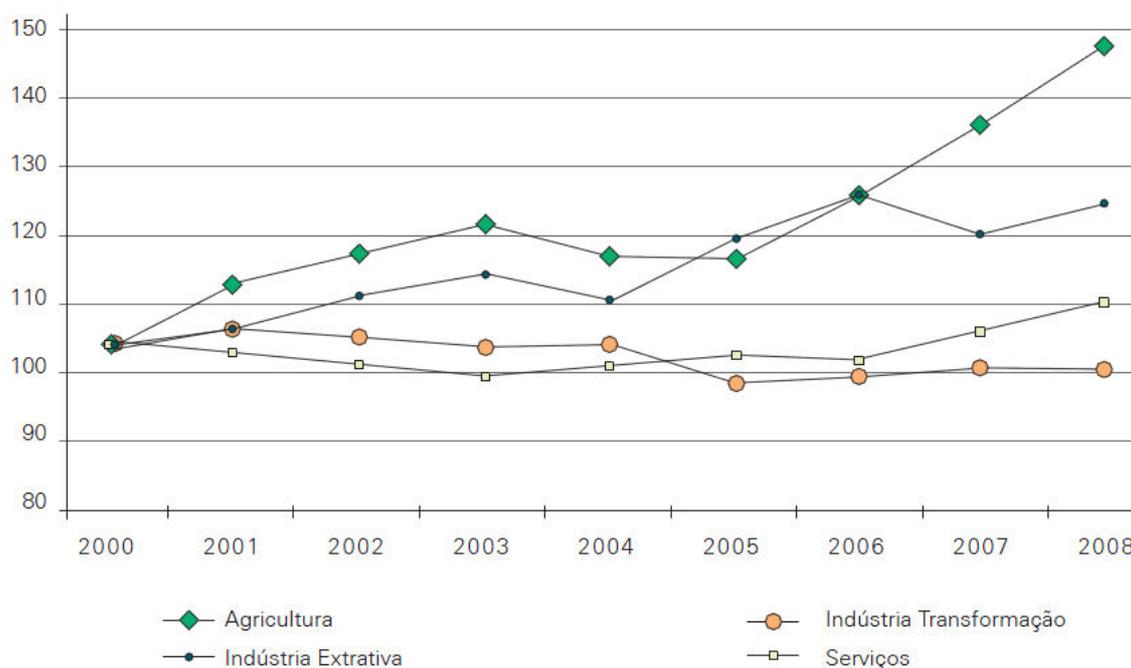
Fonte: Giambiagi e Pinheiro (2012, p. 55)

Quando considerava o aumento da produtividade industrial ocorrido na década de 1990, um dos pontos levantados pelos estudos tratava desse incremento de produtividade vinculando-o à abertura da economia e a um consequente processo de desindustrialização: “assim, o aumento da produtividade industrial observado nos anos 1990 seria resultado de um processo de desindustrialização, no sentido de que os setores menos eficientes estariam sendo eliminados da estrutura produtiva nacional” (CARVALHO e FEIJÓ, 2000, p. 238).

Na tentativa de entender um pouco melhor o comportamento da produtividade no Brasil, alguns dados foram pesquisados. Desta busca, constatou-se que, segundo a ABDI, nos anos recentes, verifica-se que a produtividade industrial no país vivencia situação de estagnação.

Segundo a ABDI (2011, p. 7), recentemente, a produtividade física do país acompanha a tendência de aumento da produção, enquanto a produtividade da indústria, em valor, está estagnada. De acordo com o texto, a explicação para essa divergência vem do fato da produtividade da indústria de transformação não conseguir captar ganhos de produtividade física, ficando para outros setores econômicos parte desses ganhos. Além disso, existe a necessidade de investimentos industriais em expansão, modernização e inovação para garantir ganhos de produtividade futuros, de modo que o ciclo virtuoso em vários aspectos da economia possa ser assegurado no longo prazo.

Gráfico 2: Evolução da produtividade (valor adicionado bruto/pessoal ocupado) na indústria de transformação e em outros setores econômicos (2000 = 100)



Fonte: ABDI (2011, p. 23)

No gráfico 2, acima, fica clara a redução da produtividade da indústria de transformação no período de 2000 a 2008, com pequena recuperação no final do período. O texto que se segue explica melhor:

Considerando os dados de produtividade a partir da relação entre valor adicionado bruto a preço constante e pessoal ocupado obtido no Sistema de Contas Nacionais (SCN) do IBGE, observa-se um comportamento contrário ao verificado para a produtividade física. A evolução da produtividade da indústria de transformação foi decrescente (redução total de 3,9% no período como um todo) entre 2000 e 2008 [Gráfico 2]. Não apenas isso, mas a produtividade foi menor do que a observada na atividade de serviços e muito menor do que na indústria extrativa e na agricultura (ABDI, 2011, p. 23).

A estagnação na produtividade brasileira também é percebida por atores econômicos internacionais. Como visto ainda no primeiro capítulo desta dissertação, segundo a revista inglesa *The Economist* (2012) *apud* Costas (2012), a falta de crescimento da produtividade industrial é uma das fragilidades da economia brasileira.

2.3 A TPM e a produtividade

Com base nos principais conceitos relativos à produtividade e à TPM, melhorias nas produtividades de uma fábrica podem ser obtidas de diversas formas. Quando a opção é pela utilização da TPM como metodologia de gestão, ela deve conduzir os colaboradores, especialmente seus gestores, ao firme propósito de melhorar as produtividades da empresa. Segundo Nakajima (1988, p. 13), “o objetivo das atividades de melhoramento da produção é aumentar a produtividade através da minimização das entradas e maximização das saídas”.²³ (Tradução nossa).

Visto que os resultados globais são impactados por um número significativo de fatores, inclusive negativos, não se pode afirmar que, isoladamente, melhorias em produtividades parciais asseguram necessariamente produtividades globais maiores, custos menores e mais rentabilidade. Entretanto, pode-se afirmar que, ao melhorar as produtividades parciais, a eliminação das perdas previstas pela implementação da TPM melhora a(s) produtividade(ões) da empresa.

Segundo Nakajima (1988, p. 2), “a dupla meta da TPM é zero quebras e zero defeitos. Quando as quebras e os defeitos são eliminados, o rendimento operacional do equipamento melhora [...], estoques podem ser diminuídos e, como consequência, a produtividade do trabalho aumenta”.²⁴

2.3.1 A utilização dos ativos, a produtividade e a rentabilidade da empresa

De acordo com Kaplan e Norton (2001), em afirmação apresentada na seção 2.2.9, as duas componentes que geralmente aparecem na estratégia de produtividade são “melhorar a utilização dos ativos” e “melhorar a estrutura de custos”. Conforme sugerem eles, “melhorar a estrutura de custos” envolve “reduzir os custos diretos dos produtos e serviços, diminuir os custos indiretos e compartilhar recursos comuns com outras unidades de negócio”. Algumas dessas ações são

²³ *The object of production improvement activities is to increase productivity by minimizing input and maximizing output.*

²⁴ *The dual goal of TPM is zero breakdowns and zero defects. When breakdowns and defects are eliminated, equipment operation rates improve, [...], inventory can be minimized, and as a consequence, labor productivity increases.*

mais estratégicas que operacionais. Entretanto, a partir da eliminação de perdas do sistema produtivo, a “melhor utilização dos ativos” pode contribuir para a redução dos custos. Como exemplo, menores custos podem ser incorporados às unidades produzidas quando se produz maiores volumes com os mesmos recursos. Igualmente, essa redução de custos pode ocorrer quando, pela melhor utilização dos ativos, as mesmas quantidades de produtos acabados são obtidas com menores quantidades de recursos.

A abordagem de “melhor utilização dos ativos” pode ter sua importância melhor entendida pela análise da expressão da rentabilidade vista na seção 2.2.8. Naquela expressão verifica-se que as relações “saídas / capacidade” (ou taxa de utilização dos equipamentos e instalações) e “capacidade / ativo fixo” (ou produtividade do capital) impactam diretamente na rentabilidade da empresa. Dessa forma, desde que não aumente o valor do ativo fixo, todo esforço direcionado para o incremento da capacidade estará contribuindo para melhorar a rentabilidade da empresa.

A medida que se eliminam perdas como aquelas causadas por paradas inesperadas, por baixas velocidades e por produtos defeituosos, maiores volumes de produtos acabados saem do sistema e são disponibilizados para vendas. Se isso ocorre com base na utilização dos mesmos ativos, tem-se encaminhado um melhor uso da capacidade e, conseqüentemente, melhoria da produtividade.

Tomando outra linha de raciocínio, a capacidade geral da fábrica é limitada pelos seus gargalos. É importante salientar que, mesmo que a capacidade nominal ou teórica seja alcançada, nada impede que a capacidade da fábrica venha a ser ampliada a partir da identificação e eliminação dos gargalos. Por esse caminho, uma eliminação de perdas pontuais ou uma pequena ampliação do ativo pode promover a eliminação de um gargalo e, assim, proporcionar o melhor uso de todo o ativo pré-existente.

Gargalos podem existir a partir de eventuais definições de projeto que, com base em condições operacionais pré-concebidas, previam certos níveis de eficiência. Condições de processo mais adequadas (uma temperatura, por exemplo) ou reduções de tempos de *setup* podem ser conseguidas a partir de maior domínio e aprofundamento sobre os processos e equipamentos. Essas novas condições operacionais podem ampliar a capacidade da fábrica, melhorando suas produtividades e, conseqüentemente, sua capacidade de gerar lucros.

2.3.2 Os resultados do gerenciamento da fábrica (PQCDSM)

No contexto da TPM, as saídas (ou *outputs*) de um processo ou operação industrial são apresentadas em termos de seis fatores que representam os resultados do gerenciamento da fábrica. Esses elementos são conhecidos pela sigla PQCDSM, que são os objetivos gerais a serem alcançados.

Os resultados do gerenciamento da fábrica, proporcionais aos elementos de entrada, podem ser definidos como: P (volume de Produção), Q (Qualidade), C (Custo, exigências da unidade, material em processo), D (*Delivery ou* Entrega), S (Segurança, medidas de proteção contra a poluição ambiental) e M (atitude Mental, Moral em relação ao trabalho). (TAKAHASHI e OSADA, 1993, p. 27).

O OEE e os indicadores de saída PQCDSM são uma característica que contribui para consolidar a TPM como metodologia, pois é uma forma padronizada de medição e monitoramento dos seus resultados diretos. Ao aprofundar o estudo da TPM, há de se verificar que a melhoria da produtividade da empresa, intimamente ligada a melhoramentos nos níveis do OEE, precisa estar no centro das preocupações de todos, isto é, da alta direção aos demais níveis da organização.

Suzuki (1994, p. 27), utilizando a mesma lógica de rendimento global do equipamento (OEE), aplicando-a para o rendimento global da fábrica (*OPE – Overall Plant Effectiveness*), ao incluir as perdas relativas ao tempo não programado da fábrica, amplia de seis para oito as grandes perdas a serem eliminadas. Nessa abordagem o autor ressalta um importante aspecto relacionado à estrutura das “oito grandes perdas da fábrica”, isto é, as componentes dessa estrutura são todas em função de tempo, variável independente do controle do homem.

Segundo Prokopenko (1992, p. 3), a produtividade pode também ser definida pela relação entre o resultado e o tempo necessário para que ele seja alcançado. Além disso, de forma similar à apresentada no parágrafo anterior, o autor considera que essa definição traz a vantagem de o tempo ser uma grandeza universal, que não depende do controle do homem. Pode-se perceber que essa afirmação reforça a lógica das seis (ou oito) grandes perdas a serem eliminadas pela TPM, que têm como variável comum essa grandeza universal, o tempo.

Segundo Takahashi e Osada (1993, p. 27), “os métodos eficazes de gerenciamento da fábrica combinam esses componentes básicos de forma hábil. A

combinação de quatro M's – Mão de obra, Máquina, Material e Moeda – aliada ao M de Método de gerenciamento, dá origem ao conceito de Gerenciamento dos 5M's".

A figura 10 ilustra os relacionamentos entre os métodos de gerenciamento, as entradas dos processos e os respectivos resultados, ou seja, as saídas dos processos produtivos. A ideia representada nessa ilustração é que, para se obter cada um dos elementos de saída (PQCDSM), existe um elemento de ligação entre o fator de entrada e os fatores de saída. Dessa forma, a manutenção produtiva (MP) é o elemento que liga o fator máquina a cada um dos elementos de saída.

Continuando a proposição, o autor sugere que para alcançar cada um dos elementos de saída, a MP precisa combinar cada um dos métodos associados aos respectivos elementos de saída: planejamento e programação da produção; controle da qualidade; controle de custo; controle da entrega; controle da segurança e da poluição e o gerenciamento das relações humanas.

Seguindo o mesmo raciocínio, os métodos de gerenciamento de pessoas e de materiais são os elementos da figura 10, cujos estudos precisam ser orientados para melhorar a eficiência e eficácia nos resultados. Esses dois métodos partem do gerenciamento dos elementos de entrada "mão de obra" e "materiais", respectivamente, combinando os métodos de forma similar ao apresentado para a MP.

Com essa lógica, as produtividades da empresa podem ser melhoradas a partir de melhores níveis de eficiência na utilização dos recursos de entrada. Em outras palavras, melhora-se as produtividades a partir do entendimento e ataque às causas que levam os recursos de entrada a renderem abaixo dos seus respectivos potenciais. Dessa forma, os mesmos recursos proporcionarão maiores níveis de saída e, conseqüentemente, maiores níveis de produtividade.

Por se tratar de indicadores de resultados das operações da fábrica, estes fatores devem receber a máxima atenção por parte dos gestores. Segundo Takahashi e Osada (1993, p. 34), as metas da manutenção produtiva devem incorporar medidas voltadas para estes aspectos. Conforme apresentado anteriormente, os autores consideram crucial que a manutenção produtiva deva proporcionar ganhos na produtividade da fábrica, ao invés de simples restauração de máquinas e equipamentos. Tais ganhos de produtividade devem incluir melhorias em termos de qualidade, custos e gerenciamento da produtividade.

Figura 10 - Relacionamento entre entradas e saídas nas atividades de produção

Entradas Saídas	Dinheiro (Moeda)			Método de Gerenciamento
	Mão de obra	Máquinas	Materiais	
Produção (P)				Controle de Produção
Qualidade (Q)				Controle de Qualidade
Custo (C)				Controle de Custo
Entrega (D)				Controle de Entrega
Segurança (S)				Segurança e Poluição
Moral (M)				Relações Humanas
Método	Alocação de Mão de obra	Manutenção Produtiva	Controle de Estoque	$\frac{\text{Saídas}}{\text{Entradas}} = \text{Produtividade}$ Metas das atividades da fábrica

Fonte: Takahashi e Osada (1993, p. 28), Nakajima (1988, p. 13).

Segundo Suzuki (1994, p. 21), “a eficácia de uma fábrica depende da eficácia com a qual são usados equipamentos, materiais, mão de obra e métodos”²⁵. A elevação da eficácia de produção nas indústrias de processo, segundo esse autor, tem início com questões vitais de maximização do OPE, relacionado aos equipamentos e às eficiências nos usos de materiais, pessoas e métodos. Para alcançar este objetivo, o autor considera que devem ser estudados os elementos de entrada dos processos (mão de obra, máquinas, materiais e métodos). Daí então devem ser identificadas e eliminadas as perdas associadas a cada um desses elementos visando a redução das necessidades de recursos utilizados e a elevação das saídas dos processos (PQCDSM).

²⁵ *The effectiveness of a plant's production depends on the effectiveness with which it uses equipment, materials, people and methods.*

2.3.3 As avarias

Segundo Palmeira (2002, p. 85), “o termo avaria tem o mesmo significado de falha”. Segundo Suzuki (1994, p. 2), há três razões principais para que a TPM tenha se disseminado tão rapidamente: “garante resultados drásticos, visível transformação do ambiente de trabalho e elevação do nível de conhecimento e habilidades dos trabalhadores de produção e manutenção”.

Continuando sua explanação, Palmeira associa os “resultados drásticos” citados por Suzuki, entre outros fatores contribuintes, à redução das avarias nos equipamentos.

A garantia de "drásticos resultados", citada por Suzuki, é oriunda da aplicação do princípio básico da TPM, que é a eliminação total das perdas por toda a empresa. Os diversos fatores que influem nos resultados empresariais são: **redução de avarias nos equipamentos**, minimização dos tempos em que os equipamentos operam sem produzir ou com restrição na produção, redução do número de pequenas paradas, diminuição dos defeitos nos produtos, **elevação da produtividade** e redução dos custos, redução de estoques e eliminação de acidentes. (PALMEIRA, 2002, p 92).

Salienta-se aqui que as perdas são interdependentes. Como exemplo, a eliminação de perdas relativas ao equipamento pode proporcionar melhorias na qualidade do produto. Da mesma forma, alterações na qualidade da matéria-prima podem reduzir ou aumentar a eficiência do equipamento.

Embora sejam inerentes aos processos produtivos, as avarias são sempre indesejáveis. Elas podem originar-se tanto do desgaste de peças pelo uso normal dos equipamentos, como por falhas de projeto, sobrecargas do equipamento, falhas de operação, condições operacionais inadequadas, entre outras.

Sejam quais forem suas causas, as avarias interferem no processo produtivo e provocam perdas. Takahashi e Osada (1993, p. 57) apresentam nove grupos de perdas associadas à ocorrência de avarias:

- Perdas por avarias e paralisações
- Perdas por paralisações rápidas e perdas de tempo
- Perdas por desaceleração
- Perdas por deterioração do desempenho

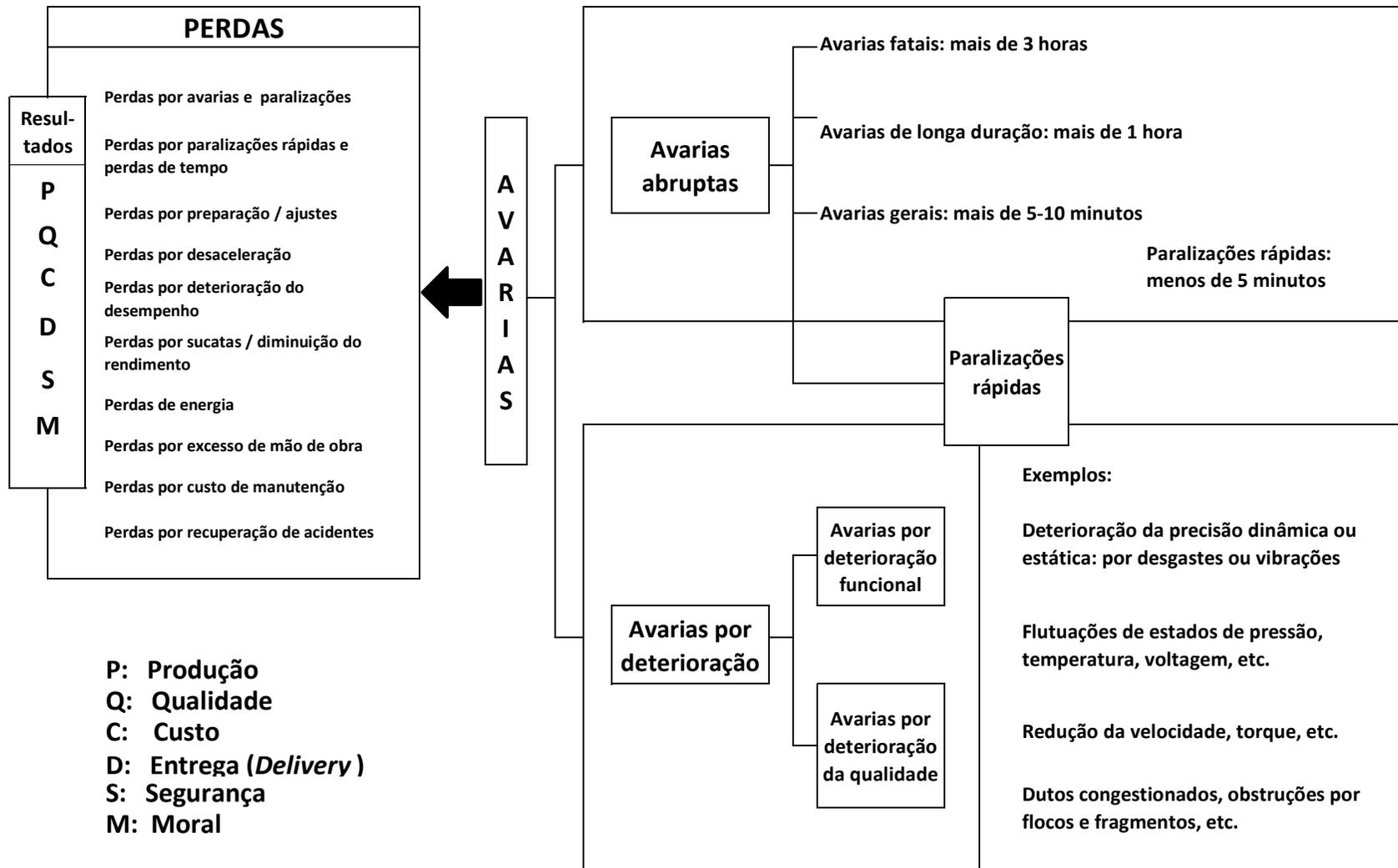
- Perdas por sucatas / diminuição do rendimento
- Perdas de energia
- Perdas por excesso de mão de obra
- Perdas por custo de manutenção
- Perdas por recuperação de acidentes

Cada uma dessas perdas tem um contexto próprio. Pode-se, por exemplo, citar o caso da mão de obra adicional (excessiva) para suprir necessidades decorrentes da ineficiência da linha, cujas causas reais podem ser constantes paradas de produção por falhas no equipamento. Outro exemplo é o caso de uma linha cujo forno continua queimando combustível, ou demandando outra fonte de energia, enquanto se desobstrui uma parte da máquina, que entope repetidamente sem que suas causas sejam removidas.

Takahashi e Osada (1993, p. 57) apresentam através de uma ilustração (ver figura 11) como os resultados da fábrica podem ser impactados a partir das avarias nos equipamentos. Detalhando o raciocínio ilustrado na figura, os autores dividem as avarias em dois conjuntos: avarias abruptas e avarias por deterioração, cada uma delas dividida em outras sub classificações, cujas relações podem ser verificadas na mesma figura 11.

- As avarias abruptas
- As paralisações rápidas
- As avarias por deterioração
- As avarias por deterioração funcional
- As avarias por deterioração da qualidade

RELACIONAMENTO ENTRE OS TIPOS DE AVARIAS, AS PERDAS E OS RESULTADOS



Fonte: Takahashi e Osada (1993, p. 56).

Figura 11 - Relacionamento entre os tipos de avarias, as perdas e os resultados

2.3.3.1 Qualidade assegurada e as condições ótimas dos equipamentos

As perdas nos processos industriais podem ocorrer de diversas maneiras. Tomando a vertente das perdas de qualidade, segundo Takahashi e Osada (1993, p. 57), a deterioração provoca perdas de qualidade que começam a ocorrer antes que as pessoas percebam:

Na indústria de processamento mecanizado ou de montagem, as avarias que comprometem a qualidade compreendem a deterioração de uma parte da instalação de produção, de forma que a produção de rejeitos da qualidade começa a ocorrer antes que alguém perceba. As perdas provocadas por essas avarias podem incluir perdas por paralisações resultantes de avarias, pelo tempo ocioso decorrente de avarias menores, porém freqüentes, por ajustes dos cronogramas, pela diminuição da velocidade de produção, pelo estoque de itens inacabados (*WIP – work in process*), pelos custos de manutenção e acidentes naturais e perdas decorrentes do número de etapas operacionais. (TAKAHASHI e OSADA, 1993, p. 57).

Segundo Suzuki (1994, p. 235, tradução nossa), “na indústria de processo, a qualidade sempre foi incorporada ao produto através do processo que proporciona as condições necessárias para transformações como reação, separação e purificação de materiais enquanto eles transformam-se em produtos”.²⁶

Continuando, o autor afirma que, para que produtos sem defeitos sejam obtidos, é necessário que condições de processo como temperatura, pressão, taxas de fluxo, quantidades de catalisadores, etc, sejam ajustados apropriadamente. A partir daí é possível a obtenção das propriedades, composições e volumes conforme desejados. No entanto, para que isso ocorra, é fundamental que os equipamentos e módulos que compõem a fábrica sejam instalados e mantidos de modo que funcionem em condições ótimas. É dessa forma que se pode ter qualidade assegurada, isto é, processos que gerem produtos livres de defeitos.

²⁶ *In process industry, quality has always been built into the product through processes that provide the conditions needed for transformations such as reaction, separation, and purification of materials as they become product.*

2.3.3.2 As avarias abruptas e as paralisações rápidas

Segundo Takahashi e Osada (1993, p. 68), “uma paralisação rápida demora de um segundo a cinco minutos. A redução da ocorrência de paralisações rápidas melhora a utilização do equipamento [...]”. Segundo o autor, devido à sua aparente insignificância, muitas dessas pequenas interrupções são resolvidas pelas próprias pessoas da produção e acabam passando despercebidas do pessoal da manutenção.

Segundo Takahashi e Osada (1993, p. 68), “as paralisações rápidas não só interferem na produtividade da fábrica como contribuem para a desconfiança inconsciente dos operadores para com o equipamento mecanizado”, contribuindo para abaixar o moral dos operadores. Em contrapartida, essas pequenas paradas têm causas simples. Por conta disso podem ser discutidas espontaneamente por operadores e supervisores, podendo ser incluídas nas atividades de grupos de melhoria, contribuindo assim para o objetivo da TPM de envolver a todos e para elevar o moral dos operadores.

2.3.3.3 A erradicação das avarias e a eliminação de perdas

Segundo Takahashi e Osada (1993, p. 58), muitas perdas na produção estão relacionadas ao mau funcionamento dos equipamentos, a exemplo do problema de geração de sucatas ou peças defeituosas, que reduzem a produtividade da empresa. Continuando, os autores sugerem que a importância do funcionamento adequado do equipamento não seria necessariamente notada pelas pessoas. Sugerem ainda que “as atividades cujo objetivo é erradicar completamente as perdas poderiam ser descritas como as atividades de prevenção de avarias”.

Ainda segundo Takahashi e Osada (1993, p. 58), “a melhoria da produtividade deve ser enfocada sob uma perspectiva baseada na compreensão da relação entre as avarias, o mau funcionamento do equipamento e a perda de produtividade”.

O ponto central na questão das avarias e sua relação com a produtividade da empresa está relacionado com a ênfase que deve ser dada na eliminação delas. Em outras palavras, com o objetivo de se eliminarem as perdas e se melhorar a produtividade da empresa, as avarias precisam ser decididamente eliminadas.

2.3.4 Ferramentas aplicadas na TPM para melhorar a produtividade

Ao adotar a TPM na sua gestão, a empresa incorpora uma filosofia que é característica da metodologia, a orientação para a perda zero. Isso proporciona à organização a possibilidade de desenvolver um processo contínuo de melhorias. É importante lembrar que, apesar desse processo começar nas áreas de produção, sua abrangência pode envolver toda a empresa. Além disso, as melhorias de produtividade são obtidas à medida que se consegue eliminar as perdas do sistema.

Visando a consecução dos objetivos de eliminação de perdas e de melhoria da produtividade, pode-se questionar: quais os métodos que a TPM admite como passíveis de utilização? Suzuki (1994, p. 59), considerando as técnicas analíticas aplicáveis ao melhoramento no contexto do pilar MF, afirma que “o objetivo final da TPM é - zero perdas e zero quebras - de forma que ela nunca exclui nenhum método que ajude a alcançar aqueles objetivos”²⁷. Em seguida, além de sugerir aos componentes da organização a participação em seminários e leitura de livros, alguns métodos são sugeridos pelo autor:

- Análise P-M (*Phenomena and Mechanism*: os fenômenos são analisados em termos dos seus princípios físicos)
- Análise por que? Por que?
- Análise da Árvore de Falhas (FTA do inglês *fault-tree analysis*)
- Engenharia Industrial (IE – do inglês *industrial engineering*)
- Análise de Valor (VA – do inglês *value analysis*)
- Produção *Just-in-time*
- As sete ferramentas básicas da qualidade e as sete novas ferramentas da qualidade (também chamadas de as sete ferramentas de gestão).

Cada uma dessas ferramentas ou método tem suas próprias características e aplicabilidades. Talvez a mais simples dessas práticas seja a “análise por que? por que?”, também conhecida como “os 5 por quês?”. Nela, para se tentar identificar a

²⁷ TPM aims for the ultimate – zero losses and zero breakdowns – so it never excludes any method that helps achieve those ends.

causa raiz de um determinado problema, pergunta-se “por que?” cinco vezes. A lógica dessa prática remonta à curiosidade das crianças que perguntam repetidamente aos adultos “por que?”, até conseguir entender o que está sendo perguntado. Com esse processo simples de investigação, com até o quinto “porquê”, na maioria dos problemas simples pode-se conseguir a identificação da causa raiz. Assim, com razoáveis chances de sucesso, ações podem ser definidas para eliminar o problema a partir do bloqueio da sua causa raiz.

No último tópico da lista sugerida acima, as sete ferramentas básicas da qualidade são as seguintes: *brainstorming*, diagrama de Ishikawa, histogramas, estratificação, gráfico de Pareto, folhas de verificação, diagramas de correlação, gráficos de controle. Conforme Campos (2004, p. 115), essas ferramentas também são utilizadas pelo MASP (Método de Análise e Solução de Problemas), cuja aplicação é comum em programas de qualidade total no estilo japonês.

O uso de medições e do controle estatístico são exemplos de meios diversos que a TPM pode utilizar para alcançar o objetivo de eliminação de perdas, neste caso aplicado para prever falhas. O texto que evidencia tais aplicações já foi visto na seção 2.1.2, como segue: segundo Nakajima *apud* Palmeira (2002, p. 87), para tentar prever a ocorrência de falhas através do uso de medições ou por controle estatístico, surge durante os anos 1980 a Manutenção Preditiva, que passa a fazer parte significativa da TPM.

Fica assim evidenciado que não há restrições para o uso de ferramentas ou métodos visando à eliminação de perdas pela TPM.

2.4 A implementação da TPM

2.4.1 A prevenção na TPM e a orientação para “meta zero”

Suzuki, (1994, p. 51) destaca que uma das maiores características da TPM é sua “orientação para zero”, a qual encoraja as equipes a sistematicamente reduzirem todos os tipos de perdas a zero. Ainda, conforme Suzuki, (1994, p. 59), em última instância, a TPM objetiva “zero perdas e zero quebras”. Shirose (1992, p. 23) ratifica isso ao afirmar que “uma das principais características da TPM é a perseguição agressiva a metas absolutas, como zero quebras e zero defeitos.”²⁸

Em sintonia com a necessidade levantada por Ohno (1997, p. 112) de se criar uma linha de “produção de constituição forte” a partir da prevenção, Shirose (1992, p. 23) afirma que “a TPM enfatiza a prevenção acima de tudo”, e diz: “caso só sejam tomadas ações após a ocorrência dos problemas, então já será tarde demais”. Segundo o autor, na TPM, prevenção significa ação, a qual é baseada em três princípios: manutenção das condições básicas, identificação de anormalidades e pronta resposta.

2.4.2 A Importância da colaboração manutenção e produção

Conforme Suzuki (1994, p. 153), cooperação estreita entre os departamentos de produção e manutenção é, isoladamente, o fator mais importante para que a manutenção planejada seja conduzida de forma eficaz.

Numa revisão amostral da literatura sobre a TPM, Labib (1999, p. 1), por um lado, levanta críticas em relação às dificuldades na implantação dessa metodologia, mas assume que a TPM é um passo na direção certa. Por outro lado, ao construir argumentos acerca destas dificuldades, a primeira coisa que o autor considera é a necessidade de colaboração e harmonia entre manutenção e produção para que os problemas sejam superados:

²⁸ *One of the main characteristics of TPM is its aggressive pursuit of absolute goals, such as zero breakdowns and zero defects.*

A principal ideia da TPM é trazer manutenção e produção em conjunto, através de pequenos grupos, para trocar conhecimento e tomar ações específicas. Portanto, identificar os principais problemas e os meios para superá-los pelo envolvimento das partes interessadas, ou seja, harmonização de manutenção e produção, é a filosofia central da TPM. (LABIB, 1999, p. 1, tradução nossa).²⁹

Segundo Takahashi e Osada (1993, p. 61), a sintonia entre manutenção e produção é indispensável para permitir a minimização dos tempos de paradas por avarias do equipamento. Por um lado, devem existir planos pré-definidos para manutenção de cada item dos equipamentos. Assim, com base nestes planos, é possível realizar manutenções simultâneas em vários itens sempre que houver uma paralisação da produção. Entretanto, solicitações de paralisação dos equipamentos tendem a ser ignoradas devido a pressões dos cronogramas de produção, limitando a atuação da manutenção às paradas por avarias. “Assim, é necessário que as equipes de produção e manutenção colaborem para um programa de manutenção detalhado e planejado”.

2.4.3 A participação total dos funcionários

Um dos pontos mais importantes na TPM é a necessidade da participação de todos, estando este aspecto implícito nas próprias origens da metodologia. Segundo Nakajima (1988, p. 38), o sucesso da TPM depende da cooperação de todos os departamentos. Conforme Suzuki (1994, p. 2), “essa abordagem denominada *“Total Productive Maintenance (TPM)”* é uma forma de Manutenção Produtiva envolvendo todos os funcionários.

Segundo Shirose (1992, p. 16), a TPM é a resposta japonesa à limitação da manutenção preventiva no estilo americano de assegurar a quebra zero. A melhor forma de prevenir quebras é ter o operador notificando a manutenção acerca de anormalidades e o *staff* da manutenção dando pronta resposta com medidas corretivas. Neste ponto, fica clara a necessidade de envolvimento do operador, pois

²⁹ *The main idea of TPM is to bring maintenance and production together, through small groups, to exchange skills, and take specific actions. Hence, identifying the major problems and the means to overcome them by the involvement of the parties concerned, i.e. blending maintenance and production, is the core philosophy of TPM.*

é ele que está diariamente ao lado do equipamento. Adicionalmente, o autor esclarece que a TPM vai além do departamento de manutenção:

Baseado em atividades de pequenos grupos, a TPM leva a Manutenção Produtiva (PM) por toda a empresa, ganhando suporte e cooperação de todos, da alta direção até o nível mais baixo. Ela vai além do departamento de manutenção para envolver toda a empresa, sendo este o como a PM (Manutenção Preventiva) transformou-se em TPM (Manutenção Produtiva Total). (SHIROSE, 1992, p. 16, tradução nossa).³⁰

Takahashi e Osada (1993, p. 7) começam uma definição para a TPM (ou MPT) considerando o envolvimento de todos da empresa: “a MPT é uma campanha que abrange a empresa inteira, com a participação de todo o corpo de empregados, para conseguir a utilização máxima do equipamento existente [da fábrica], utilizando a filosofia do gerenciamento orientado para o equipamento”.

Para que se tenha uma manutenção eficaz, Suzuki (1994, p. 153) considera que, além da cooperação estreita entre os departamentos de produção e manutenção, deve existir, cada um a seu tempo, suporte ativo de todos os departamentos, a saber: gestão da produção, engenharia de produção, segurança, saúde e meio ambiente (SSMA), administração, pessoal, finanças, desenvolvimento e marketing.

2.4.4 Dificuldades na implementação da TPM

Entre diversos outros fatores, a falta de entendimento adequado sobre a TPM tem sido apontada como um dos principais motivos para o alto índice de insucesso na implementação dessa metodologia. Este fato está relacionado com a sua complexidade. Segundo Lima Jr. (2002, p. 37), “[...], a implantação da TPM está longe de ser algo simples. Não se trata de implantar uma técnica ou um conjunto delas. Está-se falando em um modelo de gestão empresarial e, portanto, algo de alta complexidade”.

Embora existam muitas evidências de sucesso dessa metodologia no mundo, é relativamente pequeno o percentual de êxito na implementação da TPM. Segundo

³⁰ *Based on small-group activities, TPM takes PM companywide, gaining the support and cooperation of everyone from top management down. It goes beyond the maintenance department to involve the whole company, and that is how PM (preventive maintenance) became TPM (total productive maintenance).*

Gupta, Tewari e Sharma (2006, p. 11), o índice de sucesso das tentativas de implementação dessa “mudança de larga escala” é inferior a 30% na maioria das organizações. Um percentual ainda menor é apontado por Mora *apud* Ahuja and Khamba (2008, p. 735), segundo os quais a implementação da TPM é cheia de obstáculos e armadilhas. Apesar do elevado número de empresas que tenta implementar a TPM, esse percentual em anos recentes é menor que 10% das tentativas.

Embora nos últimos anos muitas empresas tenham tentado implementar programas de TPM, menos de 10% das empresas têm obtido sucesso. Implementar TPM exige mudança da cultura organizacional e mudança de comportamentos existentes de todos os empregados, operadores, engenheiros, técnicos de manutenção e gestores. (MORA *apud* AHUJA and KHAMBA, 2008, p. 735, tradução nossa).³¹

Apesar da sua capacidade de contribuir de forma significativa para a melhoria da produtividade das indústrias, deficiências no entendimento dos seus conceitos têm sido apontadas entre os fatores para o insucesso na sua implementação. A literatura pesquisada aponta muitas causas para esse insucesso. Hartmann (2000) *apud* Gupta, Tewari e Sharma (2006, p. 11), traz algumas delas:

As causas são muitas: deficiências no adequado entendimento do esforço total requerido, suporte deficiente por parte da gerência, pessoal de suporte insuficiente, resistência de sindicatos, treinamentos insuficientes, mudanças de prioridades, falta de persistência, falha em desenvolver uma boa estratégia para a implementação e, simplesmente, escolha da abordagem errada. (HARTMANN, 2000 *apud* (GUPTA, TEWARI e SHARMA (2006, p. 11, tradução nossa).³²

³¹ *Though in recent years, many companies have attempted to implement TPM programs, less than 10 per cent of companies succeed in implementing TPM. Implementing TPM requires the change of the organizational culture and change of existing behaviours of all employees, operators, engineers, maintenance technicians and managers.*

³² *The reasons are many: lack of proper understanding of the total effort required, lack of management support, lack of sufficient TPM staff, union resistance, not enough training carried out, change of priorities, lack of persistence, failure to develop a good installation strategy, and simply choosing the wrong approach.*

Segundo Kelly (1992), Karlsson e Ljunberg (1995) e Wiremann (1998), todos *apud* Lima Jr. (2002, p. 37), os 8 problemas / dificuldades abaixo são os principais causadores do insucesso na implantação da TPM:

- TPM iniciado como parte de um processo de *Downsizing* (redução de quadro)
- Treinamento insuficiente da mão de obra
- Copiar o modelo de outras empresas
- Falta dos cuidados básicos de manutenção
- Falta de foco naquilo que é crítico
- Relacionamento ruim entre gerência e chão de fábrica
- Falta de um sistema adequado de reconhecimento
- Falta de conhecimento da gerência sobre o que de fato é o TPM

Num estudo que faz uma revisão da literatura sobre a TPM, Ahuja and Khamba (2008), entre outros aspectos, tratam questões relativas às dificuldades na implementação da TPM. Nesse estudo, Ahuja and Khamba (2008, p. 733) listam uma série de barreiras a esta implementação que são apontadas pela literatura, entre as quais: resistência cultural à mudança, confusão sobre o que exatamente constitui a metodologia, deficiências em educação e treinamento, falta de um sistema de suporte para apoiar a aprendizagem e a disseminação da metodologia, implementação parcial da TPM, falta de consenso entre as gerências, estrutura e suporte para implementação insuficientes, etc.

Olhando-se pelo lado oposto, isto é, fatores fundamentais para o sucesso na implementação da TPM localizados na literatura, aqueles relacionados à educação e treinamento apareceram como os mais importantes. Segundo Kholopane (2006, p. 95), a aquisição de habilidades e os treinamentos foram identificados como um dos elementos mais importantes para o sucesso da TPM, ressaltando o fato de que este tópico é definido como um pilar da metodologia.

Nesta mesma linha de abordagem, Blanchard (1997) *apud* Seng (2006, p. 3) traz o tópico educação e treinamento como fator crítico para a metodologia.

Questões de educação e treinamento tornaram-se um dos fatores críticos para estabelecer uma implementação de TPM com êxito, onde a formação apropriada começa tão logo comecem os estágios de introdução e preparação inicial. Toda a força de trabalho da organização precisa adquirir conhecimento, habilidades e destreza

relativos à TPM. (BLANCHARD, 1997 *apud* SENG, 2006, p. 3, tradução nossa).³³

Em continuação ao texto anterior, Thiagarajan and Zairi (1997) *apud* Seng (2006, p. 3) também abordam a questão: “educação e treinamento é, isoladamente, o fator mais importante desde que o necessário comprometimento tenha sido assegurado e tenha se tornado uma estratégia de longo prazo no cronograma de planejamento para alcançar as aspirações e habilidades”. (Tradução nossa).³⁴

Segundo Ahuja and Khamba (2008, p. 736), para o sucesso da TPM, é importante que a metodologia esteja totalmente integrada com os planos estratégicos da organização, pois a sua adoção impacta a empresa como um todo. Assim, pode-se entender que uma implementação não integrada aos planejamentos estratégicos da organização tem grande probabilidade de insucesso. Em outras palavras, falta de sintonia entre os níveis hierárquicos significa “falta de consenso entre as gerências” que, como visto anteriormente, é um fator de insucesso na adoção da TPM.

2.4.5 Os fatores humanos

Pelos relatos que se tem observado, as empresas que conseguem sucesso na implementação da TPM colhem muitos benefícios. É possível, e também de se esperar que, no curto prazo, os resultados sejam perceptíveis, particularmente, em indicadores de produção, qualidade e custo. Com o tempo, estes resultados precisam se tornar consistentes e sustentáveis. Entretanto, para assegurar essa consistência, é necessário que a organização cresça em termos de recursos humanos.

Segundo Santos (1994, p. 57), “a melhoria contínua em toda a empresa está intimamente relacionada à postura adotada pela empresa com relação ao empregado”. Ainda, segundo Santos (1994, p. 58), essa postura é corroborada pela

³³ *Training and educational issues had become one of the critical factors to establish successful TPM implementation, where proper education begin as early as during the TPM introduction and initial preparation stages. The entire workforce in the organization need to acquire new knowledge, skill and abilities related ta TPM.*

³⁴ *further addressed that education and training is the single most important factor once the necessary commitment has been assured and had become a longterm strategy in the planning schedule to obtain aspirations and skills.*

“Teoria Z do Prof. Willian Ouchi, que prega a confiança entre a administração e os empregados”.

Com certa frequência, tem-se constatado afirmações do tipo: “as pessoas são o principal ativo das organizações”. Isso está muito relacionado com a sociedade da era do conhecimento. Sabe-se que os conhecimentos e as tecnologias de hoje logo estarão superados. As mudanças são as únicas certezas da atualidade e, nesse processo, a concorrência pode vir através de novos competidores, produtos, tecnologias, etc.

Para fazer frente a essa corrida desenfreada, é indispensável que a gestão dos recursos humanos esteja atualizada, de modo que os talentos, detentores do conhecimento da organização, não se percam. Além disso, a empresa precisa manter sua força de trabalho motivada para continuar aprendendo e atualizando-se, caso contrário a competitividade da empresa tende a ficar comprometida.

A TPM alavanca a aprendizagem da organização à medida que envolve todos na eliminação de perdas e resolução de problemas. Essa aprendizagem ocorre tanto com relação aos métodos quanto às particularidades dos processos. Segundo Takahashi e Osada (1993, p. xi), “a auto-estima elevada e a satisfação no trabalho são frequentemente vivenciadas pelos operários envolvidos nesse processo de aprimoramento”.

Todos esses aspectos relacionam-se com um outro ponto crucial para as empresas: as competências e habilidades gerenciais, vitais para a produtividade das empresas. Para se perceber como podem ser importantes os fatores gerenciais para a produtividade, pode-se tomar como referência o texto a seguir:

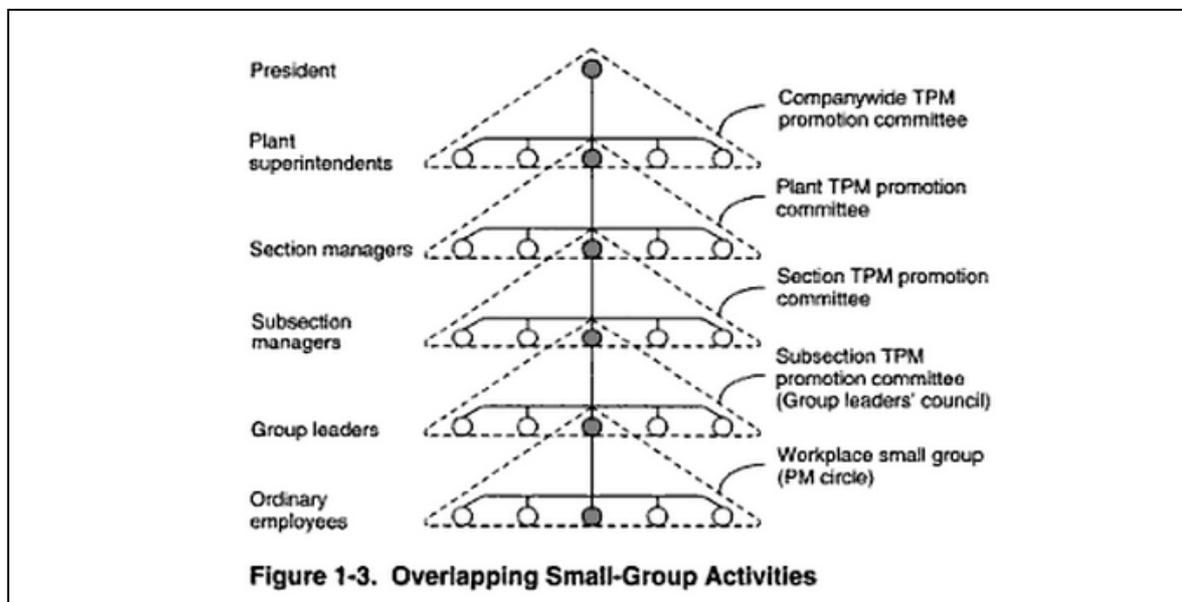
Leibenstein (1966) *apud* Kendrick (1984) desenvolveu a abordagem de que, fatores gerenciais e motivacionais (organização do trabalho, motivação, supervisão, monitoramento e controle da mão de obra, etc.), tinham uma contribuição muito mais significativa para a produtividade do que mesmo a eficiência alocativa. (SEVERIANO FILHO, 1995).

Segundo Severiano Filho (1995), foi esse um dos pressupostos utilizados por Gold (1973) no desenvolvimento da abordagem de produtividade global (visto na seção 2.2.5.3). O outro pressuposto, intimamente ligado ao anterior, foi a “estreita interface entre produtividade e tecnologias de gestão”.

2.4.6 Modelo de 4 fases para implementação da TPM

A partir de vários pontos de vista, e de acordo com o que já foi exposto, a implementação da TPM não é simples, pois exige a mudança no comportamento das pessoas e das equipes. Como já foi dito, essa é uma mudança de larga escala. Uma das formas de se melhorar as chances de êxito nessa implementação é utilizando um modelo pré-existente. Segundo Suzuki (1994, p. 8), normalmente a TPM é implementada em quatro fases: preparação, introdução, implementação e consolidação. Essas quatro fases são sintetizadas no quadro 2, na página 91.

Figura 12 - Estrutura de comitês e subcomitês de TPM



Fonte: Suzuki (1994, p. 10)

Um dos passos na fase de preparação é o estabelecimento de uma organização para a promoção da TPM na empresa. Ela é liderada pelo comitê diretivo e composta pelos subcomitês especialistas, ou pilares, cuja estrutura está ilustrada na figura 12, acima. Além desses, também é prevista a criação de um escritório de promoção da TPM, que é liderado por um coordenador de TPM, sendo que, normalmente, ele fica ligado à alta direção.

Na parte mais inferior da estrutura estão alocados os pequenos grupos autônomos, onde se enquadram os grupos MA.

Quadro 2 - Modelo de 4 fases para implementação da TPM

Fases	Passo	Pontos Essenciais
Preparação	1 – Formalmente anunciar a decisão de introduzir a TPM.	A alta direção anuncia em reunião interna e publica em revista da empresa.
	2 – Conduzir campanha de educação introdutória de TPM e campanha de publicidade.	- Seminários para gerência média/alta - Apresentações em slides para os funcionários em geral
	3 – Criar a organização para promoção da TPM	- Comitê diretivo e comitês especialistas - Escritório de promoção de TPM
	4 - Estabelecimento das políticas básicas e metas para a TPM	- Definição do valores de base e das metas - Projeção dos efeitos
	5 - Elaboração do Plano Diretor para o implementação da TPM	- Detalhamento do plano desde a etapa de preparação até a candidatura ao "PM Prize"
Introdução	6 – Pontapé inicial do início do programa TPM.	Convide a fornecedores, clientes e empresas afiliadas.
Implementação	7 – Construir uma organização projetada para maximizar a eficácia da produção	Buscar o máximo de eficácia na produção
	7.1 – Conduzir atividades de melhorias focadas	Atividades em equipes de projeto e de pequenos grupos
	7.2 – Estabelecer e desenvolver programa de manutenção autônoma	Conduzir passo a passo com auditorias e certificação de passos a cada passo.
	7.3 – Implementar programa de manutenção planejada	- Manutenção corretiva - Manutenção por quebras - Manutenção preditiva
	7.4 – Conduzir treinamentos para habilidades de operação e manutenção	Educação em grupo para líderes de grupo que repassem seus treinamentos aos seus membros.
	8 – Construir um sistema de gestão antecipada para novos produtos e equipamentos.	Desenvolver produtos que sejam fáceis de usar e equipamentos que sejam fáceis de usar.
	9 – Construir um sistema de manutenção da qualidade	Estabelecer, manter e controlar as condições para zero defeitos
	10 – Construir um sistema de administração eficaz	- Incrementar eficácia no suporte à produção - Melhorar e simplificar funções administrativas e ambientes de escritório
	11 – Desenvolver um sistema de gestão Segurança, Saúde e Meio Ambiente	Assegurar um ambiente livre de acidentes e de poluição.
Consolidação	12 – Manter implementação completa da TPM e elevar os níveis	Candidatura ao prêmio de excelência "PM Prize"
		Buscar até mesmo metas em níveis mais elevados

Fonte: Nakajima (1988, p. 55) e Suzuki (2004, p. 9), traduzido pelo autor.

2.4.7 Principais ferramentas para implementação da TPM

2.4.7.1 A troca rápida de ferramentas (TRF)

A Troca Rápida de Ferramentas (TRF) é uma das mais importantes técnicas que compõem a filosofia *Just In Time* de produção. Foi desenvolvida no Japão por Shigeo Shingo, um dos criadores do Sistema Toyota de Produção. Sua importância reside na necessidade de se produzir lotes pequenos, que são inviáveis na filosofia taylorista-fordista, cujos tempos de *setup* duram horas e tornam a produção em pequenos lotes economicamente inviável.

A TRF é vital para o JIT, ou produção sem estoques. De forma simplificada, a dinâmica dessa filosofia de produção e do respectivo processo de resuprimento pela máquina precedente são explicados pelo próprio autor do STP.

Tentar produzir apenas os itens retirados também significa fazer a troca de ferramentas com mais frequência, a menos que a linha de produção esteja dedicada a um único item. Normalmente, as pessoas consideram uma vantagem para o processo precedente produzir uma grande quantidade de um item. Mas, enquanto se produz o item A em quantidade, o processo pode não dar vencimento à necessidade do item B. Consequentemente, torna-se necessário reduzir o tempo de troca de ferramentas e o tamanho dos lotes. (OHNO, 1997, p. 49).

Acerca do uso de *setups* TRF, Shingo (1996 p. 329) considera que a essência do STP é a eliminação da perda por superprodução. “A eliminação dessa perda requer a produção em lotes pequenos com o emprego da TRF e de reduções drásticas nos tempos de atravessamento”.

Segundo Santos (1994 p. 48), “o *setup* significa, no sistema produtivo, o processo de preparar uma máquina (ajustar ou trocar ferramentas) que vinha fabricando um tipo de peça para fabricar outros tipos”. Segundo este autor, no sistema taylorista-fordista, os *setups* geralmente são da ordem de horas, podendo chegar a até 24 horas.

Em oposição aos grandes tempos de *setups* do sistema taylorista-fordista, os *setups* da TRF são realizados em tempos menores que dez minutos, sendo esta a razão para o outro termo que designa a TRF, o SMED (*Single Minute Exchange of Die*), ou seja, troca de ferramentas em tempos “em um número de minutos expresso em um único dígito” (SHINGO, 2000, p. 23).

A TRF foi desenvolvida no Japão por Shigeo Shingo, um dos criadores do Sistema Toyota de Produção (STP), que destaca sua importância para o sistema. Eventualmente, a TRF poderia ser considerada não tão relevante ou, talvez, secundária. Entretanto, segundo uma colocação do próprio Shingo (1996 p. 308), o *JIT* não teria “nascido” sem a TRF: “acredito que o método *just in time*, que está na essência do Sistema Toyota de Produção, não teria sido desenvolvido, se o sistema TRF não existisse”.

Shingo (1985) *apud* Kholopane (2006, p. 21) associa a melhoria da produtividade à redução dos tempos de *setup*, considerando que esta pode ser a chave para a redução de gargalos, de custos e:

A produtividade depende do tempo necessário para preparar a máquina de um produto para outro. *Setups* podem tomar tempo e, se este não é monitorado, podem haver efeitos adversos para o sucesso da empresa. *Setups* de máquinas é um grande aspecto do processo de manufatura. A redução de *setups* pode ser a chave para redução de gargalos, reduzindo custos e para a melhoria da qualidade [...]. (SHINGO, 1985 *apud* KHOLOPANE, 2006, p. 21, tradução nossa).³⁵

Segundo Liker e Meier (2007, p. 83), os princípios do SMED (ou TRF) podem ser usados para reduzir drasticamente os tempos de preparação do equipamento ou trocas de ferramentas.

Aqui é interessante voltar à abordagem adotada pela TPM. Visto que os *setups* muitas vezes interferem no funcionamento da máquina, demandando, inclusive, apoio das equipes de manutenção, o trabalho conjunto e bem treinado das equipes de produção e manutenção é fator fundamental para a perfeição das trocas rápidas.

Tentar descrever claramente o que é a TRF demandaria discussões bem mais amplas, como pode ser verificado na afirmação de Shingo (2000 p. 47): “o desenvolvimento do conceito TRF levou, ao todo, 19 anos. Ele resultou de estudos cada vez mais aprofundados dos aspectos teóricos e práticos da melhoria do *setup*”. Entretanto, tomando uma abordagem muito elementar e se baseando em Shingo (2000, p. 50), a melhoria do *setup* na direção da TRF prevê três estágios:

³⁵ *Productivity depends on the time it takes to set the machine up from one product to another. Setups can take time and if they are not monitored can have adverse effects on the success of the company. Setup of machines is a big aspect of the manufacturing process. Reducing setup can be a key to reducing bottlenecks, lowering cost and improving quality [...].*

1. Separação entre *setup* interno e externo;
2. Conversão do *setup* interno em externo;
3. Racionalização de todos os aspectos da operação de *setup*.

Para alcançar os objetivos de minimização dos tempos de troca, a metodologia TRF utiliza várias técnicas, entre as quais podem ser citadas: cronometragem das atividades, conversas informais com os operadores e aplicação de filmagens.

Segundo o autor, apesar do que o nome sugere, alcançar *setups* inferiores a 10 minutos não é verdade para todos os casos. Apesar disso, no estágio 3 necessita do aprofundamento do estudo de cada elemento tanto do *setup* interno quanto do externo. Além disso, o autor destaca que os estágios 2 e 3 podem ser realizados fora da ordem sequencial.

2.4.7.2 Os cinco sentidos - 5S

O “5S” (ou “os cinco sentidos”) é um programa composto por cinco atividades voltadas para melhorias no ambiente fabril, que são designadas por cinco palavras de origem japonesa que começam com a letra “S”: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*. Aplicado sistematicamente no ambiente fabril, o 5S trabalha para educar a todos na direção de um ambiente mais organizado, limpo, agradável e, principalmente, mais produtivo.

Segundo Takahashi e Osada (1993, p. 32), essas atividades são conhecidas no Japão como “atividades dos 5S’s”, cujos significados são: *Seiri* (senso de utilização), *Seiton* (senso de ordenação), *Seiso* (senso de limpeza), *Seiketsu* (senso de padronização, ou de saúde, conforme algumas traduções) e *Shitsuke* (senso de autodisciplina). Em seguida, os autores colocam os 5S’s como componentes básicos para a promoção da Manutenção Produtiva e afirmam: “esses elementos podem fornecer um meio de diagnóstico para avaliar até que ponto os planos de implementação da MP foram aceitos como parte de um ambiente de trabalho bem sucedido”.

Disseminado já há mais de duas décadas no Brasil, o 5S já é bem conhecido na maioria das indústrias. Por outro lado, existem situações onde o programa entra em descrédito, ocupando pessoas sem, necessariamente, trazer benefícios reais

para a empresa. Um alerta contra algo assim é trazido por Liker e Meier (2007, p. 77), ao discutirem o 5S num contexto da implementação do STP e colocando-o como uma possível “armadilha”. Segundo os autores, “o 5S é apenas uma ferramenta [...] não há nada de mal em ser diligente com o 5S. Mas, perda bem organizada e reluzente de tão limpa continua a ser perda”.

2.4.7.3 O PDCA e o Kaizen

O PDCA é um dos mais conhecidos modelos de melhoria aplicados nas empresas, particularmente nas indústrias, e significa *plan-do-check-action* (planejar, executar, checar e agir). Segundo Slack *et al* (2009, p. 454), o ciclo PDCA às vezes é chamado de o Ciclo de Deming. A palavra japonesa *Kaizen* (*Kai* – mudar, *Zen* – perfeição) pode significar a busca da perfeição, ou “melhoria contínua”. A aplicação do ciclo PDCA em um processo por sucessivas vezes, geralmente na solução de problemas, promove a melhoria contínua, ou seja, o *Kaizen*.

O modelo PDCA é encontrado em muitas publicações que tratam sobre gestão da produção e gestão da qualidade. Segundo Shingo (1996, p. 197), “frequentemente o ciclo defendido pelo Dr. Deming é usado ao se executar o controle da qualidade”. Segundo Campos (2004, p. 75), o método para a prática do gerenciamento é o PDCA. Ainda, segundo Campos (2004, p. 179), em uma abordagem do gerenciamento pelas diretrizes, “o PDCA é um método de gestão. Portanto, se você é gerente e é voltado para o futuro, você precisa dominar o PDCA”.

Na TPM a melhoria contínua através do PDCA é aplicada tanto na resolução de problemas quanto na própria metodologia de implementação. Segundo Suzuki (1994, p. 20), uma ênfase de melhoria contínua numa abordagem do ciclo CAPD (um PDCA onde a sequência é alterada e o ciclo começa pelo C, formando a sequência CAPD), continuamente revisando metas e definindo novos desafios é de grande utilidade.

Segundo pode ser observado em Suzuki (1994, p. 104), o ciclo CAPD é aplicado na implementação dos grupos de MA. Num esquema em forma de tabela, Suzuki apresenta a melhoria contínua nessa implementação conforme os sete passos da MA da seguinte forma:

- Limpeza inicial => C
- Eliminação das fontes de contaminação e áreas de difícil acesso => A
- Implementar padrões de limpeza e lubrificação => PD
- Inspeção geral do equipamento => C A P D => C A P D
- Inspeção geral do processo => C A P D => C A P D
- Sistematização da manutenção autônoma => C > A > P > D > C > A > P > D
- Implementação plena do programa de manutenção autônoma => C > A > P > D > C > A > P > D.

2.4.8 Os resultados da implementação da TPM

Uma das atividades fundamentais para o sucesso da TPM é o monitoramento da sua evolução. Conforme já demonstrado, com o rendimento global do equipamento (OEE), pode-se verificar para onde devem ser direcionados os esforços de eliminação de perdas. Como referência para as componentes do OEE podem ser tomados os valores sugeridos por Nakajima (1988, p. 27). Segundo esse autor, com base nas suas experiências, disponibilidades de 90%, taxas de performance superiores a 95% e taxas de qualidade superiores a 99% são, em média, valores ideais para as empresas bem sucedidas na aplicação da TPM, os quais resultam em valores superiores a 85% para o OEE.

2.4.8.1 A necessidade de medição rigorosa na TPM

Para se pensar na importância de um sistema de medição rigoroso, pode-se tomar uma menção feita por Taichi Sakayia *apud* Sakamoto (2010, p. 42), que, criticando a não liderança da produtividade da indústria japonesa em relação à indústria mundial, aponta vários fatores contribuintes. Nesse contexto, procurando responder ao questionamento de quanto se pode melhorar a produtividade, o autor considera que um conhecimento teórico prévio acerca de um sistema de medição da produtividade é absolutamente necessário.

Na mesma linha de raciocínio, buscando melhorar a produtividade, a TPM não pode prescindir de um sistema de medição consistente.

Como o grande objetivo da TPM é a eliminação total das perdas, para que se consiga a clareza e a precisão necessárias ao estabelecimento das metas, é importante que todas as perdas existentes sejam identificadas, mensuradas e valoradas financeiramente. O Comitê Coordenador estabelece, então, para cada perda uma meta financeira de redução, cujo somatório de todas as oportunidades de redução de perdas constituirá a meta geral de redução de perdas da empresa (PALMEIRA, 2002, p 114).

Na busca pelo estabelecimento de metas, é interessante também que se disponha de algum ponto de referência. Para isso, podem ser tomados os referenciais sugeridos por Nakajima (1988, p. 2), que relata os seguintes valores médios de empresas que adotaram a TPM: redução das quebras para 2% do valor original; melhoria de 17 a 26% na taxa de operação do equipamento. Reduções de até 90% nos defeitos de processo e melhorias na faixa de 40 a 50% na produtividade geral do trabalho. De acordo com o autor, tais resultados não são alcançados da noite para o dia, levando tipicamente três anos desde a introdução da TPM até que sejam alcançados resultados com perspectivas de reconhecimento para premiação.

2.4.9 Críticas à TPM

Tentativas feitas pelo autor dessa pesquisa visando localizar críticas à TPM se mostraram de pouco êxito. Assumindo que essa metodologia tem tido aceitação ampla e que é comprovada a sua capacidade em gerar resultados, tal dificuldade para identificar críticas era esperada. Devido a essa escassez, preferiu-se mencionar a exposição feita por Labib (1999, p. 2). Ainda que muito sutil, a crítica aparece mais voltada para as dificuldades de implementação do que para a metodologia em si. O autor começa assumindo que a TPM é algo óbvio e logo em seguida fala de deficiências relatadas, mas direciona o discurso para questões relacionadas à coleta e análise de dados. Em função disso, propõe que se busquem caminhos que facilitarão a adoção da metodologia.

O conceito de TPM é simples e óbvio, mas existem algumas deficiências relatadas. Gestores tendem a focar em resultados de curto prazo mais que atividades com objetivos de redução de perdas no longo prazo (Al-Najar, 1996) [...] Melhoria contínua significa

análise de dados. Frequentemente dados são coletados mas não analisados. Existe uma necessidade de achar um método que consuma menos tempo e que também seja preciso (LABIB, 1999, p. 2, tradução nossa).³⁶

Nesse ponto, é interessante lembrar que uma metodologia como a TPM, ainda que possua muitos méritos, tem limitações e não pode ser “solução para tudo”. Além disso, como muitas outras abordagens que promovem mudanças, a adoção da TPM tende a sofrer resistências. Conforme o que foi visto na seção 2.4.4, existem muitos problemas e dificuldades na implementação da metodologia, mas algumas críticas podem também ser devidas ao entendimento inadequado acerca da metodologia.

³⁶ *The TPM concept is simple and obvious, but there are some reported shortcomings. Managers tend to focus on early results rather than activities aimed at reducing losses in the long run (Al-Najar, 1996). Improving personnel and changing the corporate culture is more easily said than achieved. The traditional cultural division between operator and maintenance, “you bend it, we mend it”, must be altered by mutual consent. Continuous improvement means data analysis. Often data are collected but not analysed. There is a need to find a less time-consuming method that is also precise.*

3 Metodologia

No presente capítulo estão estruturados os procedimentos metodológicos visando alcançar os objetivos da pesquisa. Inicialmente, foram estudadas as classificações das pesquisas científicas, de onde foram obtidos os conceitos relativos às pesquisas descritiva, qualitativa e quantitativa, classificações onde se enquadra o presente estudo.

Visando responder à questão problema de pesquisa, foram estabelecidos procedimentos metodológicos para a condução do estudo de campo, ou pesquisa empírica, cujo objetivo é a coleta de dados e informações relativos ao problema. Finalmente, a partir daí, chegou-se à etapa de análise dos dados e interpretação dos resultados, última etapa da pesquisa, de onde foram retiradas as conclusões do estudo.

3.1 Classificação das pesquisas

Na busca por estabelecer uma classificação para as pesquisas científicas, Gil (1996, p. 45) afirma que, usualmente, as pesquisas são classificadas de acordo com os seus objetivos gerais, de onde surgem três grandes classificações: pesquisas exploratórias, explicativas e descritivas. Nesta dissertação, dadas as suas características, a pesquisa foi classificada como descritivo-quantitativa, razão pela qual buscou-se na literatura alguns esclarecimentos sobre essas classificações.

Segundo Gil (1996, p. 46), a pesquisa descritiva visa principalmente, segundo os objetivos gerais, a descrição das características de uma população ou fenômeno ou, ainda, o estabelecimento de relações entre variáveis. Segundo Oliveira (1999, p. 116), “os estudos descritivos dão margem também à explicação das relações de causa e efeito dos fenômenos, ou seja, o papel das variáveis que, de certa maneira, influenciam ou causam o aparecimento dos fenômenos”.

Oliveira (1999, p. 115) propõe duas abordagens para o estudo descritivo: quantitativa e qualitativa. Segundo o autor, a abordagem quantitativa significa quantificar opiniões e dados durante a coleta de informações, bem como o emprego de recursos e técnicas estatísticas, desde as mais simples, como mediana e média até as mais complexas como, por exemplo, análise de correlação”.

Ainda, segundo Oliveira (1999, p. 116), a abordagem qualitativa difere do método quantitativo por não empregar dados estatísticos como centro do processo de análise do problema. “A diferença está no fato de que o método qualitativo não tem a pretensão de numerar ou medir unidades ou categorias homogêneas”.

Embora existam posicionamentos voltados para as duas abordagens, há controvérsias entre os autores quanto ao classificar uma pesquisa como puramente quantitativa ou puramente qualitativa.

Por um lado, segundo Goode e Hatt (1968) *apud* Oliveira (1999, p. 116, grifo do autor), “são enfáticos em afirmar que *a pesquisa moderna deve rejeitar como falsa a dicotomia entre os estudos qualitativos e quantitativos ou entre ponto de vista estatístico e não-estatístico*, em virtude de que não existe importância com relação à precisão das medidas, uma vez que o que é medido continua a ser uma qualidade”. Em contrapartida, apesar dessa afirmação enfática, Oliveira (1999, p. 116) alerta que, em função da maneira como se deseja focar a pesquisa, o pesquisador deverá direcioná-la para uma conotação mais qualitativa ou mais quantitativa.

3.2 Técnica de pesquisa e delimitações

O estudo de caso foi a técnica adotada para realização da presente pesquisa. Segundo Bertucci (2011, p. 52), “estudos de caso em uma ou poucas empresas são realizados quando se procura responder por que uma determinada situação ocorre, sendo tipicamente aplicados nas ciências gerenciais”. Segundo Bertucci (2011, p. 59), a unidade de análise define claramente onde e em que nível será desenvolvido o estudo e, em geral, envolve apenas uma das três possibilidades a seguir: nível macro, nível da organização ou nível do indivíduo.

A realização do estudo deu-se pelo critério de acessibilidade. A expectativa inicial era que se realizasse um estudo multicaso. Entretanto, ao se constatar a indisponibilidade de dados em duas das três empresas visitadas, restou a alternativa do estudo restrito a apenas uma empresa. O horizonte de tempo estudado, em função dos dados disponíveis, seguiu o mesmo critério, tendo estes alcançado a abrangência de vinte e um meses.

3.2.1 Construção e efetivação da pesquisa empírica

A realização da pesquisa de campo foi efetivada a partir dos elementos contidos nos levantamentos bibliográficos da fundamentação teórica. Dalí foram identificados e escolhidos os indicadores relacionados às variáveis pesquisadas. Com os indicadores definidos, ponto fundamental para construção dos instrumentos de coleta de dados, foi possível esclarecer o que se desejava em termos de dados a serem obtidos.

Fruto de reflexões acerca de como seriam prospectados tais dados, questões foram pensadas e ideias foram trocadas com algumas pessoas envolvidas com o tema. Isso foi feito procurando identificar pontos importantes para a viabilidade da pesquisa. Naturalmente, e de diversas maneiras, o orientador levou o autor a se questionar sobre o que de fato seria pesquisado e como seria realizada a pesquisa de campo. Estes questionamentos relacionavam-se a vários aspectos, como: quais indicadores seriam envolvidos, viabilidade de realização da pesquisa, possíveis dificuldades de acesso aos dados da(s) empresa(s), bem como a existência, ou não, dos dados que se pretendia obter.

Procurando antecipar-se aos fatos, antes da realização da pesquisa empírica, foram elaboradas algumas questões que serviram de base à etapa seguinte, isto é, construção dos instrumentos de coleta de dados e consulta à(s) empresa(s) acerca de autorização para realização da pesquisa. Num processo de reflexão, procurando antecipar o pensamento dos pesquisados, as seguintes quatro questões foram formuladas e respondidas pelo próprio autor.

1 - O que eu preciso saber?

1.1 - Além de informações para contextualização, a presente pesquisa busca, principalmente, dados históricos relativos à implementação da TPM e à evolução da produtividade.

2 - Quais dados pretende-se coletar?

2.1 - Dados relativos à implementação da TPM: OEE, disponibilidades, taxas de desempenho, taxas de qualidade, números de paradas por mês e quantidades de horas de máquina parada por mês.

2.2 - Dados relativos à evolução da produtividade: produtividades físicas dos equipamentos e/ou áreas envolvidos (relações entre saída físicas e insumos

físicos - exemplo: peças por dia, peças por hora, toneladas por hora, peças por tonelada, peças por homem hora, etc).

3 - Os históricos devem envolver que períodos?

3.1 - Os períodos devem ser de 1,5 a 5 anos, de modo que seja possível avaliar qual a influência da TPM na produtividade da empresa.

4 – Qual a abrangência da investigação?

4.1 - A abrangência será definida em função do ambiente real a ser estudado, de modo que a pesquisa possa ser representativa.

Para realização da pesquisa de campo foram feitos contatos com gestores de diversas empresas. Vários desses contatos foram bastante amistosos, entretanto, das três visitas realizadas, apenas uma proporcionou o fornecimento dos dados necessários à realização do estudo.

No estabelecimento dos contatos iniciais com as empresas, uma carta era enviada a um gestor, na qual constavam os objetivos da pesquisa e quais os dados que se desejava coletar. Para esclarecer esses pontos o melhor possível, as quatro questões apresentadas acima iam anexadas à carta. Esta estratégia mostrou-se bastante proveitosa, visto que as necessidades assim apresentadas foram relativamente bem entendidas.

Por questões de ambiente de negócio e preservação das informações cedidas, o codinome “Embala S.A.” foi atribuído à empresa que gentilmente se prontificou a fornecer os dados e informações para o estudo. Dentro dela foram estudadas as três máquinas designadas como piloto na implementação da TPM. Seguindo a mesma lógica do nome da empresa, essas máquinas também receberam identificações codificadas, respectivamente, KS1, PT2 e RD1.

Nos contatos iniciais com essa empresa, foi realizada uma visita à fábrica para esclarecimentos sobre a pesquisa. Em seguida, várias trocas de informações ocorreram via email, forma através da qual foi recebida a maioria das informações e dados coletados. De posse deles, foi possível fazer algumas pré-análises, de modo que questões de contextualização do ambiente estudado puderam ser melhor formuladas, proporcionando oportunidade para que novas informações fossem fornecidas.

Para efeito dessa dissertação, a pergunta de pesquisa estabeleceu as variáveis independente e dependente, tendo sido a TPM foi definida como a variável

independente. Conforme foi visto na seção 2.1, ela é uma metodologia focada na eliminação de perdas do sistema produtivo, cujo objetivo é melhorar a produtividade da empresa. Por outro lado, como variável dependente foi definida a produtividade física. Ela foi vista na seção 2.2.1, onde foi definida como a relação entre uma saída física e um insumo físico.

Para medir a evolução da implementação da TPM foi utilizado o indicador OEE que, conforme foi visto na seção 2.1.6, é um padrão mundial de medição de resultados obtidos com a implantação da TPM. O indicador utilizado para medir a produtividade física foi obtido da divisão dos volumes produzidos em cada máquina, mês a mês, pelas respectivas quantidades de horas-máquina correspondentes aos tempos de carga (ou tempos programados). Dessa forma, as produtividades físicas de cada máquina referentes aos vinte e um meses do período analisado foram obtidas em termos de quilogramas produzidos por hora-máquina.

3.2.2 Possibilidades de mudanças

Segundo Bertucci (2011, p. 49), mudanças de rumo podem ocorrer em função de constatações inesperadas. Caso particular ocorre quando, em um estudo de caso, por exemplo, o pesquisador operacionaliza sua pesquisa através de entrevistas, que lhe proporcionam muita flexibilidade durante as aplicações.

As dificuldades para obtenção dos dados durante a pesquisa de campo fizeram com que essa flexibilidade, apontada por Bertucci, fosse efetivamente aplicada. Isso ocorreu à medida que as dificuldades foram sendo constatadas. Confirmado o insucesso na obtenção dos dados das duas primeiras empresas visitadas, procurou-se assegurar a posse de cada “pacote” de dados que era disponibilizado. Tal conduta permitiu que a etapa “coleta de dados” fosse finalizada de forma exitosa na Embala S.A., terceira e última empresa visitada.

3.3 Considerações acerca das análises dos resultados

Segundo Gil (1996, p. 119), “a análise estatística possibilita apenas determinar se certa relação existe, qual a sua natureza e a sua força. Para efetiva interpretação dos dados, torna-se necessário, sobretudo, proceder a análise lógica

das relações, com sólido apoio em teorias e mediante a comparação com outros estudos.

Como foi visto na seção 2.2.7, devido às complexas relações das redes de produtividades, estas são resultantes de um conjunto de interações, cujos impactos podem ser dependentes de fatores diretos ou indiretos que, por sua vez, podem impactar uns aos outros.

Com base nisso e mediante as afirmações vistas no parágrafo anterior, descartou-se o estudo de correlações na análise dos dados. Isso ocorreu porque, por dedução lógica, devido aos muitos fatores influenciadores da produtividade, é pouco provável o estabelecimento de correlações importantes entre um fator em particular e a produtividade física da empresa. Em função disso, o caminho escolhido para se desenvolver as análises combinou o uso de gráficos de colunas, a ordenação cronológica e a análise qualitativa.

4 Apresentação dos dados e análise dos resultados

4.1 A empresa e o ambiente do estudo

Acompanhando a tendência de crescimento da economia do país, a Embala S.A. procura estar preparada para novos desafios, tendo se instalado no estado no início dos anos 2000. Além da unidade pernambucana, possui outra no Espírito Santo e está em processo de expansão.

Como parte de sua estratégia, buscando melhorar a sua gestão, a empresa procura profissionalizar-se. Nesse sentido, entre outros esforços, tem buscado no mercado gestores e profissionais com experiência em TPM que a ajudem na sua trajetória. Exemplos disso são os casos do gerente de manutenção e do coordenador de TPM, que vieram de multinacionais onde a TPM é utilizada desde a década de 1990.

Os equipamentos estudados, conforme já identificadas na seção 3.2.1, foram as três máquinas piloto na implementação da TPM, a KS1, a PT2 e a RD1. Entretanto, o estudo focou principalmente as máquinas KS1 e PT2. Segundo o coordenador de TPM, a máquina RD1 tem baixa capacidade, perdeu importância e deixou de ser piloto. Mudanças decorrentes de tais fatos evidenciaram uma perda de rendimento da máquina, trazendo um aprendizado considerado como de particular interesse. Isso levou o pesquisador a também apresentar esse caso, na seção de análise dos resultados.

A capacidade nominal dessa unidade industrial é de aproximadamente 8000 toneladas anuais, sendo 2100 toneladas a capacidade de KS1, 800 toneladas da PT2 e 285 toneladas da RD1, que significam, respectivamente, 26%, 10% e 3,6% da capacidade da fábrica. A estrutura organizacional da empresa conta com cerca de 350 colaboradores, sendo aproximadamente 300 os que compõem as equipes de produção e manutenção. A equipe de manutenção conta com 60 colaboradores, dos quais 30 são mecânicos, 15 ferramenteiros e 15 eletroeletrônicos.

O mix de produção da KS1 envolve três produtos principais, A, B e C. Cerca de 60% da capacidade da máquina são ocupados pelo produto A, enquanto 20%, 10% e 10% da capacidade restante são distribuídas respectivamente para os produtos B, C e outros. Semelhantemente, designando os produtos principais da PT2 como D, E e F, a capacidade dessa máquina é utilizada em aproximadamente

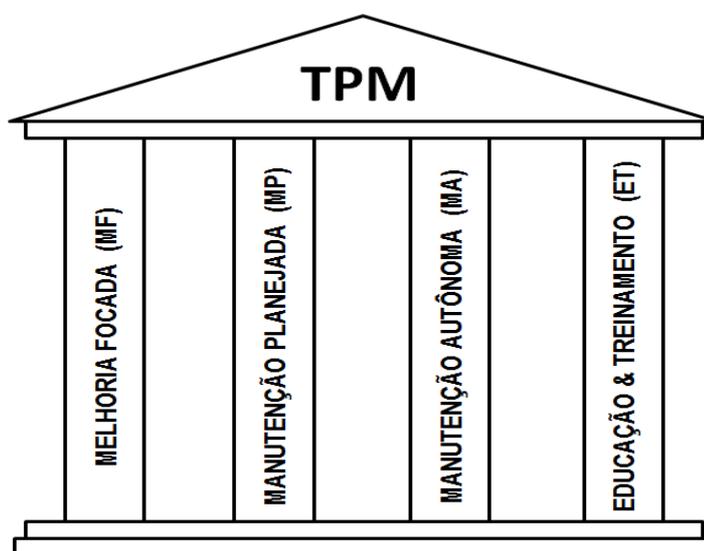
40% para o produto “D”, 40% para o “E” e 10% para o “F”. Os 10% restantes são utilizados para outros produtos.

4.2 A estrutura de comitês de TPM na Embala S.A.

Conforme foi visto na seção 2.4.6, o processo de implementação da TPM numa empresa envolve quatro fases. A primeira é a fase de preparação. Um dos passos dela é o estabelecimento de uma organização para a promoção da TPM na empresa. Além disso, essa organização é liderada pelo comitê diretivo e composta pelos subcomitês especialistas, ou pilares.

A implementação da TPM na Embala S.A. ainda é parcial. Conforme pode ser verificado na ilustração da figura 13, a seguir. Dos oito pilares propostos pelo *JIPM*, a empresa implementou quatro: o MF, o MP, o MA e o ET, além do Comitê Diretivo. Dessa forma, incorporando multidisciplinaridade e multifuncionalidade, essa organização de pilares, sob a liderança do Comitê Diretivo, tem proporcionado à Embala S.A. direcionamento e alinhamento estratégicos nas suas operações.

Figura 13 – Os pilares de TPM da Embala S.A



Fonte: O autor

4.3 Apresentação dos dados

As informações fornecidas pela Embala S.A. foram fundamentais para a conclusão deste trabalho, pois com base nelas foi verificado se havia influência da TPM na produtividade física da empresa. De acordo com o que foi visto na seção 4.1, aproximadamente 36% da capacidade de produção da empresa são processados em duas máquinas, 26% na KS1 e 10% na PT2. Esses números indicam que a eliminação (ou não) das perdas nesses dois equipamentos pode significar um importante fator para a obtenção de lucro (ou prejuízo) nas operações da empresa. Com base nesses percentuais, pode-se concluir que os resultados dessas máquinas possuem o potencial de impactar de forma significativa tanto nos níveis de faturamento da empresa como na sua imagem perante os clientes.

De acordo com o que foi visto na seção 2.3.3, as avarias interferem no processo produtivo e provocam perdas. Na seção 2.3.3.1, foi visto que, para que sejam obtidos produtos nos volumes adequados e de acordo com as especificações, é fundamental que os equipamentos e módulos que compõem a fábrica sejam instalados e mantidos de modo que funcionem em condições ótimas. Para que isso ocorra, é fundamental que a empresa previna as avarias nos seus equipamentos, de maneira que sejam reduzidas as perdas a elas associadas.

Com a finalidade de manter os equipamentos funcionando nas suas condições ideais, de acordo com o que propõe a TPM, e com base na coleta de dados, foi verificado que, entre as principais ferramentas utilizadas pela empresa estão: as etiquetas de identificação de anormalidades, as análises de quebras e as LUP's. Assume-se que o uso dessas ferramentas aponta a intensidade dos esforços na busca pela eliminação de perdas nos sistemas produtivos. Os resultados desses esforços foram constatados principalmente através da evolução do OEE, enquanto o seu impacto na produtividade física apareceu como reflexo dessa evolução.

Os dados relativos às ferramentas utilizadas e aos resultados do OEE estão apresentados em diversos quadros nas seções a seguir. Eles focaram primeiramente a máquina KS1, enquanto a PT2 aparece em seguida. No caso da RD1, os dados obtidos foram apresentados por último. Para essa máquina, como foi dito anteriormente, os dados mensais do OEE envolveram apenas o ano de 2012.

4.4 Dados e resultados da máquina KS1

4.4.1 Dados da máquina KS1 em 2011 e 2012

Os dados da máquina KS1 estão apresentados no quadro 3. As quantidades de etiquetas de anormalidades resolvidas, de análises de quebras realizadas e de LUP's elaboradas e treinadas, referentes aos anos de 2011 e 2012, estão nos quadros 3, 4 e 5, que aqui representam os esforços para eliminação de perdas nessa máquina.

Vistas na seção 2.1.5.1, as “etiquetas de identificação de anormalidades” têm o objetivo de tornar visíveis as anormalidades das máquinas, tornando-as passíveis de melhor gerenciamento por estar sob os olhares de todos, o que facilita sua eliminação. No quadro 3, a seguir, tem-se os números das etiquetas da KS1 referentes ao período estudado, quando foram resolvidas um total de 1992 etiquetas.

Quadro 3: Etiquetas de anormalidades resolvidas na KS1 em 2011 e 2012

Equipamento	2011	2012 (10 meses)	Total
KS1	1322	670	1992

Fonte: O autor

As “análises de quebras” baseiam-se nas sete ferramentas da qualidade, que foram apresentadas na seção 2.3.4. Elas são a ferramenta utilizada para investigação das causas raízes das quebras, caminho através do qual as perdas associadas às quebras são reduzidas e eliminadas. Conforme o quadro 4, a seguir, em 2011 foram realizadas 54 análises na KS1, enquanto em 2012 (em 10 meses) realizaram-se 65 investigações. Isso totalizou 119 análises no período total.

Quadro 4: Análises de quebras realizadas na KS1 em 2011 e 2012

Equipamento	2011	2012 (10 meses)	Total
KS1	54	65	119

Fonte: O autor

As lições de um ponto (LUP's) são um documento típico da TPM. Vistas na seção 2.1.5.4, elas têm o objetivo de facilitar e viabilizar os treinamentos no chão de fábrica. Para isso, geralmente elas são elaboradas de forma mais visual possível. Isso permite que as pessoas tenham seus conhecimentos e habilidades continuamente melhorados, tornando-as mais bem preparadas para cuidar dos seus equipamentos e processos, bem como mais aptas a prevenir perdas em geral.

No quadro 5 a seguir, referente às LUP's da máquina KS1, entre 2011 e 2012, verifica-se que foram elaboradas e treinadas 60 LUP's de operação e 21 de manutenção, significando um total de 81 LUP's no período.

Para efeito de esclarecimento, as “LUP's de Operação” são aquelas cujos conteúdos correspondem a temas associados diretamente às equipes e atividades de produção. Por outro lado, as “LUP's de Manutenção”, como sugere o nome, são aquelas cujos conteúdos correspondem aos temas referentes às equipes e atividades de manutenção especializada.

Quadro 5: Números de LUP's elaboradas na KS1

Equipamento	Operação	Manutenção	Total
KS1	60	21	81

Fonte: O autor

Os resultados desses esforços devem se refletir no OEE da máquina. Estruturados segundo a lógica das seis grandes perdas nos dois quadros que se seguem, são apresentados os dados do OEE da máquina KS1, que foi vista na seção 2.1.6.1 e ilustrada na figura 6, naquela seção.

O uso do OEE proporciona à empresa um entendimento de forma quantificada das perdas associadas ao equipamento. Isso ajuda à empresa nas decisões visando um melhor direcionamento dos esforços para eliminá-las.

Como visto na seção 2.4.8.1, sobre a medição rigorosa das perdas, segundo Palmeira (2002, p. 114), “é importante que todas as perdas existentes sejam identificadas, mensuradas e valoradas financeiramente”. Embora não tenha alcançado ainda a quantificação financeira das perdas, a medição sistemática do OEE pela Embala S.A. é uma clara evidência da aplicação da medição rigorosa de perdas, que é um princípio pregado pela TPM. Segundo o coordenador de TPM da

Quadro 6: Dados do OEE da máquina KS1 - 2011

DADOS OEE MÁQUINA KS1 - 2011		Média 2009	Média 2010	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média 2011	
DISPONIBILIDADE	A	TEMPO TOTAL DISPONÍVEL PARA OPERAÇÃO		730,69444	768	672	744,0	696	768	720	696	792	720	743,58333	718,75	720	8758,3
	OUTRAS PARADAS	(-) Falta de Material (FM)		0,84	0,00	0,00	2,50	0,00	0,58	0,17	0,00	1,08	0,00	5,50	0,25	0,00	10,08
		(-) Falta de Pessoal (FP)		2,27	0,25	1,17	0,33	2,17	5,25	1,25	2,08	0,92	0,58	0,00	0,33	0,58	14,92
		(-) Falta de Utilidades (FU)		0,67	0,00	2,00	0,00	0,00	3,75	0,00	0,00	1,42	0,00	0,00	0,00	0,00	7,17
		(-) Falha Operacioanl (FO)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		(-) Problemas qualidade de material (PQM)		2,92	1,67	3,50	0,25	0,00	1,92	0,83	0,17	0,67	5,67	0,58	3,33	2,50	21,08
		Sub-total Outras Paradas(A1)		6,70	1,92	6,67	3,08	2,17	11,50	2,25	2,25	4,08	6,25	6,08	3,92	3,08	53,25
	PARADAS PROGRAMADAS	(-) Limpeza (LP)		35,89	21,17	6,83	6,12	10,95	12,17	18,58	14,45	21,58	11,58	12,83	10,08	7,92	154,27
		(-) Manutenção Preventiva (MP)		17,67	10,00	18,00	16,83	16,67	20,83	13,75	10,42	3,50	0,00	10,33	9,33	18,50	148,17
		(-) Revezamento / Refeição (RZ)		23,30	10,73	11,00	11,83	13,50	17,00	12,00	35,50	46,00	44,50	45,00	37,50	38,00	322,57
		(-) Testes (TE)		0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	6,33	0,00	15,42	0,00	6,58	7,25	19,58	18,75	73,92
		(-) Sem programação (SP)		21,36	47,00	5,17	49,92	73,75	82,50	66,75	39,08	16,50	11,33	37,98	82,33	36,33	548,65
		Sub-total Paradas Programadas (A2)		98,41	88,90	41,00	84,70	114,87	138,83	111,08	114,87	87,58	74,00	113,40	158,83	119,50	1247,57
	B	TEMPO DE CARGA(A-A1-A2)		625,58	677,18	624,33	656,22	578,97	617,67	606,67	578,88	700,33	639,75	624,10	556,00	597,42	7457,52
	PARADAS NÃO PROGRAMADAS	(-) Problemas com Clichê (PC)		6,38	4,58	5,25	4,50	2,42	2,83	4,17	2,08	3,17	2,00	6,42	13,25	3,92	54,58
		(-) Reparo Elétrico (RE)		6,27	0,33	0,42	3,92	2,58	3,33	9,92	22,92	2,72	2,58	0,58	2,92	1,00	53,22
		(-) Reparo Ferramentaria (RF)		0,35	0,00	0,00	0,00	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58
		(-) Reparo Mecânico (RM)		32,10	17,20	4,37	87,50	27,08	22,85	23,78	18,33	9,48	22,17	12,50	9,83	9,17	264,27
		(-) Troca de Bobina (TB)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(-) Set-Up(Troca de molde/Arte) (SU)		124,76	144,67	136,17	121,97	145,88	105,83	86,49	92,47	126,45	138,62	145,40	86,85	139,67	1469,77		
(-) Regul.Geral/Acerto Formação (RG)		51,45	16,12	16,05	26,12	14,00	9,25	20,83	16,33	18,67	28,42	28,83	33,83	22,83	251,28		
Sub-total Paradas Não Programadas (B1)		221,32	182,90	162,25	244,00	192,55	144,10	145,10	151,83	160,18	193,78	193,73	146,68	176,58	2093,70		
C	TEMPO BRUTO DE OPERAÇÃO(B-B1)		404,27	494,28	462,08	412,22	386,42	473,57	461,57	427,05	540,15	445,97	430,37	409,32	420,83	5363,82	
ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE (C/B)		64,76%	72,99%	74,01%	62,82%	66,74%	76,67%	76,08%	73,77%	77,13%	69,71%	68,96%	73,62%	70,44%	71,92%		
PERFOR MANCE	D	(-) Pequena Parada (PP)		1,72	3,88	8,90	3,60	4,17	1,58	0,00	2,00	0,42	2,62	2,83	4,17	34,67	
		(-) Baixa Velocidade		98,08	90,78	69,34	108,62	146,08	89,85	94,09	136,51	175,36	102,43	53,15	62,32	92,80	1221,33
	TEMPO LÍQUIDO DE OPERAÇÃO		304,47	399,62	383,84	300,00	236,17	382,13	367,48	288,54	364,29	343,12	374,60	344,17	323,87	4107,82	
ÍNDICE DE PERFORMANCE (D/C)		75,21%	80,85%	83,07%	72,78%	61,12%	80,69%	79,62%	67,57%	67,44%	76,94%	87,04%	84,08%	76,96%	76,58%		
QUALIDADE	E	(-) Aparas		7,20	9,29	7,08	7,22	5,93	7,65	8,46	5,85	5,47	6,18	6,83	4,35	80,16	
		(-) Rejeições (enviadas para Moinho)		0,73	4,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,24	
		(-) Retrabalho (RT)		2,17	30,83	6,67	6,58	11,00	0,50	1,67	0,00	0,83	0,00	0,00	4,17	1,83	64,08
	TEMPO DE OPERAÇÃO COM VALOR AGREGADO		294,37	355,25	370,10	286,20	219,24	373,98	357,36	282,69	357,98	336,94	367,77	335,65	316,18	3959,34	
ÍNDICE DE QUALIDADE (E/D)		96,63%	88,90%	96,42%	95,40%	92,83%	97,87%	97,25%	97,97%	98,27%	98,20%	98,18%	97,53%	97,62%	96,39%		
OEE (DISPONIBILIDADE x PERFORMANCE x QUALIDADE)		48,90%	47,16%	52,46%	59,28%	43,61%	37,87%	60,55%	58,90%	48,83%	51,12%	52,67%	58,93%	60,37%	52,92%	53,09%	
META (OEE)		50,00%	51,50%	51,50%	51,50%	56,00%	56,00%	56,00%	56,00%	60,50%	60,50%	60,50%	65,00%	65,00%	65,00%	58,25%	

Fonte: O autor

empresa, a valoração financeira das perdas que reduzem o OEE ainda estava sendo estruturada. Entretanto, a previsão era de que essas perdas passariam a ter a quantificação financeira já em 2013.

O quadro 6, a seguir, apresenta os dados do OEE da KS1 de janeiro a dezembro de 2011, enquanto no quadro 7 tem-se os mesmos dados referentes ao ano de 2012, cujo período vai de janeiro a setembro. Computando os dois quadros, o período completo envolveu vinte e um meses, que foi o período estudado. Fazendo-se uma leitura desses dois quadros, verifica-se que, seguindo a estrutura do OEE, os dados estão distribuídos em três blocos: disponibilidade, performance e qualidade.

O bloco da disponibilidade está dividido de modo que permite começar com o lançamento do “tempo total disponível para operação” - ou tempo calendário – que foi designado como (A). O tempo de carga – ou tempo programado para produção – foi designado como (B).

Para obtenção do tempo de carga, faz-se a subtração dos tempos que, segundo definições gerenciais, ou por necessidades gerais, são excluídos da programação de produção. Esses tempos “programados para não produzir” foram desdobrados em “outras paradas” (A1) e “paradas programadas” (A2). Assim, fazendo (A) menos (A1) menos (A2) tem-se o tempo de carga (B).

Conforme foi visto na figura 6, da seção 2.1.6.1, as paradas que interferem na disponibilidade (reduzindo-a) são aquelas associadas a quebras de máquina, perdas por *setups*, ajustes e trocas de ferramentas. Essas paradas foram devidamente identificadas no grupo “paradas não-programadas” designadas como (B1). O tempo operacional, chamado no quadro do OEE de “tempo bruto de operação” e designado como (C), foi obtido ao se fazer a subtração (B) menos (B1). Assim, a partir das medições definidas acima, a taxa de disponibilidade foi obtida simplesmente fazendo-se a divisão do tempo operacional (C) pelo tempo de carga (B).

Por sua vez, para obtenção da taxa de desempenho, chamada de “performance” no quadro do OEE da empresa, segue-se o raciocínio visto na seção 2.1.6.2., segundo o gestor entrevistado. Tomando-se o volume de produção que deveria ser obtido (valor teórico, que considera o tempo de ciclo padrão), é feito um cálculo para estimar um tempo representativo das perdas de produção. Dessa forma foram quantificadas as perdas das ocorrências aleatórias relativas às reduções de velocidade e operações em vazio.

Quadro 7: Dados do OEE da máquina KS1 - 2012

OEE da Máquina KS1 - 2012			Média 2009	Média 2010	Média 2011	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média 2012	
			DISPONIBILIDADE	A	TEMPO TOTAL DISPONÍVEL PARA OPERAÇÃO		730,69	729,86	744	696	720,0	744	744	696	765,33333	744	672		
OUTRAS PARADAS	(-) Falta de Material (FM)			0,84	0,84	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00				0,15
	(-) Falta de Pessoal (FP)			2,27	1,24	0,00	2,17	1,75	0,17	0,92	5,42	1,00	0,42	1,67					1,50
	(-) Falta de Utilidades (FU)			0,67	0,60	5,17	0,83	0,00	2,08	2,92	13,83	2,25	1,25	5,08					3,71
	(-) Problemas qualidade de material (PQM)			2,92	1,76	0,25	0,00	2,17	1,25	1,25	1,00	0,50	0,00	0,08					0,72
	<i>Sub-total Outras Paradas(A1)</i>			6,70	4,44	5,42	3,00	4,25	3,50	5,58	20,25	4,75	1,67	6,83					6,14
PARADAS PROGRAMADAS	(-) Limpeza (LP)			35,89	12,86	10,98	4,75	14,33	8,25	4,83	7,78	23,00	20,53	9,83					11,59
	(-) Manutenção Preventiva (MP)			17,67	12,35	10,92	10,83	7,08	15,83	23,33	13,92	17,92	17,67	19,92					15,27
	(-) Revezamento / Refeição (RZ)			23,30	26,88	35,00	26,00	33,00	33,58	30,00	33,75	38,00	35,00	29,42					32,64
	(-) Testes (TE)			0,20	6,16	9,08	11,00	24,08	11,92	36,92	25,08	38,08	26,25	21,25					22,63
	(-) Sem programação (SP)			21,36	45,72	9,08	27,33	20,25	19,25	40,92	15,83	6,25	9,17	14,33					18,05
	<i>Sub-total Paradas Programadas(A2)</i>			98,41	103,96	75,07	79,92	98,75	88,83	136,00	96,37	123,25	108,62	94,75					100,17
B	TEMPO DE CARGA(A-A1-A2)			625,58	621,46	663,52	613,08	617,00	651,67	602,42	579,38	637,33	633,72	570,42					618,73
PARADAS NÃO PROGRAMADAS	(-) Problemas com Clichê (PC)			6,38	4,55	1,92	1,00	3,82	4,25	2,75	0,33	5,83	6,75	15,92					4,73
	(-) Falha Operaciona (FO)			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	6,50	0,00	0,00	0,00					0,78
	(-) Reparo Elétrico (RE)			6,27	4,43	3,83	4,83	7,00	11,08	4,50	3,23	2,67	3,50	0,75					4,60
	(-) Reparo Ferramentaria (RF)			0,35	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00
	(-) Reparo Mecânico (RM)			32,10	22,02	11,50	19,25	22,08	22,17	15,75	17,88	21,67	23,75	16,63					18,96
	(-) Troca de Bobina (TB)			0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,03
	(-) Set-Up(Troca de molde/Arte) (SU)			124,76	122,48	100,57	109,98	96,53	406,83	95,72	406,67	448,42	412,40	124,18					107,92
	(-) Regul.Geral/Acerto Formação (RG)			51,45	20,94	23,50	27,92	17,42	28,08	18,58	19,92	39,92	34,97	25,42					26,19
	<i>Sub-total Paradas Não Programadas(B1)</i>			221,32	174,47	141,32	163,23	146,85	172,42	137,30	154,53	188,50	181,37	182,90					163,16
	C	TEMPO BRUTO DE OPERAÇÃO(B-B1)			404,27	446,98	522,20	449,85	470,15	479,25	465,12	424,85	448,83	452,35	387,52				
	ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE (C/B)			64,76%	71,92%	78,70%	73,38%	76,20%	73,54%	77,21%	73,33%	70,42%	71,38%	67,94%					73,63%
PERFORMANCE		(-) Pequena Parada (PP)		1,72	2,89	3,67	2,33	3,92	6,08	9,08	5,17	0,83	1,67	2,17				3,88	
		(-) Baixa Velocidade		98,08	101,78	119,30	98,90	102,69	75,45	102,60	95,27	101,99	34,11	64,84					88,35
	D	TEMPO LÍQUIDO DE OPERAÇÃO		304,47	342,32	399,24	348,61	363,55	397,72	353,43	324,41	346,01	416,57	320,51					363,34
	ÍNDICE DE PERFORMANCE (D/C)		75,21%	76,58%	76,45%	77,50%	77,33%	82,99%	75,99%	76,36%	77,09%	92,09%	82,71%					79,76%	
QUALIDADE		(-) Aparas		7,20	6,68	5,51	5,61	4,75	4,26	5,17	4,44	5,63	8,82	6,07				5,58	
		(-) Rejeições (enviadas para Moinho)		0,73	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,00	
		(-) Retrabaho (RT)		2,17	5,34	6,83	0,50	2,58	0,17	1,25	1,00	0,50	0,17					1,44	
	E	TEMPO DE OPERAÇÃO COM VALOR AGREGADO		294,37	329,94	386,89	342,51	356,21	393,29	347,01	318,98	339,88	407,76	314,27					356,31
	ÍNDICE DE QUALIDADE (E/D)		96,63%	96,39%	96,91%	98,25%	97,98%	98,89%	98,18%	98,32%	98,23%	97,88%	98,05%					98,07%	
	OEE (DISPONIBILIDADE x PERFORMANCE x QUALIDADE)		48,90%	47,16%	53,09%	58,31%	55,87%	57,73%	60,35%	57,60%	55,05%	53,33%	64,34%	55,09%				57,52%	
	META (OEE)		50,00%	58,25%	56,0%	56,0%	56,0%	57,0%	57,0%	57,0%	58,0%	58,0%	58,0%	61,0%	61,0%	61,0%		58,0%	

Fonte: O autor

Assim, subtraindo esse tempo do “tempo bruto de operação” (C), obtém-se o “tempo líquido de operação” que é designado como (D). Finalmente, fazendo a divisão de (D) por (C) chega-se à taxa de desempenho. Apesar dos esclarecimentos obtidos através do gestor, nos dados relativos à taxa de performance, percebe-se tentativas de se medir as pequenas paradas. Entretanto, a julgar pelos valores registrados, e levando em consideração a aleatoriedade das pequenas paradas e das operações em vazio, constata-se que essa medição é inconsistente.

A taxa de qualidade, denominada pela Embala S.A. de índice de qualidade, segue o mesmo raciocínio. Os volumes produzidos como “não qualidade” são transformados em tempos equivalentes. Então, subtraindo-se o tempo correspondente à “não qualidade” do “tempo operacional líquido” tem-se o “tempo de operação com valor agregado” (E). Daí, dividindo-se o “tempo de operação com valor agregado” (E) pelo “tempo operacional líquido” (D) obtém-se o índice de qualidade (ou taxa de qualidade).

Visando facilitar o entendimento do que foi apresentado, tem-se, a seguir, um exemplo com um passo a passo para o cálculo do OEE. Para isso, utilizou-se o OEE da máquina KS1 referente ao mês de julho de 2011, cujos dados estão no quadro 6. Iniciando-se pelo tempo calendário, tempo máximo que pode ser aplicado para produção, tem-se:

Tempo calendário: A = 696 horas (arbitrado pela direção para o mês)

Outras paradas: A1 = 2,25 horas

Paradas programadas: A2 = 114,87 horas

Tempo de carga: B = A – A1 – A2 = 696 – 2,25 – 114,87. Então:

Tempo de carga: B = 578,88 horas

Conforme o quadro 6, o tempo A1, relativo a “Outras Paradas”, é composto pela soma dos seguintes tempos: Falta de Material(FM); Falta de Pessoal(FP); Falta de Utilidades(FU); Falha Operacional(FO) e Problemas de Qualidade de Material(PQM). O tempo A2, “Paradas Programadas”, é composto por: Limpeza(LP); Manutenção Preventiva(MP); Revezamento/Refeição(RZ); Testes (TE) e Sem Programação (SP).

Tempo operacional: C (tempo bruto de operação)

Tempo de “paradas não programadas”: B1 = 151,83 horas

Tempo operacional: C = B – B1

Tempo operacional: $C = 578,88 - 151,83$

Tempo operacional: $C = 427,05$ horas

Índice de Disponibilidade = C / B

Índice de Disponibilidade = $427,05 / 578,88$

Índice de Disponibilidade = 73,77 % (Taxa de Disponibilidade)

As “Paradas Não Programadas” são compostas pelos seguintes componentes: Problemas com Clichê (PC); Reparo Elétrico (RE); Reparo de Ferramentaria (RF); Reparo Mecânico (RM); Troca de Bobina (TB); Set Up (Troca de molde / arte) (SU) e, finalmente, Regulagem Geral / Acerto de Formação (RG).

Perda por pequenas paradas = 2,0 horas

Perda por baixa velocidade = 136,51 horas

Perda performance = $2,0 + 136,51 = 138,51$ horas

Tempo líquido de operação: $D = C$ (tempo operacional) – perda de performance

Tempo líquido de operação: $D = 427,05 - 138,51$

Tempo líquido de operação: $D = 288,54$ horas

Taxa de Desempenho = D / C

Taxa de Desempenho = $288,54 / 427,05$

Índice de Performance = 67,57 % (Taxa de Desempenho)

Tempo de operação com valor agregado: $E = 282,69$ horas

Índice de Qualidade = E / D

Índice de Qualidade = $282,69 / 288,54$

Índice de Qualidade = 97,97 % (Taxa de Qualidade)

Ainda, de acordo com o quadro 6, as perdas de qualidade são compostas por: Aparas, Rejeições (enviadas para moínho) e Retrabalho (RT).

Rendimento global do equipamento (OEE) =	taxa de disponibilidade	x	taxa de desempenho	x	taxa de qualidade
---	----------------------------	---	-----------------------	---	----------------------

Assim: **OEE = 73,77 % x 67,57 % x 97,97 %**

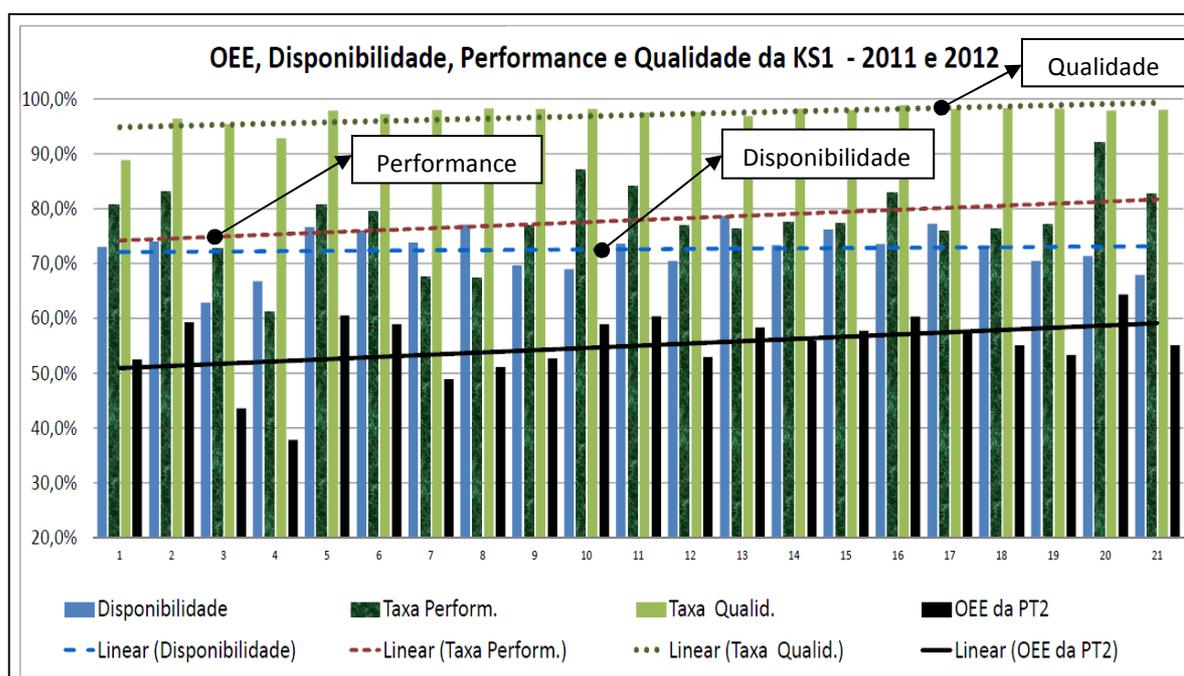
OEE = 48,83 % (OEE da máquina KS1 no mês de julho/2011)

Assim, fica ilustrado o passo a passo dos cálculos para obtenção do OEE.

4.4.2 Análise da evolução do OEE da máquina KS1 em 2011 e 2012

Embora volte a ser observada isoladamente mais à frente, a visualização simultânea do OEE e das três taxas que o compõem permite um entendimento mais claro do seu comportamento. O gráfico 3, a seguir, apresenta a visão do OEE da KS1 combinada com as taxas de disponibilidade, desempenho e qualidade.

Gráfico 3: OEE, disponibilidade, performance e qualidade da KS1 – 2011 e 2012



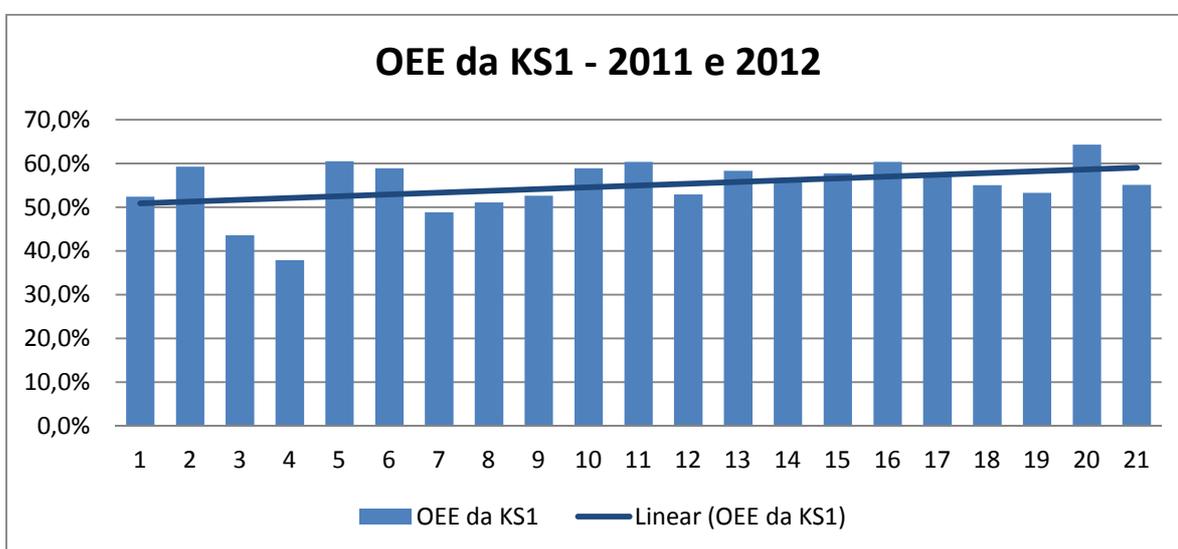
Fonte: O autor

Através dessa visualização, pôde ser melhor analisada a evolução da implementação da TPM na empresa. O crescimento do OEE, conforme se observa, demonstra êxito na implementação da TPM nessa máquina, posto que é visível a tendência de elevação no período estudado. Nesse caso, esse crescimento está recebendo as contribuições das tendências positivas das taxas de performance e qualidade, visto que a taxa de disponibilidade está praticamente estável. Esse fato parece ser importante para a empresa, todavia demonstra que os esforços para reduzir as perdas relacionadas à disponibilidade ainda não foram suficientes para melhorá-la de forma significativa.

A relação entre os volumes de produção e os respectivos tempos de carga permitiu a obtenção dos níveis de produtividade física alcançados pela máquina no período analisado. Como consequência disto, essa produtividade foi obtida em termos de quilogramas produzidos por hora máquina.

A seguir, procurando viabilizar comparações através da utilização do mesmo padrão visual dos gráficos subsequentes, o gráfico 4 permite uma visualização do OEE da KS1 isoladamente, onde verifica-se a sua tendência de elevação de forma clara.

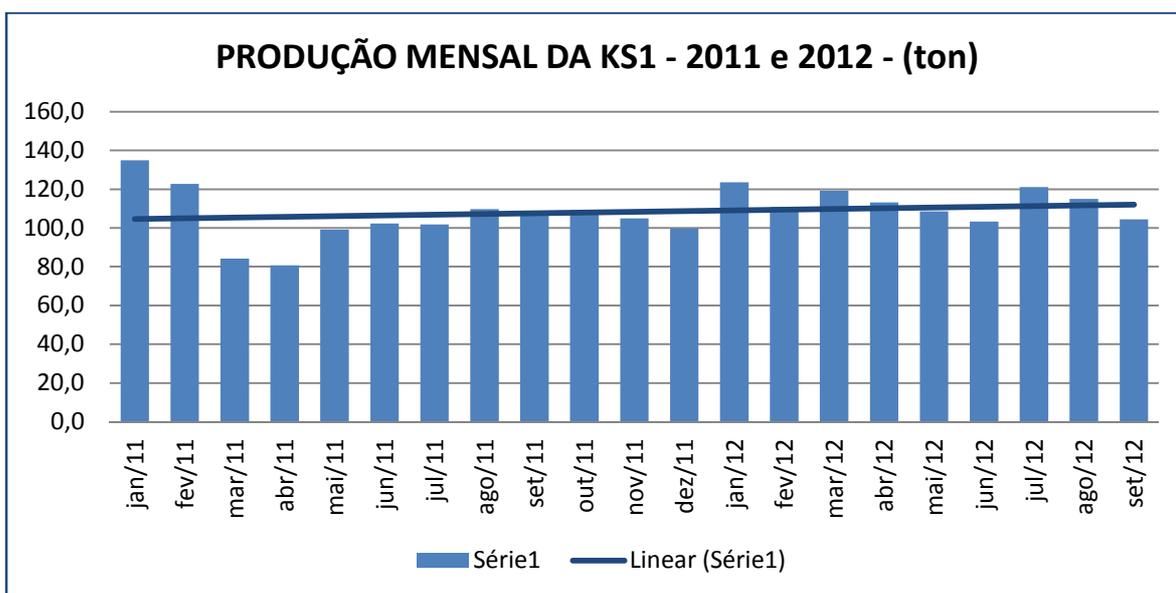
Gráfico 4: OEE da KS1 – 2011 e 2012



Fonte: O autor

Os volumes de produção da KS1 nos vinte e um meses do período estudado, em toneladas de embalagens produzidas, estão apresentados no gráfico 5, a seguir. Como se pode ver, embora a elevação não seja tão acentuada, a tendência nos volumes produzidos é de crescimento. É interessante observar também que os níveis de produção foram mais altos nos dois meses iniciais da sequência. Em contrapartida, os dois meses seguintes (3 e 4) tiveram os níveis mais baixos de todo o período (84,2 e 80,7 toneladas). Isso demonstra que os volumes mais elevados obtidos inicialmente traziam consigo aspectos inconsistentes. Voltando ao gráfico 3, pode-se verificar que nos meses 3 e 4 a disponibilidade impactou de forma significativa nesses resultados.

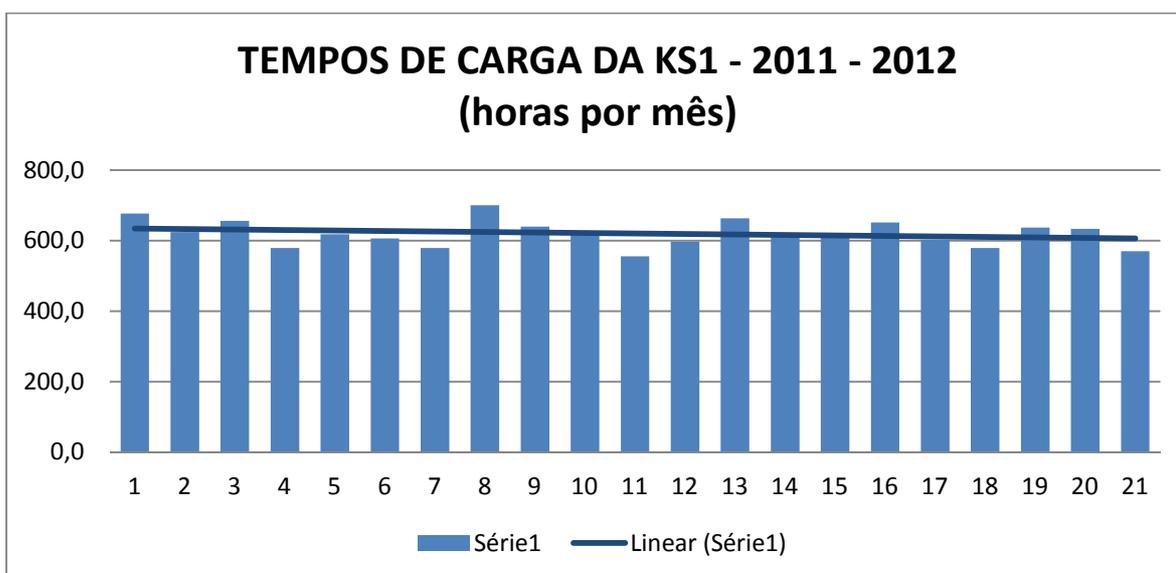
Gráfico 5: Produção mensal da KS1 – 2011 e 2012



Fonte: O autor

O gráfico 6, a seguir, mostra os tempos de carga (tempos programados para produzir) da máquina KS1. Como se pode observar, ainda que tenham oscilado, eles diminuíram progressivamente ao longo de 2011 e 2012.

Gráfico 6: Tempos de carga da KS1 – 2011 e 2012

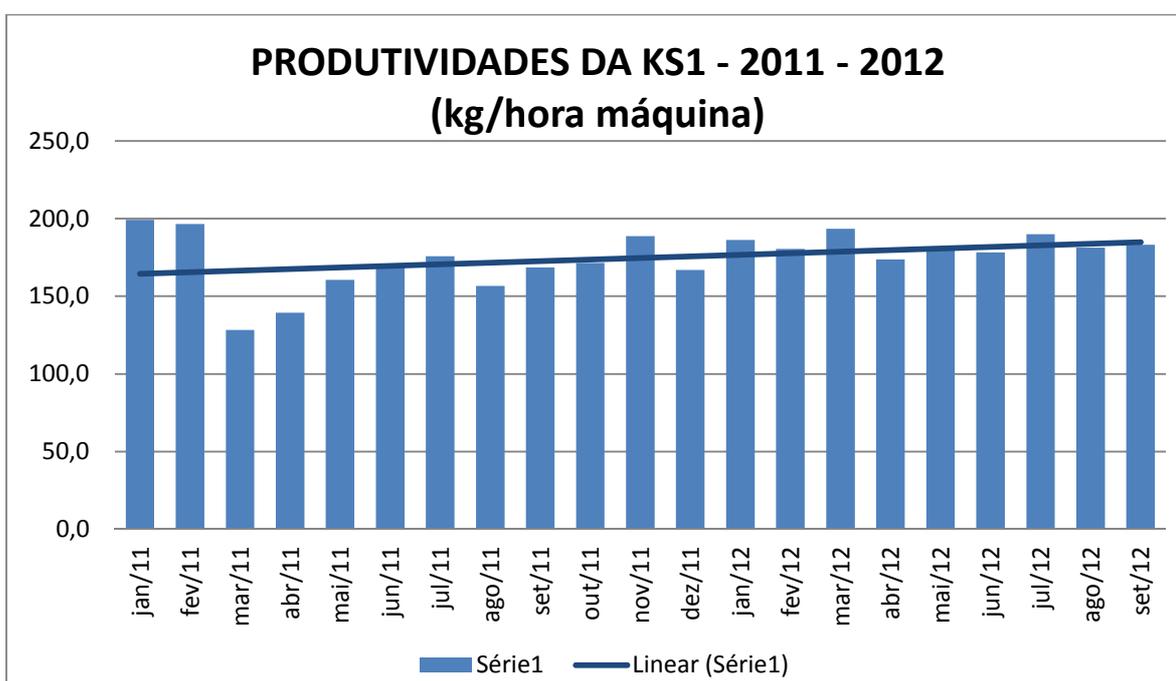


Fonte: O autor

4.4.3 Análise da produtividade da máquina KS1 em 2011 e 2012

As produtividades mensais da KS1, visualizadas no gráfico 7, foram obtidas da divisão dos volumes produzidos mês a mês pelos respectivos tempos de carga mensais que, por sua vez, foram obtidos do quadro do OEE da máquina e são visualizados no gráfico 6, a seguir.

Gráfico 7: Produtividades da KS1 – 2011 e 2012



Fonte: O autor

Pode-se observar que os meses 3 e 4 de 2011 proporcionaram os menores volumes de produção da série, que corresponderam aos menores valores do OEE nessa máquina. Como já se poderia esperar, as menores produtividades de todo o período estudado ocorreram exatamente nestes dois meses, ou seja, nos meses onde o rendimento global do equipamento foi menor. Outro ponto a ser ressaltado é o fato de que o volume produzido no mês 3, maior que o mês 4, foi obtido às custas de maior tempo de carga se comparado com o mês 4, que acabou proporcionando menor produtividade no mês 3.

4.5 Dados e resultados da máquina PT2

4.5.1 Dados da máquina PT2 em 2011 e 2012

Seguindo a mesma lógica utilizada para os dados da máquina anterior, os dados da máquina PT2 estão apresentados a seguir. Primeiramente, os dados de etiquetas de anormalidades resolvidas, análises de quebras realizadas e de LUP's elaboradas e treinadas ilustram os esforços para eliminação de perdas. Em seguida, os quadros do OEE demonstram como a implementação da TPM evoluiu também nessa máquina.

Vistas na seção 2.1.5.1, as “etiquetas de identificação de anormalidades” têm o objetivo de tornar visíveis as anormalidades das máquinas, tornando-as passíveis de melhor gerenciamento por estar sob os olhares de todos, o que facilita sua eliminação. No quadro 8, a seguir, tem-se os números de etiquetas da PT2 referentes ao período estudado, 770 em 2011 e 340 em 2012, significando 1110 etiquetas de anormalidades resolvidas no período total.

Quadro 8: Etiquetas de anormalidades resolvidas na PT2 em 2011 e 2012

Equipamento	2011	2012 (10 meses)	Total
PT2	770	340	1110

Fonte: O autor

Tem-se, a seguir, os números das análises de quebras da máquina PT2. As “análises de quebras” baseiam-se nas sete ferramentas da qualidade, que foram apresentadas na seção 2.3.4. Elas são as ferramentas utilizadas para investigação das causas raízes das perdas relacionadas a quebras de máquina, caminho através do qual as perdas associadas são reduzidas e eliminadas. Conforme o quadro 9, a seguir, em 2011 foram realizadas 43 análises de quebra na máquina PT2, enquanto em 2012 (em 10 meses) realizaram-se 39 investigações. Isso totalizou 82 análises de quebra nessa máquina nos vinte e um meses dos períodos estudados.

Quadro 9: Análises de quebras realizadas na PT2 em 2011 e 2012

Equipamento	2011	2012 (10 meses)	Total
PT2	43	39	82

Fonte: O autor

As lições de um ponto (LUP's) foram vistas na seção 2.1.5.4. Elas têm o objetivo de facilitar e viabilizar os treinamentos no chão de fábrica. Para isso, geralmente são elaboradas de forma bem visual. Com a utilização dessa ferramenta, as pessoas têm seus conhecimentos e habilidades continuamente melhorados, tornam-se mais bem preparadas para cuidar dos seus equipamentos e processos, bem como ganham maior aptidão para prevenir as perdas do sistema produtivo.

No quadro 10, a seguir, referente às LUP's da máquina PT2, tem-se os números referentes a essa máquina: 60 LUP's de operação e 21 de manutenção entre 2011 e 2012, significando um total de 81 LUP's elaboradas e treinadas no período.

Quadro 10: Números de LUP's elaboradas na PT2

Equipamento	Operação	Manutenção	Total
PT2	52	8	60

Fonte: O autor

Os resultados dos esforços de implementação da TPM, aqui representados pelos números de etiquetas resolvidas, investigações de quebras de máquinas e LUP's elaboradas e treinadas, devem se refletir no OEE da máquina. Nos dois quadros que se seguem são apresentados os dados do OEE da máquina PT2, que são estruturados segundo a lógica das seis grandes perdas, vistas na seção 2.1.6.1 e ilustradas na figura 6, naquela seção.

Também nessa máquina, a PT2, a medição sistemática do OEE pela Embala S.A. é uma clara evidência da aplicação do princípio de medição rigorosa de perdas, pregado pela TPM.

Quadro 11: Dados do OEE da máquina PT2 – 2011

DADOS OEE MÁQUINA PT2 - 2011		Média 2009	Média 2010	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média 2011	
DISPONIBILIDADE	A	TEMPO TOTAL DISPONÍVEL PARA OPERAÇÃO	730,69444	768	672	744,0	696	768	720	696	791,916667	720	744	720	720	8759,9	
	OUTRAS PARADAS	(-) Falta de Material (FM)	18,15	2,42	0,42	0,00	0,00	0,00	2,67	0,75	1,58	19,00	13,08	16,08	0,75	8,42	65,17
		(-) Falta de Pessoal (FP)	2,83	1,33	0,00	0,83	0,42	0,75	0,75	0,25	0,00	0,00	2,67	0,00	0,00	0,17	6,42
		(-) Falta de Utilidades (FU)	2,60	0,83	8,83	10,17	1,83	2,50	0,42	0,42	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	1,42	27,08
		(-) Falha Operaciona (FO)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,08
		(-) Problemas qualidade de material (PQM)	5,35	12,92	0,00	0,92	0,00	1,42	3,08	3,33	1,00	17,58	9,33	3,83	2,58	56,00	
		Sub-total Outras Paradas(A1)	28,93	17,50	9,25	11,92	2,25	7,33	8,58	5,33	20,33	33,67	25,42	4,58	12,58	158,75	
	PARADAS PROGRAMADAS	(-) Limpeza (LP)	21,13	36,83	29,53	48,72	32,67	50,45	55,98	47,83	27,17	35,92	45,25	50,42	50,58	511,35	
		(-) Manutenção Preventiva (MP)	7,12	0,00	12,17	12,50	69,00	8,33	7,58	11,25	378,58	5,25	12,50	3,25	23,83	544,25	
		(-) Revezamento / Refeição (RZ)	21,03	4,00	2,00	6,00	19,50	14,75	5,50	2,00	4,00	38,67	23,67	13,50	7,20	140,78	
		(-) Testes (TE)	0,40	0,00	0,00	0,00	4,25	5,08	3,75	29,75	12,00	1,75	32,25	45,17	29,33	163,33	
		(-) Sem programação (SP)	52,23	49,58	20,33	8,33	40,58	9,17	5,58	67,58	76,92	115,50	80,00	17,45	54,75	545,78	
		Sub-total Paradas Programadas(A2)	101,91	90,42	64,03	75,55	166,00	87,78	78,40	158,42	498,67	197,08	193,67	129,78	165,70	1905,50	
	B	TEMPO DE CARGA(A-A1-A2)	599,85	660,08	598,72	656,53	527,75	672,88	633,02	532,25	272,92	489,25	524,92	585,63	541,72	6695,67	
	PARADAS NÃO PROGRAMADAS	(-) Problemas com Clichê (PC)	7,13	5,17	7,08	4,25	1,83	6,42	7,58	2,08	3,33	6,00	3,67	7,33	4,75	59,50	
		(-) Reparo Elétrico (RE)	20,19	10,58	53,17	16,08	14,17	11,00	11,00	2,25	1,50	15,83	1,92	21,17	7,42	166,08	
		(-) Reparo Ferramentaria (RF)	0,53	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	
		(-) Reparo Mecânico (RM)	28,57	19,17	24,08	23,08	14,17	29,92	28,00	14,33	15,67	39,50	19,83	33,08	22,58	283,42	
		(-) Troca de Bobina (TB)	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	
		(-) Set-Up(Troca de molde/Arte) (SU)	109,34	138,50	89,23	82,72	116,00	105,25	91,33	66,42	23,17	88,82	81,82	75,13	57,45	1015,83	
		(-) Regul.Geral/Acerto Formação (RG)	45,54	54,92	57,00	89,78	46,75	90,23	64,55	47,75	32,08	29,92	40,50	108,58	43,67	705,73	
		Sub-total Paradas Não Programadas(B1)	211,31	228,33	230,82	217,42	192,92	242,82	202,47	132,83	75,75	180,07	147,73	245,30	135,87	2232,32	
	C	TEMPO BRUTO DE OPERAÇÃO(B-B1)	388,54	431,75	367,90	439,12	334,83	430,07	430,55	399,42	197,17	309,18	377,18	340,33	405,85	4463,35	
	ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE (C/B)			64,75%	65,41%	61,45%	66,88%	63,45%	63,91%	68,02%	75,04%	72,24%	63,20%	71,86%	58,11%	74,92%	66,66%
PERFORMANCE	D	(-) Pequena Parada (PP)	0,20	10,63	5,42	10,25	10,33	10,50	7,88	6,00	1,25	0,33	0,67	1,17	3,42	67,85	
		(-) Baixa Velocidade	72,16	15,58	50,53	16,08	37,24	37,09	22,27	53,46	35,58	76,26	60,95	86,68	57,73	549,45	
	TEMPO LÍQUIDO DE OPERAÇÃO	316,18	405,53	311,95	412,79	287,26	382,48	400,39	339,96	160,33	232,59	315,57	252,49	344,71	3846,05		
ÍNDICE DE PERFORMANCE (D/C)			81,21%	93,93%	84,79%	94,00%	85,79%	88,94%	93,00%	85,11%	81,32%	75,23%	83,66%	74,19%	84,93%	86,17%	
QUALIDADE	E	(-) Aparas	12,32	19,87	13,97	15,38	8,84	15,81	14,61	14,59	6,96	11,08	13,78	18,04	15,43	168,36	
		(-) Rejeições (enviadas para Moimho)	1,37	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	
		(-) Retrabalho (RT)	0,20	2,58	0,00	8,75	0,58	0,00	3,00	0,00	0,00	4,00	2,58	0,42	0,00	21,92	
	TEMPO DE OPERAÇÃO COM VALOR AGREGADO	302,28	382,74	297,98	388,66	277,84	366,67	382,78	325,37	153,37	217,51	299,204319	234,03688	329,27	3655,43		
ÍNDICE DE QUALIDADE (E/D)			95,51%	94,38%	95,52%	94,15%	96,72%	95,87%	95,60%	95,71%	95,66%	93,52%	95%	93%	95,52%	95,04%	
OEE (DISPONIBILIDADE x PERFORMANCE x QUALIDADE)			48,50%	50,29%	57,98%	49,77%	59,20%	52,65%	54,49%	60,47%	61,13%	56,20%	44,46%	57%	40%	60,78%	54,59%
META (OEE)			52,00%	55,00%	55,00%	55,00%	55,00%	60,00%	60,00%	60,00%	60,00%	65,00%	65%	65%	65%	60,00%	

Fonte: O autor

No quadro 11 estão apresentados os dados do OEE da máquina PT2 referentes ao ano de 2011, enquanto no quadro 12, a seguir, estão os mesmos dados referem-se ao ano de 2012, que só foram contabilizados no período de janeiro a setembro. O período estudado completo envolveu vinte e um meses, também nessa máquina. Conforme já visto nas seções anteriores, as taxas de disponibilidade, performance e qualidade são as componentes do OEE.

Com o objetivo de proporcionar um melhor entendimento desses dois quadros, tem-se a seguir uma avaliação rápida de cada uma dessas taxas.

Começando com a disponibilidade, pode-se verificar que ela evoluiu positivamente desde 2010. A disponibilidade média daquele ano foi de 64,8%. Em 2011 a média esteve em 66,7%, enquanto em 2012 a média dos nove meses contabilizados foi de 69,4%. Com base nessas médias anuais, a disponibilidade da PT2 está evoluindo positivamente. Entretanto, considerando o transcorrer de três anos de atividades, e que esses percentuais são relativamente baixos, era de se esperar que as perdas aqui tivessem sido reduzidas mais drasticamente.

A taxa de desempenho, ou performance, pela nomenclatura da Embala S.A., no ano de 2010 teve a média de 81,2%. Em 2011, essa média esteve em 86,2%, enquanto a dos nove meses contabilizados em 2012 foi de 87,9%. Assim, sob a ótica das médias anuais, percebe-se que há crescimento na taxa de performance, embora ainda exista um considerável espaço para ser melhorada. Esta percepção foi revisada mais à frente, quando se analisou o gráfico 8, a seguir. Ali, numa análise do período completo, constatou-se que a tendência na verdade é inversa, isto é, esta taxa de performance está caindo.

Por último, conforme os dados dos dois quadros, a taxa de qualidade está num patamar já relativamente elevado. Além de ter iniciado já com um patamar elevado, de 95,5% em 2010, a taxa média de qualidade caiu um pouco em 2011, chegando a 95,04%, mas foi recuperada em 2012, quando alcançou a média de 97,7% nos nove meses monitorados.

Conforme foi visto na seção 2.4., segundo Nakajima (1988, p. 27), com base nas suas experiências, disponibilidades de 90%, taxas de performance superiores a 95% e taxas de qualidade superiores a 99% são, em média, valores ideais para as empresas bem sucedidas na aplicação da TPM, que resultam em valores superiores a 85% para o OEE. Tomando esses valores como referência, percebe-se que existem muitas perdas a serem eliminadas na Embala S.A.

Quadro 12: Dados do OEE da PT2 - 2012

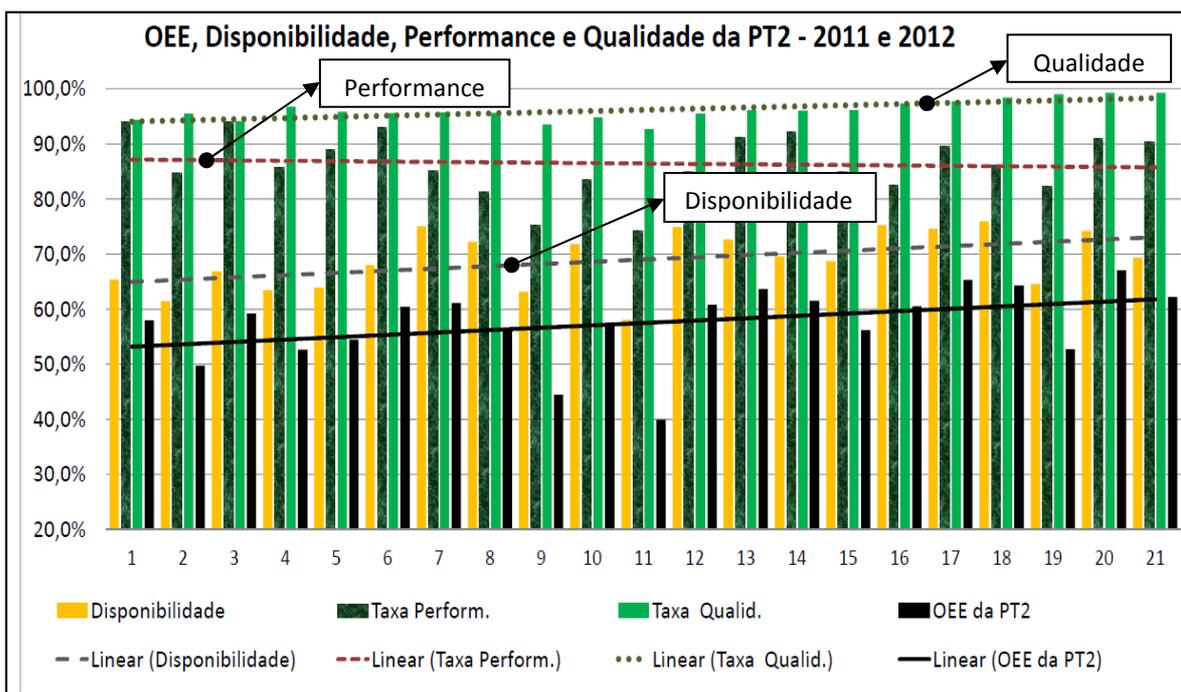
OEE da Máquina PT2 - 2012			Média 2009	Média 2010	Média 2011	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média 2012	
DISPONIBILIDADE	A	TEMPO TOTAL DISPONIVEL PARA OPERAÇÃO		730,6944	729,99	744	696	720,0	744	744	696	768	744	672				725,3	
	OUTRAS PARADAS	(-) Falta de Material (FM)		18,15	5,43	9,75	55,17	9,25	0,00	6,50	22,00	52,25	0,00	0,00					17,21
		(-) Falta de Pessoal (FP)		2,83	0,53	0,58	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,58	0,00					0,19
		(-) Falta de Utilidades (FU)		2,60	2,26	1,63	3,00	0,50	0,00	0,42	5,33	3,42	10,75	4,33					3,26
		(-) Problemas qualidade de material (PQM)		5,35	4,67	7,67	6,67	5,75	9,08	6,58	6,67	1,92	7,17	4,33					6,20
		Sub-total Outras Paradas(A1)		28,93	13,23	19,63	64,83	15,50	9,58	13,50	34,00	57,58	18,50	8,67					
	PARADAS PROGRAMADAS	(-) Limpeza (LP)		21,13	42,61	25,87	41,67	34,58	43,83	28,83	42,33	22,33	24,17	26,17					32,20
		(-) Manutenção Preventiva (MP)		7,12	45,35	11,00	9,17	8,75	9,50	15,75	10,92	14,83	0,00	66,25					16,24
		(-) Revezamento / Refeição (RZ)		21,03	11,73	21,50	4,00	22,58	36,00	26,75	19,25	16,00	43,33	25,00					23,82
		(-) Testes (TE)		0,40	13,61	54,17	19,08	39,00	19,25	60,25	16,42	14,33	6,67	27,67					28,54
		(-) Sem programação (SP)		52,23	45,48	44,17	63,50	66,42	32,17	28,50	32,03	229,53	73,75	30,92					66,78
		Sub-total Paradas Programadas(A2)		101,91	158,79	156,70	137,42	171,33	140,75	160,08	120,95	297,03	147,92	176,00					167,58
	B	TEMPO DE CARGA(A-A1-A2)		599,85	557,97	567,67	493,75	533,17	593,67	570,42	541,05	413,38	577,58	487,33					551,04
	PARADAS NÃO PROGRAMADAS	(-) Problemas com Clichê (PC)		7,13	4,96	15,75	3,42	4,67	5,00	4,83	6,58	5,25	7,83	6,98					6,70
		(-) Falha Operacionl (FO)		0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00
		(-) Reparo Elétrico (RE)		20,19	13,84	8,83	4,17	7,75	3,08	12,50	6,25	8,50	10,42	11,75					8,14
		(-) Reparo Ferramentaria (RF)		0,53	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00					0,08
		(-) Reparo Mecânico (RM)		28,57	23,62	12,50	18,33	16,67	12,00	6,25	2,33	3,25	2,58	11,50					9,49
		(-) Troca de Bobina (TB)		0,00	0,13	0,00	2,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,34
		(-) Set-Up(Troca de molde/Arte) (SU)		109,34	84,65	95,38	79,85	101,73	87,80	94,98	89,07	95,92	99,25	86,98					92,33
		(-) Regul.Geral/Acerto Formação (RG)		45,54	58,81	22,80	41,83	35,83	38,67	26,17	26,17	33,42	28,00	32,25					31,68
			Sub-total Paradas Não Programadas(B1)		211,31	186,03	155,27	150,35	166,65	146,55	144,73	130,40	146,33	148,83	149,47				
	C	TEMPO BRUTO DE OPERAÇÃO(B-B1)		388,54	371,95	412,40	343,40	366,52	447,12	425,68	410,65	267,05	428,75	337,87					382,16
	ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE (C/B)				64,75%	66,66%	72,65%	69,55%	68,74%	75,31%	74,63%	75,90%	64,60%	74,23%	69,33%				69,35%
	PERFORMANCE		(-) Pequena Parada (PP)		0,20	5,65	1,75	0,92	1,67	2,00	0,92	0,42	0,00	0,58	0,33				0,95
			(-) Baixa Velocidade		72,16	45,79	34,55	26,14	53,24	75,99	43,26	56,75	46,95	38,34	32,24				
D		TEMPO LÍQUIDO DE OPERAÇÃO		316,18	320,50	376,10	316,34	311,61	369,12	381,51	353,49	220,10	389,82	305,29					335,93
ÍNDICE DE PERFORMANCE (D/C)				81,21%	86,17%	91,20%	92,12%	85,02%	82,56%	89,62%	86,08%	82,42%	90,92%	90,36%					87,90%
QUALIDADE		(-) Aparas		12,32	14,03	14,54	12,40	11,96	9,99	8,85	5,45	2,22	2,69	2,18				7,81	
		(-) Rejeições (enviadas para Moimho)		1,37	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00	
		(-) Retrabalho (RT)		0,20	1,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00	
	E	TEMPO DE OPERAÇÃO COM VALOR AGREGADO		302,28	304,62	361,56	303,94	299,65	359,13	372,66	348,04	217,88	387,13	303,11					328,12
ÍNDICE DE QUALIDADE (E/D)				95,51%	95,04%	96,13%	96,08%	96,16%	97,29%	97,68%	98,46%	98,99%	99,31%	99,29%					97,68%
OEE (DISPONIBILIDADE x PERFORMANCE x QUALIDADE)				48,50%	50,29%	54,59%	63,69%	61,56%	56,20%	60,49%	65,33%	64,33%	52,71%	67,03%	62,20%				61,50%
META (OEE)				52,00%	60,00%	57,0%	57,0%	57,0%	59,0%	59,0%	59,0%	60,0%	60,0%	60,0%	64,0%	64,0%	64,0%	64,0%	60,0%

Fonte: O autor

4.5.2 Análise da evolução do OEE da máquina PT2 em 2011 e 2012

O gráfico 8, a seguir, apresenta a visão do OEE da PT2 combinada com as taxas de disponibilidade, desempenho e qualidade. Nele fica evidente como a tendência do OEE nessa máquina é de crescimento.

Gráfico 8: OEE, disponibilidade, performance e qualidade da PT2 – 2011 e 2012

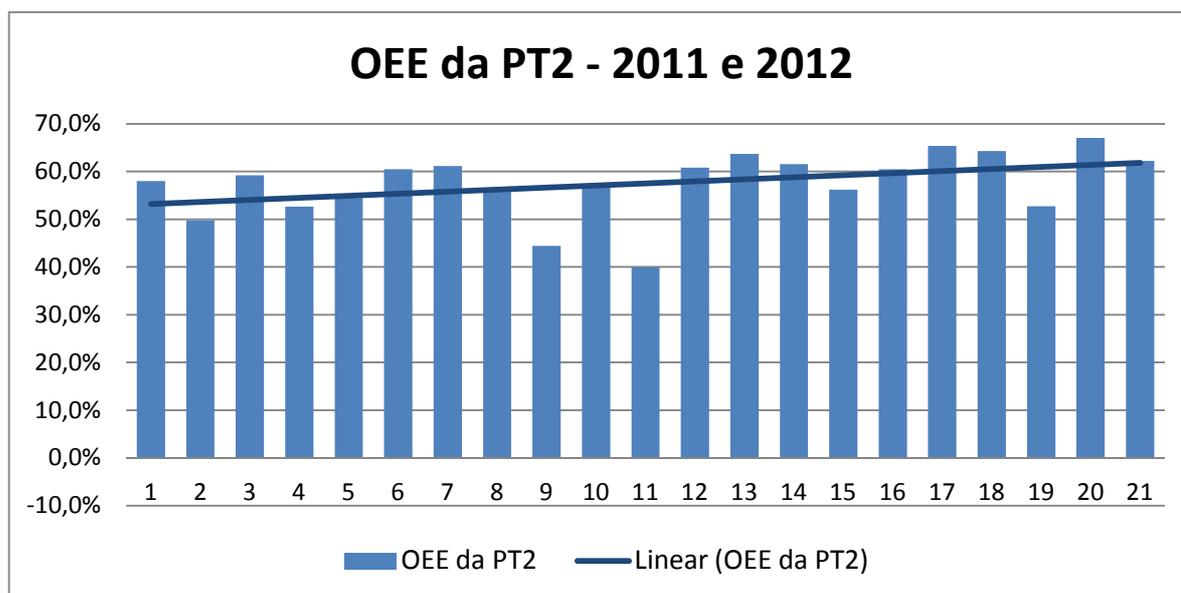


Fonte: O autor

O OEE da PT2 no período estudado, conforme se observa, apresenta visível tendência de elevação, demonstrando êxito na implementação da TPM, também nessa máquina. Nesse caso o crescimento está recebendo contribuições das tendências positivas das taxas de disponibilidade e qualidade, visto que a taxa de performance está caindo. Neste gráfico, pode-se corrigir a observação apresentada anteriormente com relação à taxa de performance, quando da apresentação dos quadros 11 e 12. Naquela análise, baseada nas médias anuais, a performance tinha tendência de crescimento. Aqui, fica claro que ela na realidade está caindo.

O mesmo OEE da PT2 é apresentado no gráfico 9, a seguir, cuja reta de tendência mostra a elevação do OEE relativamente acentuada. Como feito anteriormente, visando permitir comparações entre os seus comportamentos, esse gráfico foi colocado no padrão visual dos subsequentes.

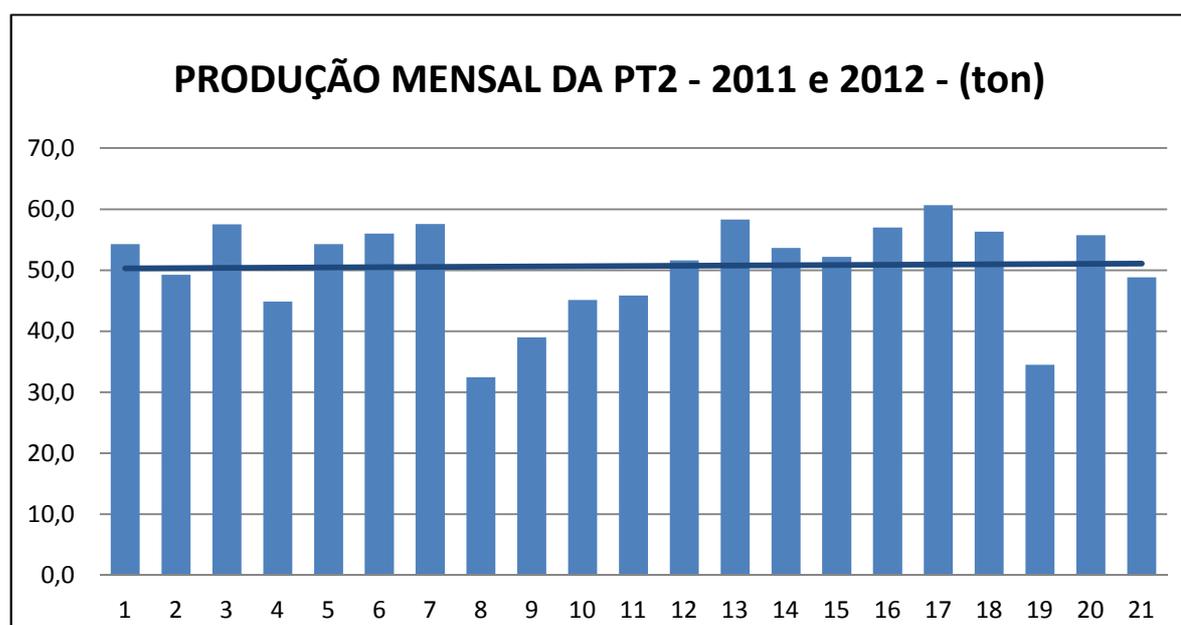
Gráfico 9: OEE da PT2 – 2011 e 2012



Fonte: O autor

O gráfico 10, a seguir, mostra os volumes de produção da máquina PT2 dados em toneladas e segundo os vinte e um meses do período estudado. Nele, é possível perceber que a reta de tendência, apesar de estar em ascensão, demonstra que o crescimento é muito pequeno.

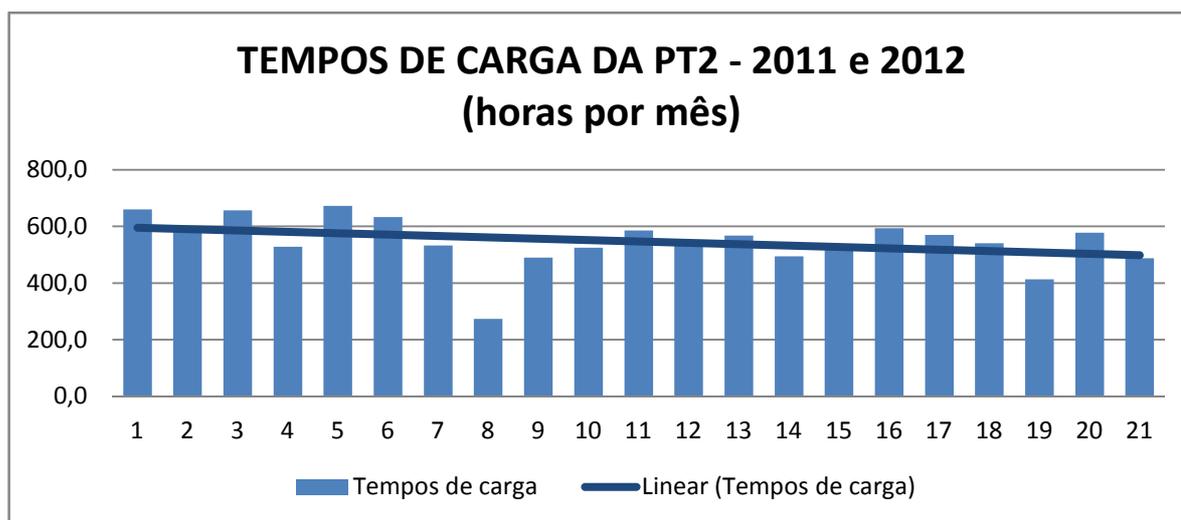
Gráfico 10: Produção mensal da PT2 – 2011 e 2012



Fonte: O autor

Na máquina PT2, os tempos de carga (tempos programados para produzir) de 2011 e 2012 foram apresentados mês a mês no gráfico 11, a seguir. Como se pode observar, apesar das oscilações, fica evidente que é acentuada a tendência de redução nos tempos de carga dessa máquina.

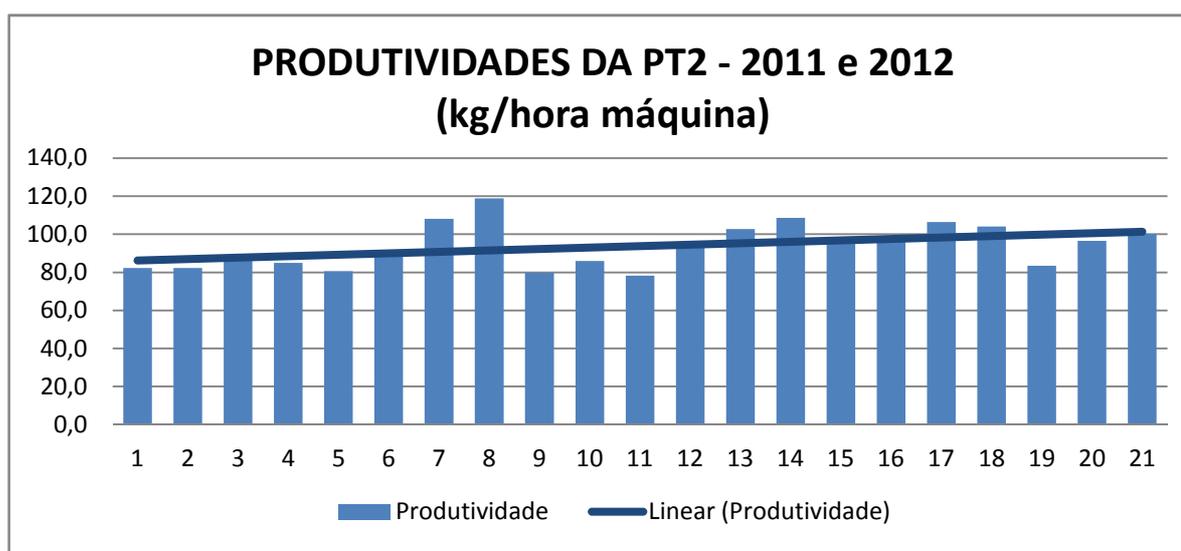
Gráfico 11: Tempos de carga da PT2 – 2011 e 2012



Fonte: O autor

4.5.3 Análise da produtividade da máquina PT2 em 2011 e 2012

Gráfico 12: Produtividades da PT2 – 2011 e 2012



Fonte: O autor

O gráfico 12 mostra as produtividades físicas da máquina PT2 em 2011 e 2012, mês a mês. Elas foram obtidas da divisão dos volumes produzidos pelos respectivos tempos de

carga. Em consequência disso, os valores foram representados no gráfico em quilogramas por hora-máquina.

Como foi visto, os volumes produzidos nessa máquina apresentaram-se com tendência de estabilidade, ou seja, na média, permaneceram os mesmos ao longo de todo o período estudado. Por outro lado, os tempos de carga (necessários para se atingir tais volumes) foram progressivamente menores.

Para obtenção das produtividades físicas do período nessa máquina, a divisão de volumes produzidos relativamente constantes por quantidades do recurso (horas-máquina) progressivamente menores resultou em produtividades físicas maiores. Com a implementação da TPM, a eliminação de perdas na PT2 melhorou o seu OEE (rendimento global do equipamento). A consequência disso foi a obtenção de volumes produzidos nos mesmos patamares anteriores com menores quantidades de recurso (horas-máquina), ou seja, maiores produtividades físicas.

4.6 Dados e resultados da máquina RD1

4.6.1 Dados da máquina RD1 em 2012

A RD1 é uma máquina que foi utilizada como piloto nos anos iniciais da TPM na Embala S.A. Com a consolidação da metodologia e a necessidade de se promover melhorias em outras máquinas, por questões de priorização, a direção da empresa tomou a decisão de transferir a equipe dessa para outra máquina. Pelas informações obtidas, além da baixa capacidade da RD1 (menor importância), as atividades de TPM na nova máquina tinham perspectivas de virem a ser replicadas.

O fato da equipe transferida já ser treinada segundo a TPM, fez com que essas pessoas iniciassem suas atividades na nova máquina já praticando a metodologia. Por outro lado, a equipe que assumiu a RD1 não possuía os mesmos níveis de treinamento da equipe anterior. Os esforços de prevenção e eliminação de anormalidades nessa máquina, apresentados no quadro 13, a seguir, mostra que 600 etiquetas foram eliminadas no período estudado, sendo 380 em 2011 e 220 no período de janeiro a outubro de 2012 .

Quadro 13: Etiquetas de anormalidades resolvidas na RD1 em 2011 e 2012

Equipamento	2011	2012 (10 meses)	Total
RD1	380	220	600

Fonte: O autor

O quadro 14, a seguir, apresenta os números de LUP's elaboradas e treinadas na RD1 nos vinte e um meses estudados. Foram 32 LUP's de operação e apenas 4 de manutenção. Percebe-se que é relativamente baixo o número de LUP's de manutenção.

Quadro 14: Números de LUP's elaboradas na RD1

Equipamento	Operação	Manutenção	Total
RD1	32	4	36

Fonte: O autor

Quadro 15: Dados do OEE da máquina RD1 – 2012

		Média 2009	Média 2010	Média 2011	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média 2012	
OEE da Máquina RD1 - 2012																		
DISPONIBILIDADE	A	TEMPO TOTAL DISPONIVEL PARA OPERAÇÃO	730,6944	730	744	696	720	744	744	696	768,3333	744	672				725,4	
	OUTRAS PARADAS	(-) Falta de Material (FM)	7,28	10,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,42	30,67	0,00	6,00				5,34
		(-) Falta de Pessoal (FP)	0,70	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,67	0,00	4,83				1,61
		(-) Falta de Utilidades (FU)	3,02	3,04	13,92	1,83	1,17	4,00	0,75	7,92	12,45	2,25	2,75					5,23
		(-) Problemas qualidade de material (PQM)	21,11	15,85	13,75	10,42	18,00	11,50	4,92	7,92	10,67	35,93	14,58					14,19
		<i>Sub-total Outras Paradas(A1)</i>	32,11	30,32	27,67	12,25	22,17	15,50	5,67	27,25	63,45	38,18	28,17					26,70
	PARADAS PROGRAMADAS	(-) Limpeza (LP)	1,73	2,81	0,00	5,17	2,75	2,08	1,25	2,25	1,67	8,83	1,75					2,86
		(-) Manutenção Preventiva (MP)	3,07	12,88	0,00	12,25	17,50	11,25	0,00	28,58	72,83	3,25	35,75					20,16
		(-) Revezamento / Refeição (RZ)	0,33	0,39	0,00	3,50	0,00	0,00	0,00	5,33	2,25	0,00	14,00					2,79
		(-) Testes (TE)	2,74	8,03	9,92	2,00	1,92	0,00	0,00	36,50	4,83	6,33	4,50					7,33
		(-) Sem programação (SP)	33,84	36,53	4,17	41,17	19,17	15,25	6,58	6,33	18,92	17,42	72,42					22,38
	<i>Sub-total Paradas Programadas(A2)</i>	41,71	60,64	14,08	64,08	41,33	28,58	7,83	79,00	100,50	35,83	128,42					55,52	
	B	TEMPO DE CARGA(A-A1-A2)	656,88	639,04	702,25	619,67	656,50	699,92	730,50	589,75	604,38	669,98	515,42					643,15
	PARADAS NÃO PROGRAMADAS	(-) Problemas com Clichê (PC)	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,03
		(-) Falha Operacional (FO)	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00		0,27
		(-) Reparo Elétrico (RE)	15,18	15,38	5,77	6,75	42,17	10,50	23,67	16,00	5,17	13,17	3,83					14,11
		(-) Reparo Ferramentaria (RF)	84,08	43,21	73,37	63,78	28,83	19,67	20,50	66,92	92,92	43,00	48,50					50,83
		(-) Reparo Mecânico (RM)	13,13	14,27	8,20	4,67	1,25	0,00	6,83	11,42	13,33	20,67	2,50					7,65
(-) Troca de Bobina (TB)		8,23	19,47	17,33	14,67	18,58	22,75	18,33	4,00	13,83	22,00	12,67					16,02	
(-) Set-Up(Troca de molde/Arte) (SU)		2,94	14,46	12,92	17,00	2,98	6,25	4,92	25,73	24,75	12,75	3,83					12,35	
(-) Regul.Geral/Acerto Formação (RG)		12,54	11,74	5,50	9,75	6,83	5,33	4,17	4,67	10,25	16,92	12,42					8,43	
<i>Sub-total Paradas Não Programadas(B1)</i>	136,09	118,53	123,08	116,87	100,65	64,50	78,42	128,73	160,25	128,50	83,75					109,42		
C	TEMPO BRUTO DE OPERAÇÃO(B-B1)	520,78	520,51	579,17	502,80	555,85	635,42	652,08	461,02	444,13	541,48	431,67					533,74	
PERFORMANCE	ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE (C/B)		79,48%	81,45%	82,47%	81,14%	84,67%	90,78%	89,27%	78,17%	73,49%	80,82%	83,75%				82,99%	
	D	(-) Pequena Parada (PP)	0,30	0,54	0,08	2,75	0,33	0,17	1,17	0,17	0,42	0,75	0,67					0,72
		(-) Baixa Velocidade	59,09	52,75	78,81	19,96	29,95	41,32	55,06	19,16	26,45	57,97	81,21					45,54
	TEMPO LÍQUIDO DE OPERAÇÃO	461,39	467,22	500,27	480,09	525,56	593,93	595,86	441,69	417,27	482,77	349,79					487,47	
	ÍNDICE DE PERFORMANCE (D/C)		88,45%	89,76%	86,38%	95,48%	94,55%	93,47%	91,38%	95,81%	93,95%	89,16%	81,03%				91,33%	
QUALIDADE	E	(-) Aparas	24,68	24,32	17,85	19,52	17,56	17,15	16,60	16,94	13,94	16,33	15,33					16,80
		(-) Rejeições (enviadas para Moinho)	2,35	2,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,00
		(-) Retrabalho (RT)	10,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00					0,04
		TEMPO DE OPERAÇÃO COM VALOR AGREGADO	424,29	440,49	482,42	460,58	508,01	576,77	578,93	424,75	403,33	466,44	334,46					470,63
	ÍNDICE DE QUALIDADE (E/D)		91,72%	94,28%	96,43%	95,93%	96,66%	97,11%	97,16%	96,16%	96,66%	96,62%	95,62%				96,55%	
OEE (DISPONIBILIDADE x PERFORMANCE x QUALIDADE)		50,40%	64,49%	68,93%	68,70%	74,33%	77,38%	82,41%	79,25%	72,02%	66,73%	69,62%	64,89%				72,81%	
META (OEE)			66,00%	72,50%	71,0%	71,0%	71,0%	74,0%	74,0%	74,0%	75,0%	75,0%	75,0%	80,0%	80,0%	80,0%	75,0%	

Fonte: O autor

O quadro 15 apresenta os dados do OEE da máquina RD1 no período de janeiro a setembro de 2012. Dos anos anteriores (2009, 2010 e 2011) só foram obtidos os valores médios anuais, pois os dados mês a mês relativos a esse período não estavam prontamente disponíveis. Em função disso, não foi possível fazer análises mais acuradas acerca das tendências relacionadas ao OEE.

Apesar desse período relativamente curto, a análise do OEE da RD1 proporcionou a percepção de que a mudança de equipe impactou negativamente nos resultados da máquina. Para esse período, como foi detalhado na seção a seguir, os dados disponíveis do OEE da RD1 foram apresentados em um gráfico, tornando visual tal percepção.

Igualmente ao que já foi apresentado ao final da seção 4.4.1, onde foi feito um passo a passo e um exemplo ilustrativo do cálculo do OEE, os dados referentes à RD1, apresentados no quadro 15, seguem a mesma estrutura e lógica do OEE. Especificamente, esta estrutura tem como componentes as taxas de disponibilidade, desempenho (ou desempenho) e qualidade, conforme a estrutura das perdas que reduzem o OEE, que foi vista na seção 2.1.6.1 e ilustrada na figura 6, naquela seção.

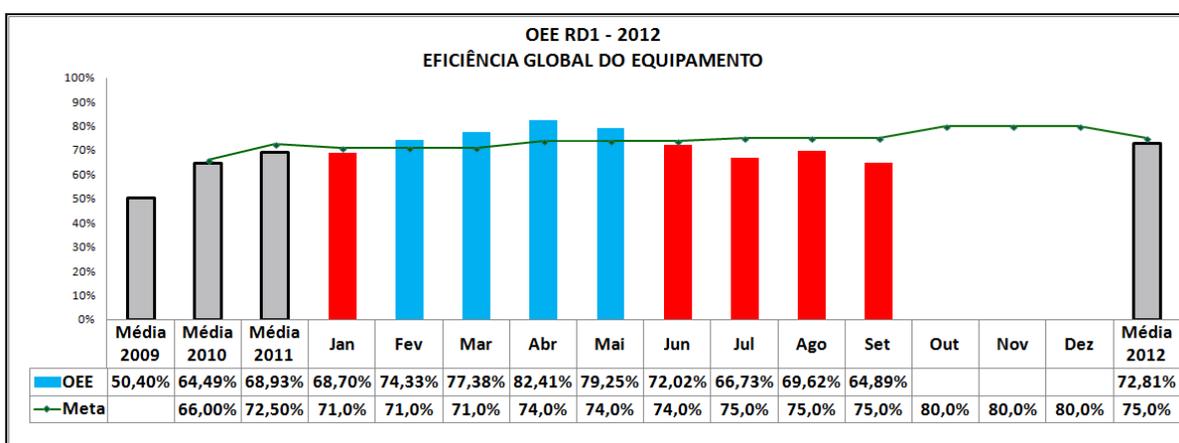
No caso da RD1, conforme o quadro 15, as médias anuais das taxas de disponibilidade foram 79,48%, 81,45% e 82,99%, respectivamente, para 2010, 2011 e 2012. Igualmente, as médias anuais das taxas de performance foram 88,45%, 89,6% e 91,33%, respectivamente, para 2010, 2011 e 2012. Por fim, para a taxa de qualidade, terceira componente do OEE, os valores médios anuais foram 91,72%, 94,28% e 96,55%, respectivamente, para 2010, 2011 e 2012. Dessa maneira, com base nas médias anuais, verifica-se que as três componentes do OEE da RD1 estão com taxas crescentes. Conseqüentemente, isso elevou o rendimento global da RD1 nesses anos, de modo que os valores do OEE dessa máquina em 2009, 2010, 2011 e 2012 foram, respectivamente, 50,40%, 64,49%, 68,93% e 72,81%.

4.6.2 Análise do caso da máquina RD1 em 2012

Embora tenha-se verificado o crescimento do OEE, conforme apresentado acima, o gráfico 13, a seguir, do OEE da máquina RD1, torna bastante visual e ilustrativa uma ocorrência que poderia passar despercebida em muitas situações.

Ele evidencia como mudanças numa equipe podem interferir nos resultados da empresa. Após dois anos de crescimento (2009 a 2011), observados através dos valores das médias anuais, o OEE dessa máquina segue em patamares elevados até o mês de maio de 2012. Em contrapartida, mesmo com a TPM sendo praticada pela nova equipe, ele segue uma trajetória de queda e não mais consegue atingir as metas nos quatro meses subsequentes.

Gráfico 13: OEE – Eficiência Global do Equipamento – RD1 - 2012



Fonte: O autor

É possível que essa queda de rendimento do equipamento esteja associada a outros fatores, como, por exemplo, alocação de recursos de manutenção com menor intensidade. Mas, segundo os gestores entrevistados, a queda no desempenho da máquina ocorreu no período em que sua equipe, já treinada e experiente na metodologia TPM, foi transferida para uma máquina recém-adquirida pela empresa.

Além disso, observando-se os dados do quadro 15, visto na página 129, foram incorporadas perdas também na taxa de desempenho, evidenciando problemas relacionados a velocidades de operação e operações em vazio, mais relacionados às habilidades das pessoas.

Sabe-se que mudanças de equipes ocorrem e são relativamente comuns nas indústrias. Aqui, a decisão que a empresa tomou foi com base na priorização, fundamentada na menor importância relativa do equipamento (responsável por apenas 3,6% da capacidade da fábrica). Entretanto, esse caso particular ilustra a importância de se manter nos processos produtivos equipes sistematicamente treinadas, que é uma das principais características da TPM.

4.7 Os esforços totais para eliminação de perdas na Embala S.A.

Os esforços para eliminação de perdas através da metodologia TPM devem envolver a todos. No caso da atuação direta no equipamento, os atores principais são a manutenção e a produção. Através da MA, as equipes de produção são os “gestores” dos seus respectivos equipamentos, atuando como parceira da manutenção na eliminação das perdas associadas ao equipamento.

Os integrantes da MA, individual e coletivamente, inspecionam os equipamentos, identificam anormalidades (ou anomalias) e comunicam à manutenção. Dessa forma, ajudam a prevenir e eliminar perdas, utilizando as etiquetas de identificação de anormalidades para realizar essa atividade. Os conhecimentos e habilidades necessários para isso são incorporados através dos treinamentos ao longo do processo de implementação da TPM, particularmente através da utilização de LUP’s.

Os quadros a seguir totalizam os dados relativos a essas duas ferramentas, além das análises de quebras. Esses dados foram vistos separadamente, quando foram analisados os esforços de eliminação de perdas em cada máquina estudada.

Buscando uma visão global acerca dos esforços das equipes no processo de eliminação de perdas, particularmente da manutenção, esses dados foram consolidados nos quadros 16, 17 e 18.

Considerando as três modalidades de manutenção: mecânica, elétrica e ferramentaria, verifica-se no quadro 16, a seguir, um grande volume de etiquetas resolvidas no período estudado (3702 entre 2011 e 1012), evidenciando a importância do comprometimento das equipes de manutenção.

Quadro 16: Visão geral das etiquetas de anomalias resolvidas em 2011 e 2012

Equipamento	2011	2012 (10 meses)	Total
KS1	1322	670	1992
PT2	770	340	1110
RD1	380	220	600
Total	2472	1230	3702

Fonte: O autor

No quadro 17, a seguir, as 201 análises realizadas nos vinte e um meses do período estudado também demonstram o grau de comprometimento demandado das equipes envolvidas. Pelos números apresentados, na média, foi realizada por essas equipes aproximadamente uma análise de quebra a cada três dias corridos.

Quadro 17: Visão geral das análises de quebras realizadas em 2011 e 2012

Equipamento	2011	2012 (10 meses)	Total
KS1	54	65	119
PT2	43	39	82
Total	97	104	201

Fonte: O autor

Finalmente, as Lições de Um Ponto (LUP's) estão entre as ferramentas mais importantes da TPM no chão de fábrica. Foi visto na seção 2.1.5.4 que, segundo Suzuki (1994, p. 262), todas as empresas bem sucedidas na implementação da TPM estabeleceram um sistema de educação e treinamento para maximizar o potencial dos seus trabalhadores. Aqui, as 144 LUP's de operação e as 33 de manutenção, totalizando 177 LUP's elaboradas e treinadas, ilustram os esforços da empresa nesta direção. Entretanto, o baixo número das LUP's de manutenção parece evidenciar dificuldades no processo de capacitação técnica das pessoas.

Quadro 18: Números de LUP's elaboradas nas máquinas KS1, PT2 e RD1

Equipamento	Operação	Manutenção	Total
KS1	60	21	81
PT2	52	8	60
RD1	32	4	36
Total	144	33	177

Fonte: O autor

Isso pode estar intimamente ligado à pouca ou nenhuma melhoria em termos de taxas de disponibilidade, verificadas nos gráficos do OEE das máquinas KS1 e PT2, nas seções 4.5.2 e 4.6.2.

4.8 Conclusões do capítulo

A pesquisa de campo tem o objetivo de, através da observação dos fatos e fenômenos nos ambientes onde eles se desenvolvem, atestar se aspectos previstos na teoria são também observados no campo. Isto pode reforçar as teorias ou mesmo servir para questioná-las.

Comparando com a estrutura das seis grandes perdas, percebe-se que, na Embala S.A., há uma tentativa de se medir as pequenas paradas. Entretanto, a julgar pelos valores registrados, e levando em consideração a aleatoriedade das pequenas paradas e das operações em vazio, essa medição parece incorporar aspectos que tornam os dados inconsistentes.

Uma das formas de se verificar o grau de implementação da TPM numa empresa é observando-se quais pilares já foram implementados. Foi visto que a implementação da TPM na Embala S.A. ainda é parcial. Isso foi apontado na seção 4.2, onde foi visto que, dos oito pilares propostos, a empresa implementou quatro: MF, MP, MA e ET, além do Comitê Diretivo.

Através das informações coletadas na empresa Embala S.A, foi possível constatar que a metodologia TPM é aplicável numa indústria de embalagens. A estrutura de pilares, ainda incompleta, ou seja, com apenas quatro pilares, sugere que ainda há muito a ser feito para melhorar a gestão da empresa. Apesar disso, os resultados em ascensão demonstram que ela está no caminho certo.

Embora não tenha alcançado ainda a quantificação financeira das perdas, a medição sistemática do OEE é uma clara evidência da aplicação por parte da Embala S.A. do princípio de medição rigorosa de perdas, apregoado pela TPM.

Nos equipamentos de onde os dados foram obtidos, constatou-se que vários conceitos da TPM têm sido aplicados na implementação da metodologia. Exemplos disso, além do uso da estrutura de comitês, subcomitês e grupos de MA, foram as constatações de uso do OEE para monitorar a evolução da metodologia, as etiquetas de identificação de anomalias, as análises de quebras e as LUP's.

Na máquina KS1, o OEE melhorou ao longo dos 21 meses observados. Isso foi consequência de melhorias nas três componentes do OEE: disponibilidade, taxa de desempenho e taxa de qualidade. Além disso, foi possível concluir que a produtividade dessa máquina também aumentou, seguindo a tendência de elevação do OEE.

No caso da PT2, num comportamento semelhante ao da KS1, o OEE também alcançou patamares mais elevados. Todavia, nessa máquina, a elevação do OEE foi consequência da elevação da disponibilidade e da taxa de qualidade, enquanto a taxa de desempenho seguiu trajetória de queda. Esse fato pode ser consequência de alguma abordagem equivocada ou pode ser uma oportunidade que ainda não foi aproveitada.

Com base nas médias anuais, verifica-se que as três componentes do OEE da máquina RD1 evoluíram com taxas crescentes. Consequentemente, isso elevou ano a ano o rendimento global da RD1 no período de 2009 a 2012. Entretanto, os registros dessa máquina em 2012, relativos ao monitoramento do OEE mês a mês, demonstraram que a substituição de uma equipe de operadores treinados por outra sem o treinamento adequado provocou a redução do rendimento global do equipamento.

As 177 LUP's elaboradas e treinadas ilustraram os esforços da empresa na busca por melhor capacitação da sua mão de obra. Entretanto, o fato de apenas 33 delas serem de manutenção parece evidenciar dificuldades no processo de capacitação das pessoas voltada mais para os equipamentos, o que seria uma deficiência a ser corrigida.

5 Conclusão

O presente trabalho buscou na literatura as fundamentações teóricas para os dois assuntos que compõem o tema, a TPM e a produtividade. Isso foi feito com o objetivo de **determinar a influência da TPM na produtividade física de uma empresa do setor industrial**, estabelecido como objetivo geral do estudo.

Para ser alcançado, esse objetivo foi desdobrado em cinco objetivos específicos, que foram apresentados na seção 5.1, a seguir. Com a concretização da pesquisa empírica, constatou-se que a implementação da TPM na empresa estudada proporcionou melhorias nas suas produtividades físicas.

Foi visto também que a TPM requer e promove a motivação de todos, da alta administração ao chão de fábrica.

Visto na seção 2.1.6, o OEE foi definido como “Rendimento Global do Equipamento”. Além disso, sua melhoria deve ser perseguida por todos e isso deve ocorrer através da eliminação sistemática e progressiva das seis grandes perdas do sistema produtivo.

Realizado num horizonte de tempo de 21 meses, o estudo focou em dois dos três equipamentos definidos pela empresa como pilotos na implementação da TPM: as máquinas KS1 e PT2. Além dessas duas máquinas, das quais foram obtidos os principais dados para o estudo, também foi estudada a máquina RD1, embora isso tenha ocorrido parcialmente.

A partir dos dados coletados, as análises dos resultados permitiram a constatação de que a produtividade física desses dois equipamentos, no período estudado, apresenta clara tendência de elevação. Isso ocorreu seguindo a tendência de aumento do OEE nas duas máquinas.

Como já era esperado, isso evidenciou que os esforços de implementação da TPM, voltados para eliminação de perdas no sistema produtivo da organização, influenciam positivamente as produtividades físicas da empresa.

Na máquina KS1, isso foi decorrente da combinação de elevação tanto dos volumes produzidos, ainda que numa tendência não muito acentuada, com a clara redução dos tempos de carga. Ou seja, a empresa passou a produzir maiores volumes com menores quantidades de recursos (horas-máquina).

Na máquina PT2, a melhoria na produtividade física foi consequência muito mais da clara tendência de redução dos tempos de carga. Isso foi constatado porque

os volumes produzidos apresentaram-se com tendência de quase nenhuma elevação, ainda que, mês a mês, tenham ocorrido algumas variações acentuadas. Então, a divisão de “volumes com tendência de relativa estabilidade” por tempos de carga visivelmente menores levaram a valores cuja tendência apontou para produtividades físicas mais elevadas nos meses mais recentes. Em outras palavras, a máquina conseguiu produzir os mesmos volumes com menores quantidades de recursos (horas-máquina), que significa maior produtividade física.

Das observações de campo foi constatado que, entre as principais ferramentas utilizadas pela TPM para promover a eliminação de perdas, a Embala S.A. tem usado sistematicamente as etiquetas de anormalidades, as análises de quebras e as Lições de Um Ponto (LUP's). Além disso, nessas observações ficou evidenciado também que a empresa, até então, implementou apenas quatro dos oito pilares da TPM: MP, MA, ET e MF, além do comitê diretivo, que lidera os pilares e é conduzido pela alta administração.

Conforme foi visto na seção 2.1.2, a TPM tem sido adotada por muitas empresas de diferentes portes e setores. No presente estudo foi constatado que a TPM é aplicável em uma indústria de embalagens e proporcionou a ela ganhos cumulativos de produtividade.

Dado que a influência positiva da TPM sobre a produtividade física constatada na Embala S.A. esteve associada ao processo sistemático de implementação da metodologia, que precisa envolver a empresa inteira, pode-se concluir que o progresso nessa implementação tem grandes chances de continuar contribuindo para melhorar a produtividade da empresa como um todo. Esse raciocínio pode ganhar mais força ao se considerar que apenas 50% dos pilares foram implementados por essa empresa.

5.1 Alcance dos objetivos do estudo

No início deste capítulo foi visto que o objetivo geral do estudo foi desdobrado em cinco objetivos específicos. Cada um deles foi apresentado a seguir juntamente com seus respectivos resultados.

Como dito anteriormente, foram cinco os objetivos específicos nos quais foram desdobrados o objetivo geral. Excluindo a constatação de que a produtividade física não era sistematicamente monitorada pela Embala S.A., apesar de a empresa ter em mãos os dados necessários para isso, todos esses objetivos foram alcançados com a concretização das investigações e a conclusão deste trabalho.

Objetivo específico 1: identificar quais indicadores são monitorados para medir a evolução da TPM e da produtividade na empresa estudada.

Considerando que a proposição desse objetivo foi um dos pontos centrais para viabilizar a conclusão da pesquisa, ele foi alcançado, ainda que a resposta exata a ser dada pela empresa estudada seria: “variável não monitorada”.

Como era previsto, a evolução do OEE é utilizada para acompanhar a evolução da TPM na empresa estudada. Por outro lado, para a produtividade física não foram fornecidos dados prontos. Com base na entrevista com o gestor responsável, a empresa não monitorava sistematicamente as produtividades. Entretanto, ela possuía os dados de volumes produzidos e os tempos de carga, que foram fornecidos e suficientes para o cálculo das produtividades físicas.

Objetivo específico 2: determinar a evolução da TPM na empresa através da evolução dos seus indicadores, particularmente do OEE, nas áreas ou equipamentos estudados.

Esse objetivo foi atingido através da coleta e análise dos dados do OEE das três máquinas piloto, KS1, PT2 e RD1. Com o auxílio dos gráficos do OEE, principalmente, das máquinas KS1 e PT2 ficou claramente determinado que a implementação da TPM evolui de forma positiva, embora essa implementação ainda seja parcial.

Objetivo específico 3: determinar a evolução das produtividades físicas da empresa nas áreas ou equipamentos estudados em função da implementação da TPM.

Para que a conclusão do presente trabalho ocorresse, os cinco objetivos específicos precisavam ser alcançados, especialmente esse terceiro. A evolução das produtividades físicas das duas máquinas (KS1 e PT2) foram determinadas para cada um dos vinte e um meses do período estudado, de modo que esse objetivo também foi alcançado.

Objetivo específico 4: verificar quais pilares da TPM têm sido implementados na empresa pesquisada.

Uma forma de se verificar o grau de implementação da TPM na empresa é observando-se como estão as implementações dos oito pilares propostos pelo *JIPM*, ainda que outros pilares podem ser encontrados em implementações mais inovadoras. Foi visto na seção 4.2 que a implementação da TPM na Embala S.A. ainda é parcial. Ali foi visto que, dos oito pilares propostos, a empresa implementou quatro: MF, MP, MA e ET, além do Comitê Diretivo. Objetivo alcançado.

Objetivo específico 5: Identificar eventuais ações ou projetos de eliminação de perdas vinculados aos pilares da TPM que impactaram de forma diferenciada a evolução da produtividade investigada.

Com este quinto e último objetivo específico alcançado, concluíram-se os estudos voltados para responder ao objetivo geral da pesquisa. Aqui foi verificado que, além da aplicação de conceitos centrais da TPM, como o OEE e as estruturas de pilares e do comitê diretivo, as ações para eliminação de perdas do sistema produtivo da Embala S.A. foram: resolução das anormalidades identificadas (etiquetas de inconveniências – ou anomalias), realização sistemática de análises de quebras e elaboração e treinamento sistemático das equipes, particularmente através das LUP's (lições de um ponto).

5.2 Considerações finais e sugestões para trabalhos futuros

O ambiente econômico mundial tem se tornado cada vez mais complexo, a exemplo de crises como a financeira mundial de 2008, que iniciou-se a partir de uma “bolha” nos Estados Unidos. Mais recentemente, os seus efeitos têm recrudescido e se intensificado nas economias da Zona do Euro, evidenciando dificuldades crescentes para a indústria nacional.

Foi constatado na seção 2.2.10 que a estagnação da produtividade industrial é uma das fragilidades da economia brasileira. Não parece ser promissor para o país permanecer inerte frente ao quadro de fragilidades da indústria nacional, particularmente da sua produtividade industrial. Com base nos dados e fatos estudados neste trabalho, observando-se simultaneamente os ambientes tecnológicos e de negócio cada vez mais complexos, conclui-se que é possível fazer algo para mudar para melhor os rumos do país. Isso pode envolver universidades, empresas, governos e a sociedade como um todo.

Ao estudar a TPM, foi visto que ela é uma metodologia que pode trazer muitos benefícios às empresas. Isso tem relação com a sua característica de ser uma abordagem “total”, isto é, que envolve a empresa inteira. Essa característica foi também apontada neste trabalho como uma das possíveis causas para que a metodologia não seja tão bem compreendida. Pode-se entender que isso tem a ver com a necessidade de se possuir conhecimentos multidisciplinares.

Assim, percebe-se que são muitas as possibilidades de investigação acerca dessa metodologia. Como sugestão para trabalhos futuros, considera-se que tais investigações podem ocorrer tanto envolvendo uma única empresa, conforme foi feito no presente trabalho, como múltiplas empresas.

As abordagens a seguir são sugeridas para se desenvolver investigações sobre a TPM e as questões a ela associadas:

- Investigar como os treinamentos promovidos pela TPM podem contribuir mais eficazmente para melhorar a produtividade da empresa;
- Investigar como a implementação de um ou dois pilares em particular pode impactar nos resultados da empresa. Essa é uma investigação que pode ser desenvolvida na própria empresa aqui estudada.

- Investigar quais seriam os principais facilitadores para adoção da TPM de modo que a empresa colha os benefícios da metodologia mais eficazmente;
- Investigar como a implementação da TPM em empresas de um dado setor tem proporcionado a elas diferenciais competitivos;
- Investigar qual o impacto da TPM na satisfação do cliente.

Considerando as restrições adotadas na presente pesquisa, particularmente no caso do estudo da produtividade restrita à produtividade física, coloca-se também como oportunidades para trabalhos futuros as seguintes questões adicionais:

- Investigar qual o impacto da TPM na produtividade total da empresa;
- Investigar qual o impacto da TPM na rentabilidade da empresa.

Assim, pode-se ampliar as investigações sobre estes e outros aspectos relacionados à TPM e à produtividade industrial, ao mesmo tempo que abrem-se possibilidades de se contribuir para a melhoria da produtividade industrial. Além disso, novos conhecimentos poderão estar sendo agregados ao meio acadêmico nesta importante área do conhecimento.

Referências

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Boletim conjuntura industrial**, 2011. Disponível em:

<http://www.abdi.com.br/Estudo/boletim_neit_marco_final.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2012

AHUJA, I.P.S. and J.S. Khamba, **Total productive maintenance: literature review and directions**, Punjabi University, Patiala, India, 2008. International Journal of Quality & Reliability Management Vol. 25, n. 7, pp. 709-756, 2008. Disponível em: <<http://masdukiasbari.files.wordpress.com/2011/04/tpm-literature-review-and-directions.pdf>>. Acesso em 09 jan. 2012.

ANTUNES, J. *et al*, **Uma revolução na produtividade**: a gestão lucrativa dos postos de trabalho. Porto Alegre, Bookman, 2013.

BERTUCCI, J. L. O., **Metodologia básica para elaboração de trabalhos de conclusão de curso**. São Paulo, Atlas, 2011.

CARRIJO, J. R. S. e LIMA, C. R. C., **Disseminação TPM – Manutenção Produtiva Total nas Indústrias Brasileiras e no Mundo** : Uma Abordagem Construtiva, 2008. UNIMEP - XXVIII ENEGEP – Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

CARRIJO, J. R. S. e TOLEDO, J. C., **A implementação da metodologia de Total Productive Maintenance-TPM em ambientes administrativos**: um estudo de caso em um departamento de uma indústria gráfica. XII SIMPEP – Bauru, SP, Brasil. 2005.

CARVALHO, P. G. M. e FEIJÓ, C. A., **Produtividade industrial no Brasil: o debate recente**. Indicadores Econômicos FEE, v. 28, nº 3, p. 232-255, 2000. Disponível em: <<http://revistas.fee.tche.br/index.php/indicadores/issue/view/65>>. Acesso em: 15 abr. 2012

CHIAVENATO, I., **Administração nos novos tempos**, 2ª ed, Rio de Janeiro, Elsevier, 2004.

CAMPOS, V. F., **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**, 8ª ed, Nova Lima – MG, INDG Tecs, 2004

COSTAS, R., **Desaceleração econômica estoura 'bolha' de entusiasmo com o Brasil no exterior**. Disponível em:

<http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2012/06/120530_brasilmania_ru.shtml>. Acesso em: 01 jun. 2012.

GHINATO, P., **Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção**. 2000. <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAT-QAD/sistema-toyota-producao>>. Acesso em: 28 mar. 2012.

GIAMBIAGI, F., PINHEIRO, A. C., **Além da euforia**: riscos e lacunas do modelo brasileiro de desenvolvimento. Rio de Janeiro, Elsevier, 2012.

GIL, A. C., **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3 ed., São Paulo, Atlas, 1996.

GUPTA, S., TEWARI, P.C., SHARMA, A.K., **TPM concept and implementation approach**, 2006. Disponível em: <www.maintenanceworld.com/TPM-maintenance.htm>. Acesso em 09 jan. 2012

IMC - **Apostila do curso internacional IMC para formação de instrutores TPM²** – Total Performance Management – Chile, Argentina, Brasil. São Paulo. 2004.

KAPLAN, R. S., NORTON, D. P., **Organização orientada para a estratégia**. Campus, 2001.

KHAN, J. e WAYNE, S., **Gaining productivity**. West Indies, Jamaica, Arawak Publications, 2007. Disponível em:
<http://books.google.com.br/books?id=1jJkLN_V0zoC&pg=PA71&lpg=PA71&dq=tfp+prokopenko&source=bl&ots=nP_ra5xTiL&sig=IPzvsfvJFoclMOIIRq96auSW8l&hl=pt-BR&sa=X&ei=RW6NUKPWBtDO0QGBw4DICA&sqj=2&ved=0CEkQ6AEwBQ#v=onepage&q=tfp%20prokopenko&f=false>. Acesso em: 28 out.2012

KHOLOPANE, P.A.; **An Assessment of the Total Productive Manufacturing (TPM) concept in a South African manufacturing industry**. Doctoral Thesis, South Africa University of Johannesburg, 2006. Disponível em:
<<http://ujdigispace.uj.ac.za:8080/dspace/handle/10210/640>>. Acesso em: 07 out. 2011.

LABIB, Ashraf W. 1999, **A framework for benchmarking appropriate productive maintenance**. Department of Mechanical Engineering, University of Manchester Institute of Science and Technology (UMIST), UK. Disponível em
<<http://www.iktpm.com/benchmarking/Benchmark.pdf>>. Acesso em : 07 jan. 2012

LESSA, L. V. L., SEVERIANO FILHO, C., OLIVEIRA, M. M. A. L., **Aplicabilidade das medidas de produtividade à luz dos critérios de Diorio**. In: XXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Foz do Iguaçu, PR, 2007.

LIKER, J. K.; MEIER, D. **O Modelo Toyota - manual de aplicação**: um guia prático para a implementação dos 4 P's da Toyota, tradução para português. São Paulo: Bookman, 2007.

LIMA JR., J. C. B., **O papel das equipes multifuncionais na fase inicial e preparatória da implantação do tpm** – um estudo de caso. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, UNIMEP, 2002. Paginação irregular. Disponível em:
<http://www.unimep.br/phpg/bibdig/pdfs/docs/23092011_135717_jo%C3ocelsobalari nilimajunior02.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2012.

LU, D. J., **Kanban Just-In-Time at Toyota**, Oregon, Productivity Press, 1989.

MACEDO, M. M., **Gestão da Produtividade nas empresas**, revista FAE Business, n. 3, set. 2002. Disponível em: <http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/revista_fae_business/n3_setembro_2002/ambiente_economico3_gestao_da_produtividade_nas_empresas.pdf>. Acesso em 30 jan. 2012

MARTINS, E., **Contabilidade de Custos**. 10 ed. São Paulo, Atlas, 2010.

MOORE, R. (1997), **Combining TPM and reliability-focused maintenance, Plant Engineering**, Vol. 51 No. 6, pp. 88-90. Disponível em: <<http://ceroaverias.com/centroTPM/publicaciones/revistas%203.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2012.

MORAES, P. H. A., **Manutenção Produtiva Total**: estudo de caso em uma empresa automobilística, Dissertação de Mestrado, ECA – Universidade de Taubaté, 2004.

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

NCUBE, Mfowabo, **The impact of Total Productive Maintenance (TPM) on manufacturing performance at the Colt section of DaimlerChrysler in the Eastern Cape**. Dissertation of master at NMMU, 2006. Disponível em: <<http://www.nmmu.ac.za/documents/theses/Research%20Paper%20on%20TPM%20-%20Mfowabo%20Ncube%2020525376.pdf>>. Acesso em 27 dez. 2011.

OHNO, T., **O sistema Toyota de produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre, Bookman, 1997.

OLIVEIRA, S. L., **Tratado de metodologia científica**: projetos de pesquisa, tgi, tcc, monografias, dissertações e teses. São Paulo, Pioneira, 1999.

PALMEIRA, Jorge N.; TENÓRIO, Fernando G. **Flexibilização organizacional**: aplicação de um modelo de produtividade total. Rio de Janeiro: FGV: Eletronorte, 2002. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=DSmzUjhs4zQC&pg=PA94&dq=%22Seiichi+Nakajima%22&hl=pt-BR&sa=X&ei=eZ0CT4WbMdhYggfc9Z21Ag&sqi=2&ved=0CDMQ6AEwAQ#v=onepage&q=%22Seiichi%20Nakajima%22&f=false>>. Acesso em: 27 fev. 2012.

PRODUTIVIDADE: conceito, medida e gerenciamento. Disponível em: <http://domingues.eng.br/professor/prof_foc/apostila%20PRODUTIVIDADE.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2012.

PROKOPENKO, J., **Productivity management: a practical handbook**. 2 impr. Geneve, International Labour Office, 1992. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=0jyOKj8S_iYC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 11 jun. 2012.

SAKAMOTO, Shigeyasu, ***Beyond world-class productivity: industrial engineering practice and theory***. 1st Edition., 2010. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=_U1OyLvUn9kC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true>. Acesso em 14 out.2012

SANTOS, M. J., ***O Just in time e a cultura da empresa***: estudo comparativo de casos em empresas da indústria metal-mecânica do Estado de Santa Catarina. Tese (Doutorado em Engenharia) – PPGEF, Universidade Federal de Santa Catarina, 1994.

SENG, O. Y. & JANTAN, M, ***Implementing total productive maintenance (TPM) in Malaysian Manufacturing Organization: an operational strategy study***, 2006. Disponível em: <<http://ramayah.com/journalarticlespdf/implementingtpm.pdf>>. Acesso em: 09 jan. 2012.

SEVERIANO Filho, C., ***O enfoque vetorial da produtividade em um sistema de avaliação para a manufatura avançada na indústria de alimentos***. Tese (Doutorado em Engenharia) – PPGEF, Universidade Federal de Santa Catarina, 1995. Não paginado. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/teses/cosmo/index/index.htm>>. Acesso em: 04 fev. 2012.

SHARMA, A., MOODY, P. E., ***A máquina perfeita***: como vencer na nova economia produzindo com menos recursos. São Paulo, Pearson. 2003.

SHIROSE, K., ***TPM for workshop leaders***. Oregon, Productivity Press, 1992.

SHINGO, S. ***Sistemas de produção com estoque zero***: o sistema Shingo para melhorias contínuas. Porto Alegre, Bookman, 1996.

SHINGO, S., ***Sistema de troca rápida de ferramenta***: uma revolução nos sistemas produtivos. Porto Alegre, Bookman, 2000.

SLACK, N., *et al*, ***Administração da Produção***. São Paulo. Atlas, 2. reimpressão, 2009.

SOUZA, F. J., ***Melhoria do pilar “Manutenção Planejada” da TPM através da utilização do RCM para nortear as estratégias de manutenção***. 115p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

SPERANCETTA, A., ***O impacto da implantação do TPM nos indicadores de manutenção***, dissertação de mestrado, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

SUZUKI, T. ***TPM in process industry***, Cambridge, USA, Productivity Press, traduzido do japonês por John Lotus, 1994.

TAKAHASHI, Y., OSADA, T., ***TPM/MPT - Manutenção Produtiva Total***, 3. Ed., São Paulo, IMAM, 1993.

TOYOTA, A **Special report on TPS: making things: the essence and evolution of the toyota production system**, 2002. Disponível em:
<http://sysdoc.doors.ch/TOYOTA/interplay_pdf.pdf> acesso: 29 jul. 2011

WILLMOTT, P., McCARTHY, D., **TPM a route to world class performance**. Jordan Hill, Oxford, UK. Butterworth-Heinemann. 2001.

WORKS MANAGEMENT, **Profit through maintenance – Unilever: TPM drives improvement**. 2001. Disponível em:
<<http://www.ceroaverias.com/centroTPM/publicaciones/revistas%2021.pdf>> acesso:
21 jul. 2012

APÊNDICE I**Questionário enviado à Embala S.A.**

1 - A empresa possui ____ unidades industriais: Pernambuco, Espírito Santo e _____.

2 - A unidade industrial da empresa em Pernambuco possui um total de ____ colaboradores (aproximadamente).

3 - A área de produção da empresa em Pernambuco, incluindo a manutenção, possui ____ colaboradores (aproximadamente).

4 - A equipe de manutenção da empresa possui ____ colaboradores, sendo ____ mecânicos e ____ eletroeletrônicos.

5 - As equipes de produção são as seguintes:

Máquina KS1: _____ OPERADORES, sendo que ____ participam das atividades de TPM - (APOIO: ___ mecânico + ___ eletroeletrônicos).

Observações: _____

Máquina PT2: _____ OPERADORES, sendo que ____ participam das atividades de TPM - (APOIO: ___ mecânico + ___ eletroeletrônicos).

Observações: _____

Máquina RK1: _____ OPERADORES, sendo que ____ participam das atividades de TPM - (APOIO: ___ mecânico + ___ eletroeletrônicos).

Observações: _____

6 - A estrutura de supervisão é (favor descrever):

7 - As capacidades nominais de produção das máquinas estudadas são:

KS1: ____ toneladas por ano, produzindo ____ (___% produto A, ___% produto B, ...)

PT2: ____ toneladas por ano, produzindo ____ (___% produto A, ___% produto B, ...)

RK1: ____ toneladas por ano, produzindo ____ (___% produto A, ___% produto B, ...)

8 - A capacidade total de produção da unidade industrial em Pernambuco é de _____ toneladas por ano.