

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE ENGENHARIA ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PROPOSTA DE SISTEMA DE APOIO À DECISÃO DE INVESTIMENTO
EM MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

FRANCISCO DE PAULA OLIVEIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ROBERTO CAMELLO LIMA

SANTA BÁRBARA D'OESTE

2014

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE ENGENHARIA ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**PROPOSTA DE SISTEMA DE APOIO À DECISÃO DE INVESTIMENTO
EM MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL**

FRANCISCO DE PAULA OLIVEIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ROBERTO CAMELLO LIMA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, como requisito para obtenção do Título de Doutor em Engenharia de Produção.

SANTA BÁRBARA D'OESTE

2014

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIMEP

Bibliotecária: Carolina Segatto Vianna CRB-8/7617

O48p	<p>Oliveira, Francisco de Paula Proposta de sistema de apoio à decisão de investimento em manutenção produtiva total / Francisco de Paula Oliveira. – 2014. 153 f. : il. ; 30 cm.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Camello Lima Tese (doutorado) – Universidade Metodista de Piracicaba, Engenharia de Produção, 2014.</p> <p>1. Manutenção produtiva total. 2. Administração financeira. 3. Engenharia de produção. I. Lima, Carlos Roberto Camello. II. Título.</p> <p>CDU – 658.58</p>
------	--

PROPOSTA DE SISTEMA DE APOIO À DECISÃO DE INVESTIMENTO EM MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

Francisco de Paula Oliveira

Tese de Doutorado defendida e aprovada, em 13 de Agosto de 2014, pela Banca Examinadora constituída pelos Professores:

Prof. Dr. Carlos Roberto Camello Lima, Presidente e Orientador
UNIMEP

Prof. Dr. Clóvis Luiz Padoveze
UNIMEP

Prof. Dr. André Luis Helleno
UNIMEP

Prof. Dr. Luciel Henrique de Oliveira
FGV – EAESP

Profa. Dra. Maria Izabel Ferezin Sares
PUC - MG

A

Todos que acreditan.

Agradecimentos

Ao professor Carlos Roberto Camello Lima, por acreditar na minha proposta; por desafiar-me e orientar-me; pela amizade e cumplicidade.

À minha família, que sempre me apoiou e me suportou nos meus desafios. Um agradecimento especial ao meu irmão José Antônio que sempre me apoiou.

Aos professores do PPGEF da UNIMEP.

Aos colaboradores da UNIMEP *campus* Santa Bárbara D'Oeste, em especial à Marta da Secretaria do Curso e à bibliotecária Carolina S. Vianna

Aos professores da PUC Minas, *campus* Poços de Caldas, que, em nome do professor Henrique e professora Zezé, agradeço pelo apoio e compreensão.

Ao professor Jacob, que me suportou nas incansáveis aulas de inglês e também pelo apoio e amizade. Também meu agradecimento ao professor Armando Catelli que me inspirou, de longa data, na elaboração desta pesquisa.

Aos colegas de trabalho da CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, que me apoiaram.

Aos colegas de sala do PPGEF pelo compartilhamento e trocas de ideias.

Aos meus amigos e amigas que estiveram de meu lado no decorrer dessa missão.

Se não esperar o inesperado não se descobrirá,
sendo indescobrível e inacessível.

Heráclito de Éfeso

(540-470 AC)

Pré-socrático.

OLIVEIRA, Francisco de Paula. **Proposta de Sistema de Apoio à Decisão de Investimento em Manutenção Produtiva Total**. 2014 (NNN f.). Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste.

Resumo

A competição e o direcionamento para os lucros forçam mudanças nas estruturas empresariais e adequações voltadas para o negócio. Dentre estas, busca-se, cada vez mais, manter a fábrica na funcionalidade e condições requeridas para o máximo aproveitamento. Este trabalho propõe um Sistema de Apoio à Decisão de Investimento (SAD) em manutenção, em especial na Manutenção Produtiva Total (TPM). Com base na filosofia do TPM, suas formas e fórmulas de busca por quebra e perda zero e melhoria constante na eficiência global da planta (OEE), realizou-se uma pesquisa aplicada, de abordagem quantitativa, na busca por técnicas de finanças corporativas, mais precisamente sobre o modelo estratégico de rentabilidade “Dupont” e a técnica estratégica de criação de valor da “Stern Stewart & Co.”, para o embasamento, justificativa e a criação do SAD. Com as variáveis envolvidas, oriundas da engenharia de produção e econômico-financeiras, exploraram-se hipóteses e formas de resolução do problema proposto, alargando a fronteira do conhecimento até então aplicado, a partir do uso de um critério inovador de pontuação para as avaliações da eficiência do pilar Manutenção Autônoma do TPM, via auditoria de controle. O SAD permite, de forma prévia e durante a implantação do TPM, verificar os reflexos na eficiência global da planta (OEE) e resultados econômico-financeiros nas diversas alterações e combinações de variáveis possíveis, envolvidas nos processos fabris. Os resultados apresentados em estudo hipotético mostram que o SAD permite mensurar e prever os resultados possíveis nos diversos níveis e eficiência da planta, incluindo as perdas, prejuízos e renúncias a receitas e retornos que podem estar acontecendo pela não eficiência e efetividade da planta. Além de atender às necessidades de mensuração dos gastos e retorno sobre investimento da empresa, a simulação mostrou a efetividade do uso do sistema no subsídio à tomada de decisão sobre investimentos relativos às metas do TPM e da própria gestão da empresa.

PALAVRAS-CHAVE: TPM; Decisão Financeira; Manutenção Autônoma; SAD.

OLIVEIRA, Francisco de Paula. **Proposal of Decision Support System (DSS) for investment in Total Productive Maintenance.** 2014 (NNN f.). Thesis (Production Engineering Doctorate), College of Engineering, Architecture and Urbanism, Methodist University of Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste, São Paulo, Brazil.

Abstract

Competition and targeting for profit lead to structural changes and compliances directed to businesses. Among them, is to more and more keep factory function and conditions required for the maximum usage. This research proposes to build a Decision Support System (DSS) for investment in Total Productive Maintenance. An extensive literature search was performed dealing with TPM concepts, forms and formulas to reach zero breakdown, zero loss and constant improvement in Overall Equipment Effectiveness – OEE. An applied research of quantitative approach was performed, seeking corporate finance techniques, specifically about Strategic Profit Model (Dupont) and Economic Value Added – EVA™ model developed by “Stern Stewart & Co.” for basing, justification and creation of the DSS. With the variables involved, coming from production engineering, economics and finance, hypotheses and proposed problems resolutions were explored, increasing the borders of knowledge up to then applied, from an innovative punctuation criteria used to evaluate the efficiency of the Autonomous Maintenance pillar, through control audit. DSS allows previously and during the implementation of TPM to check the reflexes of OEE and economic-financial results in the several alterations and combinations of possible variables involved in manufacturing. The results presented in hypothetical study show that DSS allows the measuring and forecast of possible results in several levels and efficiency of the plant, including different forms of losses, and renunciation of possible incomes and gains that could occur through inefficiency and ineffective plant management. It also suffices the needs to measure expenses and returns over investments of the company, the simulation showed the effectiveness of the system on subsidized decision making as to when and how much to invest on targeted TPM and the management of the company itself.

Key-words: TPM; Financial Decision Making; Autonomous Maintenance; DSS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo conceitual: a manutenção e o lucro das empresas (ALSYOUF, 2007)	45
Figura 2: Ferramenta de gerenciamento de desempenho, EVA® (BAHRI <i>et al.</i> , 2011).....	54
Figura 3: Estimativa de implantação da MA para os dez anos	88
Figura 4: Comparativo da evolução dos escores da MA e o OEE	89
Figura 5: Evolução do Giro dos Ativos Operacionais	95
Figura 6: Evolução do Giro dos Investimentos	96
Figura 7: Evolução do Giro do Patrimônio Líquido	97
Figura 8: Gráfico da Projeção do OEE e Faturamento Bruto.....	102
Figura 9: Evolução da MA e Faturamento	104
Figura 10: Projeção de Melhorias de MA e TPM e Vendas	105
Figura 11: Projeção de melhorias da MA e TPM e Lucro Operacional	106
Figura 12: Projeção de melhorias de MA e TPM e Lucro Líquido	107
Figura 13: Evolução dos Custos Manutenção s/ Faturamento	108
Figura 14: Evolução dos Custos Operacionais Totais \$ e %	109
Figura 15: Evolução %dos Custos sobre Vendas.....	109
Figura 16: Gráfico de Evolução do ROA com e sem TPM.....	110
Figura 17: Gráfico de Evolução do ROI com e sem TPM	111
Figura 18: Gráfico de Evolução do ROE com e sem TPM.....	112
Figura 19: Gráfico da Evolução do EVA® com e sem TPM.....	113
Figura 20: Gráfico da Evolução MVA® com e sem TPM.....	113
Figura 21: Evolução do Valor de Mercado da Empresa	114

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Fatos emblemáticos da indústria automobilística ocidental	7
Quadro 2: Fatos emblemáticos da indústria automobilística japonesa	8
Quadro 3: Evolução da Manutenção	13
Quadro 4: Os Seis padrões de falha – por Moubray	16
Quadro 5: Perdas operacionais ligadas aos equipamentos.....	22
Quadro 6: TPM, fases, passos e pilares.....	36
Quadro 7: TPM: Passos e pontos chave	37
Quadro 8: TPM: Pilares e principais metas	38
Quadro 9: Manutenção Autônoma: etapas e itens de avaliação	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Custo da Manutenção pelo faturamento bruto da empresa...	20
Tabela 2: Eficiência Global do Equipamento – OEE	23
Tabela 3: Relação entre os benefícios do 5S e os oito pilares do TPM	39
Tabela 4: Estrutura e custo (WACC) de capital - EVA®	55
Tabela 5: Resultado Operacional e Valor de Mercado	56
Tabela 6: Pontuação via Manutenção Autônoma por equipamento	66
Tabela 7: Pontuação: Eficiência de Auditoria por Etapa e Tópicos MA .	68
Tabela 8: Pontuação da Manutenção Autônoma Mensurando.....	72
Tabela 9: Pontuação da Manutenção Autônoma – Etapa 7	73
Tabela 10: Resultado operacional	75
Tabela 11: Custos operacionais totais.....	75
Tabela 12: Lucro operacional	76
Tabela 13: Giro e ROA dos ativos patrimoniais operacionais.....	76
Tabela 14: Giro e ROI dos investimentos	77
Tabela 15: Giro e ROE do Patrimônio Líquido	77
Tabela 16: Agregação de Valor	78
Tabela 17: <i>Caput</i> do <i>check-list</i> – tópicos de avaliação	80
Tabela 18: Evolução do escore de eficiência da MA	84
Tabela 19: Previsão de pontos e OEE para os próximos 10 anos	85
Tabela 20: Cronograma das metas de implantação da MA.....	87
Tabela 21: Projeção de Produção, vendas, custos e OEE	91
Tabela 22: Previsão dos Custos Operacionais Totais.....	92
Tabela 23: Custos de manutenção com implantação do TPM	93
Tabela 24: Impactos do TPM no ROA.....	94
Tabela 25: Impactos do TPM no ROI	96
Tabela 26: Impactos do TPM no ROE via Lucro Líquido.....	97
Tabela 27: Impactos do TPM na Agregação de Valor	98
Tabela 28: Previsão da implantação da MA por etapas para 10 anos	101
Tabela 29: Projeções com e sem implantação do TPM	103
Tabela 30: Projeções do Lucro Operacional com e sem TPM.....	106
Tabela 31: Projeções do Lucro Líquido com e sem TPM	107

LISTA DE ABREVIATURAS

AU	<i>Asset Utilization</i>
AV	Análise de Valor
BSC	<i>Balanced Scorecard</i>
CAPM	<i>Capital Asset Price Model</i>
CC	<i>Cost Control</i>
CLD	<i>Cause Loop Diagram</i>
CPC	Comissão de Pronunciamento Contábil
CSLL	Contribuição Social sobre Lucro Líquido
EBTIDA	Earnings before Interest Taxes Depreciation and Amortization
EM	<i>European Model</i>
EV	Engenharia de Valor
EVA®	<i>Economic Value Added</i>
EUA	Estados Unidos da América
FDC	Fluxo de Caixa Descontado
FLC	Fluxo Livre de Caixa
FMEA	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i>
FMECA	<i>Failure Mode, Effects and Criticality Analysis</i>
HSE	<i>Health, Safety and Environment</i>
IASB	<i>International Accounting Standards Board</i>
IR	Imposto de Renda
IDO	Índice de Disponibilidade Operacional
IPO	Índice de <i>Performance</i> Operacional
IQ	Índice de Qualidade
JIT	<i>Just-in-Time</i>
JIPM	<i>Japan Institute of Plant Maintenance</i>
Ke	Custo do Capital Próprio
Ki	Custo do Capital de Terceiros
KPI	<i>Key Performance Indicators</i>
LAJIR	Lucro antes dos Juros e Imposto de Renda
MA	Manutenção Autônoma
MCT	Mobile and Collaborative Technologies
MDT	<i>Mean Down Time</i>
MP	Manutenção Preventiva
MPIs	<i>Maintenance Performance Indicators</i>

MPM	<i>Maintenance Performance Measurement</i>
MTBF	<i>Mean Time between Failures</i>
MTBM	<i>Mean Time between Maintenance</i>
MTTR	<i>Mean Time to Repair</i>
MTTRactive	<i>Mean Time to Repair Active</i>
MV	<i>Market Value</i>
MVA®	<i>Market Value Added</i>
NOPAT	<i>Net Operating Profit after Tax</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
ORE	<i>Overall Resource Effectiveness</i>
OWEE	<i>Overall Weighting Equipment Effectiveness</i>
PE	Produção Efetiva
PE	Passivo Exigível
PEE	<i>Production Equipment Effectiveness</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PL	Patrimônio Líquido
PLA	Patrimônio Líquido Ajustado
PMO	<i>Preventive Maintenance Optimization</i>
PMS	<i>Performance Measurement System</i>
PPGEP	Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
PUC	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
QA	Qualidade Assegurada
RA	<i>Resource Allocation</i>
RCM	<i>Reliability Centered Maintenance</i>
ROA	<i>Return on Assets</i>
ROBa	Receita Operacional Bruta Ajustada
ROB	Receita Operacional Bruta
ROE	<i>Return on Equity</i>
ROI	<i>Return on Investment</i>
RROI	<i>Residual Return on Investment</i>
RSI	Retorno sobre Investimento
R(t)	Intervalo de Tempo de Confiabilidade
SAD	Sistema de Apoio à Decisão
SMRP	<i>Society for Maintenance and Reliability Professionals</i>
SPM	<i>Strategy Profit Model</i>

STP	Sistema Toyota de Produção
TC	Tempo Cíclico (teórico)
TO	Tempo de Operação
TRF	Troca Rápida de Ferramental
TOC	<i>Theory of Constraints</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TQC	<i>Total Quality Control</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
UNIMEP	Universidade Metodista de Piracicaba
VBM	<i>Vibration-Based Maintenance</i>
VDM	Value Driven Maintenance
VEA [®]	<i>Value Economic Added</i>
WACC	<i>Weight Average Cost of Capital</i>
WWW	<i>World Wide Web</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.3	Objetivos.....	5
1.4	Delimitações do Trabalho	5
1.5	Estrutura do Trabalho	6
2	REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1	Histórico da Indústria Automobilística.....	7
2.2	A Função Manutenção.....	11
2.2.1	Evolução das Atividades de Manutenção	12
2.2.2	A manutenção e a eficiência da planta – OEE	20
2.3	Manutenção Produtiva Total – TPM	31
2.3.1	Gerenciamento, Planejamento, Implantação e Mensuração do TPM.....	35
2.3.2	Manutenção Autônoma.....	39
2.4	Planejamento Econômico-Financeiro Focado na Lucratividade	44
2.4.1	Método Estratégico de Rentabilidade – SPM	45
2.4.2	Mensuração da Criação de Valor – EVA® e MVA®	49
2.5	Respaldo Teórico para a Proposta do SAD.....	57
3	MÉTODOLOGIA DE PESQUISA	61
3.1	Enquadramento Metodológico do Trabalho.....	62
4	O SISTEMA DE APOIO À DECISÃO - SAD	64
4.1	Os Pressupostos e Embasamentos do SAD	65
4.2	Estruturação do SAD para Mensuração da MA.....	65
4.3	A Mensuração dos Resultados Econômico-Financeiros pela OEE	74
5	VERIFICAÇÃO	80
5.1	Verificação da proposta – módulo de engenharia	80
5.2	Verificação do módulo econômico-financeiro	90
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	100
6.1	Resultados e discussões - renúncias de receitas.....	100
6.2	Resultados e discussões por ganhos operacionais.....	108
7	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	115
7.1	Sugestões para Trabalhos Futuros	122
	REFERÊNCIAS.....	123
	APÊNDICES	133

1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais, há maior demanda por decisões assertivas, por conhecimento, por competências, por criatividade, por negócios sustentáveis, por superação das expectativas dos envolvidos; os clientes querem se sentir donos das empresas, sendo preciso conquistá-los a cada dia. Não há espaço para erros e desperdícios (KOTLER e KELLER, 2012).

A estrutura atual dos negócios tem mudado rapidamente, gerando muita incerteza e, nesse ambiente, força as empresas, em especial as pequenas e médias, a reverem seus processos e práticas para sobreviver no mercado (BAHRI *et al.*, 2011).

Manter a fábrica na funcionalidade requerida, em condições de uso, confiável e dentro das especificações, capaz de receber e entregar no prazo, com a quantidade e a qualidade exigidas são, muitas vezes, problemas para os gestores (HANSEN, 2001; LAD e KULKARNI, 2013).

Competição e direcionamento para os lucros estão forçando companhias a implementar vários esforços para melhoria da produtividade. A implementação da Manutenção Produtiva Total (TPM – *Total Productive Maintenance*) tem levado a avanços significativos em termos de produtividade dos equipamentos (HUANG *et al.*, 2002).

Apesar de muitas empresas terem obtido grandes melhorias na produtividade, há ainda grande potencial para melhor utilização de suas máquinas e muito espaço para melhorar suas metas de produtividade. Uma das formas de se avaliar o nível de eficácia da utilização dos recursos produtivos é pela medição do OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) (HANSEN, 2001).

Ahmed (2013) comenta e questiona que algumas organizações reportam o baixo desempenho da planta, refletido em seu OEE, por problemas nas vendas, pois o ritmo de produção está ligado à demanda do cliente (*Takt Time*). No entanto, na maioria das vezes, o desempenho da planta está ligado a paradas de produção por quebra de máquinas, ou seja, pela baixa

disponibilidade das instalações. Assim, cada vez mais, os gestores das fábricas são cobrados por redução dos desperdícios e, simultaneamente, chamados a melhorar seus critérios de manutenção, principalmente na escolha dos equipamentos críticos e com maior probabilidade de falhas, levando-os ao desenvolvimento e utilização de novas formas de apoio, como aquelas inerentes ao programa de Manutenção Produtiva Total (SHETTY *et al.*, 2009).

Os planos de manutenção passam a ser pulados, não realizados, ficam para depois, sujeitando máquinas e equipamentos a quebras frequentes; logo, as entregas atrasam, os pedidos diminuem e perdem o ritmo, os compromissos financeiros com fornecedores vencem e os clientes atrasam, o caixa zera e os empréstimos sobem, dentre outros fatos negativos (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

Kumar *et al.* (2013) comentaram que, por muito tempo, a manutenção foi conduzida por seus próprios trabalhadores e sem parâmetros ou padrões. A manutenção de equipamento era desorganizada, sem pressa para a máquina ou equipamento voltar a trabalhar. Com a implementação dos conceitos sobre finanças e segurança, as coisas começaram a mudar, o foco mudou, a meta passou a ser: manter o equipamento funcionando ou fazê-lo voltar a funcionar o mais rápido possível. Com a economia globalizada, os desafios passam pela necessidade de uma planta mais disponível. Os mercados passam por expansão, independentemente do país de origem, e as compras de indústrias, de equipamentos de produção e aquisições de empresas de mesmo setor passam a exigir o máximo da capacidade e disponibilidade da empresa. Além da preocupação em se manter dentro dos parâmetros de disponibilidade, um dos desafios passa a ser a obtenção de melhores resultados. E quando a empresa passa a otimizar seus custos, questionam-se também os custos de manutenção.

Os negócios, as atividades, os processos, as operações e os produtos são comuns; são raros os negócios únicos e mais raros ainda os negócios que perpetuam; o que vai fazer a diferença entre o sucesso e o fracasso serão as competências e as atitudes nas tomadas de decisão (PORTER, 2005).

Se, com a evolução dos negócios, é possível fazer mais com menos, logo, o que se fez até então contava com muito desperdício. Os recursos são finitos e as pessoas querem viver mais; é preciso tomar decisões certas, ou errar menos; os tomadores de decisão nas empresas não conseguem fugir dessa realidade, precisam otimizar os recursos, adotar as medidas certas; precisam tomar decisões colegiadas com multidisciplinaridade e – talvez até seja correto dizer – “errar menos” (CAMPOS, 2009).

Ganhar vantagem competitiva durável em um ambiente de competição crescente e globalizado e ampliar a função de lucratividade no longo prazo da organização levam seus gestores a se concentrarem mais na matriz de atividades. Da Silva *et al.* (2008) comentaram que, nessas atividades, todas as políticas, individualmente ou combinadas, levam à confiabilidade e à disponibilidade dos sistemas e equipamentos, os quais levam à redução de custo. Watts *et al.* (2009) comentaram que, para tomar decisão em um contexto de grande volume e ao mesmo tempo de alta complexidade de informação, torna-se um desafio mantê-las com alto nível de gerenciamento.

Um comprovado método de gestão para atingir esses desafios é a Manutenção Produtiva Total ou TPM (ESWARAMURTHI e MOHANRAM, 2013). O modelo de gestão de planta da Manutenção Produtiva Total integra esse leque de decisões estratégicas empresariais sustentáveis, que usam efetivamente os recursos e, em especial, os equipamentos de produção para alavancar ganhos expressivos de produção, lucratividade e satisfação dos envolvidos, otimizando o investimento em ativos existentes, evitando a aquisição desenfreada de novos equipamentos, expansão ou construção de nova fábrica.

Os desafios para os gestores de empresas são grandes e constantes; não são raras as vezes que a demanda pelos produtos aumenta e atinge o limite de capacidade da produção atual; a empresa recorre, então, às horas extras, à dobra de turno, ao sacrifício do time de operadores e dos equipamentos, acompanhados da falta de execução dos planos de manutenção, levando a quebras de equipamentos estratégicos com as consequentes perdas. Uma alternativa é recorrer à expansão da fábrica ou

implantar outra, que vem acompanhada de demandas por tempo, capital e competência, recursos escassos e custosos que precisam ser bem aproveitados, além de outros recursos como projeto, espaço físico, *layout*, movimentação, planos, previsão, orçamento, etc. É nessa direção que este trabalho de pesquisa aponta, propondo responder de forma assertiva ao problema de identificação de um sistema que possa subsidiar a decisão multidisciplinar na empresa sobre a implantação do TPM, mensurando a disponibilidade e o desempenho dos equipamentos e a qualidade dos seus produtos (OEE), bem como seus reflexos econômico-financeiros na rentabilidade, fluxo de caixa e valor de mercado.

1.1 Problema de Pesquisa

O propósito deste trabalho é desenvolver um método de verificação dos resultados da implantação do modelo TPM, **estabelecendo um novo critério de medição, via auditoria de avaliação de nível de implantação da Manutenção Autônoma, que é o mais importante e característico pilar do modelo, e também passível de previsão e mensuração das rentabilidades econômico-financeiras das estratégias de gestão com utilização do TPM, através do Modelo Estratégico de Rentabilidade ou modelo Dupont e do Modelo da Stern Stewart & Co.**

Hipóteses

- A. Existe a possibilidade de se fazer uma mensuração dos gastos com produção e manutenção e extrair conclusões precisas quanto ao retorno sobre os ativos e sobre os investimentos.

- B. Existe a possibilidade de se fazer uma mensuração dos gastos com produção e manutenção e extrair conclusões precisas quanto à sua agregação de valor à empresa e aos investidores.

C. O valor da empresa está diretamente ligado à forma de gestão e ao seu capital intelectual.

1.3 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é propor e testar um Sistema de Apoio à Decisão que subsidie os gestores no investimento em Manutenção Produtiva Total, especificamente no Pilar de Manutenção Autônoma.

Como objetivos secundários, destacam-se:

- ✓ Estudar as principais técnicas de operação e manutenção utilizadas na Manutenção Produtiva Total – TPM e sua contribuição para o aumento da eficiência e eficácia das instalações e demais recursos produtivos;
- ✓ Avaliar a apropriação de técnicas utilizadas na apuração de custos das áreas de produção e manutenção;
- ✓ Subsidiar a mensuração e gerenciamento dos impactos das intervenções, gastos e retornos nos diversos níveis ou estágios de implantação da Manutenção Autônoma, um dos principais pilares do TPM.

1.4 Delimitações do Trabalho

Considerando a amplitude do tema Manutenção Produtiva Total e a proposta de criar uma nova forma de sua mensuração, em termos de investimento em técnica de engenharia de produção e manutenção, e simultaneamente diagnosticar, prognosticar e analisar os diversos reflexos em termos econômico-financeiros, este trabalho na busca do atingimento dessas propostas, restringiu-se a fazê-lo em um dos oito pilares do TPM, a Manutenção Autônoma, **considerado seu mais importante e característico**

pilar. Para futuros trabalhos, seria interessante aproveitar a propositura deste para evoluir para outras formas de se chegar na mensuração (OEE) do TPM.

1.5 Estrutura do Trabalho

Além deste capítulo introdutório, no Capítulo 2 é feita a revisão bibliográfica. São pesquisados a história da indústria, em especial a automobilística; a função manutenção nas organizações; o TPM e a MA; e o planejamento econômico-financeiro com as análises via ROA, ROI, ROE e VEA[®] e MVA[®].

O Capítulo 3 apresenta o enquadramento da pesquisa; é apresentada a proposta do Sistema de Apoio à Decisão – SAD, sujeito principal deste trabalho, bem como seus pressupostos, além da estruturação e mensuração do módulo de engenharia e do módulo econômico-financeiro do SAD.

No Capítulo 4, são apresentadas as justificativas, propostas, fundamentações, verificações e análise dos resultados do módulo de engenharia e do módulo econômico-financeiro do SAD.

No Capítulo 5, são expostas as análises dos resultados da proposta do SAD, bem como as discussões apresentadas pelo autor.

No Capítulo 6, são apresentadas as considerações finais, conclusões e sugestões para trabalhos futuros envolvendo o SAD.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, é apresentado um breve histórico da indústria automobilística que tanto influenciou e influencia as indústrias com suas evoluções em termos de tecnologia e em gestão. Foram pesquisadas as técnicas orientais de gestão industrial que evoluíram para o Sistema Toyota de Produção (STP), uma filosofia de trabalho que evolui com contribuições do mundo empresarial e acadêmico. A seguir, apresenta-se o modelo de gestão da “Manutenção Produtiva Total” (*Total Productive Maintenance – TPM*), com foco na Manutenção Autônoma, um de seus oito pilares e objeto deste trabalho. Para completar as pesquisas que corroboram a proposta deste trabalho, são levantados estudos sobre dois modelos de controle e métrica de gestão econômico-financeira: o Modelo Estratégico de Rentabilidade (SPM) e o modelo de medição de Agregação de Riqueza e Valor da *Stern & Stewart* por EVA® e MVA®.

2.1 Histórico da Indústria Automobilística

Pode-se dizer que a indústria automobilística é o berço de algumas das diversas técnicas e tecnologias de gestão do mundo atual, onde se inclui o TPM. No Quadro 1, são apresentados alguns destaques que marcaram a evolução da indústria automobilística no mundo ocidental.

Quadro 1: Fatos emblemáticos da indústria automobilística ocidental

1886	Karl Benz	Invenção do automóvel, patente “veículo Benz motorizado e patenteado” ao público na Alemanha.
1903	Ford Company	Implementação de plataformas de montagem, modelo A, sobre as quais um carro inteiro era construído, geralmente por um só ajustador.
1908	Henry Ford	Inicia-se o Modelo T, vigésimo projeto da Ford, que o proprietário era capaz de dirigir-lo e consertá-lo. Suas peças eram facilmente intercambiáveis, o que lhe deu o título de produção em massa. Ford insiste na utilização de sistema de medidas para todas as peças.
1913	Henry Ford	O ciclo de tarefa médio do montador da Ford havia caído de 514 para 2,3 minutos. A nova fábrica Highland Park tinha linha de montagem móvel.
1920	Henry Ford	Atinge-se o pico de 2 milhões de veículos iguais num ano e redução de mais de 67% do custo real para o consumidor – o Modelo T custava US\$ 260,00.
1950	Daimler-Benz (Mercedes)	Indústrias artesanais europeias como a Mercedes também entram para a produção em massa.
1955	Ford, GM, Chrysler	Responsáveis por 95% das vendas de automóveis no mundo. 7 milhões de veículos vendidos nos EUA; o presidente Sloan se aposenta após 35

		anos de GM; inicia-se a queda de produção de veículos pela indústria americana.
1950-1970	Indústrias Europeias	Aproveitam os baixos salários e colhem sucesso nos mercados estrangeiros entre início dos anos 1950 a meados de 1970, com inovações como tração dianteira, freios a disco, injeção a gasolina, carrocerias, monobloco, câmbio de 5 marchas, melhores motores de menor peso.
1950-1970	Indústria Americana	Desenvolvimento em conforto como direção hidráulica, ar-condicionado, som <i>estéreo</i> , câmbio automático e potentes motores.
1973	Indústria Americana	Crise mundial do petróleo compromete a indústria automobilística de Detroit.

Fonte: Adaptado de Chiavenato (2003), Robbins (2003) e, Womack e Jones (2004)

Desde que Karl Benz, em 1886, recebeu a patente pelo “veículo Benz motorizado e patenteado”, a indústria automobilística é destaque na evolução das indústrias.

O Quadro 2 apresenta a evolução da indústria automobilística japonesa, berço do STP. Womack *et al.* (2004), Shingo (1996), Ohno (1997), Shimokawa e Fujimoto (2011), Takahashi e Osada (1993) e Liker e Meier (2007) comentam que, em 1950, após crise financeira e com problemas com recursos humanos na Toyota, surge a produção enxuta, numa época em que o governo japonês tinha a intenção de ter entre duas ou três grandes indústrias automobilísticas com produção em massa.

Quadro 2: Fatos emblemáticos da indústria automobilística japonesa

1891	Sakichi Toyoda	Patenteia o tear (<i>loom</i>) automático no Japão.
1910	Sakichi Toyoda	Cria a Toyoda Spinning and Weaving Co. Ltd., base para a Toyota Motor Co. Ltd.
1924	Sakichi Toyoda	Toyoda Model G Automatic Loom vendida em 1929 para Platt Brothers.
1937	Kiichiro filho de Sakichi Toyoda	Nasce a Toyota Motor Co. Ltd. e produz o primeiro protótipo de automóvel.
1950	Toyota Motor Co. Ltd.	Eiji Toyoda e Taiichi Ohno (gênio da produção) concluem que, no Japão, a produção em massa não funcionaria; nasce, assim, o Sistema Toyota de Produção, chamado de produção enxuta.
Década 1950	Toyota Motor Co. Ltd. (por Taiichi Ohno)	Proposta do TPS ou produção enxuta com foco em rendimentos e qualidade.
1971	Nippon Denso Co. Ltd.	Apresenta-se na prática o sistema de Manutenção Produtiva Total – TPM

Fonte: Adaptado de Toyota (2013), Shimokawa e Fujimoto (2011) e Womack e Jones (2004)

Após visitas às indústrias americanas, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno abandonam aquela forma de produção exigida pelo governo, passando a produzir na sua própria forma – Sistema Toyota de Produção (*Toyota Production System* – TPS) ou Produção Enxuta –, com as seguintes características, apontadas por Shimokawa e Fujimoto (2011):

- Menor demanda por maquinário (prensas e outros equipamentos), que leva ao baixo uso de capital em ativo fixo;
- Implantação da troca rápida de ferramental – TRF (em até 9 minutos);
- Produção em pequenos lotes;
- Baixo estoque e baixa necessidade de capital de giro (2 horas ou menos);
- Detecção imediata de defeitos na célula de trabalho;
- Trabalho em equipes com líderes para conjunto de tarefas – células;
- Tarefas de limpeza, pequenos reparos de ferramentas e controle de qualidade feitas por operadores, o que mais tarde (em 1971) recebe o nome de Manutenção Autônoma, um dos oito pilares do TPM;
- Horário periódico para sugestão em conjunto para melhorias *Kaizen*; o trabalhador tem autorização para parar a linha de produção em caso de problema;
- Os trabalhadores são estimulados a apresentar sugestões para a solução do problema;
- Uso da técnica dos “5 porquês” para detectar solução e sugestão para o problema;
- Redução de defeitos e aumento de ganhos de qualidade.

A produção mista é a chave do balanceamento da produção e do estoque zero, ajustando as capacidades excedentes e a rejeição ao estoque. Shingo (1996), também um dos fundadores do STP, comenta que o estoque zero é pré-requisito e, assim, questiona constantemente como ajustar as capacidades excedentes sem perder o foco de satisfazer a condição ideal de estoque zero. Para evitar erros nos movimentos e fixação incorreta de peças na máquina ou não fixação de peças, este autor sugere a combinação de operações que exijam movimentos semelhantes; a instalação de dispositivos de *Poka-yoke*, que tornem impossível a realização de movimentos errados, que

previnam a má ou não fixação de peças nas máquinas; a combinação de modelos de uso de processos de dispositivos e ferramentas comuns; e, na sequência, a utilização de ferramentas múltiplas e métodos de um único toque para trocar ferramentas e matrizes.

Womack *et al.* (2004) e Shingo (1996) abordam a importância da Rede de Fornecedores na produção enxuta, uma vez que, na montagem final no TPS, as tarefas representam cerca de 15% do processo de fabricação total. A maior parte do processo envolve o projeto e fabricação de 10 mil peças distintas e sua montagem em torno de 100 grandes componentes como sistema de direção, suspensões, transmissões, motores, dentre outros. Para isso, a Toyota organiza seus fornecedores em níveis funcionais, independente de relação legal ou formal com a montadora:

- Primeiro nível – primeira camada de fornecedores: participava integralmente do desenvolvimento do novo produto, inclusive da troca de ideias entre si, buscando compartilhamento de informações e benefícios mútuos.
- Segundo nível – fornecedores de peças individuais: formado pelos fornecedores de primeiro nível e a eles vinculados; eles não competem entre si e são agrupados em associações de fornecedores para troca de experiência e informações de avanços de técnicas de fabricação.

Para fazer as primeiras instalações da Toyota nos EUA, Liker e Meier (2007) comentam que havia dúvidas quanto ao sistema de fornecedores; com a pressão do governo local, a Toyota se viu impulsionada a desenvolver um sistema que se aproximasse do modelo de relação com fornecedores do Japão. Mesmo com os sistemas rigorosos de avaliação, o TPS proporciona um ambiente de comunicação aberto e confiante; evita simplesmente soluções de comportamento cooperativo breve e respostas de curto prazo, parceria compassiva ou indulgente; ao contrário, estimula a parceria de justiça, de altas expectativas e de desafio com eventos-chave.

O STP equivale ao TQC e ao seu princípio zero defeito – trata-se da mesma abordagem básica, diz Taiichi Ohno (1984). Ohno comenta que o TPS tem dois pilares: um é o *jidoka* – “gerar trabalho com defeitos não é nossa meta”, e o outro *just-in-time* – “na hora certa”. O STP demonstra ser uma potente estratégia de competição e tem como objetivo central capacitar a organização para responder com rapidez às constantes flutuações de demanda e alcançar efetivamente as dimensões da competitividade: flexibilidade, custo, qualidade, atendimento e inovação. O STP é um *benchmarking* no campo da Engenharia de Produção, desenvolvido a partir de uma teoria geral de produção e testagem empírica da teoria via uma lógica de tentativa e erro (SHIMOKAWA e FUJIMOTO, 2011).

Shingo (1986), cofundador do STP, explica que a busca exaustiva nos Mecanismos da Função de Produção e de Perdas deu origem ao STP, cujo mecanismo foi apresentado pela primeira vez em 1945 em um encontro técnico da Associação Japonesa de Gerenciamento (*Japan Management Association*). O STP propõe que os sistemas de produção constituam uma rede funcional de processos e operações, isto é, fluxo de materiais ou serviços no tempo e no espaço, e uma análise da ativação das pessoas e equipamentos disponíveis no tempo e no espaço, porém em dois eixos distintos. Foi rompida a visão hegemônica de Taylor e Ford, que tratavam processos e operações no mesmo eixo de análise. O STP desenvolveu uma sistemática abrangente de análise das perdas nos sistemas produtivos, que visa a eliminar os custos desnecessários – princípios do não custo –, priorizando as melhorias na função processo via eliminação contínua e sistemática das perdas nos sistemas produtivos.

2.2 A Função Manutenção

Estrategicamente, o objetivo da manutenção é assegurar a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações a fim de atender a um processo de produção ou serviço, com segurança, confiabilidade, preservando o meio ambiente e a custos adequados. A função manutenção

está ligada às capacidades diferenciadoras da empresa, assim como às demais estratégias que passaram e passam por evolução (ASSAF NETO, 2010).

2.2.1 Evolução das Atividades de Manutenção

Toda manutenção busca maior disponibilidade e confiabilidade, e considerando que apresenta uma sequência evolutiva, os últimos tipos são cada vez mais utilizados e efetivos. À medida que se evolui no tipo de manutenção utilizada, haverá maior disponibilidade e confiabilidade do equipamento, melhoria do atendimento e na segurança e preservação ambiental, além da motivação da equipe, e a médio e longo prazos, esses fatores serão acompanhados de otimização de custos (SACHDEVA *et al.*, 2008; DUNN, 2009; SMITH, 2011).

Sachdeva *et al.* (2008), Dunn (2009), Moubray (2000) e Smith (2011) contribuem para a classificação da manutenção segundo suas formas e temporalidade da intervenção:

- Manutenção Corretiva Não Planejada: recolocação da função requerida após uma pane e sem planejamento;
- Manutenção Corretiva Planejada: ação planejada em função de inspeção ou acompanhamento preditivo;
- Manutenção Preventiva: medida prévia à possível falha tomada em situação normal de operação, em intervalos predeterminados, leva à tranquilidade operacional produtiva assegurando a continuidade do funcionamento e a maior facilidade para cumprir os programas de produção;
- Manutenção Preditiva: técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão para reduzir a um mínimo a manutenção preventiva e orientar a manutenção corretiva;
- Manutenção Detectiva: atuação em sistemas de proteção, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis aos operadores;

- Engenharia de Manutenção: atualização técnica da equipe de execução e operação por intermédio de cursos e palestras, qualificando-os; inclui desenvolvimento de fornecedores e materiais, equipamentos e serviços, buscando qualidade e custo adequado, além do aumento da confiabilidade.

O Quadro 3 apresenta o histórico e as características de manutenção em suas diversas gerações.

Quadro 3: Evolução da Manutenção

EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO									
Geração	Primeira Geração		Segunda Geração		Terceira Geração		Quarta Geração		
Ano	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	
Aumento das expectativas em relação à Manutenção	. Conserto após a falha		. Disponibilidade crescente		. Maior confiabilidade		. Maior confiabilidade		
			. Maior vida útil do equipamento		. Maior disponibilidade		. Maior disponibilidade		
					. Melhor relação custo-benefício		. Preservação do meio ambiente		
					. Preservação do meio ambiente		. Influir nos resultados do negócio		
							. Gerenciar o ativos		
								. Gerenciar riscos, identificar altas consequências e de baixa possibilidade	
								. Gerenciar pessoas para estimar riscos	
Visão quanto à falha do equipamento	. Todos os equipamentos se desgastam com a idade e, por isso, falham		. Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira		. Existência de 6 padrões de falhas (Nowlan & Heap e Moubray)		. Reduzir drasticamente falhas prematuras dos padrões A e F (Nowlan & Heap e Moubray)		
Mudança nas técnicas de Manutenção	. Habilidades voltadas para o reparo		. Planejamento manual da manutenção		. Monitoramento da condição		. Aumento da Manutenção Preditiva e Monitoramento da Condição		
			. Computadores grandes e lentos		. Manutenção Preditiva		. Minimização nas Manutenções Preventiva e Corretiva não Planejada		
			. Manutenção Preventiva (por tempo)		. Análise de risco		. Análise de Falhas		
					. Computadores pequenos e rápidos		. Técnicas de confiabilidade		
					. Softwares potentes		. Manutenibilidade		
					. Grupos de trabalho multidisciplinares		. Engenharia de Manutenção		
					. Projetos voltados para a confiabilidade		. Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e Custo do Ciclo de vida		
					. Contratação por mão de obra e serviços		. Contratação por resultados		

Fonte: Evan e Manion (2002)

No foco das Expectativas Crescentes de Manutenção da chamada Quarta Geração, proposta por Evan e Manion (2002) e comentada por Dunn

(2009), aponta-se para problemas associados com os tipos de abordagem e que passam também por falhas em identificar todos os fatores de risco:

- As incertezas com os modelos dos sistemas, especificamente com dados e baixa frequência dos eventos;
- Relacionar causas e efeitos, muitas vezes não perceptíveis;
- Incertezas devido a fatores humanos, muitas vezes de difícil modelagem, e raramente previsíveis;
- Complexidade e interligações – entre os componentes dos sistemas não integrados a qualquer modelo de sistema de falha;
- Valor da Vida – o problema moral fundamental no apontar o valor monetário da vida humana.

Pela dificuldade de estabelecer, conhecer, levantar e avaliar a relação de causa e efeito, por mais sofisticados que sejam os sistemas, em especial quando envolvem seres humanos, há a tendência de subestimar os riscos associados com consequências certas de baixa previsibilidade de eventos. Dunn (2010) comenta que é prudente manter um nível alto de conhecimento dos riscos, aproveitar experiências e desenvolver capacidades como resiliência, para perceber e voltar diante de erros inevitáveis e transformar a cultura organizacional. Dunn (2010) afirma, ainda, ser necessário criar percepções e precauções para o risco, além de usar proteções rígidas como automatizar aspectos de segurança utilizando-se as mais diversas ferramentas e artifícios.

Sob o foco das Mudanças de Visão da Falha do Equipamento, proposto por Moubray (2000) na Quarta Geração, cita a proposta de atentar para dois importantes aspectos sobre os gráficos de comportamento. O primeiro aspecto é que se observa que 50% das falhas estão ligadas às falhas no início do uso ou experiências do equipamento (*early-life failures*). Não questionando os padrões, observam-se três tipos de fenômenos ou erros: Humanos, Sistemas e de Projeto. Os Erros Humanos são explicáveis devido às funções de reparo e reposição que não são suficientemente completadas por pessoas com o devido conhecimento ou habilidade para o desempenho requerido. Nos Erros de

Sistemas, o equipamento é retornado após os serviços de manutenção de alto risco, sem ter a peculiar inspeção ou teste. Já no Erro de Projeto (*Design Error*), a capacidade do componente retornado é também para o desempenho aquém do esperado, conseqüentemente falha durante e quando o alto desempenho é requisitado, isto é, as altas capacidades das demais peças resistem a todo o desempenho no lugar das outras. O segundo aspecto, dentro do foco das Mudanças de Visão da Falha do Equipamento, é o nível de conhecimento da falha do equipamento, nos moldes dos padrões de falha apontados pelos pesquisadores à época Nowlan e Heap. É também uma oportunidade de reduzir todas as probabilidades, desde um simples procedimento ou prevenção às falhas, podendo-se também, proativamente, procurar eliminar outras falhas.

Dunn (2010) aponta que a Quarta Geração de Manutenção passa pela meta de revisão geral do gestor de manutenção ao se fazer por redundância de manutenção. Por meio de ferramentas como Análise de Causa Raiz, pode-se identificar e eliminar causas de falhas, mas estas são largamente usadas como ferramentas reativas, antes de chamadas como ferramentas proativas. A eliminação proativa de causas de falhas requer aplicação de metodologias como:

- Assegurar que equipamentos sejam obtidos ou planejados na forma proposta e que sejam levadas em consideração as exigências de manutenção e confiabilidade do equipamento e o custo de ciclo de vida, também buscando minimizar o custo inicial de capital ou assegurar que seja abaixo do orçado;
- Assegurar que o equipamento seja operado nos limites do projeto e que necessita de um avançado nível de disciplina entre o pessoal em aderir aos padrões, manuais e procedimentos operacionais;
- Assegurar o processo adequado de gerenciamento de peças sobressalentes, em locais adequados, em que haja os devidos cuidados no transporte e no armazenamento;

- Assegurar que os devidos procedimentos de manutenção sejam feitos, os quais garantam o reparo no primeiro momento, sempre em locais rigidamente adequados.

No foco em Mudanças nas Técnicas de Manutenção de Moubray (2000), a Quarta Geração, somando-se à Terceira Geração, apresenta (DUNN, 2010):

- A monitoração das condições;
- Projeto visando à confiabilidade e à manutenibilidade;
- Estudo sobre riscos, modos de falha e análise dos efeitos (FMEA, FMECA), através de computadores pequenos e ágeis; sistemas especializados;
- Versatilidade e trabalho em equipe.

Dunn (2010) comenta que a Quarta Geração de manutenção foca primeiramente na eliminação de falhas, antes da manutenção preditiva e da manutenção preventiva, além da melhoria nas atividades de manutenção, concentrada na redução proporcional dos níveis ou tipos de falhas dos equipamentos, obedecendo aos seis padrões de falha citados por Moubray (2000), apresentados no Quadro 4.

Quadro 4: Os Seis padrões de falha – por Moubray

Padrão	Análise das curvas	Frequência Apresentada
A	Elevada ocorrência de falha no início de operação, "mortalidade infantil";	3 a 4%
B	Ocorrência de falha seguida de desgaste ao final da vida útil do equipamento	4 a 20%
C	Tendência de ocorrência lenta e gradual com o uso (erosão, corrosão e fadiga)	8 a 23%
D	Baixa probabilidade de ocorrer tão logo passe o momento inicial.	77 a 92%
E	Tendência de falha do início ao fim do ciclo de vida do equipamento	
F	Alta probabilidade inicial (mortalidade infantil), mas a probabilidade cai para probabilidade constante ou gradual	

Fonte: Moubray (2000)

A gestão de manutenção requer expansão das técnicas e profissionais da área, na escolha do equipamento e do projeto, mas também requer maior conhecimento efetivo aplicado na organização, de forma sistêmica e cultural

para busca da eliminação de falhas nos equipamentos. Comenta, ainda, que a manutenção deve mirar na eliminação de falhas, aumentando o nível de cooperação e trabalho em equipe entre Manutenção e Produção (Foco do pilar Manutenção Autônoma do TPM) e Engenharia e Suprimentos, que requer aplicações mitigantes e pessoas hábeis, buscando a boa gestão de resultados.

Parida e Kumar (2006) comentam algumas formas de mensurar o desempenho da manutenção, separando-a em eficácia externa e interna:

Como eficácia externa:

- Índice de satisfação do cliente:
 - Qualidade do serviço;
 - Pontualidade de entrega;
 - Segurança;
- Crescimento na participação de mercado.

Como eficácia interna:

- Produtividade;
- Custo por unidade;
- Habilidade e competência;
- Confiabilidade e eficiência na utilização dos recursos.

Ahrén e Parida (2009) e Helleno e Oliveira (2012) apresentam alguns indicadores de desempenho de manutenção classificados por unidade de medida (como hora, porcentagem e custos), por exemplo:

- Ativos e história de ativos (volume produzido por manutenção);
- Economia;
- Trabalho e material;
- Qualidade;
- Segurança e meio ambiente;
- Tráfego (volume);

Comentam, ainda, que outra forma de classificar os indicadores de desempenho de manutenção é através de porcentagens de gastos comparados com diferentes grupos de empresa, como:

- Custo de manutenção corretiva/custo total de manutenção incluindo renovação;
- Custo total de manutenção/volume de negócios;
- Custo de manutenção e renovação/custo de reposição de ativos;
- Custo de manutenção/metro

Parida (2007) sugere outros indicadores de desempenho de manutenção:

- Tempo de inatividade (*downtime*);
- Trocas demoradas;
- Tarefas de manutenção planejada;
- Tarefas não planejadas;
- Número de sugestões geradas;
- Treinamento e desenvolvimento de habilidades;
- Devoluções por falta de qualidade;
- Reclamações dos empregados;
- Custo de manutenção por tonelada produzida.

Alsayouf (2009) aponta que, embora cerca de 13% do tempo de serviço de manutenção seja gasto em planejamento de tarefas de manutenção que são iniciadas, principalmente, de acordo com a fabricação de equipamento original e o uso de técnicas de monitoramento de condições, cerca de um terço do tempo é gasto em tarefas não planejadas. Isso significa que existe a necessidade de uma maior adoção de conceitos de manutenção, tais como TPM e RCM, o que pode resultar na seleção correta (rentável) da política de manutenção, por exemplo, manutenção preventiva, manutenção da condição básica ou manutenção baseada nas falhas.

Emmanouilidis *et al.* (2009) sugerem que, em se tratando de gerenciamento de manutenção e de engenharia de ativos que sejam utilizados para solucionar os desafios dessas áreas, devem ser consideradas as melhorias significativas da tecnologia móvel e colaborativa (MCT). A MCT disponibiliza grande potencial de aplicação ligado a operações, instalações e processos de manutenção, com indicações claras sobre a capacidade de

apoiar a criação de redes operacionais de grande porte que funcionam em tempo real e *on-line*.

A manutenção é uma variável de estratégia. Nesse contexto, Stenstrom *et al.* (2013) propõem, a título de gerenciamento e de indicadores de desempenho, o modelo “Manutenção Direcionada pelo Valor” (VDM – *Value Driven Maintenance*), o qual utiliza quatro dimensões nos moldes do BSC (*Balanced Scorecard*) de Kaplan e Norton (1992 e 1996). As dimensões utilizadas por Stenstrom *et al.* (2013) são as propostas por Haarman e Delahay (2006), que são: utilização dos ativos (AU), alocação de recursos (RA), controle de custos (CC) e saúde, segurança e meio ambiente (HSE). Eles propõem separar e quantificar os gastos no valor presente pelo método do fluxo de caixa descontado. Trata-se de uma alternativa de estratégia de definição de indicador de desempenho. São utilizados o padrão europeu (EM 15341) e o padrão americano (SMRP, 2011) para quantificar os indicadores de *performance*. Como exemplo, o padrão EM 15341 possui 71 indicadores-chave de desempenho (KPI) que são separados em três grupos (econômico, técnico e organizacional) e em três níveis (I, II e III).

De acordo com dados publicados pela Abraman (2009), o índice de produtividade “custo total da manutenção pelo faturamento”, desenvolvido junto a mais de 140 empresas de 20 setores da economia nacional, como metalúrgico, siderúrgico, automotivo, energia elétrica, dentre outros, foi na média de 4,14%. Desses custos de manutenção, 34,25% são referentes a pessoal, 31,54% material, 24,59% serviços e 9,315 a outros itens. Já em publicação posterior da Abraman (2011), conforme comentado por Oliveira e Silva (2013), esse índice permitiu um referencial para análise da produtividade da função manutenção, e esses baixos índices, aliados à alta disponibilidade e confiabilidade, mostraram a eficácia da função, como é possível observar na Tabela 1:

Tabela 1: Custo da Manutenção pelo faturamento bruto da empresa.

Ano	Custo total da Manutenção / Faturamento bruto
2011	3,95%
2009	4,14%
2007	3,89%
2005	4,10%
2003	4,27%
2001	4,47%
1999	3,56%
1997	4,39%
1995	4,26%

Fonte: Abramam (2011) e, Oliveira e Silva (2013)

2.2.2 A manutenção e a eficiência da planta – OEE

Wireman (2009) comenta que, enquanto a maioria das iniciativas de organizações se centra sobre o processo de produção, um número crescente de iniciativas “enxutas” (*lean*) é centrado nas funções manutenção e confiabilidade dentro de uma empresa. Mansour *et al.* (2013) comentam que a eficiência global do equipamento (OEE) é a designação básica ou medição similar que é comumente usada no ambiente de manufatura.

Hansen (2001) comenta que o OEE é uma das principais medidas de global utilização das instalações. Para Zuashkiani *et al.* (2011), OEE é uma quantificação de quão eficiente e eficaz é uma empresa; os padrões de OEE são uma função da indústria e equipamentos utilizados como *benchmarks* de classe mundial na casa dos 85%, podendo variar para cada medida. Segundo OEE Home (2014), o cálculo do OEE é um teste severo; por exemplo, se todos os três fatores que contribuem são 90,0%, o OEE seria 72,9%. Na prática, os objetivos de classe mundial geralmente aceitos para cada elemento são bastante diferentes entre si e, para ser considerado como “classe mundial”, precisa estar acima de 85%, e os resultados ou parâmetros orbitam em: disponibilidade, 90,0%; desempenho, 95,0%; e qualidade: 99,9%.

Para Nakajima e Gábor (1988), Anvari *et al.* (2010) e Reyes *et al.* (2010), o OEE busca mensurar o quanto as perdas influenciam o resultado final e ele pode ser aplicado em diferentes níveis e dentro de diferentes ambientes de trabalho e de produção. Ron e Rooda (2005) comentam que o OEE não é

direcionado ao equipamento em si, mas inclui também os efeitos do desenvolvimento dos equipamentos.

Para alcançar os objetivos do TPM, que é medido pelo OEE, Ribeiro (2010), Eswaramurthi e Mohanram (2013) comentam que se deve eliminar ou reduzir as perdas que acarretam um desempenho deficiente na utilização dos recursos. Essas perdas são agrupadas em função de sua influência, ou seja, Equipamento, Pessoas e Utilização de Materiais e Energia, e estão descritas a seguir:

Perdas que influenciam a Eficiência dos Equipamentos:

1. Manutenção programada
2. Defeito/falha do equipamento
3. Ajustes do equipamento
4. Troca de ferramental/gabaritos/molde/estampo
5. Pequenas paradas e ociosidade
6. Redução do desempenho
7. Correção de defeitos
8. Defeito no início de funcionamento

Perdas que influenciam a Eficiência das Pessoas:

9. Falhas administrativas (espera por instruções e por materiais)
10. Falhas operacionais
11. Desorganização da linha de produção
12. Falhas de logística
13. Medições e ajustes excessivos

Perdas que influenciam a Eficiência da Utilização de Materiais e Energia:

14. Desperdício de energia

15. Perdas de materiais (defeito, acionamento inicial, cortes, peso, excessos)
16. Matrizes, ferramentas, gabaritos, moldes e estampos.

No Quadro 5, é possível verificar as perdas operacionais ligadas aos equipamentos das indústrias de produção.

Quadro 5: Perdas operacionais ligadas aos equipamentos

Produção Seriada	Produção Contínua
Perdas que Afetam a Disponibilidade	
<i>Parada:</i> <ol style="list-style-type: none"> 1. Perda por parada acidental 2. Perda durante a mudança de linha 	<i>Paradas Programadas:</i> <ol style="list-style-type: none"> 1. Perda por parada de manutenção 2. Perda por ajustes de produção <i>Paradas Acidentais:</i> <ol style="list-style-type: none"> 3. Falha do equipamento 4. Falha do processo
Perdas que Afetam a <i>Performance</i> (Desempenho)	
<i>Baixo Rendimento:</i> <ol style="list-style-type: none"> 3. Pequenas paradas/operações em vazio 4. Queda de velocidade de produção 	<i>Baixo Rendimento:</i> <ol style="list-style-type: none"> 5. Perda normal de produção 6. Perda anormal de produção
Perdas que Afetam a Qualidade	
<i>Baixo Rendimento:</i> <ol style="list-style-type: none"> 5. Defeito no processo 6. Defeito no início do processo 	<i>Defeitos:</i> <ol style="list-style-type: none"> 7. Produtos defeituosos 8. Reprocessamento

Fonte: Suzuki (1994), Ribeiro (2010) e Eswaramurthi e Mohanram (2013)

As perdas que influenciam a eficiência dos equipamentos afetam a “disponibilidade”, o “desempenho” (*performance*) e a “qualidade”; por consequência, impactam no OEE.

A título de exemplo, o cálculo do OEE é feito utilizando-se técnicas apontadas por Nakajima e Gábor (1988) e evoluídas em Takahashi e Osada (1993), Suzuki (1994), Hansen (2001), Wang e Lee (2001) e Ribeiro (2010).

Pode-se tomar como exemplo de produção seriada uma indústria de peças.

Na Tabela 2, é possível observar um exemplo desse cálculo levando em conta as perdas e as variáveis que o compõem para uma indústria de produção seriada. A depender do segmento da empresa, há que se fazer algumas adequações ou interpretações quanto aos tipos de perdas ligadas à disponibilidade (D), à *performance* (P) e à qualidade (Q).

Tabela 2: Eficiência Global do Equipamento – OEE

CÁLCULO EFICIÊNCIA GLOBAL - OEE - PROD SERIADA		PELO TEMPO - MÊS		PELA PRODUÇÃO - pç		EFIC
1	Tempo padrão estimado por unidade de produção	7,5	minutos	1	unidade	
2	Dias úteis no mês	22	dias			
3	Carga horária por turno de trabalho	8	horas			
4	Quantidade de turnos	2	número de turnos			
5	Tempo Calendário Bruto	352	horas calendário			
6	Quantidade de Feriados	2	dias de feriado			
7	Horas de feriados(não trabalhadas)	32	horas de feriado			
8	Capacidade de Carga ou potencial disponível	320	100,00% horas disponíveis	2.560	potencial produção	100,00%
<i>Perdas por paradas</i>						
9.1	Lubrificação	3	0,94%			
9.2	Limpeza 0,5 horas po dia si 20 dias	10	3,13%			
9.3	Manutenção Preventiva (MP)	4	1,25%			
9.4	Quebra	6	1,88%			
9.5	Pequenas paradas	8	2,50%			
9.6	Setup	13	4,06%			
9.7	Ferramentas (troca c/maq. parada)	22	6,88%			
9	Tempo de paradas	66	20,63%	528	não produtivos	20,63%
10	Tempo Operacional (horas disponíveis)	254	79,38%	2.032	unidades a produzir	79,38%
11	ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE OPERACIONAL	79,38%	IDO	IDO	79,38%	
<i>Perdas por baixo rendimento</i>						
12	Tempo e capacidade de produção disponibilizados	254	100,00%	2.032	unidades a produzir	79,38%
13	Perda por pequenas paradas e operação no vazio e, queda de velocidade de produção.	13	5,02%	102	não produzidas	3,98%
14	Produção do período	241	94,98%	1.930	peças produzidas	75,39%
15	ÍNDICE DE PERFORMANCE OPERACIONAL	94,98%	IPO	IPO	94,98%	
<i>Perdas por defeitos</i>						
16	Quantidade produzida (volume processado)	241	100,00%	1.930	peças produzidas	
17.1	Quantidade defeituosa (refugadas)	1,25	0,52%	10	não aproveitadas	
17.2	Quantidade reprocessada	2,00	0,83%	16	não aproveitadas	
17	Produção fora da qualidade exigida	3,25	1,35%	26	não aproveitadas	
18	Produção líquida aproveitada	238	98,65%	1.904	peças aproveitadas	74,38%
19	ÍNDICE DE QUALIDADE	98,65%	IQ	IQ	98,65%	
20	ÍNDICE DE EFICIÊNCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO	74,38%	OEE=(IDO x IPO x IQ)	74,38%	OEE	

Fonte: Takahashi e Osada (1993), Suzuki (1994) e, Ribeiro (2010)

A Tabela 2, baseada em Nakajima e Gábor (1988) e evoluída em Takahashi e Osada (1993), Suzuki (1994) e Ribeiro (2010) se propõe a mensurar, a título de exemplo hipotético, a eficiência global da planta ou equipamento de produção seriada de peças em um mês.

A mensuração ocorre simultaneamente pelo tempo e pela produção. Para compreensão, pode-se observar os itens marcados com círculos na Tabela 2, que serão apresentados a seguir:

Linhas Considerações sobre tempo disponível total e aproveitado

01 – 08 Trata-se do tempo global disponível no trabalho nos vinte e dois dias úteis no decorrer de um mês, com dois turnos de oito horas e dois feriados, ou seja, vinte dias úteis de trabalho de dezesseis horas, perfazendo o tempo global disponível ou potencial disponível de trezentas e vinte horas. Essas “trezentas e vinte horas” constituem o ponto de partida (100%) para mensuração das perdas;

09 – 11 São calculadas as horas gastas ou perdidas com paradas no decorrer do mês, reduzindo a disponibilidade (D) da planta ou equipamento: três com lubrificação, dez com limpeza, quatro com manutenção preventiva, seis por quebras, oito por pequenas paradas, treze para *setup*, mais vinte e duas com paradas para trocas de ferramentas, perfazendo sessenta e seis horas. Essas sessenta e seis horas representam perda de 20,63% em relação às trezentas e vinte horas, o que corresponde a uma disponibilidade (D) líquida de duzentas e cinquenta e quatro horas ou 79,37% (ID) das horas no mês, conforme Equação 1, Índice de Disponibilidade em Tempo.

$$ID = \frac{(\text{Capacidade total} - \text{Perda por paradas})}{\text{Capacidade total}} = \frac{(320 - 66)}{320} = 79,37\% \quad (1)$$

12 – 15 As perdas de rendimento da planta ou equipamento em horas têm como ponto de referência (base 100%) o saldo de “duzentas e cinquenta e quatro horas disponíveis”. São perdidas treze horas por mês em razão das pequenas paradas e operação em vazio e também pelas quedas de velocidade de produção, representando 5,02%, ou seja, o desempenho ou *performance* (P) fica em 94,98% (IP) em relação ao tempo disponível, restando até aqui o saldo de horas “performadas”, que passa a ser “duzentas e quarenta e uma horas”, conforme Equação 2, Índice de Performance em Tempo.

$$IP = \frac{(\text{Capacidade disponível} - \text{Perda por baixo rendimento})}{\text{Capacidade disponível}} = \frac{(254 - 13)}{254} = 94,88\% \quad (2)$$

16 – 19 Considerando que há “duzentas e quarenta e uma horas” aproveitadas ou “performadas” neste ato, representando a base 100%, e que nesta série de cálculos são desconsideradas três vírgula vinte e cinco horas/mês em função do tempo gasto para produzir as peças fora da qualidade exigida, representando 1,35%, chega-se ao índice de qualidade conforme Equação 3, Índice de Qualidade em Tempo.

$$IQ = \frac{(\text{Capacidade performada} - \text{Perda por defeito})}{\text{Capacidade performada}} = \frac{(241 - 3,25)}{241} = 98,65\% \quad (3)$$

Linha 20 Ao final, de um total de “trezentas e vinte horas trabalhadas no mês” (100%), aproveitaram-se efetivamente duzentas e trinta e oito horas no mês, correspondendo ao OEE de 74,38%; calculado conforme Equação 4, Fórmula do OEE pela capacidade de produção em tempo.

$$OEE = ID \times IP \times IQ = 79,37\% \times 94,98\% \times 98,65\% = 74,38\% \quad (4)$$

Para compreensão dos cálculos da **Tabela 2**, que foi baseada em Nakajima e Gábor (1988) e evoluída em Takahashi e Osada (1993), Suzuki (1994) e Ribeiro (2010), serão apresentadas, na sequência, as explicações a partir da quantidade de peças prevista e realmente aproveitada:

Linhas Considerações sobre o aproveitamento da capacidade

01 – 08 Considera-se, neste exemplo, que o tempo padrão para produção de uma peça é sete vírgula cinco minutos, e que o tempo global disponível é “trezentos e vinte minutos”; atribui-se, então, a capacidade de produção de 2.560 unidades;

09 – 11 São calculadas a produção não efetivada em função das horas perdidas com paradas no decorrer do mês, correspondente a sessenta e seis horas não produtíveis, equivalendo à produção perdida de quinhentas e vinte e oito peças ou 20,63% da capacidade total, tendo então o ID de 79,37%, ou seja, a partir do desconto das perdas por desempenho, a capacidade passa a ser de duas mil e

trinta e duas unidades, conforme Equação 5, Índice de Disponibilidade em unidades.

$$ID = \frac{(Capacidade\ total - Perda\ por\ paradas)}{Capacidade\ total} = \frac{(2.560 - 528)}{2.560} = 79,38\% \quad (5)$$

12 – 15 A quantidade de peças não produzidas em função das perdas de rendimento da planta ou equipamento é de treze horas por mês em razão das pequenas paradas, operação em vazio e também pelas quedas de velocidade de produção, correspondentes a 102 peças, proporcionais a 5,02% das duas mil e trinta e duas peças possíveis, ou seja, 94,98% (IP); a partir desse ponto, a produção líquida – ou seja, descontados o ID e o IP – é de mil, novecentas e trinta peças, conforme Equação 6, Índice de Performance em unidades.

$$IP = \frac{(Capacidade\ disponível - Perda\ por\ baixo\ rendimento)}{Capacidade\ disponível} = \frac{(2.032 - 102)}{1.930} = 94,88\% \quad (6)$$

16 – 19 Dez peças foram refugadas por defeito e dezesseis peças foram reprocessadas, ou seja, vinte e seis peças ou 1,35% das mil, novecentas e trinta peças produzidas estavam fora da qualidade exigida, restando então mil, novecentas e quatro peças aproveitadas ou 98,65% (IQ), conforme Equação 7, Índice de Qualidade em unidades;

$$IQ = \frac{(Capacidade\ performada - Perda\ por\ defeito)}{Capacidade\ performada} = \frac{(1930 - 26)}{1930} = 98,65\% \quad (7)$$

Linha 20 Ao final, da capacidade de produzir duas mil, quinhentas e sessenta peças (100%), foram produzidas e aproveitadas dentro das especificações mil, novecentas e trinta peças, ou seja, 74,38% (OEE); calculando-se o OEE também pelo produto ID x IP x IQ, tem-se a Equação 8, OEE pela capacidade de produção em unidades (pç).

$$OEE = ID \times IP \times IQ = 79,37\% \times 94,98\% \times 98,65\% = 74,38\% \quad (8)$$

A escolha da estratégia de manutenção, segundo Dal *et al.* (2000), Hansen (2001), Kardec e Nascif (2009) e Lad e Kulkarni (2013), deverá levar à

confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade do equipamento, proposta inicialmente feita por Nakajima e Gábor (1988), cujo impacto refletirá no índice de eficiência global ou funcional do equipamento ou da planta – OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), que mensura o aproveitamento e o resultado do equipamento ou planta, através da combinação dos três: Disponibilidade, Desempenho (*Performance*) e Qualidade.

A Confiabilidade $[R(t)]$ é a certeza do desempenho; é a probabilidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições definidas de uso durante um intervalo de tempo estabelecido (MOUBRAY, 2000; HANSEN, 2001; LAD e KULKARNI, 2013). Quanto maior a confiabilidade, melhores serão os resultados para o cliente ou usuário. A confiabilidade, entretanto, só começa a ter sentido quando o lado financeiro está em questão. Quanto maior a confiabilidade, menores serão os custos de produção ou entrega.

Lima e Marcorin (2010) comentam que os custos de manutenção aumentam significativamente à medida que o índice de confiabilidade tende a 100% e, quanto menores esses custos, maiores são as perdas de produção por falhas ou paradas. Logo, há o Ponto de Confiabilidade ou de Qualidade; segundo Robles (1994), ter-se-á o equilíbrio entre o Custo de Manutenção e o Custo de Produção, que, juntos, sobrecarregam no ponto ótimo ou de menor custo. Esses custos (gastos), comenta Braga (1989), levam ao ponto ideal de produção, levando ou não à alavancagem operacional.

Na Manutenibilidade, que pode ser resumida como a facilidade de fazer manutenção, citada por Hansen (2001), Kardec e Nascif (2009) e LAD e Kulkarni (2013), o bem terá restaurado seu *status* operacional dentro de “t” horas, sendo que a manutenção não será necessária mais que “N” vezes por período de tempo e não excederá a “X R\$”. Está associada ao Tempo Médio para Reparo – MTTR (*Mean Time to Repair*) e demais tempos que levam ao *downtime* (parada do equipamento).

A Disponibilidade é estar o equipamento à disposição para a sua função em dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam

assegurados (HANSEN, 2001; LAD e KULKARNI, 2013). O termo “disponibilidade” é usado como uma medida do desempenho em Nakajima e Gábor (1988), Hansen (2001), Han (2009), Shahin (2011), Smith (2011) e Lad e Kulkarni (2013). Kardec e Nascif (2009, p. 112) apresentam três tipos de disponibilidade:

- Disponibilidade Inerente, que leva em conta apenas as manutenções corretivas conforme Equação 9, Disponibilidade Inerente.

$$\text{Disponibilidade Inerente \%} = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \times 100 \quad (9)$$

Onde:

MTBF – *Mean Time Between Failures* (tempo medio entre falhas)

MTTR – *Mean Time to Repair* (tempo médio para reparo)

- Disponibilidade Técnica, que leva em conta as manutenções corretivas e preventivas, conforme Equação 10, Disponibilidade Técnica.

$$\text{Disponibilidade Técnica \%} = \frac{MTBM}{MTBM+MTTRactive} \times 100 \quad (10)$$

Sendo:

MTBM - *Mean Time Between Maintenance* (tempo médio entre manutenção)

MTTRactive - *Mean Time to Repair active* (tempo médio para reparo ativo)

- Disponibilidade Operacional, é a avaliação mais real, leva em conta tempo médio para reparos corretivos e preventivos e, também, tempos de espera, atrasos, paradas para inspeções, deslocamentos e outros que contribuem para que os equipamentos ou sistemas fiquem indisponíveis ou fora de operação, conforme Equação 11, Disponibilidade Operacional.

$$\text{Disponibilidade Operacional \%} = \frac{MTBM}{MTBM+MDT} \times 100 \quad (11)$$

Sendo:

MTBM – *Mean Time Between Maintenances* (tempo médio entre manutenções)

MDT – *Mean Down Time* (tempo médio de paralisações)

A *Performance* ou desempenho é a relação percentual entre o tempo cíclico teórico (TC) previsto para a produção realizada (NC) sobre o tempo de operação real gasto, conforme Equação 12, *Performance* ou desempenho.

$$P = \frac{TC \times NC}{TO} \times 100 \quad (12)$$

Sendo:

TC – Tempo Cíclico

NC – Produção Realizada

TO – Tempo de Ocupação

Qualidade ou Rendimento é a relação percentual entre a Produção Efetiva (PE) ou Tempo total com Produção menos a Produção Defeituosa ou Tempo com produção de refugos. A combinação das Estratégias de Manutenção, conseqüentemente as de Produção, levará à maior ou menor eficácia – OEE.

Ahmed (2013) ratifica as observações de Corbett (2005) quanto às limitações dos gargalos, e comenta também que “OEE não se aplica a um simples processo ou uma simples máquina”; por isso o gestor corre o risco de não reconhecer cada problema de cada processo ou máquina sem analisar o OEE e a capacidade da série de máquinas no processo de produção.

Puvanasvaran *et al.* (2013) sugerem integrar a taxa de demanda ou *Takt time* na taxa de *Performance* para calcular um OEE mais realista e para evitar a possibilidade de superprodução através da máxima utilização do equipamento por iniciativa e risco do operador na busca de um OEE tradicional melhor. A título de melhoria na interpretação e utilização do OEE, propõe a utilização no cálculo das perdas por ritmo de produção na real demanda do cliente (*Takt time*) e, por outro lado, sugere não perder de vista o ciclo médio de utilização da máquina, ou seja, focando a gestão e possível intervenção nas grandes variações entre o *Takt time* e o ciclo médio histórico de utilização da máquina.

Já Yuniawan *et al.* (2013) comentam que existem algumas falhas na utilização do OEE na forma original e sugerem alternativas em inclusão de pesos diferentes para seus componentes, comentando o STP. Apontam que existem adequações no OEE original de Nakajima, em 1988, cujas alternativas

para a medição e interpretação da eficiência da planta levam em consideração pesos diferenciados para os três itens da métrica (disponibilidade, *performance* e qualidade), tendo como exemplo o PEE (*Production Equipment Effectiveness*) desenvolvido por Raouf (1994), o OWEE (*Overall Weighting Equipment Effectiveness*) desenvolvido por Wudhikan *et al.* (2010), sendo que ambas podem ser utilizadas na forma original ou com *Simulation Taguchi Procedure*, que são métodos de cálculos experimentados por Taguchi, Chowdhury e Wu (2007). Eswaramurthi e Mohanram (2013) sugerem o ORE (*Overall Resource Effectiveness Model*), que é uma evolução do OEE, que, além das três variáveis “disponibilidade”, “*performance*” e “qualidade”, propõe incluir na fórmula “prontidão”, “disponibilidades dos recursos de apoio”, “eficiência das mudanças”, “disponibilidade de material” e “disponibilidade da força de trabalho”, cujo produto da multiplicação de seus percentuais isolados cheguem ao OEE proposto.

As considerações feitas nos parágrafos anteriores por Puvanasvaran *et al.* (2013), Yuniawan *et al.* (2013), Wudhikan *et al.* (2010), Taguchi, Chowdhury e Wu (2007) e Eswaramurthi e Mohanram (2013) não inviabilizaram a aplicabilidade do OEE; pelo contrário, reforçaram ou evoluíram essa métrica. Já Hansen (2001), após anos de experiências em diversos tipos de indústrias manufatureiras, oferece diversas considerações reconhecendo as melhorias de produtividade e confiabilidade-manutenabilidade com a utilização da estratégia focada na força e na importância da estratégia focada no TPM, medido pelo OEE. Dentre os variados aspectos, destacam-se os impactos do OEE nos resultados econômicos, conhecidos como “resultado operacional antes das despesas com juros sobre capital de terceiros e dos impostos sobre a renda”.

Hansen (2001), para exemplificar os impactos dos ganhos de OEE, propõe casos hipotéticos que ajudam a levar à sua compreensão. Uma indústria que fatura 1 milhão de peças a \$ 100,00, perfazendo um faturamento de \$ 100 milhões. O OEE dessa indústria é 60%, com disponibilidade de 65%, fator de *performance* 0,97 e qualidade em 0,95% ($65\% \times 0,97 \times 0,95 = 60\%$). Os benefícios com o ganho do OEE podem ser percebidos em termos de otimização (redução) do tempo dispendido por produto, passando também por

redução dos custos com trabalhadores ligados diretamente com a produção e, inclusive, aumento da produção nos casos que não exista problema de demanda na mesma proporção do ganho com o OEE.

No caso apresentado por Hansen (2001), o OEE passa de 60% para 66% e a produção sai de 1 milhão de peças para 1,1 milhão de peças; ou seja, com o ganho de 10% de OEE (de 60% para 66%), há o ganho de produção de 100 mil peças (10% sobre 1 milhão) e o faturamento sai de \$ 100 milhões para \$ 110 milhões. Neste caso, há também o ganho de 10% sobre o faturamento; os gastos com os custos diretos e despesas com vendas variam na mesma proporção; os custos operacionais indiretos e as despesas administrativas ficam mantidos; já o resultado operacional antes das despesas com juros sobre capital de terceiros e dos impostos sobre a renda teve um ganho real de 62,2%, saindo de \$ 9 milhões e atingindo \$ 14,6 milhões, representando um ganho de \$ 5,6 milhões. Além dos ganhos no resultado operacional, Hansen (2001) comenta que houve ganho de tempo por parte dos trabalhadores diretos suficientemente para treinamento, melhorias de confiabilidade e eliminação de causas raízes dos problemas, o quais, representados como gastos, seriam estimados em 10% do suposto investimento em ativos operacionais; em outras palavras, ao despender \$ 10 em treinamento, melhoria de confiabilidade e eliminação de causas raízes, seria necessário investir \$ 100 em ativos fixos; logo, representa uma economia de \$ 90.

2.3 Manutenção Produtiva Total – TPM

O TPM – *Total Productive Maintenance* ou Manutenção Produtiva Total foi apresentado, pela primeira vez, pela *Nippon Denso Co. Ltd.* em 1971 ao *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), empresa do grupo Toyota, primeira empresa a introduzi-lo (RIBEIRO, 2010). O objetivo do TPM era o processo de manutenção integral da planta, expandindo rapidamente para as empresas do grupo do qual fazia parte a Toyota e posteriormente expandido de maneira substancial pelas fábricas em geral, em escala mundial. O objetivo do JIPM é dar suporte às áreas de produção das organizações, reduzindo riscos e

melhorando a Eficiência Global da Máquina (OEE) nas indústrias manufatureiras. O JIPM é reconhecido como condutor de estudos e pesquisas de técnicas e por sua excelência comprovada por várias premiações, em todo o mundo.

De acordo com Nakajima (1989), na definição de OEE, o *Total Productive Maintenance* (TPM) é baseado em três conceitos inter-relacionados: maximização da efetividade do equipamento; manutenção autônoma pelos operadores; e pequenos grupos de atividades. Dal (1999) complementa que OEE pode ser considerado em combinar a operação, manutenção e gerenciamento dos recursos e equipamentos de manufatura.

Mckone *et al.* (2001) comentam que o TPM ajuda a melhorar as capacidades das organizações, melhorando as habilidades dos indivíduos na resolução de problemas e permitindo o aprendizado através das várias áreas funcionais.

Takahaschi, um dos fundadores do JIPM, e Osada foram coautores do TPM e escreveram o livro *TPM – Total Productive Maintenance* (1993), que contribuiu para a evolução da Manutenção Produtiva (MP) convencional para Manutenção Produtiva Total. Segundo Osada e Takahaschi (1993) e Wireman (2004), o TPM tem ênfase na participação total da fábrica e no papel dos operadores da produção. Mais tarde, o TPM evoluiu com a participação de todo o pessoal da empresa, inclusive técnicos e funcionários do escritório em composição de grupos de trabalho, e também cooperação de outras empresas. As atividades do TPM começam pelas mudanças na fábrica, passam pela compreensão da filosofia (consciência das pessoas) e sua aplicação no aprimoramento dos ambientes de trabalho, buscando reformular a empresa e gerar mais lucros.

Suzuki era *Vice Chairman* do JIPM e Diretor do TPM *General Research Institute* quando publicou o livro (manual) *TPM in Process Industries*, o que ratifica a importância da sua obra, que tem vasta utilização no meio empresarial. Suzuki (1994) e Wireman (2004) comentam que, inicialmente, as atividades do TPM eram acompanhadas de cinco estratégias:

- 1) Maximização do OEE;
- 2) Estabelecimento de um sistema de Manutenção Preventiva que cubra toda a vida do equipamento;
- 3) Envolvimento de todos os departamentos que usam e mantêm o equipamento;
- 4) Envolvimento de todos os trabalhadores, da alta gerência e do chão de fábrica;
- 5) Promoção da Manutenção Preventiva através do gerenciamento da motivação, a exemplo das atividades dos pequenos grupos de manutenção autônoma.

Comentam, também, que houve evoluções no TPM para:

- 1) Construir uma corporação que maximizará a efetividade dos sistemas de produção;
- 2) Usar a abordagem de chão de fábrica para construir uma organização que previna todos os tipos de perdas (através de zero acidente, zero defeito e zero falha) pela vida do sistema de produção;
- 3) Envolver todos os departamentos na implementação do TPM, inclusive departamentos administrativos, vendas e desenvolvimento;
- 4) Envolvimento de todos – da alta gerência aos trabalhadores do chão de fábrica;
- 5) Conduzir as atividades de zero perda através de pequenos grupos.

Além dos aspectos anteriores, ou seja, plano de ciclo de vida dos equipamentos e forma de abordagem da manutenção, Suzuki (1994) comenta que o terceiro aspecto do TPM envolve a alocação das responsabilidades pela manutenção autônoma por operadores de produção e por especialistas em manutenção.

Para Wireman (2004) e Takahashi e Osada (1993), as atividades do TPM são direcionadas a cada estágio do ciclo de vida do equipamento, envolvendo estudo do equipamento, decisões sobre especificações e desenho, fabricação, instalação, operações de teste, operações reais, manutenção, atualização e obsolescência. Devido à amplitude de escopo e à profundidade de alcance, as atividades de Manutenção Preventiva são um número impressionante de problemas complexos, como a necessidade de classificação e organização de tópicos, a definição de procedimentos práticos de implementação e o treinamento do pessoal responsável pela realização, tarefas essas desafiadoras e recompensadoras – e quanto maior o envolvimento, maior a proximidade do âmago dos problemas.

Zuashkiani *et al.* (2011) encontraram relação entre práticas de gestão de ativos direcionadas ao OEE, examinando mais de 50 empresas via gráfico “diagrama de *loop* causal (CLD)”; focaram em vários *links* simultâneos, circundando a função manutenção, estendendo sua análise a outros fatores como “moral do operador”, “qualidade do equipamento e peças de reposição”, “banco de dados das informações”, “cultura de gerenciamento de ativos”, dentre outras. Ao final, em resposta sobre o que faz com que o OEE tenha tamanha volatilidade entre as empresas, apesar do claro incentivo para maximizar o OEE, perceberam que, nas empresas de baixo OEE, a resposta está no modo de operacionalizar as mudanças ligadas à ineficiência no processo da cultura e da rotina, pressões sobre o volume financeiro, redutor de oportunidade para investimento e corrosão da reputação organizacional. Por outro lado, as empresas que se beneficiaram foram as que ativaram suas práticas na manutenção proativa – mesmo com as pressões do ambiente – e estabeleceram suas melhores práticas na cultura da organização e ativaram a imagem externa positiva, que ajudou a manter o virtuoso modo de operação.

Já, segundo Shetty *et al.* (2009), antes da implementação do TPM, vários passos devem anteceder para garantir que o projeto (equipamento) correto seja selecionado e que tenha a correta informação e os recursos

disponíveis. Desde a fundação (início) do TPM, cada passo é importante para suporte ao gerenciamento, à manutenção e à operação. Sem suporte e dedicação real a esses três grupos, será difícil introduzir verdadeiras melhorias e manter a produção nos moldes do TPM. Os seguintes passos devem ser utilizados para o projeto:

- a) Envolvimento da gerência;
- b) Seleção do coordenador do TPM;
- c) Situação atual;
- d) Mapeamento;
- e) Mapa do fluxo de valor (não tradicional);
- f) Análise de criticidade (não tradicional)
- g) Fatores específicos de seleção de TPM;
- h) Seleção das máquinas-alvo;
- i) Seleção da equipe;
- j) Treinamento de TPM;
- k) Implementação de melhorias contínuas no primeiro projeto.

Shetty *et al.* (2009) observam que várias novas ferramentas foram combinadas com o TPM tradicional, em especial para seleção de equipamentos para o programa de melhorias e desenvolvimento, como o *Simplified Value Stream Mapping* e o *Failure Modes and Effects Criticality Analysis* (FMECA); essas, em especial, são utilizadas para melhora da escolha dos equipamentos mais sujeitos a falhas.

2.3.1 Gerenciamento, Planejamento, Implantação e Mensuração do TPM

O desenvolvimento do sistema de gestão Manutenção Produtiva Total normalmente é feito em quatro fases, como assinala Suzuki (1994): preparação, introdução, implementação e consolidação, que podem ser desdobradas em doze passos e em oito pilares, conforme Quadro 6, sendo necessário um tempo normal para consolidação da ordem de seis a sete anos. A decisão e o momento para implantação do TPM devem partir da alta

administração, pois, por mais que seja sabido que ele vem ao encontro da maioria dos programas já existentes, necessita de visão consolidada quanto à sua implantação e continuidade.

Quadro 6: TPM, fases, passos e pilares

Passos	
Fase de Preparação	
1.	Anúncio formal da decisão e declaração de implantar o TPM
2.	Treinamento introdutório, condução e publicação via campanha introdutória do TPM.
3.	Estruturação da implantação e promoção da TPM pela organização
4.	Definição das políticas e metas básicas ou globais do TPM
5.	Elaboração do plano mestre para implementação do TPM
Fase de Introdução	
6.	Lançamento do TPM
Fase de Implementação	
7.	Construção de uma estrutura corporativa projetada para maximizar a efetividade da produção.
7.1.	Implementar o 1º pilar do TPM: atividades de melhorias focadas
7.2.	Estabelecer e dispor o 2º pilar do TPM: programa de manutenção autônoma
7.3.	Implementar o 3º pilar do TPM: programa de manutenção planejada
7.4.	Conduzir o 4º pilar do TPM: treinamento de competências de operação e manutenção
8.	Implantar o 5º pilar do TPM: o sistema de gerenciamento inicial para novos equipamentos e novos produtos
9.	Construir o 6º pilar do TPM: sistema de manutenção da qualidade
10.	Construir o 7º pilar do TPM: sistema efetivo de suporte e administração
11.	Desenvolver o 8º pilar do TPM: sistema de gerenciamento de saúde, segurança e meio ambiente.
Fase de Consolidação	
12.	Sustentar ou manter em níveis crescentes a implementação completa do TPM

Fonte: baseado em Suzuki (1996) e Ribeiro (2010)

No Quadro 6, com base em Suzuki (1994) e Ribeiro (2010), observam-se as fases e passos para implantação do TPM, sugeridos pelo JIPM; os primeiros cinco pilares são básicos para suportar o programa; os demais vieram a partir de 1989 para transformá-lo em um Sistema de Gestão; os pilares têm uma sequência obrigatória de passos a seguir, e a implantação dos pilares é simultânea.

Já no **Quadro 7**, é possível verificar os pontos-chave de cada uma das fases.

Quadro 7: TPM: Passos e pontos chave

Passos	Pontos-chave
Fase de Preparação	
1. Anúncio formal da decisão e declaração de implantar o TPM	Anúncio da alta gerência em reunião interna; publicação nos meios de comunicação da empresa
2. Treinamento introdutório, condução e publicação via campanha introdutória do TPM	. Gerentes seniores: grupo de treinamento para níveis específicos de gerentes . Trabalhadores em geral: apresentação de <i>slides</i>
3. Estruturação da implantação e promoção da TPM pela organização	. Comitê de controle e subcomitês especializados . Escritório de promoção do TPM
4. Definição das políticas e metas básicas ou globais do TPM	. Ajuste as linhas-base e as metas . Preveja os efeitos
5. Elaboração do plano mestre para implementação do TPM	Estágio de preparação para aplicação e premiação da Manutenção Preventiva
Fase de Introdução	
6. Lançamento do TPM	Convide clientes, afiliados e terceirizados
Fase de Implementação	
7. Construção de uma estrutura corporativa projetada para maximizar a efetividade da produção.	Perseguir ao extremo a efetividade na produção
7.1. Implementar o 1º pilar do TPM: atividades de melhorias focadas	Atividades de times de projeto e atividades de pequenos grupos de trabalho
7.2. Estabelecer e dispor o 2º pilar do TPM: programa de manutenção autônoma	Proceder passo a passo via auditoria e certificação
7.3. Implementar o 3º pilar do TPM: programa de manutenção planejada	. Manutenção corretiva . Manutenção por quebras . Manutenção preventiva
7.4. Conduzir o 4º pilar do TPM: treinamento de competências de operação e manutenção	Grupos de educação de líderes os quais treinam seus membros liderados
8. Implantar o 5º pilar do TPM: o sistema de gerenciamento inicial para novos equipamentos e novos produtos	Desenvolver novos equipamentos de uso fácil e novos produtos de fácil uso.
9. Construir o 6º pilar do TPM: sistema de manutenção da qualidade	Estabelecer, manter e controlar condições para zero defeito
10. Construir o 7º pilar do TPM: sistema efetivo de suporte e administração	. Incrementar um eficiente suporte de produção . Aperfeiçoar e estimular os ambientes e funções administrativas
11. Desenvolver o 8º pilar do TPM: sistema de gerenciamento de saúde, segurança e meio ambiente.	Assegurar o ambiente livre de acidente e de poluição
Fase de Consolidação	
12. Sustentar ou manter em níveis crescentes a implementação completa do TPM	. Empregar o sistema de premiação da MP . Mirar sempre a meta a níveis superiores

Fonte: Suzuki (1994) e Ribeiro (2010).

Suzuki (1994) e Ribeiro (2010) apresentam, conforme **Quadro 7** os pontos-chave para cada fase e passos necessários para a implantação do TPM.

Fuentelsaz *et al.* (2009) contribuem afirmando que negligenciar o processo de difusão interna na adoção de uma medida sem cuidado ou sem acurácia pode levar a conclusões erradas.

Segundo Krokoszinsk (2003), antes de tomar uma decisão de investimento, é necessária uma análise matemática quanto à operação e manutenção, antes mesmo do detalhamento de engenharia e da construção. Em termos gerais, avalia-se a eficiência, produtividade e a efetividade, definidos pelo processo de produção e pelo OEE. Para tomada de decisão de investimento, é necessário um sistema matemático para operação e manutenção, a fim de apoiar as decisões de investimento de uma abordagem matemática sistemática para a operação e manutenção.

Ribeiro (2010) comenta que, sabendo-se que haverá uma transformação da fábrica com orientação voltada para o equipamento, haverá exigência de que todos voltem suas atenções para todos os componentes da fábrica – matrizes, dispositivos, ferramentas, instrumentos industriais e sensores –, reconhecendo a importância e o valor do gerenciamento orientado para o equipamento, coerente com as tendências contemporâneas, voltadas para a confiabilidade, a segurança, a manutenção e as características operacionais da fábrica, que são os elementos decisivos para qualidade, quantidade e custo.

O TPM é um conjunto de oito Pilares, conforme apresentado no Quadro 8, sendo sua execução de forma simultânea e integrada.

Quadro 8: TPM: Pilares e principais metas

PILAR	METAS
Pilar 1: Melhorias Específicas ou Melhorias Focadas na Eficiência da Produção – OEE	Visualização das Perdas, Avaliação da Eficiência e Elevação do Nível de Avanços Tecnológicos.
Pilar 2; <i>Housekeeping</i> 5"S" e Manutenção Autônoma (Organização de condições básicas e criação de um ambiente de trabalho disciplinado)	<i>Housekeeping</i> 5"S" Manutenção Autônoma
Pilar 3: Manutenção Planejada e Gerenciamento da Manutenção Especializada	Planejamento e Gerenciamento da Manutenção - melhorias das tecnologias de manutenção
Pilar 4 Educação, Treinamento e Desenvolvimento de Recursos Humanos (Treinamento de Aptidões).	Produção de um contingente de operários versados no <i>know-how</i> de instalações de manufatura e versáteis em diferentes aptidões
Pilar 5 Melhorias de Projeto, Gerenciamento Inicial na Tecnologia do Equipamento.	Melhorias de Projeto; Inovação da Produção e Ascensão Vertical (Projeto da MP e CCV).
Pilar 6 Manutenção da Qualidade (Obtenção da Qualidade através das instalações)	Eliminação de ocorrências crônicas de defeitos e criação de linhas de QA (com 100% de Qualidade Assegurada)
Pilar 7 TPM nas Atividades de Suporte Administrativo	Utilizar a mesma filosofia e técnicas das áreas de produção; participar ativamente nos demais pilares.
Pilar 8: Gerenciamento da Segurança, Saúde e Ambiente.	Construa um sistema amigavelmente e ambientalmente seguro

Fonte: Adaptado pelo Autor, baseado em Ribeiro (2010) e Suzuki (1994)

As metas, segundo Ribeiro (2010) e Suzuki (1994), se iniciam pela redução da variação de intervalos de falha, aumento de tempo de vida dos equipamentos, recuperação da periodicidade de exteriorização até a previsão de tempo de vida dos equipamentos; evoluem de manutenção periódica para manutenibilidade e confiabilidade, com utilização de simples técnicas de limpeza; até o desenvolvimento de novas tecnologias e novos materiais.

Imai (1996) diz que os 5 “S” do *housekeeping* são considerados outra atividade essencial em *gemba* (local onde acontece – chão de fábrica) e podem ser encarados como um prelúdio ao TPM; entretanto, as atividades dos 5 “S” registraram progressos notáveis em muitos casos, mesmo quando realizadas separadamente do TPM.

A **Tabela 3** traz os principais benefícios do 5S para os respectivos Pilares do TPM.

Tabela 3: Relação entre os benefícios do 5S e os oito pilares do TPM

Principais Benefícios do 5S	Pilares do TPM							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Combate às Perdas	*	*	*	*	*	*	*	*
Iniciativa e Criatividade	*	*					*	
Zelo pelos Equipamentos	*	*	*		*			
Maior Conscientização		*		*				
Padronização		*				*	*	
Higiene		*						*
Menor desgaste físico e mental		*			*		*	*

Fonte: Ribeiro (2010)

Pilar 1: Melhorias Específicas (*Kobetsu-Kaisen*)
 Pilar 2: Manutenção Autônoma (*Jishu-Hozen*)
 Pilar 3: Manutenção Planejada
 Pilar 4: Educação e Treinamento

Pilar 5: Melhoria no Projeto (*Hinshitsu-Hozen*)
 Pilar 6: Manutenção da Qualidade
 Pilar 7: Melhorias Administrativas
 Pilar 8: Segurança, Saúde e Meio Ambiente.

Ribeiro (2010) lembra que não é propósito do 5S aumentar o nível de capacitação profissional do operador, mas, sim, aumentar o seu nível de consciência; já a Manutenção Autônoma é o 5S do equipamento mais a habilidade que o operador passa a ter para prevenir, medir e descobrir deterioração no seu estágio inicial.

2.3.2 Manutenção Autônoma

Segundo Rolfsen e Langeland (2012) e Ahmed e Khamba (2008), a colaboração entre produção e manutenção está em alta e o sucesso dessas atividades é fortemente enfatizado no TPM. Comentam que o sucesso do TPM está ligado à mútua influência do modelo das três dimensões dos times de trabalho (técnica, normativa e governança) e concluem que a Manutenção Autônoma (MA) é parte da dimensão governança. As práticas de grupos de

trabalho voltadas para o TPM, em especial os “times de manutenção autônoma”, são reconhecidas fortemente como melhorias de manutenção. Para indicar o nível de autonomia dos times de trabalho, eles apresentam uma série de questões relativas aos times de decisão, sendo:

- 1) Há liberdade de escolha dos métodos de trabalho? As tarefas são altamente padronizadas?
- 2) Sobre o estabelecimento das suas metas de produção, elas são definidas quantitativa e qualitativamente?
- 3) Sobre a autonomia, há a definição de quem pertence a cada equipe?
- 4) Que autonomia os times têm para tomar decisão quanto a horas extras e mudanças de turno?
- 5) Que autonomia os times têm para cuidar das funções de liderança?
- 6) Que autonomia os times têm para decidir o que podem fazer sobre o desempenho de cada tarefa e administrar a rotação das tarefas dentro do time?
- 7) Que autonomia os times têm para fazer o controle de seu desempenho e controle de qualidade?
- 8) Que autonomia os times têm sobre a manutenção de seus equipamentos e ferramentas?
- 9) Que autonomia os times têm para estabelecer a *performance* dos equipamentos?

Al-Najjar e Jacobsson (2013) comentam que as interações entre homem, máquina, manutenção e economia levam à necessidade de um modelo de identificação e priorização quanto a problemas e suas raízes e às perdas de produção. Até mesmo destacam que não há muita pesquisa sobre o alto impacto da manutenção nos negócios da empresa. Reconhecem que as quatro maiores causas que estão por trás disso são:

- 1) Em geral, a manutenção tem sido reconhecida como centro de custo;
- 2) Falta de técnicas de mensuração e análise de confiabilidade requerem identificar, quantificar e acompanhar impactos da manutenção nos negócios da empresa;

- 3) Uso de técnicas de disponibilidade requer grandes esforços para mensuração da contribuição da manutenção nos lucros da companhia, assim como as interações com outras áreas de trabalho, por exemplo, produção, qualidade, competência, ambiente, etc.;
- 4) Parte dessas análises naturalmente tem desempenho quantificável e, uma vez descritas e entendidas as técnicas de mensuração da manutenção e produção, que, por sua vez, são convertidas em “dinheiro”, vão representar retorno de pagamento gerado no nível estratégico.

Divorsk e Scheirer (2001) explicam que a escolha de soluções com qualidade para os problemas depende do contexto da organização, dos interesses dos proprietários, dos recursos disponíveis para melhoria e gerenciamento de dados, da natureza das medidas de desempenho selecionadas e da intenção do uso da informação.

Al-Najjar e Jacobsson (2013) comentam ainda que esse tipo de análise é usualmente feito nas companhias atualmente. Geralmente, somente custos são reconhecidos derivados da manutenção, enquanto as melhorias de desempenho devido à efetividade da manutenção são geralmente creditadas às outras áreas, como produção/operação, qualidade, dentre outras.

Parida e Chattopadhyay (2007) observam que a mensuração do desempenho de manutenção (MPM – *Maintenance Performance Measurement*) é definida como a multidisciplinaridade de processo de mensuração, justificando a criação de valor no investimento e atendendo aos desejos dos proprietários, visto estrategicamente de todas as perspectivas de valor. Ribeiro (2010) sugere, para cada etapa da MA, um modelo de tarefas e 35 itens de avaliação, conforme Quadro 9.

Quadro 9: Manutenção Autônoma: etapas e itens de avaliação

MANUTENÇÃO AUTÔNOMA	ITEM DE AVALIAÇÃO
Etapa 1: Limpeza inicial (recuperar desgaste e estabelecer condições básicas)	1 Limpeza do equipamento com o apoio da manutenção (descarte de material desnecessário)
	2 Identificação de anomalias por meio de Etiquetas
	3 Resolução das anomalias identificadas em curto prazo
	4 Plano para eliminação das anomalias mais complexas
	5 Manutenção da Limpeza Básica
	6 Levantamento de perdas de acordo com planilhas específicas
Etapa 2: Eliminação de Fontes de Sujeira e dos locais de difícil acesso (eliminar condições que causam desgaste prematuro)	1 Identificação de fontes de sujeira e de locais de Difícil Acesso por meio de etiquetas
	2 Plano para eliminação de fontes sujeira e dos Locais de Difícil Acesso
	3 Eliminação das fontes de sujeira e dos Locais de Difícil Acesso
	4 Utilização de Lições de Um Ponto ou Ponto a Ponto para Convivência adequada com os problemas e para os Casos de melhorias propostas ou realizadas
Etapa 3: Padrões de Limpeza e Lubrificação (manter condições adequadas de operação)	1 Elaboração de Procedimentos e <i>check-lists</i> de Limpeza e de Lubrificação pela Manutenção
	2 Disponibilização de recursos necessários para a Limpeza e a Lubrificação
	3 Treinamentos dos operadores nos procedimentos e nos <i>check-lists</i> de Limpeza e de Lubrificação
	4 Instalação de etiquetas de cinco sentidos para facilitar inspeções
	5 Execução dos <i>check-lists</i> pelos operadores
	6 Acompanhamento da execução dos <i>check-lists</i> pela Manutenção
Etapa 4: Inspeção Geral do Equipamento (desenvolver habilidades de equipamentos nos operadores prevenindo erros de operação)	1 Levantamento de necessidades dos operadores para habilidades em equipamentos
	2 Elaboração de Lições de um Ponto ou Ponto a Ponto de Conhecimentos Básicos em equipamentos pela Manutenção
	3 Disponibilização de recursos necessários para os treinamentos em equipamentos
	4 Treinamento teóricos e práticos dos operadores de acordo com as necessidades levantadas pela Manutenção
Etapa 5: Inspeção Geral do Processo de Manutenção Autônoma (desenvolver habilidades de processo nos operadores capacitando para operar, ajustar e corrigir anormalidades)	1 Complementação dos Procedimentos e <i>check-lists</i> de Limpeza e de Lubrificação com as habilidades na Etapa 4
	2 Treinamento dos operadores nos Procedimentos e <i>check-lists</i> definitivos
	3 Complementação de instalação de etiquetas de cinco sentidos e de controles visuais para facilitar inspeções
	4 Execução dos <i>check-lists</i> e pequenos reparos pelos operadores
	5 Acompanhamento da execução dos <i>check-lists</i> e pequenos reparos pela Manutenção
Etapa 6: Sistematização da Manutenção Autônoma - Organização e Ordem (sistematizar, remover ou descartar itens desnecessários, e organizar adequadamente o ambiente)	1 Utilização dos recursos
	2 Conservação dos recursos e instalações de apoio
	3 Identificação dos recursos e locais de guarda
	4 Arrumação dos recursos
	5 Sinalização para garantia da ordem e da limpeza
	6 Descarte adequado de resíduos
Etapa 7: Autocontrole (consolidar atividades de melhorias)	1 Habilidade dos operadores em equipamentos
	2 Habilidade dos operadores em treinamentos de outros
	3 Disciplina dos operadores
	4 Resultados

Fonte: Suzuki (1994) e Ribeiro (2010)

Segundo Suzuki (1994) e Ribeiro (2010) é necessário que se implante a Manutenção Autônoma de forma gradual, evoluindo de acordo com a classificação, A, B ou C dos equipamentos, definida com a Produção e a Engenharia.

Kumar *et al.* (2013) justificam a auditoria de manutenção como forma de converter previsões em realidade. A auditoria de manutenção se concentra no

sistema de manutenção por si e também por meio da quantificação de entradas (matéria-prima, mão de obra e outras facilidades) e saídas (valores operacionais). Os resultados dessa abordagem demonstram o nível de acurácia que é compatível com as informações normalmente disponíveis sobre desempenho. Subjetivamente, na mensuração da *performance*, ela não superará, mas será mais visível. A auditoria é usualmente conduzida por questionário destinado a prover o perfil do sistema de manutenção. Muitas tentativas têm sido feitas para acompanhar a implementação e desenvolvimento da eficiência do MPM, que pode criar valor para a organização. Entretanto, afirmam Kumar *et al.* (2013), a literatura tem falhado para identificar que valor é criado e qual é o valor criado quando aquela estrutura é implantada pela organização usando *e-maintenance* ou remotamente.

Ribeiro (2010) comenta que fatores como melhoria nos equipamentos, produção em pequenos lotes, necessidade de redução de agentes poluentes no ambiente de trabalho e avanços tecnológicos tornam imperioso o desenvolvimento no operador do senso de propriedade e zelo pelos equipamentos e sua habilitação para inspecionar e detectar problemas em fase inicial. A Manutenção Autônoma busca treinar o operador a detectar falhas; capacitá-lo para entender os objetivos, funções e estrutura dos equipamentos para operar corretamente, bem como eliminar falhas; capacitá-lo a conhecer as limitações e manter o equipamento em boas condições de uso. O fator humano – o operador – é a essência do sucesso da Manutenção Autônoma. Valorizar o operador como ser humano, atentar às suas diferentes crenças, valores, cultura, visão, desejos, limitações e problemas, isso tudo o motiva para valorizar as condições de trabalho, o equipamento, melhora do clima de trabalho e liberação dos manutentores para tarefas mais especializadas – engenharia de manutenção.

2.4 Planejamento Econômico-Financeiro Focado na Lucratividade

Fuentelsaz *et al.* (2012) apresentam a existência de uma absoluta relação entre o uso de tecnologia e o desempenho financeiro e afirmam que organizações que mantêm seu uso acima do nível médio estarão em desvantagem em termos de competitividade.

Zuashkiani *et al.* (2011) apontam a relação entre práticas de gestão de ativos direcionadas ao OEE, através do “diagrama de *loop* causal (CLD)”, que focaram em vários *links* simultâneos, circundando a função manutenção, estendendo sua análise a outros fatores como “moral do operador”, “qualidade do equipamento e peças de reposição”, “banco de dados das informações”, “cultura de gerenciamento de ativos”, dentre outras. As empresas têm seu OEE incrementado em função da forma e abordagem em face das mudanças na implantação do TPM; são as empresas que ativaram as práticas de manutenção proativa, estabelecem suas melhores práticas na cultura da organização e ativam a imagem externa positiva que ajudou a manter o virtuoso modo de operação.

Arai *et al.* (2013) apresentam o lado positivo de tratar as unidades internas da empresa como pequenos centros de lucro, destacam o uso da informação sobre lucro pelos líderes e os levam a aumentar sua cooperação e coordenação, além de ser importante para o aspecto de controle interno. Reforçam com razões teóricas e empíricas, evidenciando o consistente uso de mensuração de desempenho dos pequenos centros de lucro.

Amah e Ahiauzu (2013) comentam que organizações com funcionários comprometidos em facilitar o trabalho do gestor, fazendo seu trabalho com pouca ou nenhuma supervisão e conhecendo o efeito de seus postos de trabalho contribuem mais no atingimento das metas da organização e tendem a ser mais produtivos quando são treinados e envolvidos na tomada de decisão.

Oliverson (2006) apresentou resultados que corroboram a hipótese de relação na variação do OEE, em que há a alteração de 55% para 65% de OEE e um incremento no resultado (lucro) medido pelo Método Estratégico de

Rentabilidade (SPM) e valor de mercado da empresa (VEA[®] e MVA[®]), os quais serão vistos mais adiante.

2.4.1 Método Estratégico de Rentabilidade – SPM

Alsyouf (2007) apresenta, na Figura 1, o modelo do impacto da manutenção na lucratividade das empresas, destacando o duplo impacto da manutenção na lucratividade da empresa.

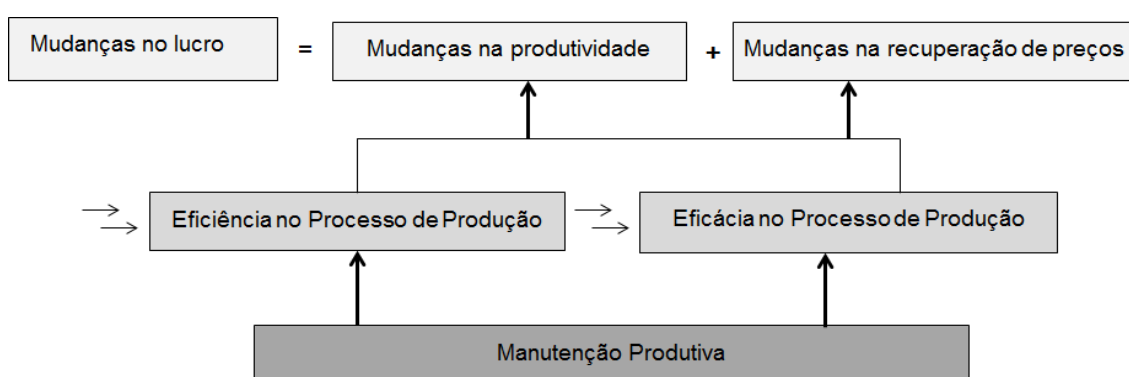


Figura 1: Modelo conceitual: a manutenção e o lucro das empresas (ALSYOUF, 2007)

Alsyouf (2007) comenta que a manutenção pode interferir na eficiência do processo produtivo com ganho de produtividade e na eficácia na recuperação de custo alocado aos equipamentos com ganho no aumento do ciclo de vida do equipamento; a manutenção impacta nos custos fixos por unidade em função do ganho de produção por hora e no ganho de produção elastecendo o ciclo de vida do equipamento no decorrer da sua vida; a redução dos custos fixos por unidade levará ao ganho na lucratividade e no retorno.

O modelo estratégico de rentabilidade e retorno (SPM – *Strategy Profit Model*), também conhecido por Método *Dupont* ou Sistema ou Fórmula *Dupont*, desenvolvido em 1918 por Pierre S. Dupont, da *Dupont Company* (COFFE, 2009), visa mensurar a taxa (%) de retorno sobre os recursos investidos, que é o resultado do produto da margem de lucro das vendas (%) pelo número de giros dos Ativos Operacionais em relação às Vendas.

Segundo Samphantharak e Townsend (2012), o ROA mede o quão bem a empresa utiliza seus ativos para gerar lucros. Conforme apresentado na

Equação 13 (*Return on Assets - ROA*) e Equação 14 (*Return on Assets* evolução), a base para a fórmula *Dupont* é o Retorno sobre os Ativos Operacionais (utilizados na fórmula original) – ROA (*Return on Assets*) ou Sobre Ativos ou capital empregado (BRAGA, 1989 e ASSAF NETO, 2012a), lembrando que são utilizadas as Demonstrações Contábeis normatizadas conforme CPC 26 (2012)

$$ROA = \frac{\text{Resultado Operacional}}{\text{Venda Líquida}} \times \frac{\text{Venda Líquida}}{\text{Ativos Operacionais}} \quad (13)$$

Fonte: Adaptado de Dupont (1918), Braga (1989) e Assaf Neto (2012a)

$$ROA = \text{Margem Operacional} \times \text{Giro dos Ativos} \quad (14)$$

Fonte: Adaptado de Dupont (1918), Braga (1989) e Assaf Neto (2012a)

A fórmula Dupont teve algumas variações ou evoluções para Retorno sobre os Investimentos – ROI (*Return on Investment*), conforme Equação 15.

$$ROI = \frac{\text{Resultado Operacional}}{\text{Venda Líquida}} \times \frac{\text{Venda Líquida}}{\text{Investimentos}} \quad (15)$$

Fonte: Adaptado de Braga (1989) e Assaf Neto (2012a)

A Equação 15 evolui para a Equação 16:

$$ROI = \text{Margem Operacional} \times \text{Giro dos Investimentos} \quad (16)$$

Fonte: Adaptado de Dupont (1918), Braga (1989) e Assaf Neto (2012a)

Já o Retorno sobre o Patrimônio Líquido (*Return on Equity*) – ROE – e seus respectivos giros em relação às Vendas Líquidas ou ajustadas são calculados nos moldes da Equação 17 (*Return on Equity (i)*), Equação 18 (*Return on Equity (ii)*) e Equação 19 (*Return on Equity (iii)*).

$$ROE = \frac{\text{Lucro Líquido}}{\text{Patrimônio Líquido}} \quad (17)$$

Fonte: Adaptado de Dupont (1918), Braga (1989) e Assaf Neto (2012a)

Há uma evolução na fórmula ou equação de cálculo do ROE:

$$ROE = ROA \times \frac{\text{Ativos Operacionais}}{\text{Patrimônio Líquido}} \quad (18)$$

Fonte: Adaptado de Dupont (1918), Braga (1989) e Assaf Neto (2012)

O ROE pode ser calculado também nos moldes da Equação 19

$$ROE = ROA \times Alavancagem\ Financeira \quad (19)$$

Fonte: Adaptado de Dupont (1918), Braga (1989) e Assaf Neto (2012a)

São considerados Ativos Operacionais os recursos investidos na empresa em Ativos Correntes ou Operacionais correspondentes a recebíveis (vendas a prazo) e estoques e Ativos Fixos ou Imobilizados. Sobre esse assunto, Golas *et al.* (2013) comentam que a eficácia na gestão do capital de giro (ativos correntes) reflete na taxa de retorno sobre os ativos. Nota-se que, no ROA original, são considerados exclusivamente elementos que integram o lucro das operações, ou seja, não são consideradas as despesas financeiras ou juros sobre capital de terceiros (empréstimos e financiamentos) e os ativos de natureza operacional. Investimentos são os recursos onerosos que financiam a empresa, isto é, os recursos oriundos de empréstimos e financiamentos (Passivo Exigível – PE de curto e longo prazo) que cobram juros e também o capital próprio (Patrimônio Líquido) da empresa, que exige lucro; são oriundos de Investidores que acreditam no negócio da empresa e exigem retorno em juros reais (k_i) ou lucro (k_e) (BRAGA, 1989; GROSH e GLEWWE, 2000; HANSEN, 2001; MEL *et al.*, 2008 e 2009; ASSAF NETO; SILVA, 2012; GOLAS *et al.* 2013).

Em se tratando de bem arrendado, Graham e King (2013) indicam que os valores de anuidade do arrendamento são incrementais e associados ao valor para cálculo do ROA e ROE nos moldes de valores dos ativos de direito de uso (operacionais).

O modelo *Dupont* evolui ao Retorno sobre o Patrimônio Líquido – ROE através do produto da alavancagem financeira, índice obtido pela divisão do Ativo Total pelo Patrimônio Líquido, pelo Retorno sobre os Ativos (BRAGA, 1989; HANSEN, 2001; ASSAF NETO, 2012a).

Dentro das estratégias escolhidas, cabe priorizar as ações que melhor produzirem, com o máximo possível de disponibilidade, *performance* e qualidade. É importante lembrar que, segundo os princípios da TOC – *Theory of Constraints* ou Teoria das Restrições de Corbett (2005, p. 48) –, não se deve preocupar com eficiências locais – gerais ou em todos os equipamentos

disponíveis –, mas, sim, com a restrição, uma vez que recursos “não restrição” teriam ociosidade se administrados conforme os princípios da TOC. Corbett (2005) aborda como bússola financeira as medidas de desempenho “Lucro Líquido” e “Retorno Sobre Investimento” (RSI ou ROI – *Return On Investment*), em que os Gerentes devem tomar suas decisões focadas em metas, sem o uso de rateios, com foco em Ganho Total, Despesa Operacional Total e Investimento, conforme Equação 20, Retorno Sobre Investimento.

$$RSI = \frac{G-DO}{I} \times 100 \quad (20)$$

Para Huang *et al.* (2002), métricas de produtividade como OEE e TOC são então integradas em metodologia para medir o desempenho do sistema e ajudar a identificar oportunidades de melhoria produtividade.

Al-Najjar e Alsyouf (2003) propõem identificar fatores de custo no ciclo de vida do equipamento e descrever o comportamento desses custos durante a vida do equipamento; comentam que é possível obter melhorias constantes no lucro, monitorando diferentes custos e identificando problemas na área de processo com benefícios econômicos oriundos da melhoria. São muitos os benefícios com o sistema integrado de manutenção proposto por eles – VBM (*Vibration-Based Maintenance*) –, no qual melhorias de desempenho podem ser encontradas em disciplina e atividades de vasta área da planta, como produção, qualidade e logística, o que reconhece tratar a manutenção como centro de custos e lucro.

Kamande e Lokina (2013) apresentam em suas pesquisas que a produção limpa com a aplicação contínua em estratégia integrada de preservação ambiental aplicada em processos, produtos e serviços pode incrementar eco-eficiência e redução de riscos humanos e ambientais, e, direcionada para a melhor eficiência, usando os recursos naturais (matéria-prima, energia e água) e reduzindo a geração de desperdícios e emissões, leva a ganhos de lucratividade e a retorno sobre ativos.

Lambert e Burduroglu (2000) comentam que a margem de lucro operacional das vendas (%) é consequência de todos os fatores envolvidos na atividade-fim da empresa, desde as vendas, passando pelos tributos sobre

valor agregado, pelos gastos como custos e despesas necessários para o atingimento das expectativas dos clientes, gastos com manutenção das operações, desgastes e reposição pelo uso dos ativos fixos e ônus por uso de recursos de terceiros necessários ao suporte à atividade. Ali estão todos os gastos e fatores de produção envolvidos – custos dos produtos vendidos – e todas as atividades da empresa – custos totais –, incluídos todos os custos logísticos como de embalagens, de transportes, de manutenção de inventário, de tecnologia de informação, decorrentes de lotes, tributários, decorrentes de nível de serviço e de administração logística. Eles propuseram uma adaptação, sobre o modelo *Du Pont*, com destaque para as operações e/ou componentes de logística sobre o desempenho – os valores e resultados – da Unidade de Negócio. O método *Dupont* visa a detectar se houve um aumento ou redução da lucratividade sobre os Ativos Operacionais ou sobre o Patrimônio Líquido e, no caso em que o foco era a gestão da cadeia logística, percebeu-se que o ROA e o ROE foram mais acentuadamente influenciados pela lucratividade das vendas ou pela eficiência no uso dos ativos operacionais.

2.4.2 Mensuração da Criação de Valor – EVA® e MVA®

Para Tamosiuniene e Survilaite (2013), a diferença entre o valor contábil e o valor de mercado de uma companhia está na forma de conduzir os negócios da empresa e atingir o desempenho, e o principal problema está em identificar, explicar e mensurar essa diferença cuja grande característica está na intangibilidade.

Pereira (2007) comenta que, levando-se em consideração as contínuas e rápidas mudanças ambientais para a continuidade da empresa, exigem-se respostas adequadas, tomadas de decisões eficazes e conduzindo suas atividades ao cumprimento de sua missão. Completa que, no contexto empresarial, o desempenho assume diversas dimensões, quando relacionado à empresa em sua totalidade, às suas áreas, às funções e aos cargos exercidos e, também, aos aspectos operacionais, econômicos e financeiros das atividades, às atividades planejadas e às realizadas.

No ponto de vista de Ghereasim (2011), a agregação de valor está mais relacionada ao capital variável do que ao capital constante. O capital constante está ligado à produção e o capital variável é essencialmente o investimento na força de trabalho. Somente o capital variável cria o real valor adicional, pois envolve competências físicas e intelectuais, qualificação, produção e reprodução, tempo, salários, dentre outros. Para ele, o valor adicionado é o valor extra criado na produção sobre o montante de capital investido, ou seja, acima do valor do trabalhador e dos insumos gastos no processo.

Para os autores Nogueira *et al.* (2010), Lin, Cook e Burt (2008), Etebar e Darabi (2011), Bose e Thomas (2008), Liu, Tseng e Yen (2009), Chen *et al.* (2005), Macerinskiene e Survilaite (2011), a principal diferença entre valor contábil e valor pode ser explanada pelos ativos intangíveis, principalmente o capital intelectual. Para Nogueira *et al.* (2010) essa intangibilidade é composta pelo capital humano, pelo capital relacional e pelo capital organizacional. Para Lin, Cook e Burt (2008), o capital relacional são os melhores e valiosos recursos caracterizados pela estrutura social acessíveis ou mobilizados pelos indivíduos propositalmente, cujos benefícios estão diretamente ligados àquela rede de relacionamento. Segundo Etebar e Darabi (2011), quanto maior o nível de conhecimento baseado em inovação, maior a diferença entre valor de mercado e valor contábil. Chatain (2010) comenta que, quanto mais competitiva a empresa, maior seu valor de mercado.

Bose e Thomas (2008) comentam que os ativos financeiros e os intangíveis afetam o desempenho financeiro, a competitividade e habilidade de criar valor, e que todos esses fatores são significativamente influenciados pelos ativos intangíveis, isto é, a presença do capital intelectual.

Para Tamosiuniene e Survilaite (2013), o valor adicionado é o principal aspecto para sucesso da companhia e as empresas estabelecem constantemente metas para incremento no seu valor de mercado. Apresentam em suas pesquisas o crescimento das empresas europeias, com destaque em termos de valor adicionado às empresas alemãs, francesas e inglesas. Destacam, também, que há uma íntima ligação entre o crescimento do produto interno bruto (PIB) *per capita* e o valor agregado bruto das empresas do mesmo

país. Observaram que, entre 2010 e 2012, Grécia, Portugal, República Checa, Eslovênia, Chipre, Espanha, França, Bélgica, Dinamarca e Holanda tiveram seu PIB *per capita* reduzido; Japão e EUA mantiveram seu PIB *per capita* estável; e Luxemburgo, Noruega e Suíça tiveram crescimento. Seus dados estatísticos revelam também que países com significativo valor intangível em seus ativos têm índices e indicadores fortemente positivos. Complementam também que esses países investem em educação, ciência e pesquisa e tendem a ter melhores indicadores de desempenho, crescimento, estabilidade e desenvolvimento.

Segundo Assaf Neto (2010), a adoção da Criação do Valor pelas empresas, com diferentes denominações foi se popularizando até que a *Stern & Stewart* a denominou e registrou pelo nome de *Economic Value Added* (EVA[®]); EVA[®] é um termo usual e bem conhecido, utilizado para indexar ganhos para os investidores superiores ao inicialmente desejado (STEWART, 1994). Longinidis e Georgiadis (2013) comentam que os ganhos estão sujeitos às incertezas macroeconômicas, financeiras e às condições de mercado, este, com o papel de catalisar na cadeia de suprimento, ditando parcialmente ou totalmente a solvência dos créditos e a *performance* financeira. Já Bardy e Massaro (2013) corroboram dizendo que manter o valor do capital dentro do período de negócio é importante, mas isso não cria valor e, para atingir EVA[®], é necessário que os lucros excedam o custo do capital.

Lembrando que o termo “Criação de Valor” é um indicador que aponta se a empresa está criando ou destruindo valor para seus investidores, acima do normal, como *supranormal*, criado por David Ricardo, por volta de 1820 (ASSAF NETO, 2010).

Importante destacar que os termos Análise de Valor (AV) e Engenharia de Valor (EV), com foco na produção com racionalização administrativa e menor custo, se originaram, segundo Csillag (1995), na última guerra mundial e foram consolidados efetivamente nos EUA em 1947 por Lawrence D. Miles, a pedido da *General Electric Company*. Com a escassez de recursos à época, as técnicas voltavam-se, sobretudo, à pesquisa de novos materiais de custo mais

baixo e de grande disponibilidade, que pudessem substituir outros mais raros e de custos mais elevado, durante os anos de conflito. Com o fim da 2ª. Guerra Mundial, a principal finalidade das alterações até então perdeu sentido, logo, seria possível voltar a utilizar tais recursos. Por outro lado, os efeitos econômicos, em especial a redução de custo e a satisfação do consumidor para com os novos produtos, levaram à sistematização das técnicas e suas formas de desenvolvimento com a chamada *Análise de Valor*. Mais tarde, em 1954, o termo *Análise de Valor* passou a ser utilizado para os produtos existentes; já para novos produtos, adotou-se o nome *Engenharia de Valor*.

Os procedimentos básicos para Análise do Valor e Engenharia de Valor, segundo Csilag (1995), buscam responder:

- a) Qual o item?
- b) O que desempenha o item?
- c) Quanto custa o item?
- d) De que outra maneira pode ser desempenhada a função?
- e) A que custo?

O sucesso da metodologia de Miles foi tão grande, segundo Csilag (1995), que se disseminou por todos os EUA e por vários países, sendo utilizado nas empresas públicas e privadas. Por ser a Análise de Valor um método comprovado de conservar energia, melhorar os serviços e economizar dinheiro, trazendo retorno, em maio de 1977, o Senado dos EUA expediu a Resolução 172, que determinou que todos os Ministérios e Agências governamentais deveriam utilizar, sempre que possível, a Análise de Valor para obter o máximo de economia e eficiência. Logo, a Análise e Engenharia de Valor têm outros enfoques além do aspecto de criação de riqueza para os investidores.

Padoveze (2005) afirma que EVA[®] é uma metodologia passível de utilização nas diversas áreas da empresa, áreas essas em que seja possível mensurar resultados pela segregação dos recursos disponibilizados a determinado custo, objetivando aplicá-los em ativos que produzam e sejam

vendidos a resultado operacional suficiente para cobertura de seus gastos operacionais e custos financeiros, e ainda gerem um resultado positivo dentro da expectativa dos investidores na organização.

O foco das pesquisas sobre a missão das entidades empresariais está centrado no conceito de criação de valor, que traz em seu escopo o processo de informação gerado pela contabilidade para que as entidades possam cumprir adequadamente sua missão (PADOVEZE e TARANTO, 2009, p. 97).

O conceito de EVA[®] deve ser aplicado não só para a avaliação geral do empreendimento, e sim para todas as atividades e divisões da empresa, dentro do processo de avaliação de desempenho dos gestores divisionais. Nessa mesma linha, o processo de análise de rentabilidade dos produtos deve incorporar o mesmo conceito, objetivando a congruência de objetivos específicos, setoriais e globais do empreendimento (PADOVEZE, 2005, p. 61).

Bahri *et al.* (2011), Bren *et al.* (2008) e Cocca (2010) apontam que pequenas e médias empresas adotam o conceito de EVA[®] e com resultados efetivos através da estruturação do Sistema de Mensuração de Desempenho dos Ativos (*Performance Measurement System – PMS*). Na Figura 2, segundo os mesmos autores, é possível observar a forma ou ferramenta estruturada de gerenciamento de desempenho – EVA[®]; previamente, estabelece-se a meta em valor absoluto ou percentual de crescimento em relação ao EVA[®] atual. Na busca do atingimento da meta do EVA[®] proposto, dentro das possibilidades e necessidades, experiência das partes envolvidas e das operações negociais ligadas às atividades das empresas, haverá o estabelecimento do resultado operacional líquido, a expectativa do custo médio do capital financiado e o estabelecimento do valor do capital a ser investido. Por sua vez, o resultado operacional líquido terá suas metas de crescimento de vendas e de redução das despesas operacionais; o custo médio do capital passa pelo estabelecimento da melhor forma de financiar, ou seja, o menor custo da fonte de financiamento. Já o capital a ser investido passará pelo estabelecimento da melhor combinação de investimento em ativos fixos e em capital de giro. No decorrer do prazo de introdução e na realização das ações previstas, há que se fazer revisões de ações em face dos resultados parciais atingidos, sempre buscando o atingimento da meta do EVA[®] previsto.

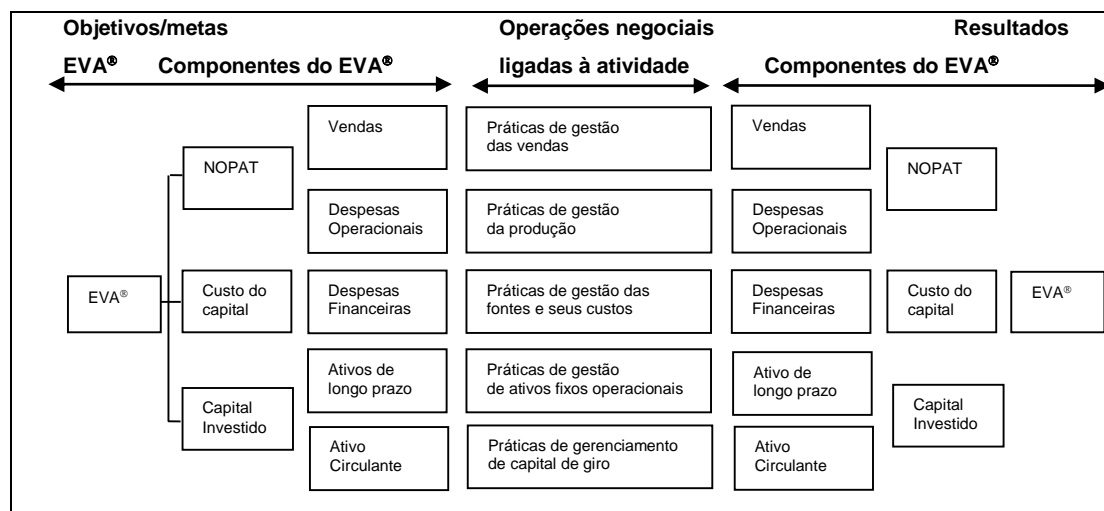


Figura 2: Ferramenta de gerenciamento de desempenho, EVA® (BAHRI *et al.*, 2011)

Catelli *et al.* (2007) contribuem para o raciocínio quanto comentam:

“... a qualidade do resultado das diversas atividades, bem como dos ativos e passivos, resulta da interação sinérgica de fatores intangíveis (competência, criatividade, cooperação clientela, imagem da empresa etc.) que se reflete no todo. Assim o nível global, essa mensuração conduz ao que se poderia denominar valor de custo da empresa (para os donos), ou seja, o quanto vale a empresa em determinado momento, considerando os custos de oportunidades baseados em valores de mercado para mensuração dos potenciais de serviços dos ativos que possui e considerando momento, considerando o valor do dinheiro no tempo, em que o lucro de período corresponde ao real incremento no estoque de riqueza da entidade.” (CATELLI *et al.*, 2007, p. 287).

Lembrando que *custo de oportunidade*, segundo Pereira e Oliveira (2007, p. 389) “é o valor correspondente de um determinado ativo em seu melhor uso alternativo”; “... o custo da escolha de uma alternativa em detrimento de outra capaz de proporcionar um maior benefício”, ou “... o custo da melhor oportunidade a que se renuncia quando da escolha de uma alternativa.”

Damodaran (2007), Padoveze e Bertolucci (2008) e Assaf Neto (2010) apresentam o EVA® como uma medida de criação de valor através do

desempenho operacional da empresa, retratada nos relatórios financeiros. Na **Tabela 4**, é possível verificar a estrutura de capital e respectivos custos: através dos custos (juros) do capital de terceiros e do capital próprio (lucro desejado) e o custo médio do capital (WACC) da empresa.

Tabela 4: Estrutura e custo (WACC) de capital - EVA[®]

ESTRUTURA, CUSTO DE CAPITAL E EVA ESPERADO	31-12-X1		31-12-X2	
Passivo Oneroso	6.000.000	31,7%	6.600.000	34,4%
Patrimônio Líquido	12.900.000	68,3%	12.600.000	65,6%
Investimento Total	18.900.000	100,0%	19.200.000	100,0%
Endividamento (PAS/PL)	0,4651		0,5238	
Custo de Captação = Desp Fin Liq / Passivo Oneroso = Ki	9,2%		5,9%	
Custo de Oportunidade Capital Próprio = Ke	13,9%		14,6%	
Custo Médio Ponderado de Capital = WACC	12,4%		11,6%	
Resultado Operacional Líquido esperado = Inv x WACC	2.346.444		2.226.426	

Fonte: Adaptado de Assaf Neto (2010)

Conforme a Tabela 4, o endividamento da empresa em X1 e X2 é de \$ 6.000.000,00 e \$ 6.600.000,00, respectivamente, representando 31,7% e 34,4% do total nos anos X1 e X2; o custo desse capital era de 9,2% e 5,9%, respectivamente. O custo de oportunidade que representa o ganho que os proprietários pretendem são 13,9% e 14,6%. Como consequência, o custo médio e percentual mínimo necessário para atender financiadores e proprietários são 12,4% e 11,6%; em termos monetários representam o lucro Operacional Líquido mínimo esperado de \$ 2.346.444,00 e \$ 2.226.426, para X1 e X2, respectivamente, para atender às expectativas dos investidores.

Pela Tabela 5 é possível verificar que houve um lucro aquém do esperado, ou seja, VEA[®] negativo e, conseqüentemente, valor de mercado (MVA[®]) abaixo do valor contábil. Vê-se que o Resultado Operacional Líquido foi de \$ 1.126.356,00 e \$ 759.132,00 para os X1 e X2, respectivamente, isto é, bem aquém do desejado. Na sequência, é possível verificar que após pagamento das despesas financeiras e seus benefícios fiscais, chega-se ao resultado líquido do exercício de \$ 573.012,00 e \$ 372.306,00 para X1 e X2, respectivamente, valores esses bem aquém dos \$ 1.793.100,00 e \$ 1.839.600,00 esperados pelos proprietários, levando à conclusão de que houve

involução do EVA[®] ou desagregação de valor econômico em \$ 1.220.088,00 e \$ 1.467.194,00. O valor contábil da empresa é de \$ 18.900.000,00 e \$ 19.200.000,00, porém seu valor de mercado é de \$ 9.072.506,00 e \$ 6.546.516,00; esse cálculo foi feito pela ponderação do EVA[®] negativo de \$ 1.220.088,00 e \$ 1.467.194,00 pelo WACC 12,4% e 11,6% para X1 e X2, respectivamente, e o valor contábil de cada ano.

Tabela 5: Resultado Operacional e Valor de Mercado

RESULTADO OPERACIONAL E VALOR DE MERCADO	31-12-X1	31-12-X2
Receita Operacional Líquida	3.800.000	3.400.000
Custo dos Produtos Vendidos	(1.693.600)	(1.626.600)
Despesas com Vendas	(294.800)	(299.400)
Despesas Administrativas	(231.400)	(242.100)
IR&CS s/ Resultado Operacional	(580.244)	(391.068)
Resultado Operacional Líquido	1.126.356	759.132
Despesas Financeiras Brutas	(838.400)	(586.100)
Economia de IR&CS	285.056	199.274
Despesas Financeiras Líquidas	(553.344)	(386.826)
Resultado Líquido do Exercício	573.012	372.306
Custo de Oportunidade Capital Próprio = Ke	13,9%	14,6%
Patrimônio Líquido	12.900.000	12.600.000
Lucro Líquido Esperado	1.793.100	1.839.600
Valor Econômico Agregado (VEA) = Lucro Liq Esp - Res Liq Ex	(1.220.088)	(1.467.294)
Custo Médio Poderado de Capital = WACC	12,42%	11,60%
Valor Agregado pelo Mercado (MVA) = EVA / WACC = Goodwill	(9.827.494)	(12.653.484)
Investimento Total	18.900.000	19.200.000
Valor de Mercado da Empresa (MV) = Inv Total + MVA	9.072.506	6.546.516

Fonte: Adaptado de Assaf Neto (2010)

No exemplo dado por Assaf Neto (2010), o EVA[®] é entendido como a diferença entre o valor da remuneração mínima pelo custo médio ponderado do capital (WACC = *weight average cost capital*). Se superior à remuneração mínima exigida pelos investidores (financiadores e proprietários), entende-se como agregação de valor; do contrário, se inferior à remuneração mínima exigida pelos investidores (financiadores e proprietários), ou seja, aquém do esperado, não agregará valor e, nesse caso, terá seu valor de mercado aquém do valor contábil.

A Medida de Valor Agregado pelo Mercado (MVA[®] – *Market Value Added* ou *Goodwill*) reflete o valor da riqueza gerada aos proprietários de capital, determinado pela capacidade operacional da empresa em produzir resultados superiores a seu custo de oportunidade, que, somado aos valores de investimento da empresa, chega-se ao valor de mercado (MV – *Market Value*) (ASSAF NETO, 2010). No exemplo apontado acima, houve uma não agregação de valor de \$ 9.072.506,00 e \$ 6.546.516,00, nos anos X1 e X2.

É importante destacar que os bancos, como variável externa, impactarão nos resultados das empresas com grande dependência de capital oneroso de terceiros. Conforme apresenta Hoxha (2013), “ao depender dos fundos externos, as empresas são influenciadas positivamente pelo fato da concentração bancária e, por outro lado, influenciadas negativamente quando há a competição bancária”. O autor comenta, ainda, de forma teórica, que as empresas que necessitam de fundos externos são prejudicadas pela competição bancária.

Existem outras maneiras de calcular o EVA[®] e o MVA[®]. Damodaran (2010) e Luzio (2010) apresentam o cálculo via Fluxo Descontado de Caixa – FDC, trazendo como valor presente o Fluxo Líquido de Caixa – FLC – projetado pelo custo de oportunidade, uma vez que, no cálculo do FLC, já foi descontado o pagamento da dívida, incluindo juros e os ativos não operacionais.

2.5 Respaldo Teórico para a Proposta do SAD

Segundo Zuashkiani *et al.* (2011) e Oliverson (2006), o OEE tem um papel importante na sustentabilidade da companhia; e uma moderada alteração nesse índice pode resultar em significativa alteração no Retorno sobre o Investimento (ROI) e no valor da empresa.

De acordo com Eswaramurthi e Mohanram (2013), mesmo que grande parte das empresas tenham atingido um grande ganho em termos de produção, há um vasto espaço para otimização de suas máquinas e também

para melhorar suas metas de produtividade, e o principal método para atingir tais desafios é o TPM

Oliverson (2006) apresenta resultados que corroboram a hipótese de relação na variação do OEE e variação ainda maior dos resultados econômico-financeiros. Destaca o fato de a empresa ter seu OEE de 55% elevado para 65%. Com o OEE de 55%, a empresa obteve o lucro de \$ 89.530.000,00, com seus ativos contábeis avaliados em \$ 1.190.000.000,00, ou seja, estava com o ROI de 7,52%. O ROI de 7,52% era aquém dos 8,00% desejados pelos proprietários. Com o lucro real de \$ 89.530.000,00 e retorno esperado de 8%, pode-se estimar que o valor de mercado da empresa era \$ 1.119.125.000,00 e não o valor contábil de \$ 1.190.000.000,00, ou seja, houve uma desagregação de valor dos ativos em \$ 70.875.000,00.

Oliverson (2006) apresenta também, na sequência, que a empresa tem o acréscimo de 10% no OEE, passando de 55% para 65%; os custos (fixos) com manutenção passaram de \$ 20.000.000,00 para \$ 25.000.000,00, o lucro saltou de \$ 89.530.000,00 para \$ 158.900.000,00, ou seja, \$ 69.370.000,00 a mais e 77,5% acima do lucro anterior. Considerando o retorno esperado pelos proprietários de 8,00% e o lucro de \$ 158.900.000,00, chega-se ao valor de mercado de \$ 1.987.375.000,00.

Através da apresentação de Oliverson (2006), conclui-se que o valor de mercado com OEE de 55% é de \$ 1.119.125.000,00 e o valor de mercado com OEE de 65% é de \$ 1.987.375.000,00, ou seja, com a melhoria de 10% no OEE há um incremento de \$ 868.250.000,00 no valor de mercado da empresa e um aumento de 77,5% em relação ao valor de mercado anterior. Observa-se que, com o lucro de \$ 158.990.000,00, ativos contábeis estimados em \$ 1.190.000.000,00 e OEE de 65%, o ROI salta de 7,52% para 13,35%, ou seja, variação de 5,83% (77,5% a mais que o anterior).

Hansen (2001), conforme apresentado em 2.2.2, mostra uma empresa que obtém ganho de OEE em 10%, ou seja, de 60% para 66%, e um resultado operacional (antes das despesas com juros sobre capital de terceiros e dos impostos sobre a renda) de \$ 9 milhões de resultado operacional no OEE de 60% e \$ 14,6 milhões de resultado operacional no OEE de 66%.

Essa empresa, segundo Hansen (2001), apresenta \$ 90 milhões de ativos no OEE de 60%, sendo \$ 45 milhões representando os investimentos em caixa e equivalentes, clientes a receber, estoques, outros ativos correntes, sendo estes variáveis em função das vendas; os outros \$ 45 milhões equivalem a recurso de longo prazo, ou seja, investimentos feitos na planta, equipamentos, dentre outros, e \$ 94,5 milhões de ativos no OEE de 66%, sendo que os ativos correntes sobem para \$ 49,5 milhões (\$ 45 milhões + 10%), somados com os \$ 45 milhões de investimentos em recursos de longo prazo.

Nesse mesmo caso, Hansen (2001) apresenta um ROA de 10% no OEE de 60%, isto é, \$ 9 milhões de resultado operacional em \$ 90 milhões de investimento em ativos, passando para um ROA de 15,4% no OEE de 66%, representado pelo resultado operacional de \$ 14,6 milhões em um investimento em ativos de \$ 94,5 milhões. O ROA de 10% passa para um ROA de 15,4%, um incremento de 54% para o aumento de OEE de 60% para 66%, justificando o investimento em TPM. Além desse ganho, Hansen (2001) destaca também o benefício do ganho de confiabilidade para vendas e horas planejadas para treinamento.

O Sistema de Apoio à Decisão (SAD) de investimento em manutenção é uma ferramenta de planejamento, simulação e análise, desdobrada ou evoluída no módulo das informações de engenharia (produção, manutenção e de projeto) e no módulo de informações econômico-financeiras. O primeiro módulo é para mensurar a eficiência e o desempenho da Manutenção Autônoma, que leva a ganhos de produção e gastos a título de investimento e custos operacionais, a partir da implantação do TPM.

Já o segundo, o módulo econômico-financeiro, tem a função de fazer a avaliação nos moldes de finanças corporativas, com instrumentos de gestão econômico-financeira e contábil, como subsídio na tomada de decisão quanto aos rumos da eficiência, eficácia e efetividade da unidade empresarial.

O módulo econômico-financeiro do SAD utiliza o Modelo Estratégico de Rentabilidade (SPM), calculando o ROA, ROI e ROE, conforme item 2.4.1 deste trabalho, e também utiliza o Modelo de Agregação de Valor para calcular

o EVA[®] e o MVA[®], conforme item 2.4.2; isso para fazer o prognóstico a partir das premissas estabelecidas para as variáveis envolvidas no processo e desenvolvimento da Manutenção Autônoma do TPM.

3 MÉTODOLOGIA DE PESQUISA

Segundo Silva e Menezes (2001), um trabalho acadêmico e científico busca responder indagações e re-ratificar hipóteses. Minayo (1993) explica que, por um prisma mais filosófico, considera a pesquisa como atividade básica das ciências na sua indagação e descoberta da realidade. É uma atitude e uma prática teórica de constante busca, que define um processo intrinsecamente inacabado e permanente. É uma atividade de aproximação sucessiva da realidade que nunca se esgota, fazendo uma combinação particular entre teoria e dados.

Para Gil (1999, p.42), a pesquisa tem um caráter pragmático, é um “processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos”. É um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução para um problema e que têm por base procedimentos racionais e sistemáticos. A pesquisa é realizada quando se tem um problema e não se tem informações para solucioná-lo.

Para atender os objetivos e responder as hipóteses da tese, o autor da pesquisa, apropriou-se das teorias de Engenharia de Produção, em especial sobre manutenção e TPM, e também das teorias do Modelo Dupont e Stern Stewart & Co., estabeleceu o sistema de escores para métrica de Manutenção Autônoma a partir de um modelo pré-existente, o qual não contemplava quaisquer critérios de pontuação ou métrica comparativa. Desenvolveu, também, o módulo econômico-financeiro, com o uso de técnicas contábeis vigentes. Na sequência, de forma integrada, o SAD foi submetido a testes a partir de simulações com dados hipotéticos, próximos à realidade, das empresas e com análise de sensibilidade. Chegou a resultados comprováveis e comparáveis aos estudos e pesquisas científicos de Hansen (2001), Oliverson (2006), Ribeiro (2010), Zuashkiani *et al.* (2011) e Eswaramurthi e Mohanram (2013), dentre outros. Diversas outras análises são passíveis de serem feitas com o SAD, por exemplo, análise de riscos, análise de cenários, correlação de

causa e efeito entre as variáveis envolvidas nas atividades da empresa, mas, optou por apreciar os efeitos do TPM sobre os Ativos, Investimentos e Valor Agregado à empresa.

3.1 Enquadramento Metodológico do Trabalho

Sendo o objetivo deste trabalho desenvolver, propor e testar um método de verificação dos resultados da implantação do TPM, estabelecer um critério de medição via auditoria de avaliação de nível de implantação da Manutenção Autônoma, foi necessário esgotar *estudos exploratórios* sobre o tema nas bases de dados internacionais. Essas publicações levam ao conhecimento utilizado e comprovado cientificamente sobre mensuração, análise e tomada de decisão no que tange ao modelo Manutenção Produtiva Total, mais precisamente o pilar Manutenção Autônoma.

Em complemento ao objetivo, que é de previsão e mensuração das rentabilidades econômico-financeiras das estratégias de gestão com utilização do TPM, através do Modelo Estratégico de Rentabilidade ou modelo Dupont e do Modelo da Stern Stewart & Co., foram feitos também *estudos e pesquisas exploratórios* nas plataformas ou bases de dados científicos à respeito. Classificada então como *pesquisa exploratória*, pois, segundo Gil (2002) além de se familiarizar com o tema, via pesquisa bibliográfica, leva à construção de hipóteses e formas para respondê-las de maneira inédita, construindo ou alargando a fronteira do conhecimento até então existente sobre o tema proposto, através de propostas simuladas com exemplos próximos da realidade com as variáveis envolvidas no problema.

Considerando o caráter de aplicação prática na resolução das hipóteses de possibilidade de se fazer mensuração de gastos com a produção e a manutenção, e gerar conclusões precisas sobre seus retornos sobre os ativos e investimentos e o valor agregado ou não para os investidores; considerando também a indagação sobre a ligação entre o valor da empresa em função da forma de gestão e ao capital intelectual envolvido, foi feita uma *pesquisa aplicada* na busca por estabelecimento de correlação de ações, cenários e

resultados. Desenvolveu-se dois instrumentos para compor o SAD: o primeiro, de engenharia de produção e manutenção, para um rigoroso ponto de controle via auditoria de Manutenção Autônoma, instrumento este originado de Ribeiro (2010), acrescido da contribuição do autor desta tese, via estabelecimento de critério de escore ou pontuação progressiva em função da implantação progressiva da Manutenção Autônoma; o segundo instrumento, econômico-financeiro, é um instrumento desenvolvido, assim como o sistema de auditoria de manutenção, em plataforma de planilha eletrônica da Microsoft Office Excel, seguindo os princípios, as normas e as técnicas contábeis vigentes, objetivando subsidiar nos cálculos e análises de retornos e agregação de valor do modelo Dupont e da Stern Stewart & Co. Logo, do ponto de vista da natureza, baseado em Gil (2002), este trabalho trata-se de uma *pesquisa aplicada*, pois buscou gerar conhecimentos com aplicação prática para soluções de problemas específicos, normalmente levado às indagações por hipóteses.

É também *pesquisa descritiva*, a partir do momento que descreve fenômenos e relações entre variáveis da Engenharia de Produção e da gestão econômico-financeira, identificando fatores que contribuem para fenômenos ligados à realidade das indústrias.

É uma abordagem *quantitativa*, uma vez que busca traduzir, em números, informações via classificação e análise, com técnicas de matemática, de engenharia e econômico-financeiras, buscando estabelecer correlação de ações, cenários e resultados.

Quanto aos procedimentos técnicos, utilizou-se de pesquisa bibliográfica e também experimental, convergindo para simulações próximas à realidade, passíveis de aplicação e teste.

4 O SISTEMA DE APOIO À DECISÃO - SAD

O desenvolvimento do SAD partiu de necessidades das áreas de produção e manutenção e foi feito através de estudos e pesquisas bibliográficas sobre a indústria, especialmente a automobilística tradicional e sua evolução até o Sistema Toyota de Produção (STP); o STP se transformou em referência para a maioria das indústrias, sendo o berço do TPM, objeto de estudo deste trabalho. Foram feitos estudos e pesquisas nas áreas de Engenharia de Produção e Manutenção em temas e conhecimentos que culminam com o TPM, mensurado pelo *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Em associação às necessidades de produção e manutenção, tornaram-se imperiosos estudos e pesquisas sobre gestão e engenharia econômica, cujas técnicas levam às métricas de resultados econômico-financeiros, como retornos sobre ativos (ROA), sobre investimento (ROI) e sobre o capital próprio (ROE), também chamados por fórmula *Dupont* ou SPM, e o método de avaliação de Agregação de Valor e Riqueza (EVA® e MVA®), patenteado por Stern Stewart & Co., publicado em 1994.

O Sistema de Apoio à Decisão – SAD – tem como objetivo subsidiar a previsão e acompanhamento de resultados de produtividade e valores econômico-financeiros nas tomadas de decisões de investimento para implementação do TPM, por meio de auditorias de avaliação do estágio atual e previsões de implantação do Pilar 2, Manutenção Autônoma (MA), um dos oito pilares do TPM, objetivando mensurar o que se pode chamar de Eficiência de MA. Lembrando que a MA deve ser implantada simultaneamente aos demais pilares, ou seja, não isoladamente, logo, a mensuração da MA é, por consequência, uma mensuração de todo o TPM. Foi escolhido o pilar MA do TPM para análise por ser considerado um pilar básico e essencial, pois a manutenção é feita pelo departamento de Produção, e segundo Suzuki (1994), é um dos blocos de construção básicos mais importantes em qualquer programa de TPM.

4.1 Os Pressupostos e Embasamentos do SAD

Normalmente a empresa ou unidade de negócio em funcionamento tem o seu nível de OEE abaixo do desejado, o que significa que a produção efetiva – *status quo* – normalmente está aquém do esperado; seus índices de confiabilidade e manutenibilidade (disponibilidade) estão abaixo do possível ou necessário, e o desempenho (*performance*) dos equipamentos e qualidade dos produtos ou serviços está abaixo do desejado.

As afirmações e confirmações de Hansen (2001), Oliverson (2006), Zuashkiani *et al.* (2011) e Eswaramurthi e Mohanram (2013) sobre o TPM que é medido pelo OEE têm um papel importante na sustentabilidade no sentido de sobrevivência financeira da companhia; uma moderada alteração neste índice pode resultar em significativa alteração no Retorno sobre o Investimento (ROI) e no valor da empresa.

4.2 Estruturação do SAD para Mensuração da MA

A Manutenção Autônoma é executada em “sete etapas”. Ribeiro (2010) tem uma proposta de avaliação da Manutenção Autônoma onde cada etapa possui “itens de avaliação”, **não sendo utilizados critérios de pontuação** a título de métrica. O autor deste trabalho, por sua vez, entendendo ser o modelo de Ribeiro bastante completo para avaliar a eficiência de MA, resolveu utilizá-lo como base, propondo, de forma inédita, a adoção de uma pontuação ponderada para os tópicos e itens de avaliação, que totalizam 225 “tópicos e critérios” na auditoria de controle a ser considerada como Eficiência de MA ótima.

Neste trabalho, então, dentre outras propostas, se estabelece que os 225 “tópicos e critérios” sejam pontuados unitariamente, perfazendo então a pontuação máxima em 225 pontos (P1) auditáveis, para mensuração da execução da Manutenção Autônoma. Cabe destacar que a Manutenção Autônoma é implantada processual e sequencialmente, ou seja, de forma crescente, cuja consequência é o incremento do OEE. Isso posto, há então o

pressuposto de que, na medida que a pontuação da Eficiência de MA cresce, cresce proporcionalmente o OEE.

Propõe-se, também, com fundamentação nas pesquisas apresentadas e na lógica racional, que o incremento do OEE leve à redução de perdas e a ganhos de produção, elevando automaticamente o faturamento/vendas, com baixo aumento dos custos fixos de produção e baixo investimento na planta, incrementando substancialmente o resultado econômico-financeiro (Lucro) e, por consequência, o retorno sobre o investimento (ROI e ROA) e o valor dos ativos da empresa (VEA[®] e MVA[®]).

A premissa do SAD é de que a implantação da MA deve seguir as sete etapas divididas em tópicos e critérios de mensuração. Na Tabela 6, é possível ver a pontuação a ser dada por classe de equipamento. As etapas têm 35 itens de avaliação que se subdividem em itens/critérios de avaliação com bom nível de detalhamento, que variam de 30 a 35 pontos individuais (PI) que chegam até o acumulado (Ac) de 225 pontos por classe de equipamentos.

Tabela 6: Pontuação via Manutenção Autônoma por equipamento

ETAPA	Itens Quant	Tópicos/Critérios P1	Ac
Etapa 1: Limpeza inicial (recuperar desgaste e estabelecer condições básicas)	6	35	35
Etapa 2: Eliminação de Fontes de Sujeira e dos locais de difícil acesso (eliminar condições que causam desgaste prematuro)	4	35	70
Etapa 3: Padrões de Limpeza e Lubrificação (manter condições adequadas de operação)	6	35	105
Etapa 4: Inspeção Geral do Equipamento (desenvolver habilidades de equipamentos nos operadores prevenindo erros de operação)	4	30	135
Etapa 5: Inspeção Geral do Processo de Manutenção Autônoma (desenvolver habilidades de processo nos operadores capacitando para operar, ajustar e corrigir anormalidades)	5	30	165
Etapa 6: Sistematização da Manutenção Autônoma - Organização e Ordem (sistematizar, remover ou descartar itens desnecessários e organizar adequadamente o ambiente)	6	30	195
Etapa 7: Autocontrole (consolidar atividades de melhorias)	4	30	225
Total de itens		35	

Fonte: Proposta do Autor com base em Ribeiro (2010)

O SAD é desenvolvido na plataforma de planilha eletrônica – neste caso, *Excel* do *Office* da *Microsoft* – e sua implantação é feita através de ferramentas de diagnóstico e prognóstico, via formulários estruturados e equações, que permitem simulações e análise de sensibilidade que levem à conclusão da viabilidade ou não, técnica e econômica, do TPM.

Como forma de mensurar técnica e quantitativamente o TPM via Manutenção Autônoma (MA) – Eficiência da MA –, é utilizado o modelo de auditoria de implantação da MA, proposto por Ribeiro (2010). As sete etapas da MA são divididas em 35 itens específicos de avaliação; esses 35 itens de avaliação, por sua vez, são fracionados para rigorosa e pragmática mensuração em um *check-list* de 225 tópicos/critérios de auditoria de avaliação, que podem ser consultados nos Apêndices A, B, C, D, E, F e G.

O SAD toma por base o estágio atual e as metas definidas em razão da implantação do TPM e MA. Uma vez que o SAD propõe a mensuração e expectativa de TPM e OEE via Manutenção Autônoma – Auditoria de Manutenção Autônoma –, há que se levar em conta os dados estatísticos de produção e manutenção, tanto os atuais (*status quo*), como as futuras previsões. Seus resultados estarão sujeitos à adoção das políticas e filosofias do TPM. A partir de técnicas de finanças corporativas, mensura-se o estágio econômico-financeiro e analisa-se a evolução e variações; através do Método Estratégico de Rentabilidade (fórmula *Dupont*) – leia-se ROA, ROI e ROE –; e, pelo método de cálculo de Agregação de Valor e Riqueza (EVA® e MVA®). A partir dos resultados apresentados no SAD, tomam-se as medidas necessárias para o atingimento das metas desejadas. Como exemplo: revisão da meta do índice de eficiência de MA previsto, com incremento e foco com ações que possam impactar acima do previsto anterior.

A implantação da MA é feita seguindo-se, com rigor e na sequência, as sete etapas, ou seja, não se pulam etapas devido à lógica técnica e filosófica do modelo original do TPM; adota-se o modelo primeiramente nos equipamentos de maior impacto/importância para a empresa, classificados como Equipamentos Classe A; na sequência, é implantado o modelo de MA nos Equipamentos Classe B, que tem uma importância secundária no processo

de produção e manutenção; e, por último, consolida-se a implantação nos Equipamentos Classe C, não impactantes na produção.

Considerando que há 225 tópicos/critérios de avaliação no modelo de auditoria para mensurar a Eficiência da MA, e que para cada critério há a pontuação simples de um ponto, essa pontuação é replicada para cada uma das três classes de equipamentos; logo, a pontuação ótima ou Eficiência de MA ótima é possível de atingimento na auditoria de implantação de MA é de 675 pontos ($3 \times 225 = 675$ pontos), conforme Tabela 7, e os apêndices citados, em especial o Apêndice G para verificação.

Tabela 7: Pontuação: Eficiência de Auditoria por Etapa e Tópicos MA

ETAPA	Itens Quant	Tópicos e ou critérios de mensuração						Total	
		Eqs CI A		Eqs CI B		Eqs CI C		P1	Ac
		P1	Ac	P1	Ac	P1	Ac		
Etapa 1: Limpeza inicial (recuperar desgaste e estabelecer condições básicas)	6	35	35	35	35	35	35	105	105
Etapa 2: Eliminação de Fontes de Sujeira e dos locais de difícil acesso (eliminar condições que causam desgaste prematuro)	4	35	70	35	70	35	70	105	210
Etapa 3: Padrões de Limpeza e Lubrificação (manter condições adequadas de operação)	6	35	105	35	105	35	105	105	315
Etapa 4: Inspeção Geral do Equipamento (desenvolver habilidades de equipamentos nos operadores prevenindo erros de operação)	4	30	135	30	135	30	135	90	405
Etapa 5: Inspeção Geral do Processo de Manutenção Autônoma (desenvolver habilidades de processo nos operadores, capacitando para operar, ajustar e corrigir anormalidades)	5	30	165	30	165	30	165	90	495
Etapa 6: Sistematização da Manutenção Autônoma - Organização e Ordem (sistematizar, remover ou descartar itens desnecessários e organizar adequadamente o ambiente)	6	30	195	30	195	30	195	90	585
Etapa 7: Autocontrole (consolidar atividades de melhorias)	4	30	225	30	225	30	225	90	675
Mensuração do TPM via auditoria de MA (SAD)									35

Fonte: Proposta do Autor com base em Ribeiro (2010).

Para utilização do SAD, além das etapas básicas necessárias à implantação do TPM e da MA, propõem-se, neste trabalho, a necessidade de se seguir alguns passos para a auditoria de implantação, na busca pela Eficiência da MA:

- 1º Passo: Preliminarmente, é necessário que se faça a primeira auditoria, utilizando o *check-list* proposto para mensuração da eficiência da MA; deve-se estabelecer o estágio em que se encontra a empresa/área/classe de equipamentos a título de *status quo*, medida esta que será o ponto de partida ou diagnóstico atual para estabelecimento de metas e cronogramas de implantação;
- 2º Passo: Apurar ou levantar o índice de disponibilidade, *performance* e qualidade (OEE) atual e respectiva produção;
- 3º Passo: Estabelecer as metas para OEE, produção e pontuação para a Eficiência de MA para os próximos períodos; essas metas têm correlação direta entre si, podendo ter como meta a pontuação máxima de 675 e o OEE de 91,1%; para encontrar o *gap* ou variação de OEE a ser perseguido, toma-se por base o OEE atual e o OEE proposto – é o que se apresenta na Equação 21, Meta de crescimento de OEE.

$$OEEg = (OEEp - OEEa) \quad (21)$$

Sendo:

OEEg = *Gap* ou variação de OEE a ser cumprida

OEEp = OEE proposto

OEEa = OEE atual

Nos moldes do OEE, a diferença de pontuação entre a auditoria inicial de MA e a pontuação desejada, Equação 22 (Meta de crescimento de MA), pela empresa gerará a meta de “ganho de desempenho” para a Eficiência de MA esperado.

$$MAg = (MAp - OEEa) \quad (22)$$

Sendo:

MAg = *Gap* ou variação de Pontuação de MA a ser cumprida

MAp = Pontuação de Eficiência de MA proposta ou

MAa = Pontuação de auditoria de MA atual

4º Passo: Estabelecer de forma estratégica e institucional a meta e o respectivo cronograma de implantação; sendo as opções de critério:

- a) Meta fixa ou escore fixo anual;
- b) Meta decrescente, estabelecida pelo método da soma dos algarismos dos anos, isto é, para meta do primeiro ano deve-se utilizar o algarismo do último ano em previsão pelo somatório dos algarismos de todos os anos previstos; para a meta do segundo ano, segue o mesmo raciocínio, utilizando-se o algarismo do penúltimo pela soma dos algarismos; e assim sucessivamente – exemplo: meta do 1º ano de cinco anos = 5 / (1+2+3+4+5);
- c) Meta decrescente, através do método Matheson ou Exponencial - que é o critério adotado neste trabalho devido à coerência e facilidade em se fazer medidas de maior impacto (moral, financeiro, etc.) no início da implantação do TPM, e, também, por outro lado, ao final poderá haver uma saturação em termos de execução e economicamente provável - estabelecida pela adaptação do método do saldo decrescente via percentual fixo; ao final do tempo previsto, haverá um saldo remanescente, demonstrado na Equação 23, Equação original de Matheson.

$$\% \text{ fixo} = \text{no.de tempo} \sqrt{\text{escore remanescente/escore total}} - 1 \quad (23)$$

Adaptando o método Matheson ou Exponencial para uso no estabelecimento de % fixo sobre saldo decrescente, em que se utiliza o “escore remanescente”, neste caso, utiliza-se como escore ou pontuação inicial o resultado da primeira auditoria de eficiência da MA, ficando nos moldes da Equação 24, Equação de Matheson adaptada para o SAD.

$$\% \text{ fixo} = \text{no.de tempo} \sqrt{\text{escore atual/escore total}} - 1 \quad (24)$$

- d) Meta aleatória, por meio da qual se infere uma pontuação ou meta de acordo com a intuição ou vontade dos gestores.

5º Passo: Iniciar as atividades de implantação do TPM, neste caso específico, a MA;

6º Passo: Em períodos preestabelecidos (mensal, bimensal ou trimestral), apurar o estágio de implantação da MA da planta, área ou equipamento pelo *check-list* de auditoria de eficiência de MA;

7º Passo: Analisar as informações do passo anterior, rever metas e retomar à implantação, e colocar em círculo os passos de planejamento, implantação, checagem e ação para correção de metas e rumos.

A auditoria de Manutenção Autônoma, conforme Tabela 7, é feita e pontuada por etapa e por classe de Equipamentos *Eqs Cl A*, *Eqs Cl B* e *Eqs Cl C*. Os Equipamentos “A” são os priorizados para a implantação da MA, seguidos pelos Equipamentos “B” de média importância e, por fim, os Equipamentos “C”, de menor importância ou prioridade. Para cada Classe de Equipamentos, é possível atingir a pontuação acumulada (*Ac*) de 225 pontos.

Uma vez que são três Classes de Equipamentos, a plena instalação da MA levará ao total acumulado (*Ac*) de 675 pontos, resultado de 225 pontos por classe de equipamento vezes 3 classes de equipamentos, conforme Equação 25, Escore da Eficiência da MA.

$$\text{Eficiência global da MA} = \sum \text{Eficiência de MA Equip. A+B+C} = 675 = 225 + 225 + 225 \quad (25)$$

Os formulários (*check-lists*) de auditoria de implantação de MA estão nos Apêndices, com apresentação de uma simulação de resultado pleno, ou seja, atendimento por completo todas as etapas, tópicos e ou critérios de mensuração. A título de demonstração, na Tabela 8, é apresentada parte do *check-list* da 1ª Etapa e é possível ver os primeiros itens/critérios de avaliação – Limpeza inicial (recuperar desgaste e estabelecer condições básicas – de

auditoria de mensuração da Manutenção Autônoma. O primeiro item – Limpeza do equipamento com o apoio da manutenção (descarte de material desnecessário) – tem quatro tópicos de avaliação. Esses tópicos têm cinco critérios de níveis progressivos de avaliação e cada critério tem a pontuação individual (PI) simples de 1 ponto. Com o progresso dos trabalhos mensurados neste tópico, a pontual (PI) vai se acumulando (Ac).

Logo, nas linhas da Tabela 8, constam o item de avaliação “Limpeza do equipamento [...]”, que é o primeiro item de avaliação da Etapa 1, “Limpeza inicial (recuperar desgaste e estabelecer condições básicas)”, da Manutenção Autônoma. Há o tópico “1.1 INSTALAÇÃO, DISPONIBILIDADE [...]”, que é desdobrado em quatro critérios de avaliação. Há também os “CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO”, que, uma vez cumpridos, têm automaticamente o seu ponto “P1” adicionado acumuladamente “Ac”; observa-se que a pontuação se inicia com “Ac” com um ponto referente a “Nenhum dos itens está sendo executado”, e vai até a linha acumulada “Ac” com 5 pontos, considerando que “Os itens estão sendo executados”. Nos Apêndices A a G, encontram-se todos os 225 itens de avaliação feitos por Classe de Equipamento.

Tabela 8: Pontuação da Manutenção Autônoma Mensurando

ITEM DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIO	TÓPICOS E CRITÉRIOS (ITENS) DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO	Eqs CI A		Eqs CI B		Eqs CI C		Total	
				P1	Ac	P1	Ac	P1	Ac	P1	Ac
Etapa 1: Limpeza inicial (recuperar desgaste e estabelecer condições básicas)											
Limpeza do equipamento com o apoio da manutenção (descarte de material desnecessário)	1.1	1.1 INSTALAÇÃO, DISPONIBILIDADE E PREENCHIMENTO DE ETIQUETAS	Nenhum dos itens está sendo executado	1	1	1	1	1	1	3	3
		1. Todos os problemas do equipamento estão identificados por meio de etiquetas ou apontados em local apropriado.	1 dos 4 itens está sendo executado	1	2	1	2	1	2	3	6
		2. As etiquetas estão sendo bem preenchidas (todos os campos e legíveis).	estão sendo executados	1	3	1	3	1	3	3	9
		3. As diferentes datas de instalação de etiquetas ou apontamentos evidenciam que os profissionais têm o hábito de etiquetar todas as inconveniências não solucionadas no momento de sua descoberta.	3 dos 4 itens estão sendo executados	1	4	1	4	1	4	3	12
		4. Há etiquetas de identificação de inconveniências disponíveis no local de trabalho.	Os 4 itens estão sendo executados	1	5	1	5	1	5	3	15
		1.2 CONTROLE DAS ETIQUETAS	Nenhum dos itens está sendo executado	1	6	1	6	1	6	3	18
Identificação de anomalias por meio de Etiquetas	1.2	1. As etiquetas são controladas de acordo com o procedimento, facilitando a sua quantificação e classificação entre pendentes e solucionadas.	1 dos 4 itens está sendo executado	1	7	1	7	1	7	3	21
		2. Há uma estatística de etiquetas instaladas e solucionadas.	2 dos 4 itens estão sendo executados	1	8	1	8	1	8	3	24
		3. A estatística está atualizada e coincide com o controle de etiquetas ou apontamentos.	estão sendo executados	1	9	1	9	1	9	3	27
		4. A estatística de etiquetas instaladas e solucionadas é divulgada no local de origem.	Os 4 itens estão sendo executados	1	10	1	10	1	10	3	30

Fonte: Proposta do Autor com base em Riberio (2010)

A Tabela 9 apresenta os últimos critérios de mensuração da sétima e última etapa de implantação da MA, totalizando 225 pontos por Classe de Equipamento. Com a métrica de mensuração da MA, é possível atingir os 675 pontos previstos para 5 a 7 anos do início de instalação do TPM. Deve-se considerar que cada empresa poderá estar inicialmente com nível distinto de MA. Uma vez feita a primeira auditoria de MA, está apontará o *status quo* e o desafio de implantação do TPM para se atingir o chamado nível “Classe Mundial” de 85% de OEE (OEE HOME, 2014), e/ou também a pontuação proporcional em pontos pela métrica ora proposta para a boa Eficiência de MA. No caso ora estudado, no sétimo ano de implantação do TPM, atinge-se o OEE de 84,9% e a pontuação de 598 pontos na métrica proposta de mensuração de Manutenção Autônoma – MA, via auditoria de inspeção.

Tabela 9: Pontuação da Manutenção Autônoma – Etapa 7

ITEM DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIO	TÓPICOS E CRITÉRIOS (ITENS) DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO	Eqs Cl A		Eqs Cl B		Eqs Cl C		Total	
				P1	Ac	P1	Ac	P1	Ac	P1	Ac
Etapa 7: Autocontrole (consolidar atividades de melhorias)											
Disciplina dos Operadores	7.3	7.3 DISCIPLINA DOS OPERADORES									
		1. Os operadores não mantêm o local de trabalho limpo e ordenado e todas as informações atualizadas.	1	206	1	206	1	206	3	618	
		2. Alguns operadores que operam temporariamente o equipamento não matêm o local de trabalho limpo e ordenado e todas as informações atualizadas.	1	207	1	207	1	207	3	621	
		3. Somente alguns operadores mantêm o local de trabalho limpo e ordenado e todas as informações atualizadas.	1	208	1	208	1	208	3	624	
		4. Quase todos os operadores mantêm o local de trabalho limpo e ordenado e todas as informações atualizadas.	1	209	1	209	1	209	3	627	
		5. Todos os operadores mantêm o local de trabalho limpo e ordenado e todas as informações atualizadas.	1	210	1	210	1	210	3	630	
Resultados	7.4	7.4 ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE OPERACIONAL (IDO)									
		1. IDO Abaixo de 80%	1	211	1	211	1	211	3	633	
		2. IDO Entre 80 e 84%	1	212	1	212	1	212	3	636	
		3. IDO Entre 85 e 89%	1	213	1	213	1	213	3	639	
		4. IDO Entre 90 e 94%	1	214	1	214	1	214	3	642	
		5. IDO Entre 95 e 100%	1	215	1	215	1	215	3	645	
Resultados	7.5	7.5 ÍNDICE DE PERFORMANCE OPERACIONAL (IPO)									
		1. IPO Abaixo de 80%	1	216	1	216	1	216	3	648	
		2. IPO Entre 80 e 84%	1	217	1	217	1	217	3	651	
		3. IPO Entre 85 e 89%	1	218	1	218	1	218	3	654	
		4. IPO Entre 90 e 94%	1	219	1	219	1	219	3	657	
		5. IPO Entre 95 e 100%	1	220	1	220	1	220	3	660	
Resultados	7.6	7.6 ÍNDICE DE QUALIDADE (IQ)									
		1. IQ Abaixo de 99,80%	1	221	1	221	1	221	3	663	
		2. IQ Entre 99,80 e 99,89%	1	222	1	222	1	222	3	666	
		3. IQ Entre 99,90 e 99,94%	1	223	1	223	1	223	3	669	
		4. IQ Entre 99,95 e 99,98%	1	224	1	224	1	224	3	672	
		5. IQ Entre 99,99 e 100%	1	225	1	225	1	225	3	675	

Fonte: Proposta do Autor com base em Riberio (2010)

Para se atingir a pontuação máxima de 675 pontos na Eficiência de MA, conforme Tabela 9, ter-se-á como desafio a implantação de MA em todos os Equipamentos, ou seja, de todas as classes (A, B e C). Uma vez atingida idealmente a meta de 675 pontos de Eficiência de MA, o Índice de Disponibilidade Operacional (IDO) estará entre 95 e 100%, o Índice de *Performance* Operacional (IPO) também estará entre 95 e 100%, e o Índice de Qualidade (IQ) entre 99,9 e 100%, utopicamente.

Para definição de pontuação de mensuração da Eficiência da Manutenção Autônoma, tomou-se como base a pontuação máxima atingível de 675 pontos, o que será equivalente ao OEE nos moldes da Equação 26, Cálculo do OEE com 675 pontos de eficiência de MA.

$$OEE = ID \times ID \times IQ = 0,955 \times 0,955 \times 0,99 = 91,1\% \quad (26)$$

Cabe destacar que o OEE de 91,1% é muito difícil de se atingir, cuja viabilidade econômico-financeira deve ser verificada.

4.3 A Mensuração dos Resultados Econômico-Financeiros pela OEE

Para mensuração dos resultados econômico-financeiros, foram utilizadas técnicas de análise fundamentada sobre demonstrações contábeis. Os resultados apresentados pelas demonstrações contábeis são consequências dos ganhos de produção ora mensurados pelo OEE; lembrando que o OEE é apurado a partir da técnica de mensuração, proposta pelo autor desse trabalho, via auditoria de implantação da Manutenção Autônoma.

A apuração e a análise das vendas e dos custos variáveis foram baseadas em Corbett (2005) e Goldratt e Cox (2007), conforme Tabela 10, sendo consideradas em função do volume vendido e gastos apenas com matérias-primas ligados diretamente aos produtos.

Tabela 10: Resultado operacional

RESULTADO OPERACIONAL	UN	Ano 1	Ano 2
Vendas anuais (ROBa)	\$		-
Varição das Vendas = (Vendas atuais - Vendas anteriores) / Vendas atuais	%		
(-) Tributos sobre as vendas	\$		-
(-) Custos Variáveis (CV)	\$		-
Margem Bruta	\$		-

Fonte: Elaborado pelo Autor

Na **Tabela 11** é possível verificar os gastos ou custos operacionais totais (fixos).

Tabela 11: Custos operacionais totais

CUSTOS OPERACIONAIS TOTAIS	UN	Ano 1	Ano 2
Pessoal de Operação			-
Pessoal de Manutenção			
Pessoal de Supervisão Geral			-
Mão-de-obra e enc Gerência de Suporte			
Mão-de-obra e enc Gerência de Áreas de Apoio à Produção			
Material para Manutenção Corretiva não Planejada			
Gastos com Manutenção Produtiva Total			
Material de Gastos de suporte			
Material de Gastos com Áreas de Apoio à Produção			
Outros Gastos			
Despesas Comerciais			
Despesas Administrativas			
Outras Despesas Operacionais			
Custos com depreciação e amortização			
Despesas com depreciação			

Fonte: Elaborado pelo Autor

Para fins de análise, a apuração do Lucro operacional, Tabela 12, leva em consideração as vendas e respectivos gastos ligados ao negócio (BRASIL, 2012); nesse caso, sem considerar gastos ou custo das fontes de capitais (capitais onerosos), isto é, sem considerar juros sobre capital de terceiros (ki) e custo de oportunidade do capital próprio, com base no modelo de Modigliani e Miller, de 1958, apresentado por Neves Junior *et al.* (2011), no qual o custo do capital próprio ou de terceiros não influencia no resultado operacional e valor da empresa. A alíquota adotada para fins de Imposto de Renda Pessoa Jurídica é de 25% e, para Contribuição Social sobre Lucro Líquido, 9%,

perfazendo 34% sobre o Lucro Operacional (BRASIL, 1978; BRASIL,1988; BRASIL, 2013).

Tabela 12: Lucro operacional

LUCRO OPERACIONAL	UN	Ano 1	Ano 2
Lucro Antes dos Juros e IR (LAJIR)	\$		
Varição do LAJIR = (LAJIR atual - LAJIR anterior) / LAJIR atual	\$		
Margem Operacional	%		
(-) IR&CSLL de 34%	\$		
Lucro Operacional antes das Despesas Financeiras(LAJ)	\$		
Margem Operacional antes das Desp Financeiras Liq IR&CS = (LAJ	%		

Fonte: Elaborado pelo Autor

Na Tabela 13 é possível verificar os valores dos Ativos Patrimoniais Operacionais; foram utilizados os valores necessários para a condução do negócio da empresa, ou seja, investimentos em Ativos Correntes como “estoques”, “clientes”, “caixa e equivalentes” e Ativos Imobilizados e Intangíveis (PADOVEZE e TAKAKURA JUNIOR, 2013; ASSAF NETO; SILVA, 2012). Trata-se de valores dos investimentos que são inerentes ao negócio da empresa.

Tabela 13: Giro e ROA dos ativos patrimoniais operacionais

ATIVOS PATRIMONIAIS OPERACIONAIS	UN	Ano 1	Ano 2
Estoques (\$)	\$		
Estoques (dias de venda)	dias		
Clientes	\$		
Clientes (dias de venda)	dias		
Caixa ou equiv	\$		
Caixa ou equiv (dias de venda)	dias		
Ativos Correntes	\$		
Ativos Correntes (dias de venda)	dias		
Ativo Imobilizado + Ativo Intangível	\$		
Ativo Imobilizado + Ativo Intangível (dias de venda)	dias		
Ativos Operacionais = At Op	\$		
Ativos Operacionais (dias de venda)	dias		
Ativos Operacionais = At Op	\$		
Giro dos Ativos = ROBa / Ativos Operacionais	vezes		

Fonte: Elaborado pelo Autor

O retorno sobre ativos operacionais pode ser calculado nos moldes da Equação 27, ROA: Margem Operacional x Giro Ativos Operacionais.

$$ROA = Margem Operacional \times Giro dos Ativos Operacionais \quad (27)$$

Fonte: Adaptado de Dupont (1918), Braga (1989) e Assaf Neto (2012a)

Para fins de investimento, conforme Tabela 14, são considerados os valores dos recursos oriundos de investidores que exigem retorno financeiro, ou seja, juros sobre os empréstimos e financiamentos e remuneração sobre o capital próprio ou Patrimônio Líquido Ajustado apresentado na Tabela 15.

Tabela 14: Giro e ROI dos investimentos

ROI - RETORNO SOBRE INVESTIMENTOS	Ano 1	Ano 1
Investimentos = (Cap Terceiros com ônus + PLa) = (PCF + ELP + AntRec + PLa)	\$	
Giro dos Investimentos: ROBa / (PCF + PNC + AntRec)	\$	
Lucro Operacional antes das Despesas Financeiras ou dos Juros = LAJ	\$	
ROI: Retorno sobre Investimentos: LAJ/Investimentos	%	
ROI: Retorno sobre Investimentos: Giro Invest x LAJ ou Giro Invest x M.Operacional	%	

Fonte: Elaborado pelo Autor

O retorno sobre ativos operacionais pode ser calculado nos moldes da Equação 28, ROI: Margem Operacional e Giro dos Investimentos.

$$ROA = Margem Operacional \times Giro dos Investimentos \quad (28)$$

Fonte: Adaptado de Dupont (1918), Braga (1989) e Assaf Neto (2012a)

A partir dos investimentos em Ativos Patrimoniais Operacionais, conforme Tabela 15, é possível identificar o Patrimônio Líquido Ajustado – PLA; deduzindo-se dos Ativos Operacionais Totais os valores dos recursos de terceiros “com e sem ônus”, utilizados para financiar tais ativos operacionais, é possível chegar ao valor do Patrimônio Líquido Ajustado; logo, o Patrimônio Líquido Ajustado é o valor necessário para as atividades operacionais da empresa além do capital de terceiros com e sem ônus.

Tabela 15: Giro e ROE do Patrimônio Líquido

ROE: Retorno LL s/ PL ajustado = Giro do PL x M.Operacional	UN	Ano 1	Ano 1
Lucro Operac antes das D Financ(LAJ) após IR&CSLL	\$		
Desp Financeiras	\$		
IR + CSLL = IR&CS	\$		
Participação no Lucro	\$		
Lucro Líquido = LL = LAJ - (DFin - IR&CS) - PartLucro	\$		
ou Lucro Líquido Operacional desprezando as receitas não operac.	\$		
Varição do Lucro Líquido = (LL atual - LL anterior) / LL atual	%		
Margem Líquida = ML = LL / ROBa	%		
Patrimônio Líquido Ajustado (A Operac - Cap Ter com e sem ônus)	\$		
Giro do PLa em relação à ROBa / PL	Índice		
ROE: Retorno via L Líquido s/ PL ajustado <i>from</i> LL / PLa	%		
ROE: Retorno via L Líquido s/ PL ajustado <i>from</i> Giro PLa x ML	%		

Fonte: Elaborado pelo Autor

O retorno sobre ativos operacionais pode ser calculado nos moldes da Equação 29, ROE: Lucro Líquido x Giro do PLa.

$$ROE = Margem Líquida \times Giro \text{ do PLa} \quad (29)$$

Fonte: Adaptado de Dupont (1918), Braga (1989) e Assaf Neto (2012a)

Na medida em que cresce o Lucro Líquido do período analisado em relação ao período anterior, sem que haja grande oscilação no valor dos Ativos Operacionais Totais e no valor do capital de terceiros, tem-se o crescimento do retorno sobre o capital próprio – ROE.

Para se chegar ao valor e riqueza (EVA[®] e MVA[®]) agregados sobre os Investimentos, ou seja, sobre capital de terceiros com ônus e sobre capital próprio ajustado, conforme Tabela 16, tomaram-se como referência para custo médio ponderado do capital (*Weight Average Cost Capital* – WACC) as despesas financeiras líquidas de tributos (IR & CSLL) e o lucro líquido desejado (ke) ao percentual do custo de oportunidade desejado (ke) pelos sócios investidores.

Tabela 16: Agregação de Valor

AGREGAÇÃO DE VALOR A CADA PERÍODO	UN	Ano 1	Ano 2
Despesas Financeiras Brutas	\$		
IR & CSLL	\$		
Despesas Financeiras Líquidas	\$		
Custo financeiro capital de terceiros	\$		
Lucro líquido esperado = PLa x Ke	\$		
Resultado Operacional Líquido esperado	\$		
Resultado Operacional Líquido esperado via Inv * WACC = Res Op Liq Esperado	\$		
Lucro Antes dos Juros e IR (LAJIR)	\$		
IR & CSLL	\$		
Resultado Operacional Líquido realizado = Res Op Liq Realizado	\$		
EVA = Res Op Liq Realizado - Res Op Liq Esperado	\$		
MVA = VEA / WACC	\$		
Valor de Mercado da Empresa	\$		
ROI = Resultado Operacional Líquido realizado / Investimento	%		
RROI = ROI - WACC	%		
EVA = Invest * RROI	\$		
MVA [®] = EVA [®] / WACC	\$		
Valor de Mercado da Empresa	\$		
Valor de Mercado sobre Investimentos	%		

Fonte: Elaborado pelo Autor

Uma vez que o resultado operacional líquido realizado tenha superado o resultado esperado (*Residual Return On Investment* – RROI), serão consolidados os ganhos de valor e riqueza (ASSAF NETO, 2010).

5 VERIFICAÇÃO

Neste capítulo, é apresentado o SAD, contextualização sobre o seu objetivo, o raciocínio e forma de cálculo e também sua verificação através de simulações com seus resultados.

Toma-se como *benchmark* o “Ano base”, cujos resultados não contam com a instauração do TPM; na sequência, são apresentados os resultados anuais até o sétimo ano e os reflexos da implementação do TPM; ao final, serão apresentados e analisados os resultados e respectivos impactos medidos pelo OEE, SPM e EVA[®]/MVA[®].

5.1 Verificação da proposta – módulo de engenharia

O módulo de engenharia utiliza, dentre outros instrumentos, *check-list* para o acompanhamento da eficiência da MA, conforme Apêndices “A” a “G”. Para mensuração, cada etapa é acompanhada por “Itens de Avaliação”, desdobrados em “Tópicos e Critérios e Pontuação de Avaliação”, conforme Tabela 17.

Nas últimas colunas da Tabela 17, é possível verificar as categorias ou classes de equipamentos “A”, “B” e “C”, em que é pontuado o equipamento (P1) e, do lado, a pontuação acumulada (Ac). As duas últimas colunas indicam os P1 e Ac do Total a que corresponde toda a planta ou fábrica.

Tabela 17: *Caput* do *check-list* – tópicos de avaliação

ETAPA	ITEM	ITEM DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIO	TÓPICOS E CRITÉRIOS (ITENS) DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO	Eqs Cl A		Eqs Cl B		Eqs Cl C		Total	
						P1	Ac	P1	Ac	P1	Ac	P1	Ac
Etapa 1: Limpeza inicial	1	Limpeza do equipamento	1.1	1.1 INSTALAÇÃO, DISPONIBILIDADE E PREENCHIMENTO DE ETIQUETAS	Nenhum dos itens está sendo executado	1	1	1	1	1	1	3	3
				1. Todos os problemas do equipamento estão identificados por meio de etiquetas ou apontados em local apropriado.	1 dos 4 itens está sendo executado	1	2	1	2	1	2	3	6
				2. As etiquetas estão sendo bem preenchidas (todos os campos e legíveis).	2 dos 4 itens estão sendo executados	1	3	1	3	1	3	3	9
				3. As diferentes datas de instalação de etiquetas ou apontamentos evidenciam que os profissionais têm o hábito de etiquetar todas as inconveniências não solucionadas no momento de sua descoberta.	3 dos 4 itens estão sendo executados	1	4	1	4	1	4	3	12
				4. Há etiquetas de identificação de inconveniências disponíveis no local de trabalho.	Os 4 itens estão sendo executados	1	5	1	5	1	5	3	15

Fonte: Proposta do Autor com base em Ribeiro (2010)

Na Tabela 17, vê-se o item de avaliação, Limpeza do equipamento, do tópico 1.1 *Instalação, disponibilidade e preenchimento de etiquetas*, que, a partir daí, têm os cinco critérios de pontuação.

Com relação ao *check-list* de acompanhamento, este é composto por:

- a) Etapas: a Manutenção Autônoma é dividida em sete etapas com seus respectivos itens de avaliação. Essas etapas são alinhadas de forma crescente e condicionada sua conclusão para início da etapa seguinte;
- b) Item de Avaliação: cada etapa é fracionada em atividades a serem cumpridas sequencialmente, com seus respectivos itens de avaliação para mensuração quantitativa;
- c) Tópicos e critérios de avaliação: os itens de avaliação também são fracionados para acompanhamento em tópicos;
- d) Critérios de pontuação: os tópicos, por sua vez, levam a um critério simples de pontuação, ou seja, à medida que o critério é atendido, inclusive em partes e/ou no todo, recebe um ponto para cada nível de cumprimento; normalmente cada tópico recebe de um a cinco pontos, pontos esses que se tornam forma de controle e ao mesmo tempo estímulo para o seu cumprimento na totalidade.

Para iniciar a avaliação pelo SAD, faz-se necessário providenciar uma auditoria de avaliação para análise do *status quo* para estabelecimento de premissas do SAD; ter-se-á então o diagnóstico do OEE e um trabalho de campo junto à área financeiro-contábil, ou seja, o momento “zero”, sendo apresentado nas tabelas como “Ano base”, e o ponto de partida de contagem de tempo e desempenho do SAD.

No momento da apuração do nível de eficiência de MA inicial, foram apurados 100 pontos; o OEE estava em 45% e o faturamento era de \$ 1.000.000,00; logo, esses dados foram estabelecidos como o ponto de partida ou *status quo* para previsões do SAD. É importante atentar que a relação entre

OEE e escore de MA vai depender do *status quo* de cada equipamento, planta e/ou empresa.

Considerando o *status quo* apurado, OEE 45%, eficiência de MA de 100 pontos, o SAD passará a elaborar as previsões de OEE. Para as previsões, serão estimadas as intervenções, mudanças, adequações, e ações proativas de todas as áreas envolvidas, para cada equipamento, planta e/ou empresa, subsidiando a obtenção do novo escore (pontuação) para as futuras medições. Por consequência, haverá também a definição dos critérios de pontuação a serem cumpridos na auditoria de MA para o atingimento de sucesso na meta proposta.

O desempenho esperado com o TPM está condicionado à capacidade instalada dos equipamentos e sua real utilização. É também possível estimar e estabelecer compromissos para o atingimento das perspectivas de produção e venda, com prazos para empresas em início de implantação do TPM, que podem levar até sete anos para implantação e cumprimento das metas estabelecidas. São feitas as análises do cenário interno e externo e suas perspectivas. Deve haver a participação de todos que trabalham na planta, com dados da engenharia de produção, da engenharia industrial, vendas, logística, controladoria, dentre outras possíveis. Com o uso do SAD, é possível planejar, estimar, simular e analisar as consequências na produção, na produtividade, nos investimentos e gastos para a tomada de decisão. A mensuração e a decisão poderão ser feitas em qualquer estágio da implantação do TPM, isto é, além de subsidiar a adoção do TPM, é possível fazer revisões sobre a eficiência, eficácia e efetividade da implantação da Manutenção Autônoma.

Para a previsão ou estimativa do atingimento do OEE estrategicamente planejado, torna-se necessário estabelecer, dentre outras atividades de planejamento, o OEE alvo e o prazo necessário.

Tem-se, portanto:

- *Status quo*: OEE inicial de 45% para 100 pontos dos 675 pontos possíveis na métrica de eficiência MA;
- A meta de OEE final, neste caso estudado, é de 91,1% para os 675 pontos de eficiência de MA possíveis;
- Logo, o desafio é, no caso estudado, aumentar o OEE em 46,1% equivalentes aos 575 pontos faltantes para o total de 675 pontos de eficiência de MA possíveis;
- O prazo para atingimento do OEE de 91,1% e 675 pontos da métrica de eficiência da MA é de 10 anos;
- O método escolhido para estabelecer os escores mínimos necessários a cada período de tempo – anual – é o método de Matheson ou exponencial, conforme Equação 30, que consiste em estabelecer matematicamente o percentual fixo anual de 17,38% de melhoria sobre o escore do ano anterior. A escolha do método de Matheson é por haver um estabelecimento de metas maiores no início da implantação do TPM, que vem ao encontro da realidade, pois é possível realizar intervenções de grande impacto, sendo:

$$\% \text{ fixo} = \left(\sqrt[no.de\ tempo]{\frac{escore\ atual}{escore\ total}} - 1 \right) \times 100 = \left(\sqrt[10]{\frac{100}{675}} - 1 \right) \times 100 = 17,83\% \quad (30)$$

- Na Tabela 18, é possível verificar o percentual fixo de 17,383% (modelo Matheson), Equação 30, onde se tem o saldo ou valor total de 675 pontos a serem perseguidos e 100 pontos atuais a serem deduzidos a título de saldo, onde:

Tabela 18: Evolução do escore de eficiência da MA

Período	Cota anual p/10 anos: 17,383%
	Quota de Pontuação Saldo de Pontos
Pontuação Total	675
Ano 1	117
Ano 2	97
Ano 3	80
Ano 4	66
Ano 5	55
Ano 6	45
Ano 7	37
Ano 8	31
Ano 9	25
Ano 10	21

Fonte: Elaborado pelo Autor

É possível verificar que, no primeiro ano (Ano 1), há 117 pontos de eficiência de MA a cumprir e, no Ano 10, 21 pontos de eficiência. Deve-se lembrar que, em termos econômico-financeiros, serão apurados resultados até o sétimo ano, cujo ano vai completar acumuladamente 598 pontos (600), que correspondem ao OEE acumulado de 85%.

Cabe destacar que os cálculos a serem apresentados serão para previsão dos sete anos de implantação do TPM, quando se espera o atingimento de 84,9% (85%). Observa-se que a meta do primeiro ano de implantação é de 117 pontos de eficiência de MA, resultado do cálculo de 17,383% sobre os 675 possíveis, conforme Tabela 18.

Se ocorrer o atingimento do OEE meta de 91,1% nos próximos 10 anos, haverá a necessidade de atingir os 675 pontos da métrica de auditoria de implantação de Manutenção Autônoma, principal objetivo deste trabalho. E uma vez que, no momento da implantação do TPM, já houver atividades que equivalham a 100 pontos da métrica de pontuação de auditoria de MA, há então a meta ou desafio de se conseguir outros 575 pontos, o que alavancará 46,1% de OEE. Utilizado o método de Matheson ou percentagem fixa de

17,383%, tem-se uma necessidade e possibilidade de atuar mais efetivamente nos primeiros anos, conforme Tabela 19.

Tabela 19: Previsão de pontos e OEE para os próximos 10 anos

Período	Pontuação		% OEE Equivalente do ano	OEE Acumulado	Variação s/ OEE anterior
	Meta do ano	Pontuação Acumulada			
Ano inicial (<i>status quo</i>)		100		45,0%	
1o. Ano de implantação do TPM	117	217	9,4%	54,4%	20,9%
2o. Ano de implantação do TPM	97	314	7,8%	62,2%	14,3%
3o. Ano de implantação do TPM	80	394	6,4%	68,6%	10,3%
4o. Ano de implantação do TPM	66	461	5,3%	73,9%	7,7%
5o. Ano de implantação do TPM	55	515	4,4%	78,3%	5,9%
6o. Ano de implantação do TPM	45	560	3,6%	81,9%	4,6%
7o. Ano de implantação do TPM	37	598	3,0%	84,9%	3,7%
8o. Ano de implantação do TPM	31	628	2,5%	87,4%	2,9%
9o. Ano de implantação do TPM	25	654	2,0%	89,4%	2,3%
10o. Ano de implantação do TPM	21	675	1,7%	91,1%	1,9%

Fonte: Elaborado pelo Autor

O ponto de partida é o ano inicial; observa-se que o ano inicial conta com 100 pontos de eficiência de MA, que corresponde à situação atual (*status quo*), e também 45% de OEE. Na sequência, é possível ver na coluna “Pontuação” a Meta do primeiro ano, que são 117 pontos de eficiência de MA, que correspondem a 9,4% de OEE. No Ano 7, ter-se-á o acumulado de 598 pontos de eficiência, equivalente a 84,9% de OEE, considerado um OEE de nível Classe Mundial. Apesar de haver a pontuação acumulada de 675 pontos ao final do décimo ano, correspondente a 91,1%, imagina-se a quase impossibilidade de atingi-la, seja por problemas de engenharia, seja por problema de viabilidade econômico-financeira.

Uma vez que se tem como meta de OEE para 10 anos 91,1% e já se tem OEE de 45%, a diferença de OEE a ser perseguida é de 46,1%. Estes 46,1% equivalem também aos 575 pontos faltantes, ou seja, da meta total de 675 pontos já se encontram 100 pontos aferidos no momento do lançamento do TPM. Logo, 46,1% para 575 pontos equivalem a 0,08017% de OEE para

cada ponto de métrica de eficiência de MA, conforme Equação 31, Cálculo do OEE adicional para 10 anos. Exemplificando: 575 pontos multiplicados por 0,0817% de OEE equivalerão a 46,1% de OEE a ser perseguido no prazo de 10 anos.

$$\text{Variação do OEE por variação do escore MA} = \frac{\text{OEE adicional}}{\text{Escore adicional}} = \frac{46,1\%}{575} = \frac{0,08017\%}{1} \quad (31)$$

No caso analisado, em termos de resultados econômico-financeiros, serão estudados os primeiros sete anos de implantação. Exemplificando: no final do sétimo ano, ter-se-á o OEE de 45% já existente, mais o OEE proporcional a 500 pontos neste intervalo de tempo; conforme Equação 32, Cálculo OEE para 500 pontos de eficiência de MA, ter-se-á, ao final dos sete anos, um incremento de mais 40% de OEE, perfazendo 85% (84,9%), cujo índice se classifica como nível de “classe mundial” (OEE HOME, 2014).

$$\text{Variação do OEE por variação do escore MA} = \frac{\text{OEE adicional}}{\text{Escore adicional}} = \frac{46,1\%}{575} = \frac{0,08017\%}{1} = \frac{40\%}{500} \quad (32)$$

Em outras palavras, para fins desta simulação, será adotado como meta para dez anos o OEE de 91,1%, sendo que, para os primeiros sete anos, buscar-se-á atingir o OEE de 85% (84,9%). OEE de 85%, segundo Zuashkiani *et al.* (2011) e OEE Home (2014), equivale a, potencialmente, D = 90%, P = 95% e Q = 99%. Para se conhecer o “ganho de desempenho” esperado, tomar-se-á a pontuação atingida na auditoria inicial de Manutenção Autônoma, que foi aferida em 100 pontos, cujo OEE inicial mensurado é 45%, mais 40% correspondente aos 500 pontos multiplicados por 0,0817%.

A definição das atividades a serem executadas tem como premissa os escores definidos nos moldes apresentados no capítulo anterior (Método de pesquisa e Desenvolvimento do SAD). Na Tabela 20, é possível verificar os escores anuais (ano a ano) e acumulados por Etapa; nas colunas verificam-se, também, os anos subsequentes ao Ano Base.

Tabela 20: Cronograma das metas de implantação da MA

Manutenção Autônoma Etapas		Ano Base	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Etapa 1	Ano a ano	35	14	21	8	27	0	0	0	0	0	0
	Acumulado	35	49	70	78	105	105	105	105	105	105	105
Etapa 2	Ano a ano	35	4	31	0	32	0	3	0	0	0	0
	Acumulado	35	39	70	70	102	102	105	105	105	105	105
Etapa 3	Ano a ano	30	5	35	0	6	29	0	0	0	0	0
	Acumulado	30	35	70	70	76	105	105	105	105	105	105
Etapa 4	Ano a ano	0	30	8	23	2	20	6	0	1	0	0
	Acumulado	0	30	38	61	63	83	89	89	90	90	90
Etapa 5	Ano a ano	0	30	0	30	0	0	30	0	0	0	0
	Acumulado	0	30	30	60	60	60	90	90	90	90	90
Etapa 6	Ano a ano	0	28	0	17	0	0	1	31	6	7	0
	Acumulado	0	28	28	45	45	45	46	77	83	90	90
Etapa 7	Ano a ano	0	6	2	2	0	5	5	7	23	19	21
	Acumulado	0	6	8	10	10	15	20	27	50	69	90
Todas as Etapas da MA	Ano a ano	100	117	97	80	67	54	45	38	30	26	21
	Acumulado	100	217	314	394	461	515	560	598	628	654	675
OEE equivalente	Ano a ano	45%	9%	8%	6%	5%	4%	4%	3%	2%	2%	2%
	Acumulado	45,0%	54,4%	62,2%	68,6%	73,9%	78,3%	81,9%	84,9%	87,4%	89,4%	91,1%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Destaca-se o Ano 7, que é o ano em que se estima atingir o nível Classe Mundial de 85% de OEE, com previsão de 598 (600) pontos de eficiência de MA. É possível verificar que, no Ano Base, já se encontrava, mediante auditoria preliminar, um total de 100 pontos, compreendendo 35 pontos do cumprimento da Etapa 1, 35 pontos da Etapa 2 e 30 pontos da Etapa 3; estes mesmo 100 pontos correspondem ao *status quo* de 45% de OEE da planta. Observando o sétimo ano de implantação, é possível ver a previsão de atingimento do acumulado de 598 pontos (arredondáveis a título de didática para 600 pontos) de eficiência de MA, também correspondente aos 84,9% do OEE (também arredondáveis para o OEE de 85%) – nível de Classe Mundial, conforme OEE Home (2014).

No Ano 10, Tabela 20, caso consiga atingi-lo, haverá um acumulado de 675 pontos de eficiência de MA, pontuação máxima da proposta de

mensuração do SAD, que corresponde aos 91,1% de OEE. Ratifica-se também que se trata de um escore de difícil atingimento.

Na Figura 3, é possível perceber a previsão acumulada das etapas de MA em 10 anos.

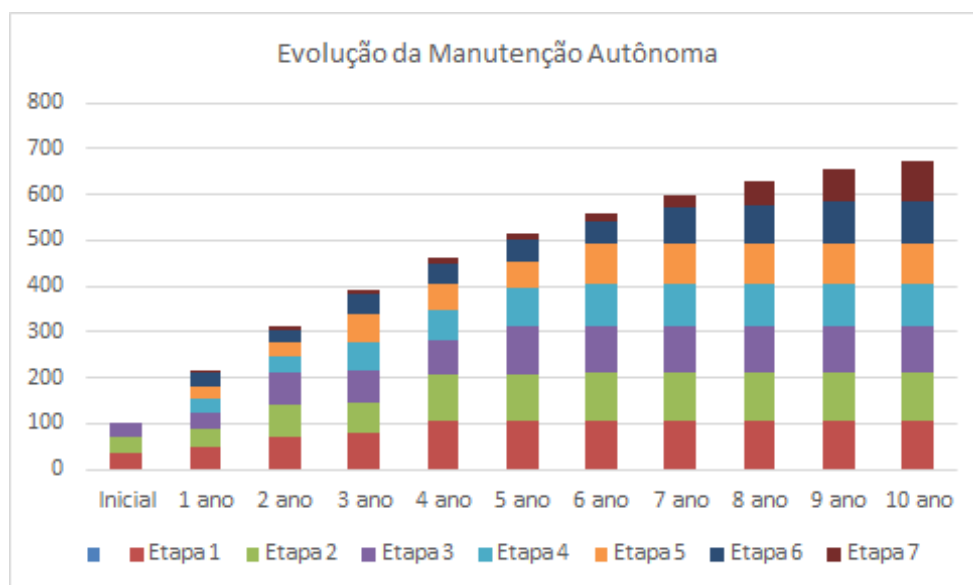


Figura 3: Estimativa de implantação da MA para os dez anos

A estimativa de implantação da MA, que é parte do TPM, é facilmente visível na Figura 3, gráfico de Estimativa de implantação do MA para os próximos dez anos. Observa-se que, no sétimo ano, acumulam-se os 600 pontos de eficiência de MA, sendo 100 do Ano Base (Inicial) e mais 500 pontos evoluídos do primeiro ano ao sétimo ano.

A Figura 4 apresenta a evolução dos escores (pontuação) previstos para a Manutenção Autônoma, que é o reflexo de todo trabalho feito em conjunto com os demais Pilares, proposta deste trabalho, de um Sistema de Apoio à Decisão de investimento no programa ou filosofia do TPM.

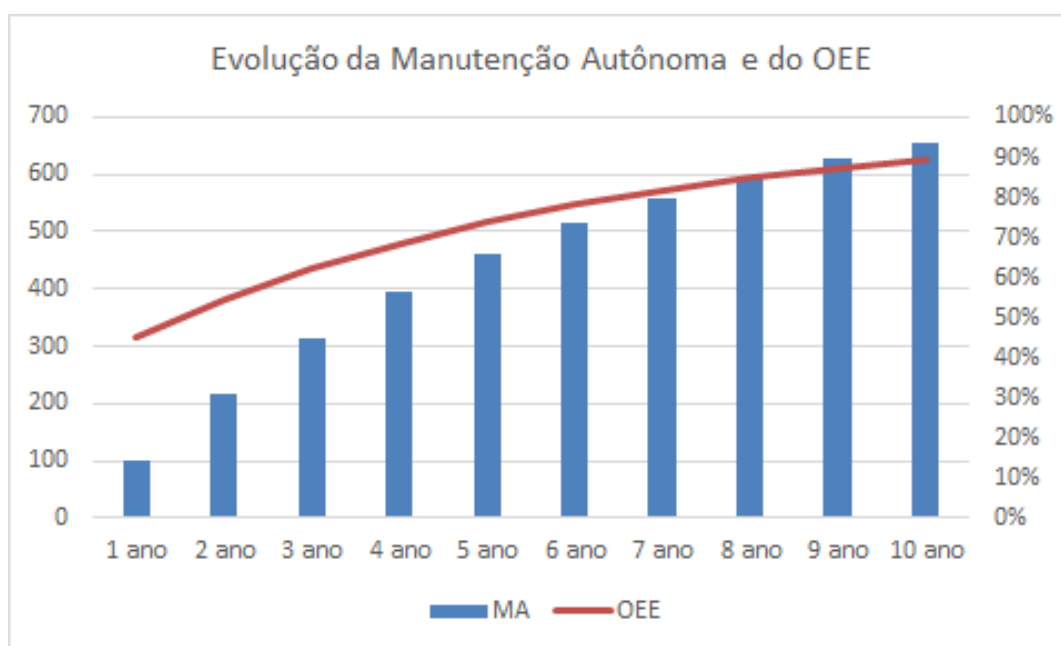


Figura 4: Comparativo da evolução dos escores da MA e o OEE

O gráfico da Figura 4 demonstra a pontuação dos escores de MA e os percentuais de OEE previstos no planejamento feito; nele é possível visualizar o ganho de desempenho nos primeiros anos de implantação. É visível o estreitamento a partir do quinto ano de implantação do TPM, demonstrando uma certa saturação, que poderá ser ratificada ou não pela análise dos resultados econômico-financeiros, que é também objeto de estudo deste trabalho.

É importante lembrar, conforme Oliverson (2006) e Hansen (2001), que a produção, o faturamento e os custos variáveis terão um crescimento proporcional e linear. Já os custos operacionais totais devem ser estimados, em especial os gastos com os investimentos no TPM.

Os pressupostos e embasamentos feitos com dados sobre o estágio da implantação da Manutenção Autônoma (MA), institucionalizado no SAD – proposta deste trabalho – o OEE, os dados históricos e técnicos de engenharia da planta da empresa direcionam à análise econômico-financeira.

Na sequência, estabelecidas as metas para os próximos sete anos, ou seja, OEE, escore de eficiência de MA, produção, faturamento, custos variáveis, custos operacionais totais, inclusive investimento em ativos fixos, passa-se a mensurar os efeitos econômico-financeiros.

5.2 Verificação do módulo econômico-financeiro

Neste trabalho foram adotados modelos já vastamente utilizados e comprovados, como o Modelo Estratégico de Rentabilidade (SPM) e o método de Agregação de Valor e Riqueza, ou seja a apuração do ROA, ROI, ROE e EVA® e MVA®, respectivamente. Uma vez feitas previamente tais análises, é possível fazer testes de sensibilidade, simulações de resultados e tomadas de decisão com grande precisão técnica de engenharia e econômico-financeira. Como primeiro passo, faz-se necessário o levantamento inicial via auditoria inicial de Manutenção Autônoma MA (um dos oito pilares do TPM), utilizando o *check-list* adaptado pelo autor deste trabalho, baseado em Ribeiro (2010) e Suzuki (1994).

A empresa estabelece a meta de 91,1% para os próximos 10 anos; estima-se em conjunto com a pontuação (score) de eficiência de MA, um crescimento proporcional de ganhos de produção e produtividade, com grande impacto positivo no faturamento, e estima-se um aumento no custo total abaixo do ganho de produtividade, ou seja, alavancando operacionalmente os resultados econômico-financeiros.

Para fins de verificação da eficiência do SAD, módulo econômico-financeiro, foi feita uma simulação. Esta pesquisa utilizou-se do *status quo* da empresa em análise, ou seja, sem instauração do TPM, e tomou-se como base que ela está em vias de implantação do TPM, cujo momento atual (Ano Base) está com OEE de 45% e produz regularmente a quantidade suficiente para gerar um faturamento de \$ 1.000.000,00. Essa empresa, nos moldes de gestão da produção e manutenção, tem dificuldades para aumentar o volume de produção, o que, a princípio, só atingirá com grandes investimentos na planta. Resolve analisar a possibilidade de implantar o TPM e questiona sua viabilidade econômico-financeira, considerando seus gastos e ganhos de produção e manutenção nos moldes do SPM e EVA®.

Como premissa e pressuposto, estima-se, com base em autores como Hansen (2001), Oliverson (2006), Zuashkiani *et al.* (2011) e Eswaramurthi e Mohanram (2013), que, com o TPM, haverá importante impacto na

sustentabilidade da companhia; uma moderada alteração neste índice pode resultar em significativa alteração no Retorno sobre o Investimento (ROI) e no valor da empresa. Presume-se que há ganhos de produtividade, aumento na produção e vendas na proporção do incremento do OEE, ora planejado e apresentado na

Tabela 21. Em face do cenário, justificativas e propostas, estima-se que, num período de sete anos, os 45% de OEE iniciais passarão, numa previsão realista, para 85% (84,9%), ou seja, Classe Mundial, com ganhos de produtividade, aumento na produção e vendas na proporção do incremento do OEE, conforme incrementos discriminados na

Tabela 21, ano a ano. Observando os dados, a empresa tem como premissa de crescimento e impacto nas vendas de \$ 1.000.000,00, atingindo sete anos após iniciada a implantação do TPM, \$ 1.886.664,00; já os custos com material de produção de \$ 600.000,00 correspondentes a 60% do faturamento, continuam nos 60% sobre o faturamento, no sétimo ano com \$ 1.131.998,00.

Tabela 21: Projeção de Produção, vendas, custos e OEE

PROJEÇÃO DE PRODUÇÃO	UNI	Ano base	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7
OEE previsto	%	45,00%	54,41%	62,18%	68,60%	73,90%	78,29%	81,91%	84,90%
Varição do OEE	%	0,00%	20,90%	14,28%	10,33%	7,73%	5,93%	4,63%	3,65%
Eficiência da Manutenção Autônoma	Score	100	217	314	394	461	515	560	598
Previsão de Vendas	\$	1.000.000	1.209.049	1.381.759	1.524.447	1.642.332	1.739.724	1.820.187	1.886.664
% Custos	%	60,00%	60,00%	60,00%	60,00%	60,00%	60,00%	60,00%	60,00%
Custos	\$	600.000	725.429	829.055	914.668	985.399	1.043.835	1.092.112	1.131.998
Tributos sobre a Compra no período	\$	223.500	270.222	308.823	340.714	367.061	388.828	406.812	421.669

Fonte: Elaborado pelo Autor

Na Tabela 21 pode-se ver um crescimento proporcional ao OEE em produção e vendas, custos (variáveis) e tributos sobre as compras.

Para implantação do TPM, prevê-se um aumento também de custos totais operacionais (fixos), conforme Tabela 22, em especial custos com a implantação do TPM, migrando parte dos custos do antigo modelo de

manutenção. Foram mantidos os custos com Pessoal de Fábrica, uma vez que não houve aumento de investimento em equipamentos e nem em turnos.

Tabela 22: Previsão dos Custos Operacionais Totais

CUSTOS OPERACIONAIS TOTAIS	UNI	Ano base	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7
Pessoal de Fábrica	\$	37.300	39.610	39.841	40.095	40.375	40.682	41.020	41.392
Pessoal de Operação	\$	14.700	14.700	14.700	14.700	14.700	14.700	14.700	14.700
Pessoal de Manutenção	\$	13.900	13.900	13.900	13.900	13.900	13.900	13.900	13.900
Pessoal de Supervisão Geral	\$	8.700	8.700	8.700	8.700	8.700	8.700	8.700	8.700
Material para Manutenção	\$	30.000	47.540	45.094	43.843	43.620	43.620	43.620	43.620
Mat. Manut Corret Planej e não Planej.	\$	30.000	24.000	19.200	15.360	12.288	12.288	12.288	12.288
Material gasto com TPM	\$	-	19.140	21.054	23.159	25.475	25.475	25.475	25.475
Gastos de suporte	\$	-	1.100	1.210	1.331	1.464	1.464	1.464	1.464
MO de suporte	\$	-	1.100	1.210	1.331	1.464	1.611	1.772	1.949
Material gasto c/ Áreas Apoio à Produção	\$	-	1.210	1.331	1.464	1.611	1.611	1.611	1.611
MO Apoio à Produção	\$	-	1.210	1.331	1.464	1.611	1.772	1.949	2.144
Outros Gastos	\$	-	2.090	2.299	2.529	2.782	2.782	2.782	2.782
Custos Fixos Operacionais	\$	67.300	87.150	84.935	83.939	83.994	84.302	84.640	85.012
Custos com depreciação e amortização	\$	18.030	18.030	18.030	18.030	18.030	18.030	18.030	18.030
SOMA CUSTOS DE PRODUÇÃO	\$	85.330	105.180	102.965	101.968	102.024	102.331	102.670	103.042
% Custos de Produção s/Vendas	%	8,53%	8,70%	7,45%	6,69%	6,21%	5,88%	5,64%	5,46%
SOMA DESP OPERACIONAIS	\$	64.470	64.470	64.470	64.470	64.470	64.470	64.470	64.470
% Desp. Operacionais s/Vendas	%	6,45%	5,33%	4,67%	4,23%	3,93%	3,71%	3,54%	3,42%
CUSTOS OPERACIONAIS TOTAIS	\$	149.800	169.650	167.435	166.439	166.494	166.802	167.140	167.512
% Custos Operacionais s/Vendas	%	14,98%	14,03%	12,12%	10,92%	10,14%	9,59%	9,18%	8,88%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Destaca-se, na Tabela 22, que os gastos (material) com TPM só aparecem a partir do Ano 1, com uma estimativa de \$ 19.140,00 que estabiliza (previsão) em \$ 25.475,00. Por outro lado, os gastos com Material para Manutenção Corretiva Planejada e não Planejada caem de \$ 30.000,00 do Ano base para \$ 12.288,00 no Ano 7. Constatam-se melhoras nos resultados econômico-financeiros, que serão analisadas na sequência. Em termos relativos, os custos operacionais totais saem de 14,98% sobre as vendas e evoluem para 8,88%.

Na Tabela 23, estão apresentados os custos de manutenção. É possível ver a previsão dos gastos por Pilar (oito) do TPM.

Tabela 23: Custos de manutenção com implantação do TPM

CUSTOS DE MANUTENÇÃO	UNI	Ano base	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7
Pessoal de Manutenção	\$	13.900	13.900	13.900	13.900	13.900	13.900	13.900	13.900
Material para Manutenção	\$	30.000	47.540	45.094	43.843	43.620	43.620	43.620	43.620
Mat. Manut Corret Planej e não Planej.	\$	30.000	24.000	19.200	15.360	12.288	12.288	12.288	12.288
Material gasto com TPM		-	19.140	21.054	23.159	25.475	25.475	25.475	25.475
Material p/Melhoria Focada	\$	-	3.300	3.630	3.993	4.392	4.392	4.392	4.392
Material p/ Manutenção Autônoma	\$	-	2.090	2.299	2.529	2.782	2.782	2.782	2.782
Material p/ Manutenção Planejada	\$	-	2.090	2.299	2.529	2.782	2.782	2.782	2.782
Material p/ Educação, Trein. Des	\$	-	2.090	2.299	2.529	2.782	2.782	2.782	2.782
Material p/ Melhorias de Projeto	\$	-	3.300	3.630	3.993	4.392	4.392	4.392	4.392
Material p/ Manutenção da Qualidade	\$	-	2.090	2.299	2.529	2.782	2.782	2.782	2.782
Material para Atividades de Suporte	\$	-	2.090	2.299	2.529	2.782	2.782	2.782	2.782
Material p/ Manut. Seg, Saúde e Amb.	\$	-	2.090	2.299	2.529	2.782	2.782	2.782	2.782
Gastos de suporte	\$	-	1.100	1.210	1.331	1.464	1.464	1.464	1.464
MO de suporte	\$	-	1.100	1.210	1.331	1.464	1.611	1.772	1.949
Material gasto c/ Áreas Apoio à Produção	\$	-	1.210	1.331	1.464	1.611	1.611	1.611	1.611
MO Apoio à Produção	\$	-	1.210	1.331	1.464	1.611	1.772	1.949	2.144
Outros Gastos	\$	-	2.090	2.299	2.529	2.782	2.782	2.782	2.782
Soma dos Custos com Manutenção	\$	43.900	61.440	58.994	57.743	57.520	57.520	57.520	57.520
Faturamento Bruto	\$	1.000.000	1.209.049	1.381.759	1.524.447	1.642.332	1.739.724	1.820.187	1.886.664
% Custo de Manutenção / Faturamento Bruto	%		4,39%	5,08%	4,27%	3,79%	3,50%	3,31%	3,16%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Os custos operacionais totais estão estimados na proporção dos gastos apresentados nas pesquisas bibliográficas; como exemplo, os gastos de manutenção sobre faturamento bruto estão na ordem de 4,39% (pessoal de manutenção e material para manutenção), de acordo com a Abramam (2009 e 2011). Já com o advento da implantação do TPM, há uma migração de recursos gastos de manutenção convencional e gastos com o TPM. Estima-se também um incremento de custos com manutenção em função da implantação do TPM, conforme **Tabela 23**; por outro lado, o incremento do faturamento bruto leva à redução relativa (%) desses gastos, saindo de 4,39% para 3,05% no sétimo ano após a implantação do TPM.

É possível visualizar a migração dos gastos com manutenção corretiva planejada e não planejada para gastos com implantação do TPM. Os gastos com manutenção são aumentados, mas também são acompanhados de ganhos de produtividade.

É importante lembrar que o SAD utiliza o pilar Manutenção Autônoma para estimar suas consequências nos resultados da empresa através da

expectativa de melhorias progressivas mensuradas nos moldes do(s) *check-list(s)* de auditoria de instalação de MA apresentados do Apêndice A ao Apêndice G.

De acordo com o cenário, justificativas e propostas, prevê-se, com base nas especificações de engenharia da planta, que num período de sete anos o OEE inicial de 45% atinja 85% (84,9%). A questão a trabalhar é a viabilidade ou não quanto aos gastos e ganhos de produção e manutenção nos moldes do SPM e EVA®. Uma vez aumentados a produção e o faturamento, e mesmo considerando aumentos nos gastos, foi possível constatar, com a adoção do TPM, que o OEE de 45% foi elevado para 85% (84,9%) em sete anos.

O Retorno sobre os Ativos Operacionais, conforme Tabela 24, evoluiu de 8,49% do ano base, atingindo 10,75%, ou seja, ganho absoluto de 2,26% no primeiro ano após implantação, representando um aumento de 26,62%.

Tabela 24: Impactos do TPM no ROA

ANÁLISE - ROA	UNI	Ano base	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7
Status quo com 45% de OEE		45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%
Margem Operacional	%	6,68%	5,37%	5,52%	5,58%	5,58%	5,56%	5,53%	5,51%
Giro dos Ativos = ROBa / Ativos	Índice	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27
ROA: Retorno s/ Ativos	%	8,49%	6,80%	7,00%	7,08%	7,08%	7,06%	7,03%	7,00%
OEE previsto		45,00%	54,41%	62,18%	68,60%	73,90%	78,29%	81,91%	84,90%
Variação do OEE		0,00%	20,90%	14,28%	10,33%	7,73%	5,93%	4,63%	3,65%
Margem Operacional	%	6,68%	7,31%	8,57%	9,36%	9,88%	10,24%	10,51%	10,71%
Giro dos Ativos = ROBa / Ativos	Índice	1,27	1,47	1,63	1,75	1,85	1,93	1,99	2,04
ROA: Retorno s/ Ativos	%	8,49%	10,75%	13,97%	16,42%	18,29%	19,75%	20,92%	21,86%
Variação absoluta									
Margem Operacional	%	0,00%	1,94%	3,05%	3,78%	4,30%	4,68%	4,97%	5,20%
Giro dos Ativos = ROBa / Ativos	Índice	-	0,20	0,36	0,49	0,58	0,66	0,72	0,77
ROA: Retorno s/ Ativos	%	0,00%	3,95%	6,98%	9,34%	11,21%	12,70%	13,89%	14,86%
Variação relativa									
Margem Operacional	%	0,00%	36,06%	55,36%	67,71%	77,06%	84,23%	89,81%	94,29%
Giro dos Ativos = ROBa / Ativos	%	0,00%	16,15%	28,56%	38,23%	45,86%	51,92%	56,78%	60,69%
ROA: Retorno s/ Ativos	%	0,00%	58,03%	99,72%	131,83%	158,25%	179,89%	197,58%	212,21%

Fonte: Elaborado pelo Autor

No sétimo ano, são previstos 21,86% de ROA no caso de implantação do TPM, contra 7,00% sem TPM 7,00% para aquele ano (sétimo), ou seja, um ganho líquido de 14,86%, ou 212% nos moldes da Equação 33, cálculo da Variação relativa, justificando favoravelmente sua implantação.

$$\text{Variação relativa} = \left(\frac{\text{ROA previsto}}{\text{ROA status quo}} \right) - 1 \times 100 = \left(\frac{21,86\%}{7,00\%} \right) - 1 \times 100 = 212,21\% \quad (33)$$

Uma das formas de potencializar o ROA é aumentar a relação (giro) entre o valor da Receita Operacional bruta e o valor dos Ativos Operacionais. Na Figura 5, é visível que o giro do ROA saiu de 1,27 vezes para 2,04 no sétimo ano.

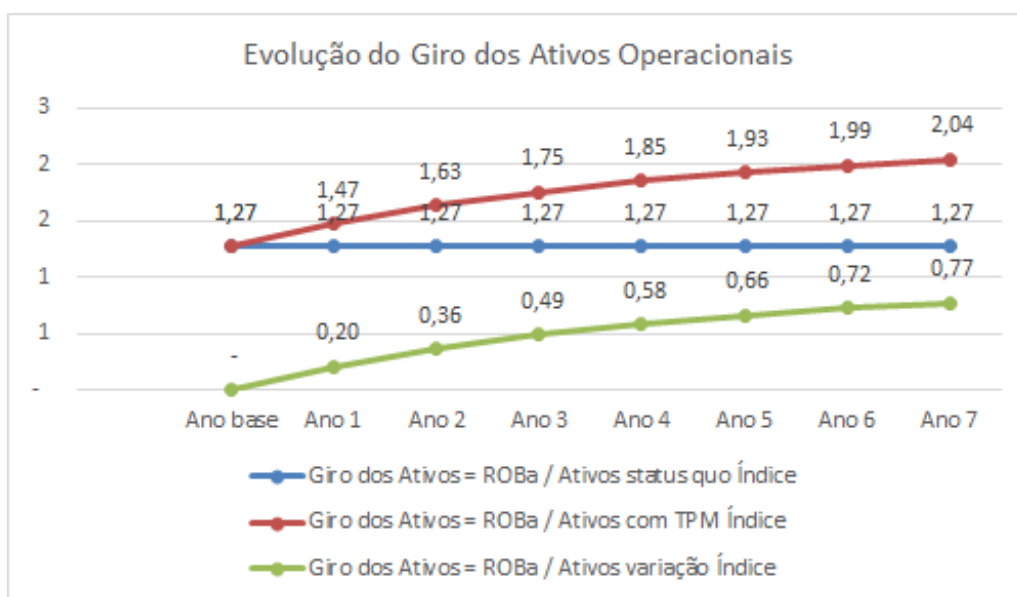


Figura 5: Evolução do Giro dos Ativos Operacionais

Se nada for feito em termos estratégicos, ou seja, ficando nos moldes do Ano base, o giro do ROA ficará em 1,27; com a adoção do TPM, a diferença no sétimo ano será de 0,77, ou seja, quase dobrando o giro dos ativos.

O Retorno sobre os Investimentos – ROI – com a previsão do aumento do OEE, produção, faturamento, custos, etc., sobe dos atuais 45% de OEE e ROI de 9,63%, para 54,41% de OEE e 12,51% de ROI, já no primeiro ano de implantação. No sétimo ano, conforme Tabela 25, o ROE estará em 85% e o ROI em 27,87%. Por outro lado, sem a implantação do TPM, com o OEE em 45% (*status quo*), prevê-se um ROI de apenas 7,96%. Já o Giro dos Investimentos em relação ao Faturamento era de 1,44 vez, evoluindo no primeiro ano para 1,71 e encerrando em 2,60 vezes a mais no sétimo ano, que são ganhos que refletem no ROI.

Tabela 25: Impactos do TPM no ROI

ANÁLISE - ROI	UNI	Ano base	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7
Status quo com 45% de OEE		45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%
Margem Operacional	%	6,68%	5,37%	5,52%	5,58%	5,58%	5,56%	5,53%	5,51%
Giro dos Investimentos	Índice	1,44	1,43	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44
ROI: Retorno s/ Investimentos	%	9,63%	7,70%	7,92%	8,03%	8,03%	8,01%	7,99%	7,96%
OEE previsto		45,00%	54,41%	62,18%	68,60%	73,90%	78,29%	81,91%	84,90%
Variação do OEE		0,00%	20,90%	14,28%	10,33%	7,73%	5,93%	4,63%	3,65%
Margem Operacional	%	6,68%	7,31%	8,57%	9,36%	9,88%	10,24%	10,51%	10,71%
Giro dos Investimentos	Índice	1,44	1,71	1,94	2,13	2,28	2,41	2,51	2,60
ROI: Retorno s/ Investimentos	%	9,63%	12,51%	16,63%	19,92%	22,53%	24,66%	26,41%	27,87%
Variação absoluta									
Margem Operacional	%	0,00%	1,94%	3,05%	3,78%	4,30%	4,68%	4,97%	5,20%
Giro dos Investimentos	Índice	-	0,28	0,51	0,69	0,84	0,97	1,07	1,16
ROI: Retorno s/ Investimentos	%	0,00%	4,81%	8,71%	11,89%	14,50%	16,65%	18,43%	19,91%
Variação relativa									
Margem Operacional	%	0,00%	36,06%	55,36%	67,71%	77,06%	84,23%	89,81%	94,29%
Giro dos Investimentos	%	0,00%	19,43%	35,16%	47,98%	58,47%	67,11%	74,25%	80,19%
ROI: Retorno s/ Investimentos	%	0,00%	62,49%	109,98%	148,17%	180,59%	207,88%	230,75%	250,10%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Na Figura 6, são notáveis visualmente os movimentos do Giro do ROI, inclusive a diferença entre a previsão sem TPM e a previsão ano a ano com TPM em fase de implantação, podendo ser considerada uma boa alavancagem

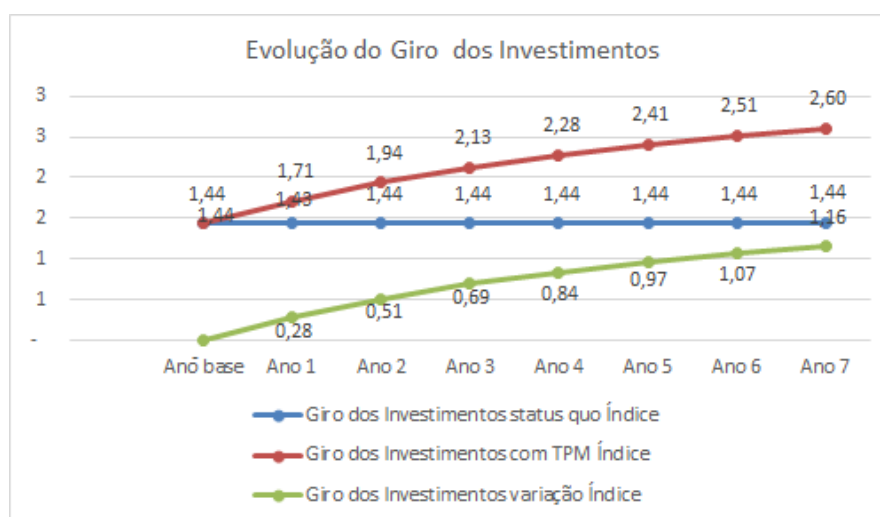


Figura 6: Evlução do Giro dos Investimentos

Outra forma de mensuração econômico-financeira das atividades da empresa é o ROE (Retorno sobre Capital Próprio), mensurado através do Lucro Líquido e da margem líquida projetados sobre o Capital Próprio ou PL.

Observando a Tabela 26 e comparados os ROE entre os períodos, chegou-se a um incremento substancial.

Tabela 26: Impactos do TPM no ROE via Lucro Líquido

ANÁLISE - ROE via L Líquido	UNI	Ano base	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7
Status quo com 45% de OEE		45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%
Margem Líquida = LL / ROBa	%	4,35%	3,02%	3,19%	3,25%	3,25%	3,23%	3,20%	3,18%
Giro do PLa = ROBa / PL	Índice	3,73	3,32	3,33	3,34	3,35	3,36	3,37	3,37
ROE:Retorno via L Líquido	%	16,25%	10,02%	10,61%	10,86%	10,88%	10,83%	10,78%	10,72%
OEE previsto		45,00%	54,41%	62,18%	68,60%	73,90%	78,29%	81,91%	84,90%
Varição do OEE		0,00%	20,90%	14,28%	10,33%	7,73%	5,93%	4,63%	3,65%
Margem Líquida = LL / ROBa	%	4,35%	5,35%	6,86%	7,80%	8,42%	8,86%	9,18%	9,42%
Giro do PLa = ROBa / PL	Índice	3,73	3,93	4,43	4,84	5,18	5,46	5,69	5,90
ROE:Retorno via L Líquido	%	16,25%	21,01%	30,38%	37,75%	43,58%	48,33%	52,27%	55,56%
Varição absoluta		0,00%	2,33%	3,67%	4,55%	5,17%	5,63%	5,98%	6,25%
Margem Líquida = LL / ROBa	%	0,00%	2,33%	3,67%	4,55%	5,17%	5,63%	5,98%	6,25%
Giro do PLa = ROBa / PL	Índice	-	0,61	1,10	1,50	1,83	2,10	2,33	2,52
ROE:Retorno via L Líquido	%	0,00%	10,99%	19,77%	26,88%	32,70%	37,50%	41,49%	44,84%
Varição relativa		0,00%	77,16%	115,24%	139,93%	159,33%	174,60%	186,66%	196,57%
Margem Líquida = LL / ROBa	%	0,00%	77,16%	115,24%	139,93%	159,33%	174,60%	186,66%	196,57%
Giro do PLa = ROBa / PL	%	0,00%	18,34%	32,98%	44,82%	54,49%	62,47%	69,11%	74,69%
ROE:Retorno via L Líquido	%	0,00%	109,65%	186,24%	247,47%	300,64%	346,13%	384,76%	418,09%

Fonte: Elaborado pelo Autor

O Retorno sobre o Capital Próprio via Lucro Líquido, conforme Tabela 26, saiu de 16,25%, podendo ser considerado baixo, antes de implantação do TPM, para 55,56% no sétimo, uma diferença de 44,84%, o que equivale a um ganho real de 418,09%.

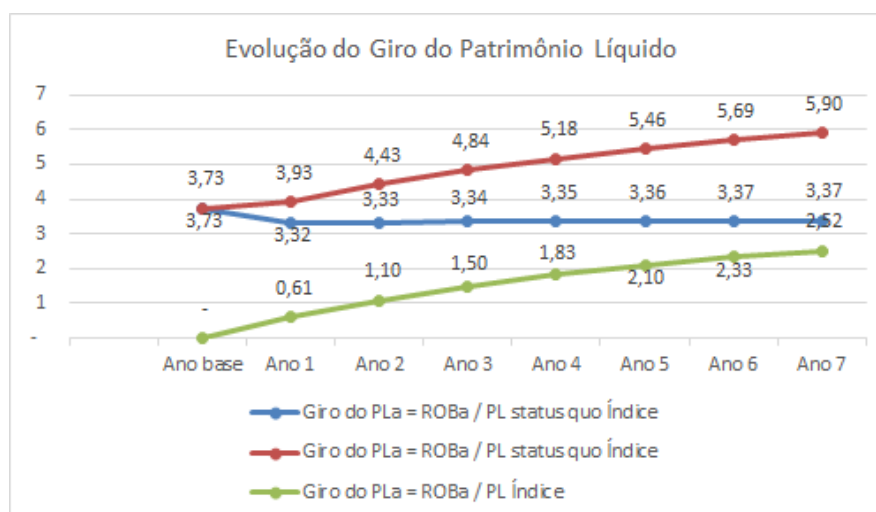


Figura 7: Evolução do Giro do Patrimônio Líquido

Considerando que não há grande oscilação no valor dos Ativos Operacionais Totais e no valor do capital de terceiros, tem-se um substancial crescimento do retorno sobre o capital próprio – ROE, visível na Figura 7.

Considerando que toda empresa tem como propósito atender seus clientes e seus investidores (sócios e financiadores que cobram juros sobre o capital investido), e estes querem uma rentabilidade normalmente acima de uma aplicação em mercado financeiro, os gestores têm como missão superar tal expectativa. Uma vez superado o valor e/ou percentual esperado, acontece o que se chama de agregação de valor (acima do pretendido) para os investidores – EVA® e MVA®. A Tabela 27 apresenta os impactos do TPM na Agregação de Valor para a empresa.

Tabela 27: Impactos do TPM na Agregação de Valor

AGREGAÇÃO DE VALOR	UNI	Ano base	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7
Status quo com 45% de OEE		45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%
Custo PL = $Rf + ((Rm - Rf) \times \text{Beta}) + R \text{ País}$	19,34%	20,02%	19,22%	19,23%	19,24%	19,25%	19,26%	19,27%	19,28%
Custo do Capital de Terceiros = Ki	4,69%	4,44%	4,64%	4,74%	4,73%	4,73%	4,72%	4,72%	4,72%
WACC (Weighted Average Cost of Capital)	10,14%	9,53%	10,20%	10,23%	10,22%	10,21%	10,21%	10,20%	10,19%
EVA® = Res Op Liq Esp - Realizado status quo	\$	(3.161)	(16.965)	(15.410)	(14.656)	(14.615)	(14.744)	(14.893)	(15.063)
MVA® = VEA® / WACC status quo	\$	(31.354)	(167.390)	(152.051)	(144.606)	(144.203)	(145.477)	(146.945)	(148.627)
Valor de Mercado da Empresa status quo	\$	662.480	529.754	544.179	550.668	550.304	548.302	546.100	543.677
OEE previsto		45,00%	54,41%	62,18%	68,60%	73,90%	78,29%	81,91%	84,90%
Variação do OEE		0,00%	20,90%	14,28%	10,33%	7,73%	5,93%	4,63%	3,65%
Custo PL = $Rf + ((Rm - Rf) \times \text{Beta}) + R \text{ País}$	19,21%	20,02%	19,16%	19,12%	19,10%	19,08%	19,07%	19,07%	19,07%
Custo do Capital de Terceiros = Ki	4,20%	4,44%	4,53%	4,41%	4,25%	4,12%	4,02%	3,94%	3,87%
WACC (Weighted Average Cost of Capital)	10,08%	9,53%	10,22%	10,22%	10,19%	10,16%	10,14%	10,11%	10,09%
Investimentos = Capital oneroso + PL ajustado	\$	693.834	705.753	711.766	716.275	719.756	722.264	723.924	724.874
EVA® = Res Op Liq Esp - Realizado com TPM	\$	(3.161)	17.167	46.634	70.475	89.616	105.294	118.233	128.904
MVA® = VEA® / WACC com TPM	\$	(31.354)	170.274	462.543	699.009	888.859	1.044.365	1.172.701	1.278.543
Valor de Mercado da Empresa status quo	\$	662.480	876.027	1.174.309	1.415.284	1.608.615	1.766.630	1.896.625	2.003.417
Variação absoluta									
EVA® = Res Op Liq Esp - Realizado	\$	(0)	34.132	62.045	85.131	104.231	120.038	133.126	143.968
MVA® = VEA® / WACC com TPM	\$	0	337.664	614.593	843.615	1.033.062	1.189.842	1.319.646	1.427.170
Valor de Mercado da Empresa com TPM	\$	0	346.273	630.130	864.616	1.058.311	1.218.328	1.350.525	1.459.740
Variação relativa									
EVA® = Res Op Liq Esp - Realizado	%	0,00%	201,19%	402,61%	580,86%	713,17%	814,14%	893,88%	955,74%
MVA® = VEA® / WACC	%	0,00%	201,72%	404,20%	583,39%	716,40%	817,89%	898,05%	960,24%
Valor de Mercado da Empresa	%	0,00%	65,36%	115,79%	157,01%	192,31%	222,20%	247,30%	268,49%
Valor de Mercado s/Investimento	%	95,48%	124,13%	164,99%	197,59%	223,49%	244,60%	261,99%	276,38%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Conforme apresentado na Tabela 27, a Agregação de Valor e Riqueza para os investidores e a empresa estava negativa, ou seja, o modo de gestão desagregava valor antes da implantação do TPM. No primeiro ano após a

implantação do TPM, houve uma agregação de valor, saindo de um EVA[®] negativo (de \$ 3.161,00) e um MVA[®] também negativo (de \$ 31.354,00); já no sétimo ano após a implementação do TPM, os valores eram de \$ 128.904,00 de EVA[®] e \$ 1.278.543,00 de MVA[®], isto é, ganhos relativos (%) de 955,74% para o EVA[®] e 268,49% para o MVA[®] no sétimo ano, diante do previsto no mesmo ano. O valor da empresa, \$ 662.480,00, que estava abaixo do investimento (95,48%), com a implantação do TPM, subiu 268,49% sobre o valor previsto do mesmo período no *status quo*, e o valor estava 276,38% acima do valor dos investimentos.

Neste capítulo, foi possível averiguar os resultados e os reflexos da implantação do TPM, mensurado pelo SAD via auditoria de eficiência de MA, tanto em termos de engenharia e econômico-financeiros. O objetivo de demonstrar e verificar a aplicabilidade do SAD dá-se como atendido.

Na sequência, no próximo capítulo, serão apresentados mais resultados e discussões sobre a efetividade do SAD, tanto em termos de métrica de engenharia, quanto econômico-financeiros.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando que os negócios industriais têm características e especificidades próprias, dentre elas o modelo de gestão, o TPM vem ao encontro da economia, da otimização dos ativos fixos e correntes, melhorando o ritmo das melhorias, das mudanças e das transformações na planta que levam à redução de paradas, falhas e quebras dos equipamentos, incrementando os rendimentos das máquinas e o volume de produção dentro das especificações previstas no projeto e exigidas pelo cliente, normalmente utilizando a mesma estrutura física, baixa exigência adicional de capital para ativos fixos e, muitas vezes, até redução de inventários.

Pelas pesquisas feitas, a implantação do TPM não deixa dúvidas quanto às melhorias na redução das perdas e no aumento da disponibilidade, eficiência, produção, produtividade e qualidade, ou seja, melhora do OEE.

6.1 Resultados e discussões - renúncias de receitas

Os cálculos do OEE foram feitos na sua forma original, nos moldes de Nakajima e Gábor (1988) e evoluídos para a proposta de métrica via SAD, que busca, assim como o OEE, mensurar o nível de eficiência de implantação da MA via pontuação e escore desenvolvidos neste trabalho.

O SAD proposto é uma alternativa viável para subsidiar as tomadas de decisão estratégicas sobre o TPM. O TPM é mensurado através de auditoria de inspeção sobre nível de implantação da MA. A auditoria de inspeção da MA é feita em 225 tópicos e critérios técnicos que mensuram cada uma das sete etapas.

Conforme mostrado na Tabela 28, através desses critérios técnicos, é possível prever e simular, mensurar e analisar a rentabilidade da utilização e otimização dos recursos à disposição da empresa.

Tabela 28: Previsão da implantação da MA por etapas para 10 anos

Manutenção Autônoma Etapas		Ano Base	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Etapa 1	Ano a ano	35	14	21	8	27	0	0	0	0	0	0
	Acumulado	35	49	70	78	105	105	105	105	105	105	105
Etapa 2	Ano a ano	35	4	31	0	32	0	3	0	0	0	0
	Acumulado	35	39	70	70	102	102	105	105	105	105	105
Etapa 3	Ano a ano	30	5	35	0	6	29	0	0	0	0	0
	Acumulado	30	35	70	70	76	105	105	105	105	105	105
Etapa 4	Ano a ano	0	30	8	23	2	20	6	0	1	0	0
	Acumulado	0	30	38	61	63	83	89	89	90	90	90
Etapa 5	Ano a ano	0	30	0	30	0	0	30	0	0	0	0
	Acumulado	0	30	30	60	60	60	90	90	90	90	90
Etapa 6	Ano a ano	0	28	0	17	0	0	1	31	6	7	0
	Acumulado	0	28	28	45	45	45	46	77	83	90	90
Etapa 7	Ano a ano	0	6	2	2	0	5	5	7	23	19	21
	Acumulado	0	6	8	10	10	15	20	27	50	69	90
Todas as Etapas da MA	Ano a ano	100	117	97	80	67	54	45	38	30	26	21
	Acumulado	100	217	314	394	461	515	560	598	628	654	675
OEE equivalente	Ano a ano	45%	9%	8%	6%	5%	4%	4%	3%	2%	2%	2%
	Acumulado	45,0%	54,4%	62,2%	68,6%	73,9%	78,3%	81,9%	84,9%	87,4%	89,4%	91,1%

Fonte: Elaborado pelo Autor

O planejamento em termos de engenharia de produção e de manutenção deve, de acordo com as pesquisas feitas, escolher prioritariamente os equipamentos classe “A” para início de implantação do TPM. Isso se deve ao grande efeito que eles podem gerar em termos de rendimento e impacto junto às equipes de trabalho. Neste trabalho este também foi o critério adotado para priorizar na implantação do TPM.

De ordem prática, o SAD ratifica-se ao observar o gráfico da Figura 8, no qual a projeção do OEE sai de 45% no Ano base e atinge 85%, no sétimo ano. Concomitante e proporcionalmente, há o crescimento da produção e vendas saindo de \$ 1.000.00,00 e atingindo \$ 1.886.664, conforme Tabela 29, na mesma proporção.

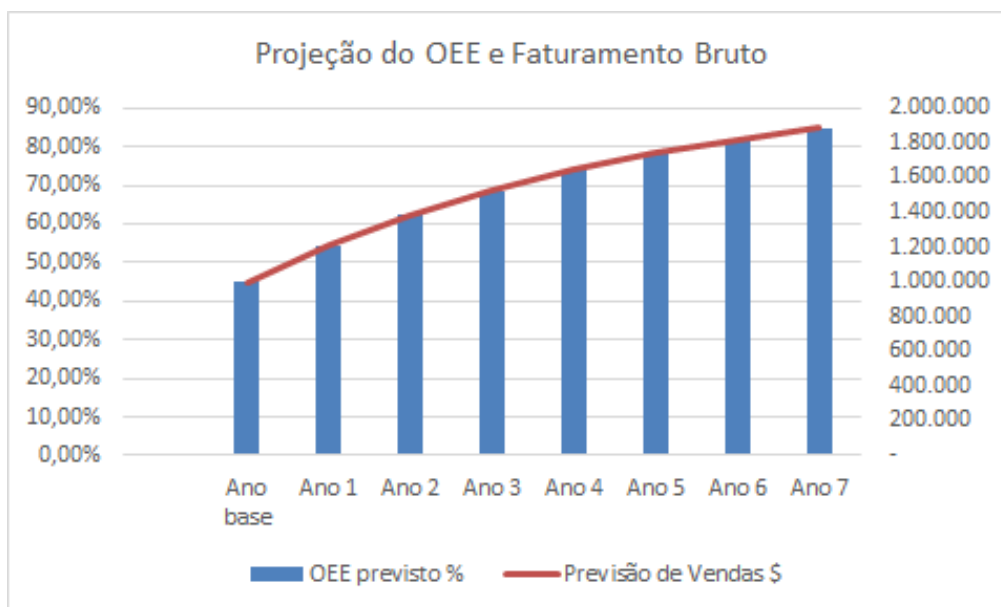


Figura 8: Gráfico da Projeção do OEE e Faturamento Bruto

Observa-se, na Tabela 29, que a empresa em seu estágio inicial se encontra com OEE de 45% e 100 pontos de escore de índice de eficiência da MA e faturamento de \$ 1.000.000,00. Em termos de crescimento, fundamentado em Hansen (2001) e Oliverson (2006), há de se considerar que, com o envolvimento de todas as áreas da empresa, é possível atingir 85% de OEE – nível de Classe Mundial – no sétimo ano. Neste ano preveem-se e calculam-se também 598 (600) pontos de nível de eficiência de implantação de MA e faturamento de \$ 1.886.664,00, ou seja, um crescimento de 88,67% sobre o Ano Base que antecede o início do TPM, critério esse de mensuração que passa a oferecer confiança e credibilidade científica. Foram pesquisados mais de 130 autores para convergir e ratificar a proposta do SAD. É possível visualizar os ganhos e incrementos de escores de OEE e escores de eficiência de implantação de MA via SAD. Considerando haver demanda, há um crescimento de Vendas anuais de \$ 22.222,00 para cada um por cento (1%) de OEE incrementado, assim como há também um crescimento de vendas na ordem de \$ 1.782,00 para cada ponto de eficiência de MA atingido nas auditorias de medição. O que ratifica a afirmar que para cada mudança de postura dos operadores mensuráveis pelo SAD, ter-se-á um resultado

econômico em termos de engenharia (quantitativos) e em termos econômico-financeiros (e em moeda corrente), além é claro dos demais efeitos, como no clima e mora das equipes envolvidas.

Tabela 29: Projeções com e sem implantação do TPM

Projeções com e sem implantação do TPM	UNI	Ano base	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7
Previsão de OEE	%	45,00%	54,41%	62,18%	68,60%	73,90%	78,29%	81,91%	84,90%
Varição do OEE sobre o período anterior	%		9,41%	7,77%	6,42%	5,30%	4,38%	3,62%	2,99%
% de Varição do OEE sobre o período anterior	%		20,90%	14,28%	10,33%	7,73%	5,93%	4,63%	3,65%
Previsão de Eficiência da Manut Autônoma	Efic	100	217	314	394	461	515	560	598
Varição da Eficiência da Manut Autônoma	Efic		117	97	80	66	55	45	37
% de Varição da Eficiência da Manut Autônoma	%		117%	45%	25%	17%	12%	9%	7%
Previsão de Vendas com TPM	\$	1.000.000	1.209.049	1.381.759	1.524.447	1.642.332	1.739.724	1.820.187	1.886.664
Varição Previsão de Vendas s/Período anterior	\$		209.049	172.710	142.688	117.885	97.393	80.463	66.476
Previsão de Vendas / 1,00% OEE	\$		22.222	22.222	22.222	22.222	22.222	22.222	22.222
Previsão de Vendas / 1 ponto Eficiência MA	\$		1.782	1.782	1.782	1.782	1.782	1.782	1.782
Perda anual Vendas s/ implantar TPM	\$		-886.664	-886.664	-886.664	-886.664	-886.664	-886.664	-886.664
Perda anual decrescente Vendas c/ impl do TPM	\$		-677.615	-504.904	-362.216	-244.332	-146.939	-66.476	0
Perda ac de Vendas com impl parcial do TPM	\$		-6.206.645	-4.065.687	-2.524.522	-1.448.866	-732.996	-293.878	-66.476

Fonte: Elaborado pelo Autor

Cabe apresentar também a afirmativa de que, uma vez que se tenha adquirido a máquina, o equipamento ou a planta, que, por sua vez, são originários de um projeto de engenharia com perspectiva de uma produção em condições normais de operação e manutenção; e, uma vez não atingidos os resultados previstos e esperados, há que se afirmar também que a máquina, o equipamento ou a planta está deixando de produzir e vender, gerar gastos e resultados operacionais e lucros líquidos aos agentes econômicos envolvidos, incluídos aí a empresa e seus proprietários. Em termos técnicos do TPM, uma empresa, conjunto de máquinas e equipamentos ou planta(s) é projetada com previsão de produção em condições normais de engenharia e mercado, com sólidas perspectivas de cenário econômico-financeiro para bons resultados. Isso posto, não produzindo dentro do esperado, essa empresa deixa de gerar receitas (vendas), gastos e resultados operacionais e lucros líquidos aos agentes econômicos envolvidos, inclusive à empresa e aos seus proprietários. Portanto, sendo dotada de uma perspectiva de produção bem administrada, a empresa tem condição de trabalhar com OEE na faixa de 85% (nível de Classe Mundial); logo, levando em consideração que não hajam restrições de

mercado, trabalhando abaixo desse nível, está deixando de produzir e gerar ganhos.

Uma vez a empresa objeto de estudo e de verificação da proposta do SAD ter capacidade de produção, vendas, gastos, resultados operacionais e líquidos em condições normais e previstas, a 85% de OEE, tem-se como evolução do MA e Faturamento nos moldes da Figura 9.

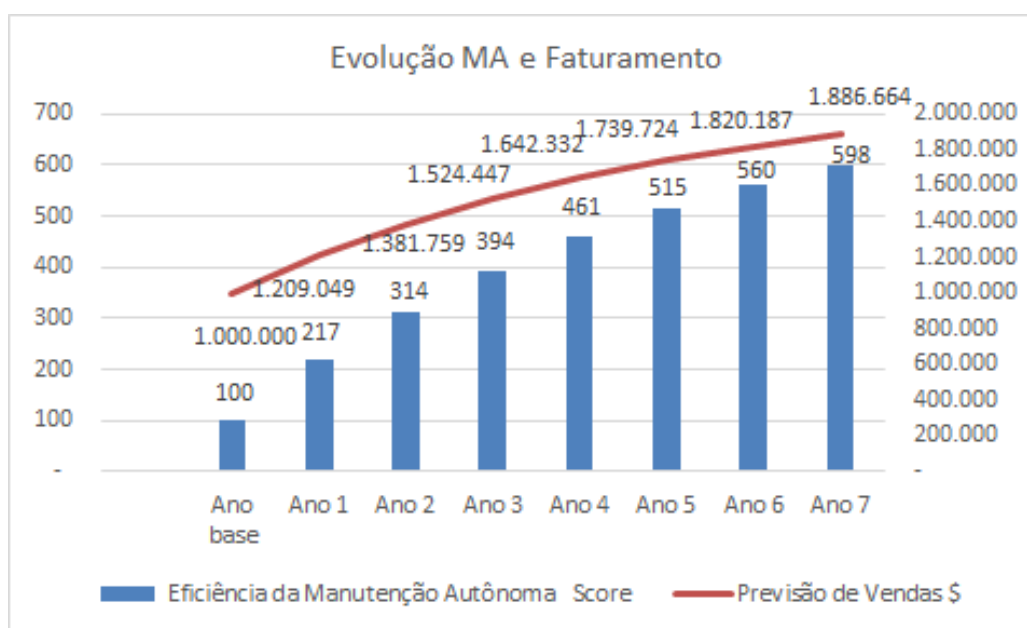


Figura 9: Evolução da MA e Faturamento

Através do SAD e observando a Figura 9, é possível prever e dimensionar o faturamento na ordem de \$ 1.886.664,00 e os respectivos resultados; desse modo, os valores aquém deste são, no mínimo, capacidades ociosas de geração de receitas desperdiçadas, além dos investimentos e custos relativos às estruturas, que geram prejuízo sem a percepção dos gestores da empresa.

Considerando que a empresa objeto de estudo, no Ano base, se encontra com OEE de 45% equivalente ao score 100 de eficiência de MA, e considerando que não faça intervenções e, neste caso, não implante o TPM, nos próximos sete anos acumulará uma omissão de faturamento de \$ 6.206.645,00.

Considerando outra situação, caso a empresa faça intervenções planejadas que acumulem 217 pontos de eficiência de MA e, por motivo qualquer, não dê sequência e, na melhor das hipóteses, permaneça em 217 pontos, a empresa terá um acumulado de omissão de receitas nos próximos seis anos no valor de \$ 4.065.687, e assim sucessivamente, como demonstrado na Tabela 29 e na Figura 10.

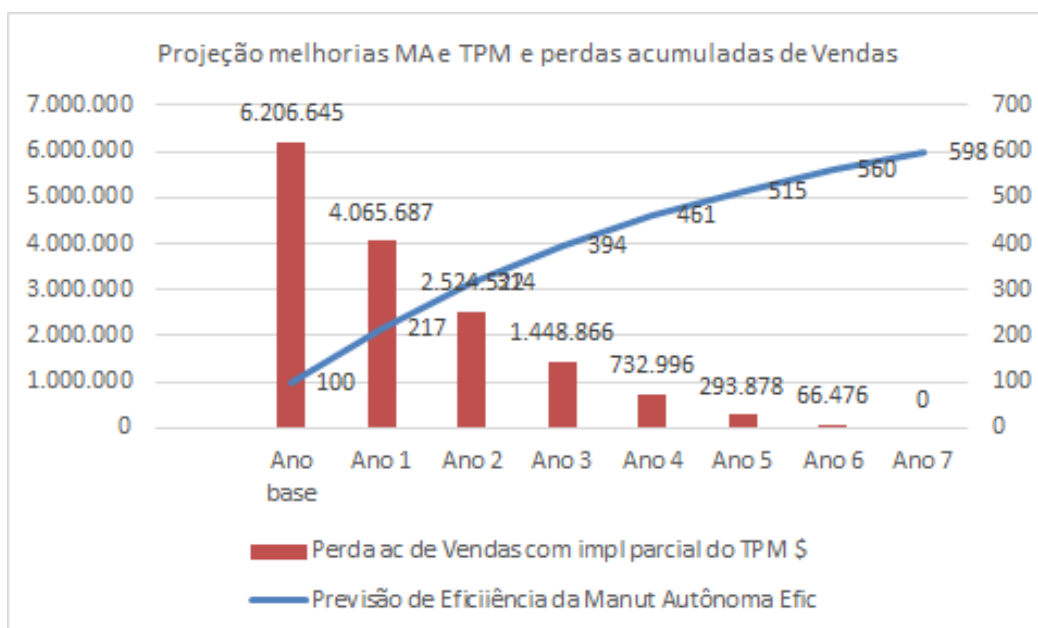


Figura 10: Projeção de Melhorias de MA e TPM e Vendas

A não utilização da capacidade instalada de 85% de OEE e 600 pontos de eficiência de MA, nos moldes da Tabela 30, uma vez que a empresa se mantém no nível de 45% de OEE e 100 pontos de eficiência de MA, indica que nos próximos sete anos ela estará renunciando a \$ 946.363,00 de Lucro Operacional.

Tabela 30: Projeções do Lucro Operacional com e sem TPM

Projeções com e sem implantação do TPM	UNI	Ano base	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7
Previsão de OEE	%	45,00%	54,41%	62,18%	68,60%	73,90%	78,29%	81,91%	84,90%
Varição do OEE sobre o período anterior	%		9,41%	7,77%	6,42%	5,30%	4,38%	3,62%	2,99%
% de Variação do OEE sobre o período anterior	%		20,90%	14,28%	10,33%	7,73%	5,93%	4,63%	3,65%
Previsão de Eficiência da Manut Autônoma	Efic	100	217	314	394	461	515	560	598
Varição da Eficiência da Manut Autônoma	Efic		117	97	80	66	55	45	37
% de Variação da Eficiência da Manut Autônoma	%		117%	45%	25%	17%	12%	9%	7%
Previsão Lucro Operac antes DF após IR&CSLL	\$	66.792	88.322	118.395	142.690	162.182	178.114	191.220	201.987
Varição Lucro Operac antes DF após IR&CSLL	\$		21.530	30.073	24.295	19.492	15.931	13.106	10.767
Lucro Operac antes DF / 1,00% OEE	\$		2.289	3.869	3.784	3.674	3.635	3.620	3.599
Lucro Operac antes DF / 1 ponto Eficiência MA	\$		183	310	303	295	291	290	289
Perda anual de Lucro Operac s/ implantar TPM	\$		-135.195	-135.195	-135.195	-135.195	-135.195	-135.195	-135.195
Perda anual decrescente L Operac c/ impl do TPM	\$		-113.665	-83.592	-59.296	-39.804	-23.873	-10.767	0
Perda ac Lucro Operac com impl parcial do TPM	\$		-946.363	-681.988	-417.958	-237.185	-119.413	-47.746	-10.767

Fonte: Elaborado pelo Autor

Evoluindo seu OEE para 54,41% e índice de eficiência de MA em 217 pontos, estará renunciando para os próximos seis anos ao Lucro Operacional na ordem de \$ 681.988,00. Já efetivando o OEE em 81,91% e escore de eficiência de MA em 560 pontos, previstos para o sexto ano de implantação do TPM, conforme Figura 11, e não evoluindo mais, estará renunciando a \$ 10.767,00 por mais um ano.

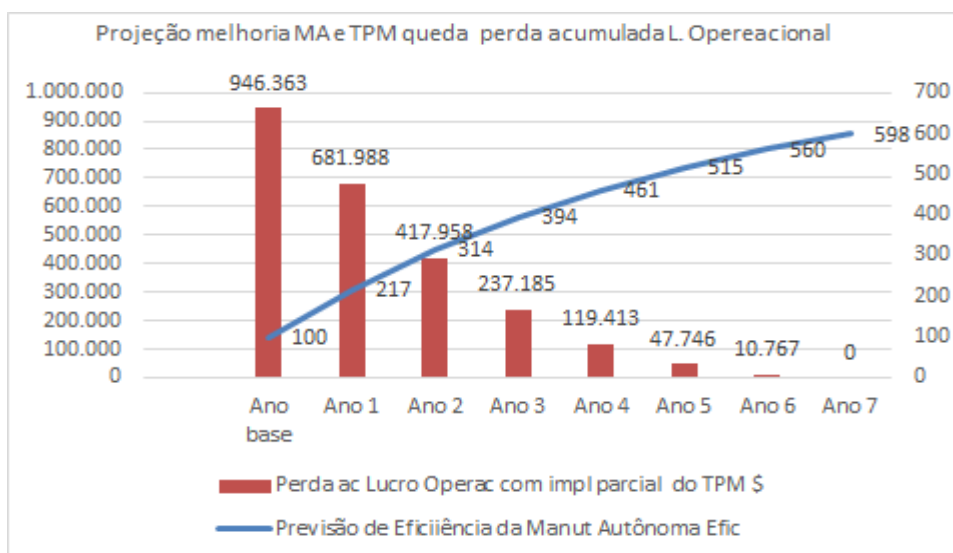


Figura 11: Projeção de melhorias da MA e TPM e Lucro Operacional

Talvez a maior renúncia da empresa, por não evoluir na utilização das suas máquinas, equipamentos ou planta, seja a renúncia de Lucro Líquido. Na Tabela 31, é possível verificar renúncias de \$ 939.852,00, por permanecer no OEE de 45% e no índice de eficiência de MA em 100 pontos.

Tabela 31: Projeções do Lucro Líquido com e sem TPM

Projeções com e sem implantação do TPM	UNI	Ano base	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7
Previsão de OEE	%	45,00%	54,41%	62,18%	68,60%	73,90%	78,29%	81,91%	84,90%
Varição do OEE sobre o período anterior	%		9,41%	7,77%	6,42%	5,30%	4,38%	3,62%	2,99%
% de Varição do OEE sobre o período anterior	%		20,90%	14,28%	10,33%	7,73%	5,93%	4,63%	3,65%
Previsão de Eficiência da Manut Autônoma	Efic	100	217	314	394	461	515	560	598
Varição da Eficiência da Manut Autônoma	Efic		117	97	80	66	55	45	37
% de Varição da Eficiência da Manut Autônoma	%		117%	45%	25%	17%	12%	9%	7%
Previsão Lucro Líquido após DF após IR&CSLL	\$	43.530	64.634	94.771	118.917	138.283	154.104	167.114	177.794
Varição Lucro Líquido após DF após IR&CSLL	\$		21.104	30.138	24.146	19.365	15.821	13.010	10.681
LL após Dfin e Part Lucro / 1,00% OEE	\$		2.243	3.878	3.760	3.651	3.610	3.593	3.571
LL após Dfin e Part Lucro / 1 ponto Eficiência MA	\$		180	311	301	293	289	288	286
Perda anual de Lucro Líquido s/ implantar TPM	\$		-134.265	-134.265	-134.265	-134.265	-134.265	-134.265	-134.265
Perda anual decrescente L Líqu c/ implant do TPM	\$		-113.161	-83.023	-58.877	-39.512	-23.690	-10.681	0
Perda ac de Lucro Líquido com impl parcial do TPM	\$		-939.852	-678.965	-415.115	-235.508	-118.535	-47.381	-10.681

Fonte: Elaborado pelo Autor

Pelo fato de elevar o OEE da empresa a 62,18% e índice de eficiência de MA em 314 pontos, e a empresa estagnar nesses escores, conforme Figura 12, a empresa estará renunciando, para os próximos cinco anos, ao valor de \$ 415.115,00 a título de Lucro Líquido.

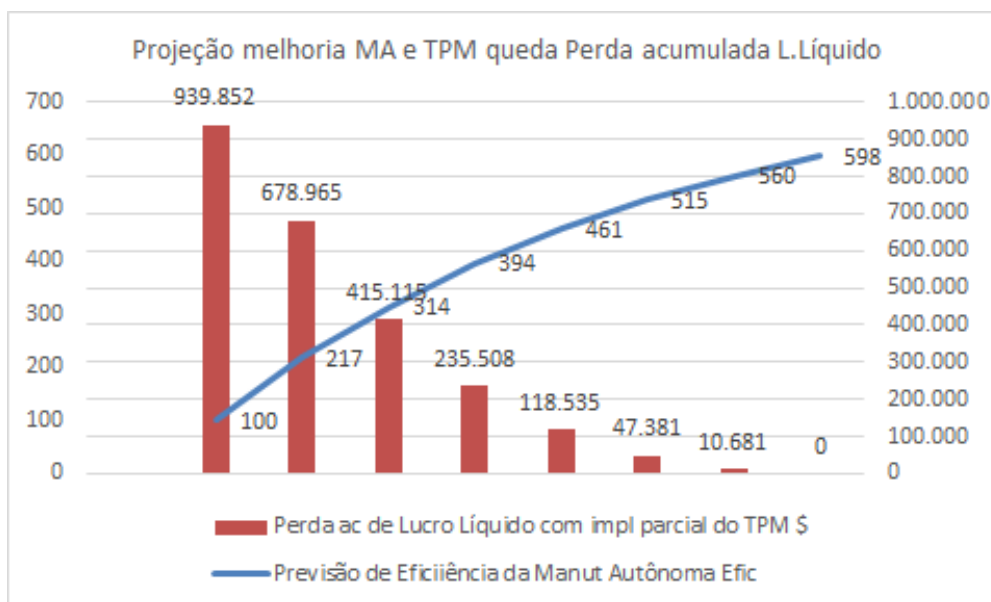


Figura 12: Projeção de melhorias de MA e TPM e Lucro Líquido

O não aproveitamento da capacidade instalada da empresa significa renúncia de receitas, resultados operacionais e lucros líquidos futuros,

passíveis de mensuração e análise a partir do SAD, e a solução pode passar pela implantação do TPM.

6.2 Resultados e discussões por ganhos operacionais

Dentro dos custos operacionais totais, estão os gastos com Custos de Manutenção. Na Figura 13, é possível verificar que houve também um aumento dos custos de manutenção em termos absolutos, mas redução em termos relativos (%).

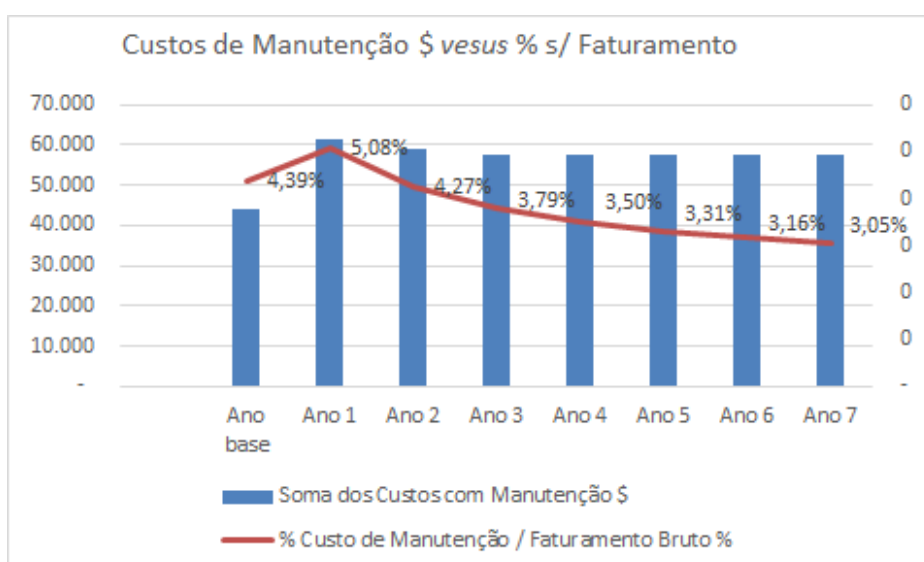


Figura 13: Evolução dos Custos Manutenção s/ Faturamento

Em termos relativos, os custos saem de 4,39% no ano base, sobem no primeiro ano pra 5,08%, mas estabilizam-se na casa de 3,20% a partir do quarto ano, abaixo da média brasileira que é em torno de 4,00% (ABRAMAN 2010 e 2012).

A implantação do TPM terá também por consequência aumento dos gastos com os custos operacionais totais. Conforme Figura 14, no primeiro ano haverá um aumento em termos absolutos \$ 149.800,00, subindo no primeiro ano para \$ 169.650, e estabilizando-se na casa de \$ 165.000,00, exatamente em razão da implantação do TPM.

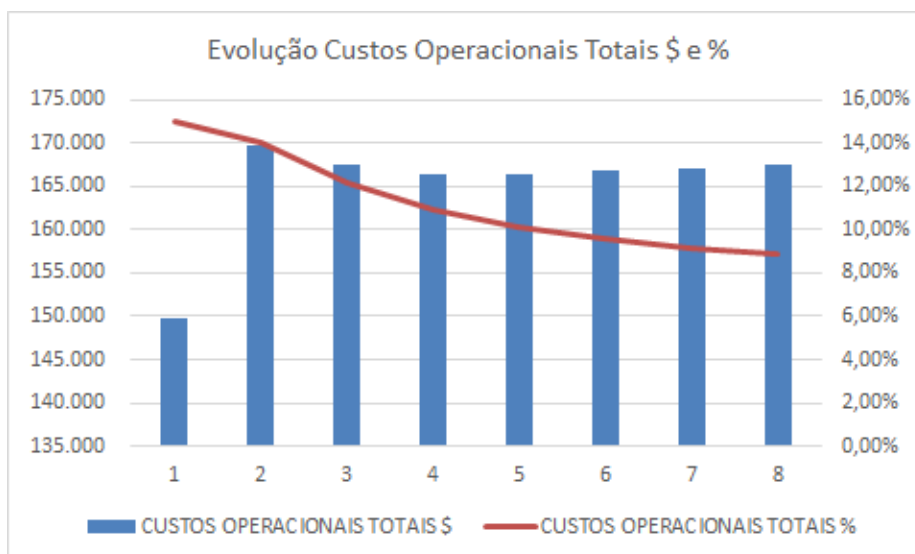


Figura 14: Evolução dos Custos Operacionais Totais \$ e %

Por outro lado, esses mesmos custos operacionais totais, que representavam 14,98% sobre o faturamento, foram reduzindo até chegar a 8,85% no sétimo ano, representando uma otimização em termos de engenharia desses custos.

Na Figura 15, verifica-se a otimização dos custos operacionais totais, desdobrados em custo de produção e despesas operacionais, reduzindo de 8,53% e 6,45% do Ano base, para 5,46% e 3,42% no sétimo ano de implantação do TPM, respectivamente.

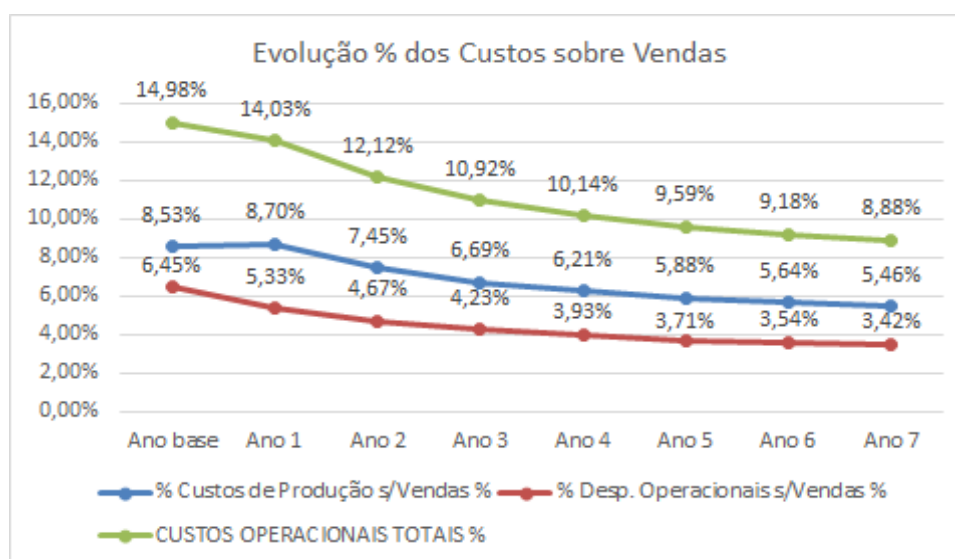


Figura 15: Evolução % dos Custos sobre Vendas

Para o cálculo do retorno sobre os ativos, de um lado, foi utilizado o lucro (resultado) operacional e, de outro, os ativos operacionais necessários para a atividade-fim da empresa, como capital de giro para financiar seus estoques e clientes e capital investido em ativos fixos.

Observando a Figura 16, nota-se que o ROA original (*status quo*) estava em 8,49% no ano base e reduziu nos anos seguintes, estabilizando em 7,00%, o que não pode ser considerado como bom resultado.

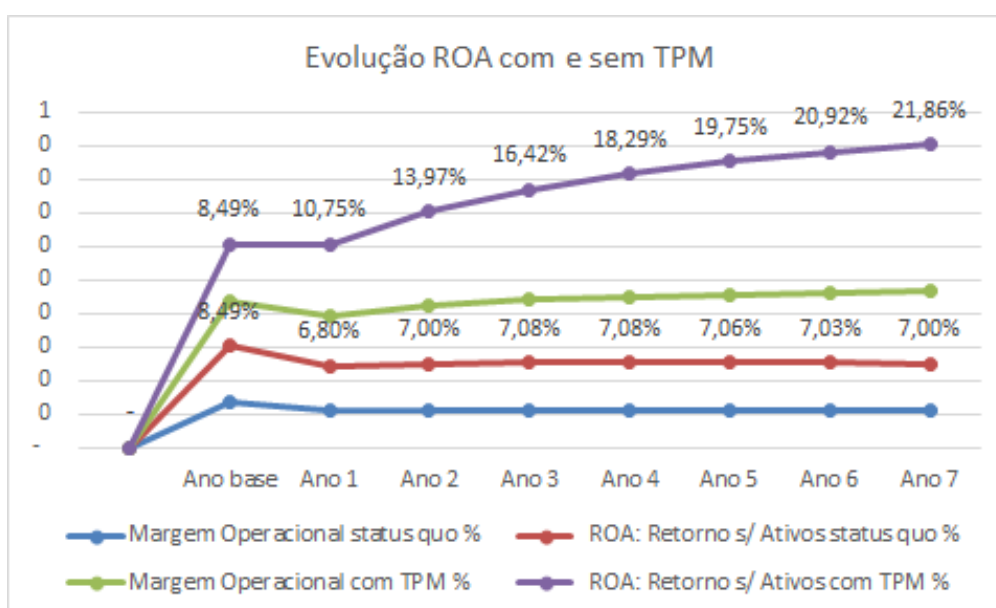


Figura 16: Gráfico de Evolução do ROA com e sem TPM

A partir do primeiro ano (Ano 1) de implantação do TPM, já houve elevação para 10,75%, na sequência para 13,97% e, a partir do quinto ano, elevando-se para a casa dos 20,00%, o que é considerado bom, uma vez que os recursos são pagáveis ou retornáveis em menos de 5 anos.

Os resultados apresentados pela aferição do ROI pelo SAD também foram consideráveis. Conforme Figura 17, para um ROI na casa de 8,00% sem a implementação do TPM, foram atingidos 20,00% já no terceiro com o TPM.

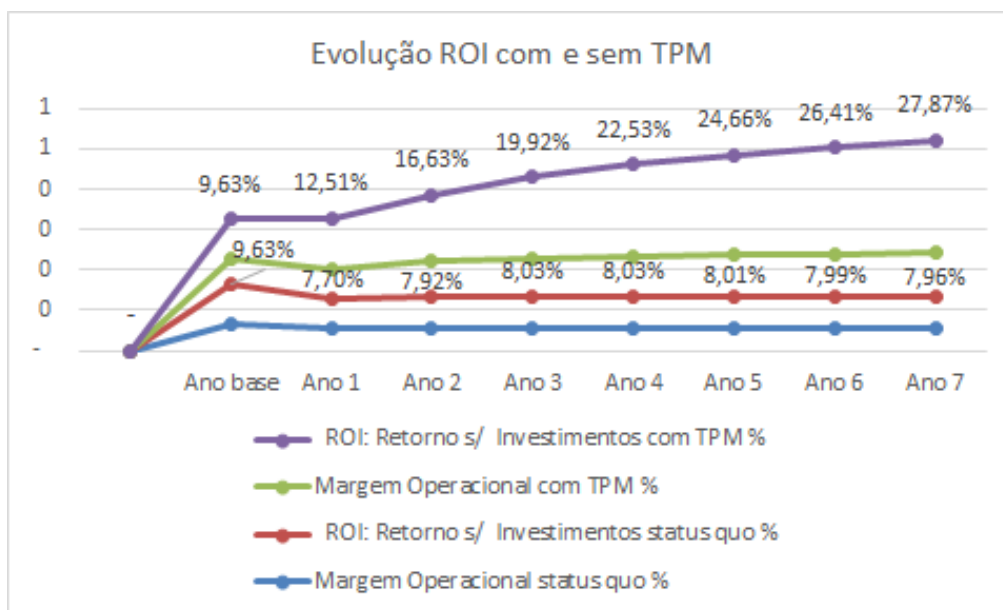


Figura 17: Gráfico de Evolução do ROI com e sem TPM

No sétimo ano, o ROI atingiu 27,87%. É importante destacar que, para o cálculo do retorno sobre os investimentos (ROI), utilizou-se o Lucro (resultado) Operacional e, de outro lado, os Capitais de Terceiros onerosos (que cobram juros) e o Capital Próprio realmente necessário para as atividades-fins (Patrimônio Líquido ajustado) da empresa, tendo como resultado um ROI genuíno.

O ROE é um dos melhores indicadores de resultado de um bom negócio, com a implantação do TPM. Na empresa estudada e analisada, visualizável na Figura 18, como reflexo das melhorias, o ROE superou os 30% já no segundo ano, atingindo 52,27% no sexto ano, podendo ser considerado como ótimo, visto que demonstra que a empresa retorna o capital próprio em menos de dois anos.

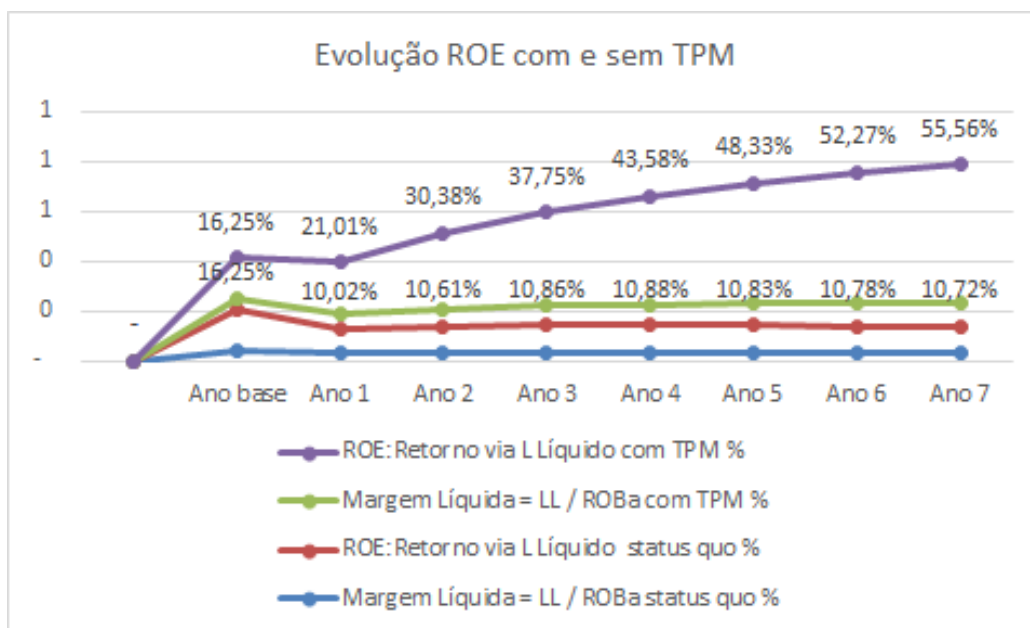


Figura 18: Gráfico de Evolução do ROE com e sem TPM

Para o cálculo do retorno sobre o Capital Próprio (ROE), utilizou-se de um lado o Lucro Líquido operacional, ou seja, deduzidos do Lucro Operacional os custos financeiros e seus reflexos fiscais, bem como participações no lucro. O Capital Próprio ou Patrimônio Líquido ajustado (PLa) foi originado a partir dos Ativos Operacionais, subtraindo desses os capitais de terceiros com e sem ônus. Isso posto, o Capital Próprio ou PLa considerado para o ROE é restrito em relação ao Patrimônio Líquido do Balanço Patrimonial; neste, estão incluídos todos os recursos que não são de terceiros, inclusive reservas de lucros. Em face desse raciocínio, ou seja, de o PLa ser restrito ao mínimo de capital necessário para as operações, o ROE deverá apresentar resultados consideráveis, acima do convencional.

Caso a empresa adote o TPM e atinja as metas previstas, com o uso do SAD é possível mensurar com antecipação os reflexos dos resultados esperados. Na Figura 19, pode-se verificar claramente o destino da empresa. A empresa sai de um EVA[®] negativo de \$ 3.161,00 no Ano base, ou seja, a empresa estava sem agregação de riqueza, passando para a situação positiva já no primeiro ano (Ano 1) de adoção do TPM. Pelo SAD, é possível afirmar que, a partir do quinto ano, ela dobra os resultados em termos de geração de lucro.

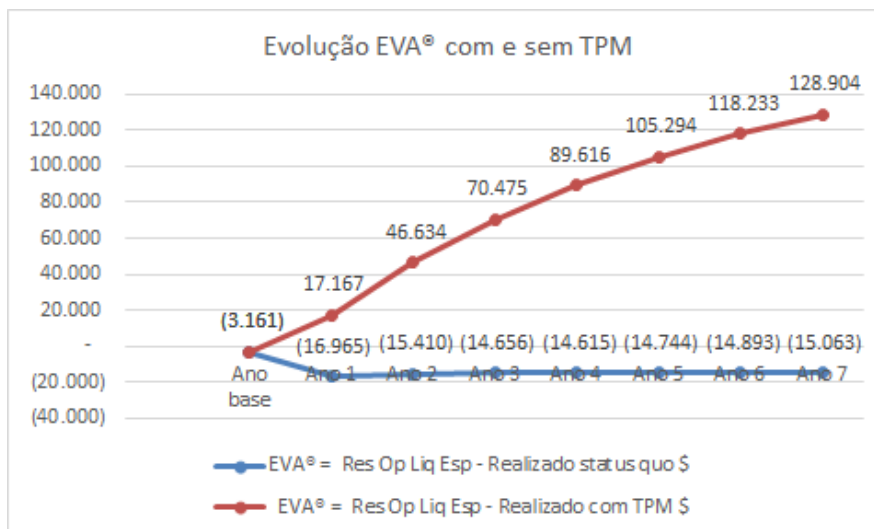


Figura 19: Gráfico da Evolução do EVA[®] com e sem TPM

Sendo o MVA[®] diretamente relacionado com o EVA[®], de acordo com a Figura 21, o valor de mercado da empresa \$ 662.480,00 do Ano Base estava abaixo do valor contábil de \$ 693.834,00 (capital oneroso + PLa), ou seja, \$ 31.354,00, conforme mostra a Figura 20.

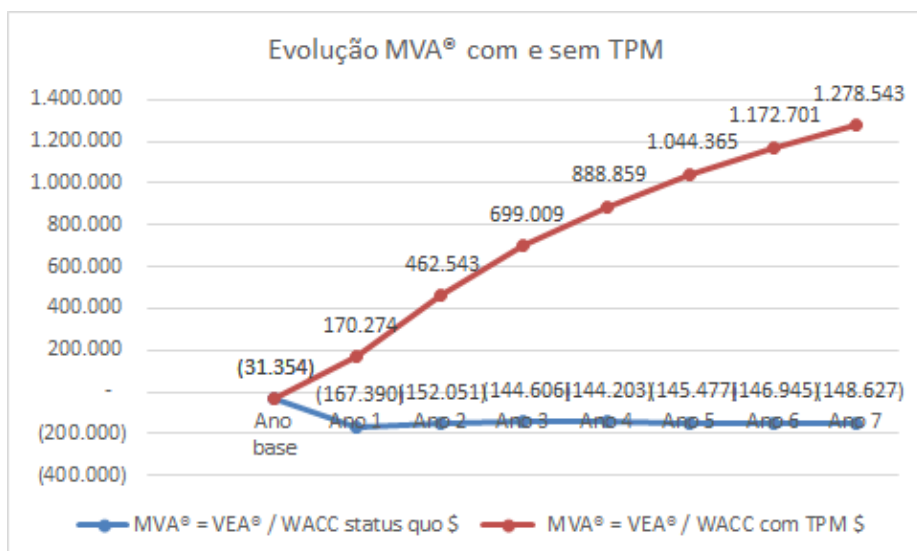


Figura 20: Gráfico da Evolução MVA[®] com e sem TPM

Sobre o valor de mercado da empresa, observa-se que no primeiro ano, conforme Figura 21, a empresa supera o valor dos investimentos (capital

oneroso + PLa) de \$ 705.753,00 em \$ 170.274,00, atingindo \$ 876.027,00 de MVA®.

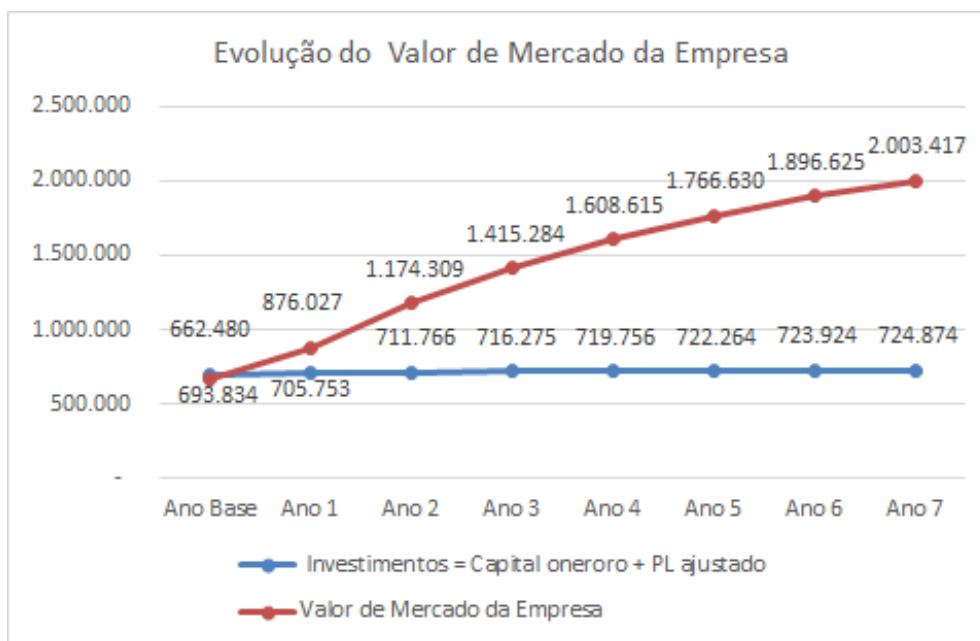


Figura 21: Evolução do Valor de Mercado da Empresa

No terceiro ano, com a implantação do TPM, o valor de mercado da empresa de \$ 1.415.284,00 já atingia quase o dobro do valor contábil (capital oneroso + PLa) de \$ 716.275,00.

Com base nas pesquisas feitas e na proposta do SAD testada e comprovada, pode-se afirmar que, uma vez a unidade de produção não operando e produzindo nos moldes projetados, está deixando de produzir e vender, de gerar custos e gastos, assim como os lucros operacionais e líquidos aos agentes econômicos envolvidos, inclusive à própria empresa e a seus proprietários. Pela teoria e filosofia do TPM, a empresa tem condição e deve produzir de acordo com as previsões feitas sob técnicas de engenharia (produção e manutenção), atingindo seus resultados previstos, e deve ter como principal meta o OEE na faixa de 85% (nível de Classe Mundial). Pode-se concluir que, se a empresa trabalha abaixo dos 85% de OEE, está deixando de produzir e deixando de gerar produção e resultados operacionais e líquidos aos agentes econômicos envolvidos, principalmente à empresa e aos seus proprietários.

7 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O objetivo deste trabalho foi propor um sistema que subsidie a decisão de investimento ou não em TPM em uma planta, área ou equipamento, fornecendo dados e conhecimentos de engenharia de produção e econômico-financeiros. Uma vez cumprido tal objetivo, foi possível, também, chegar às conclusões e discussões que serão apresentadas a seguir.

Conforme apresentado ao longo da pesquisa, os estudos sobre históricos e técnicas de manutenção culminaram na Manutenção Produtiva Total – TPM, que é um método e também uma filosofia que propõe como foco o equipamento, sua confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade no tempo exigido e na qualidade proposta e requerida pelo cliente. O TPM apresenta a importância da sintonia entre a máquina e o homem, seja este operador ou manutentor, buscando correções e reparos que otimizem a disponibilidade do equipamento, com o desempenho necessário e foco na perda zero e zero defeito, antecipando falhas com correções e reparos dos equipamentos no tempo certo. Logo, é possível afirmar que o TPM é uma filosofia que pratica o que é recorrentemente avocado como sustentabilidade, pois busca a otimização dos recursos econômicos investidos, levando ao menor consumo dos recursos materiais, atendendo cada vez mais e melhor às necessidades da sociedade, respeitando a cultura e a comunidade envolvida.

O grande volume de variáveis envolvidas na atividade empresarial, os diversos ambientes e sistemas, e suas inter-relações, elevam a dificuldade e o desafio de fazer um trabalho que se propõe a mensurar os efeitos de combinações de cenários, com conclusões confiáveis, dentro das premissas e pressupostos definidos. Dentre as variáveis tratadas neste trabalho, estão duas formas e tratamentos dados à manutenção da planta da unidade produtiva. De um lado, o modelo usual reativo frente aos problemas que, normalmente, levam a resultados aquém do previsto pela unidade, limitado ao equipamento ou célula com mais restrições. De outro lado, estão as abordagens e soluções em termos de investimento em técnica de engenharia de produção e manutenção

dadas aos equipamentos e células de trabalho via Manutenção Produtiva Total com evolução e direcionamento para a condição original e em harmonia com a planta. Ambas as formas de tratamento dado à manutenção demandam recursos materiais e técnicos, traduzidos em gastos que impactarão para os agentes econômicos envolvidos, inclusive, e principalmente, no valor do produto para o cliente e no resultado econômico-financeiro para a companhia e seus investidores.

A amplitude do modelo Manutenção Produtiva Total, composto por oito pilares, e a proposta de criar uma nova forma de mensuração de seus aspectos, levou à simplificação do modelo proposto. A título de mensuração da evolução do TPM, foi escolhido o pilar Manutenção Autônoma, **considerado ser o mais importante e característico pilar**, buscando mensurar a eficiência da implantação via auditoria. O modelo proposto, Sistema de Apoio à Decisão – SAD, é passível de simulação de cenários de nível de implantação e eficiência da Manutenção Autônoma, também considerando que não haja restrições de mercado. O SAD foi baseado em tópicos e critérios de acompanhamento de implantação de MA, inovados pela proposta de uma forma de mensuração, inédita, via pontuação (escores) para cada tópico e ou critério realizável. Independentemente da existência prévia da Manutenção Autônoma, pelo SAD faz-se o diagnóstico do estágio inicial (*status quo*) da unidade de negócio (planta, célula ou equipamento), com simulações prévias das intervenções, bem como mensuração após iniciada a implantação da MA, permitindo estimar e medir os reflexos nos resultados em termos de quantidades e valores na produção e venda, gastos com investimentos, custos e despesas, operacionais.

As quantidades e valores, medidos pelo módulo de engenharia do SAD, são tratados em modelo contábil convencional e os resultados econômico-financeiros, prévios e reais, são analisados nos modelos Dupont e Stern Stewart & Co. Uma vez que, com o SAD, é possível fazer simulações de resultados, é possível também mensurar os resultados não atingidos, ou seja, mensurar a renúncia de receitas e resultados, bem como seus possíveis incrementos de valor e riqueza a agregar para a empresa e seus investidores.

Em suma, o SAD se coloca como um instrumento que permite “construir uma ponte” entre as áreas empresariais, produção e manutenção e, finanças, quanto à adoção ou não do modelo TPM na empresa.

Recorrendo à pesquisa, a Manutenção Autônoma – MA – é permeada pela colaboração entre produção e manutenção, pela mútua influência do modelo dos times de trabalho nas dimensões técnica, normativa e de governança, sendo inclusive considerada como parte integrante da dimensão governança. Questões como liberdade de escolha de método de trabalho, estabelecimento de metas, autonomias sobre decisão de técnicas, liderança, controle de tarefas, manutenção, desempenho e qualidade são formas de identificar o estágio de maturidade da governança. Sob estas constatações, é possível afirmar que a MA é o pilar com função protagonista no TPM, interliga os demais pilares, aproxima operadores e manutentores na busca da prevenção ou antecipação dos problemas e defeitos que possam vir a acometer os equipamentos.

O trabalho foi direcionado à MA, trazendo-a como o sujeito desta pesquisa, e apresentou a possibilidade de se estabelecer um modelo inovador de medir/quantificar o TPM por uma métrica voltada para o pilar Manutenção Autônoma, tendo como base os itens de acompanhamento propostos na literatura.

O SAD proposto tem como estrutura e plataforma de medição no módulo de engenharia a auditoria de Manutenção Autônoma, que se apoia em uma plataforma de *check-lists* proposta na literatura, sendo um para cada uma das sete etapas que são ou devem ser implementadas cadenciadamente. Cada item ou tópico do *check-list* recebeu uma pontuação cardinal unitária, perfazendo um total de itens observáveis e controláveis via auditoria. Uma vez estabelecida a forma para mensurar o nível de uso e implantação da Manutenção Autônoma da TPM, essa forma foi associada ou correlacionada com a Eficiência Global da Planta (OEE). O TPM, por sua vez, eleva a produção a níveis desejados, até então não atingidos, com baixo gasto com investimento e custos. Esses gastos também são mensuráveis através do Sistema de Apoio à Decisão (SAD), a plataforma econômico-financeira e

contábil, que culmina com a proposta de análise já consagrada no Modelo Estratégico de Rentabilidade (SPM) e no Modelo de Agregação de Riqueza e Valor (EVA® e MVA®), convergindo de forma inédita com as técnicas e práticas contábeis sugeridas pelos padrões internacionais de contabilidade.

O Sistema de Apoio à Decisão – SAD – é um sistema que mensura resultados da adoção do TPM, através de pontuação – *scores* – para as etapas cumpridas do pilar Manutenção Autônoma, pilar este que é implantado simultaneamente com os demais pilares. Seus efeitos são diretamente ligados a ganhos de disponibilidade e desempenho dos equipamentos que levam a produção e produtividade, atendem à qualidade requerida e reduzem perdas, influenciadas pela Eficiência dos Equipamentos e das Pessoas e pela utilização de Materiais e Energia, mensurados com a técnicas de Modelo Estratégico de Rentabilidade (SPM) e Agregação de valor e riqueza para a empresa e seus proprietários.

Os estudos feitos pelo SAD ratificam que os resultados a serem atingidos passam por uma estratégia de escolha de processos e equipamentos, bem como pelo uso de técnicas classificáveis como Quarta Geração de Manutenção, levando à disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade, e à eficiência global. As Estratégias de Manutenção devem focar nos recursos, nos equipamentos e nos processos subordinados às restrições ou gargalos. Tais decisões deverão levar a um índice de Eficiência Global do Equipamento – OEE maior, ou seja, maior eficiência ou eficácia de produção, com maiores ganhos. A migração dos gastos com manutenção corretiva planejada e não planejada para gastos com implantação do TPM são acompanhados com ganhos de produtividade.

Pela comprovação e mensuração feita através do SAD, pode-se afirmar que o não aproveitamento da capacidade instalada da empresa significa renúncia de receitas e resultados operacionais e lucros; e também que a maior renúncia da empresa por não evoluir na utilização das suas máquinas, equipamentos ou planta é a renúncia de lucro à empresa e seus proprietários. Com o TPM, os gastos com manutenção tendem a crescer, mas são acompanhados por ganhos de produtividade em maior proporção, ou seja,

gastos com manutenção são, na maioria das vezes, um investimento para a empresa. Pelo SAD, é possível avaliar e afirmar que, além dos efeitos na produção e manutenção, o TPM tem seus efeitos econômico-financeiros positivos; os resultados operacionais sobre os ativos operacionais empregados (ROA) e sobre os capitais dos investidores (ROI) e do resultado líquido (ROE) para a empresa e seus proprietários da empresa comprovam tais efeitos positivos.

Com a adoção da política e filosofia do TPM, aumenta-se a eficiência (OEE) da planta, aumenta-se a produção e vendas, assim como a margem operacional e líquida, e, conseqüentemente, aumenta o giro dos ativos operacionais, dos investimentos e do capital próprio em relação ao faturamento bruto, além do aumento do ROA, ROI e ROE.

Com a elevação dos resultados pela adoção do TPM, é possível perceber e mensurar também seus efeitos e superações dos resultados esperados pelos investidores, em especial para os proprietários, agregando valor e riqueza – VEA® e MVA®. O SAD permite ratificar com suporte técnico a afirmação que o valor da empresa está ligado aos resultados obtidos pela forma de gestão.

Com a implantação do TPM, há melhorias previsíveis, mensuráveis e perceptíveis já a partir do primeiro ano de implantação, sendo crescentes à medida que a filosofia é absorvida e os níveis de implantação dos oito pilares foram incrementadas. Com sua efetivação, é perceptível também o aumento do valor de mercado da empresa, mensurado pelo SAD, comprovando que a melhor utilização dos recursos materiais, humanos e financeiros levam à sustentabilidade econômica, ambiental e social.

A evolução da implantação da filosofia do TPM na empresa é perceptível nos resultados e passível de medição através do Modelo Estratégico de Rentabilidade (SPM) e Agregação de Valor e Riqueza (EVA®). Com base nas Tabelas 21 a 27 e Figuras 5 a 07, dentre as constatações e medições obtidas pelo SAD podem-se citar:

- Redução do % de gastos com manutenção sobre o faturamento;
- Otimização do uso dos equipamentos levando ao aumento da produção;

- Redução de manutenção corretiva não programada em função do TPM;
- Aumento do valor inicial e também otimização de gastos com manutenção;
- Redução de paradas para manutenção com aumento da produção;
- Otimização de uso dos equipamentos e conseqüente aumento de produção;
- Aumento do volume de produção sem grandes alterações na planta;
- Aumento do resultado operacional e da margem operacional;
- Aumento da margem líquida;
- Aumento do giro dos ativos fixos;
- Aumento do resultado sobre os ativos fixos;
- Aumento do giro do capital dos investidores;
- Aumento do retorno sobre os investimentos;
- Aumento do giro do capital da própria empresa;
- Aumento do resultado líquido e da margem líquida.

Conclui-se também, pelos resultados medidos pelo ROA, ROI, ROE, EVA® e MVA®, que, com a implantação do TPM, haverá uma relação de causa e efeito da gestão nos resultados para os investidores na empresa; resultados esses que passam pelas atividades dos processos de negócio, que vão agregar valor para o cliente e serão mensurados pela rentabilidade – margem de lucro e retorno – sobre os investimentos e o patrimônio. Por sua vez, essa relação de causa e efeito pode ser testada e atestada como viável (ou não) pelo SAD ora proposto, medidos pelo Modelo Dupont e Modelo Stern Stewart & Co.

O “Objetivo Geral” desta pesquisa – de propor e testar um sistema de mensuração e gerenciamento dos impactos das intervenções, gastos e retornos nos diversos níveis ou estágios de implantação e intervenção do TPM – foi atingido; foi apresentado o Sistema de Apoio à Decisão – SAD – como alternativa para mensurar, com antecedência, analisar e decidir os impactos do TPM, mediante alternativas e rumos através de simulações de possibilidades e também acompanhamento.

Foram feitos estudos das principais técnicas de operação e manutenção utilizadas na Manutenção Produtiva Total – TPM e sua contribuição para o aumento da eficiência e eficácia das instalações e demais recursos produtivos foram cumpridos.

Foram apropriadas as técnicas utilizadas na apuração de custos das áreas de produção e manutenção que levaram à mensuração e gerenciamento dos impactos das intervenções, gastos e retornos nos diversos níveis ou estágios de implantação da Manutenção Autônoma, um dos principais pilares do TPM.

Em relação às hipóteses efetuadas, os resultados apresentados nos Apêndices “A” a “G”, Tabelas 21 a 31 e, Figuras 3 a 7, levam às afirmações a seguir.

Quanto à hipótese A: “Existe possibilidade de se fazer uma mensuração dos gastos com produção e manutenção e extrair conclusões precisas quanto ao retorno sobre os ativos e sobre os investimentos.” Resposta: Sim. Conforme os Apêndices “A” a “G”, Tabelas 21 a 31 e, Figuras 3 a 7, o SAD vem ao encontro dessa demanda e apresenta formas de calcular.

Quanto à hipótese B: “Existe possibilidade de se fazer uma mensuração dos gastos com produção e manutenção e extrair conclusões precisas quanto à sua agregação de valor à empresa e aos investidores.” Resposta: Sim. Conforme Tabela 27 e Figuras 19 a 21, O SAD vem ao encontro dessa demanda e apresenta formas de calcular e analisar.

Quanto à hipótese C: “O valor da empresa está diretamente ligado à forma de gestão e o seu capital intelectual.” Resposta: Sim. O SAD vem ratificar que, conforme Tabela 27 e Figuras 19 a 21, dentre as formas de gestão, o TPM potencializa o valor da empresa.

Pode-se afirmar, ainda, que os objetivos de lucratividade, retorno e agregação de valor/riqueza à empresa e aos investidores, para serem plenamente atingidos, passam por uma adequação e uso de bens e capital, assim como por uma adequada produção, manutenção e uso dos equipamentos, podendo levar e se elevar à otimização dos valores colocados à

disposição, alavancando negócios mais duradouros e sustentáveis, com menor índice de desperdício.

O SAD, proposta deste trabalho, é uma alternativa viável para subsidiar as tomadas de decisão estratégicas sobre manutenção, em especial sobre a implantação do TPM nas empresas. Pelo SAD é possível diagnosticar, simular, mensurar e analisar a rentabilidade da utilização e otimização dos recursos à disposição da empresa, subsidiando as decisões estratégicas, mitigando estresses recorrentes entre as áreas produção e finanças, com informações e conclusões confiáveis.

7.1 Sugestões para Trabalhos Futuros

Sendo este trabalho de pesquisa de cunho teórico, que vem ao encontro das necessidades da academia, em termos de estudos, pesquisas e extensão, sugere-se, também, para trabalhos futuros, a aplicação prática do SAD para levantamentos de campo ou estudo de casos em empresas que já implantaram o TPM ou até mesmo que estejam em fase de implantação do TPM. Através de pesquisas de casos reais, o SAD poderá ser ratificado, gerando refinamentos e complementos com dados estatísticos pragmáticos, aumentando a aproximação dos estudos empíricos e teóricos.

Futuros trabalhos poderão elaborar estudos a partir do SAD com análise de oscilações de outras variáveis e o TPM como:

- a) Investimentos específicos em outros pilares;
- b) Na estrutura de financiamento da empresa;
- c) Reflexos nas políticas de estocagem;
- d) Reflexos nas políticas, prazos de atendimento e pagamento de clientes;
- e) Possíveis aumentos de remuneração variável aos empregados, em função dos ganhos proporcionais às melhoras do OEE.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. **Documento Nacional 2009: A situação da Manutenção no Brasil**. 2009. Disponível em <<http://abraman.org.br>>. Acesso em: 29 maio 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. **Documento Nacional de Manutenção no Brasil**. 2011. Disponível em: < <http://www.abraman.org.br>>. Acesso em: 17 jul. 2012.

AHMED, M.H. OEE can be your key: change formula for equipment availability to improve performance. **Institute of Industrial Engineers**, v. 45, n. 8, p. 43-48, 2013.

AHMED, S; KHAMBA, J.S. Total productive maintenance: literature review and directions. **Journal of Quality & Reliability Management**, v. 25, n. 7, p. 709-56, 2008.

AHRÉN, T.; PARIDA A. Maintenance performance indicators (MPIs) for benchmarking the railway infrastructure. **Benchmarking. An International Journal**, v. 16, n. 2, p. 247-258, 2009.

AL-NAJJAR, N.B.; JACOBSSON, M. A computerized model to enhance the cost-effectiveness of production and maintenance dynamic decisions A case study at Fiat. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 19, n. 2, p. 114-127, 2013.

AL-NAJJAR, B.; ALSYOUF, I. Enhancing a company's profitability and competitiveness using integrated vibration-based maintenance: a case study. **European Journal of Operational Research**, v.157, p. 643-657, 2003.

ALSYOUF, I. The role of maintenance in improving companies productivity and profitability. **International Journal of Production Economics**, v. 105, p. 70-78, 2007.

ALSYOUF, I. Maintenance practices in Swedish industries: Survey results. **International Journal Production Economics**, v. 121, p. 212-223, 2009.

AMAH, E.; AHIAUZU, A. Employee involvement and organizational effectiveness. **Journal of Management Development**, v. 32, n. 7, p. 661-674, 2013.

ANVARI, F.; EDWARDS, R.; STARR, A. Evaluation of overall equipment effectiveness based on market. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 16, n. 3, p. 256-270, 2010.

ARAI, K.; KITADA, H.; OURA, K. Using profit information for production management: evidence from Japanese factories. **Journal of Accounting & Organizational Change**, v. 9, n. 4, p. 408-426, 2013.

ASSAF NETO, A. **Finanças Corporativas e Valor**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

ASSAF NETO, A. **Estrutura e análise de balanços**: um enfoque econômico-financeiro. 5. ed. - São Paulo: Atlas, 2012a.

ASSAF NETO, A; SILVA, C.A.T. **Administração do Capital de Giro**. 5ª. Ed. São Paulo: Atlas, 2012.

BAHRI, M.; ST-PIERRE, J.; SAKKA, O. Economic value added: a useful tool for SME performance management. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 60, n. 6, p. 603-621, 2011.

BARDY, R.; MASSARO, M. Shifting the paradigm of return on investment: a composite index to measure overall corporate performance. **Corporate Governance**, v. 13, n. 5, p. 498-510, 2013.

BOSE, S.; THOMAS, K. Applying the balanced scorecard for better performance of intellectual capital. **Journal of Intellectual Capital**, v. 8, n. 4, p. 653-665, 2008.

BRAGA, R. **Fundamentos e técnicas de administração financeira**. São Paulo: Atlas, 1989.

BRASIL. **Constituição Federal de 1988**. 1988. Disponível em <<http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=102408>>. Acesso em: 02 abr. 2014.

BRASIL. **Secretaria da Receita Federal. Regulamento do Imposto de Renda**. Decreto 3000/1978. 1978. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3000.htm>. Acesso em: 30 mar. 2014.

BRASIL. **Secretaria da Receita Federal**. 2012. Disponível em <<http://www.receita.fazenda.gov.br/publico/perguntao/dipj2012/CapituloVIII-LucroOperacional2012.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2014.

BRASIL. **Secretaria da Receita Federal**. Perguntão. 2013. <http://www.receita.fazenda.gov.br/publico/perguntao/dipj2013/Capitulo_VI_IRPJ_LucroReal2013.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2014.

BREN, A.; KREUSEL, N.; NEUSSER, C. Performance measurement in SMEs: literature review and results from a German case study. **International Journal of Globalization and Small Business**, v. 2, n. 4, p. 411-27, 2008.

CAMPOS, V.F. **O Verdadeiro Poder**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços, 2009.

CATELLI, A. et al. Sistema de Gestão Econômica – GECON. In: CATELLI, A. **Controladoria**: uma abordagem da gestão econômica – GECON. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007. p. 285-307.

CHATAIN, O. Value creation, competition, and performance in buyer-supplier relationships. **Strategic Management Journal**, v. 32, n. 1, p. 76-102, 2010.

CHEN, M.; CHENG, S.; HWANG, Y. An empirical investigation of the relationship between intellectual capital and firms 'market value and financial performance. **Journal of intellectual capital**, v. 6, n. 2, p. 159-176, 2005.

CHIAVENATO, I. **Introdução a teoria geral da administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações**. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

COCCA, P.; ALBERTI, M. A framework to assess performance measurement systems in SMEs. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 59, n. 2, p. 186-200, 2010.

COFFE, D.; BEVERLEY L.L.; PHILIP L.L. The Du Pont model: evaluating alternative strategies in the retail industry. **Academy of Strategic Management Journal**, v. 8, p.71-80, 2009.

COMITÊ DE PRONUNCIAMENTO CONTÁBIL. **Pronunciamento Técnico CPC 26 (R1): Apresentação das Demonstrações Contábeis: correlação às normas internacionais contábeis IAS 1**. 2012.

CORBETT, T. **Bússula financeira: O processo decisório da Teoria das Restrições**. São Paulo: Nobel, 2005.

CSILLAG, J.M.; **Análise do Valor: metodologia do valor**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1995.

DA SILVA, C.M.I.; CABRITA, C.M.P.; MATIAS, J.C.O. Proactive reliability maintenance: A case study concerning maintenance service costs. **Journal of Operations & Production Management**, v. 20, n.12, p. 1488-1502, 2008.

DAL, B.; TUGWEL, P.; GREATBANKS, R. Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 20, n. 12, p. 1488-1502, 2000.

DAMODARAN, A. **Avaliação de empresas**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

DAMODARAN, A. **Avaliação de Investimentos: ferramentas e técnicas para determinação do valor de qualquer ativo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010.

DIVORSKI, S.; SCHEIRER, M.A. Improving data quality for performance measures: results from a GAO study of verification and validation. **Evaluation and Program Planning**, v. 24, p.83-94, 2001.

DUNN, S. **The fourth Generation of Maintenance**. Assertivity Pty Ltd DUPONT, 2009.
<http://www2.dupont.com/Phoenix_Heritage/en_US/1915_a_detail.html>.
Acesso em: 08 set. 2013.

EMMANOUILIDIS, C.; LIYANAGE, J.P.; JANTUNEN E. Mobile solutions for engineering asset and maintenance management. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 15, n. 1, p. 92-105, 2009.

ESWARAMURTHI, K.; MOHANRAM, P.V. Improvement of manufacturing performance measurement system and evaluation of overall resource effectiveness. **American Journal of Applied Sciences**, v. 10, n. 2, p. 131-138, 2013.

ETEBAR, S.; DARABI, R. The role of the economic value added measure and intellectual capital in financial intermediations market value in Tehran stock exchange (Tse). **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 5, n. 12, p. 1926-1933, 2011.

EVAN, W.M.; MANION, M. **"Minding the Machines: Preventing Technological Disasters**. New Jersey: Prentice Hall, 2002.

FUENTELESZ, L.; GÓMEZ, J.; PALOMAS, S. The effects of new Technologies on productivity: An intrafirm diffusion-based assessment. **Research Policy**, v. 38, p. 1172-1180, 2009.

FUENTELESZ, L.; GÓMEZ, J.; PALOMAS, S. Production Technologies and financial performance: The effect of uneven diffusion among competitors. **Research Policy**, v. 41, p. 401-413, 2012.

GHERASIM, D. Reinterpretation of the added value. **Economy Transdisciplinarity Cognition**, v. 14, n. 1, p. 133-144, 2011.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

GIL, A.C. **Como elaborar Projeto de Pesquisas**. São Paulo: Atlas, 2002.

GOLAS, Z.; BIENIASZ, A.; CZERWINSKA-KAYZER, D. The relationship between working capital and profitability in food industry firms in Poland. **Journal of Central European Agriculture**, v. 14, n.1, p. 52-63, 2013.

GOLDRATT, E.M.; COX, J. **A Meta: Um Processo de Melhoria Contínua**. 2. ed. São Paulo: NBL, 2007.

GRAHAM, R.C.; KING, R.D. Decision usefulness of whole-asset operating lease capitalizations. **Advances in Accounting, incorporating Advances in International Accounting**, v. 29, p. 60-73, 2013..

GROSH, M.; GLEWWE, P. **Designing Household Questionnaires for Developing Countries: Lesson from Fifteen Years of the Living Standard Measurement Study**. Washington: The World Bank, 2000. v.1-3.

HAARMAN, M.; DELAHAY, G. **Value Driven Maintenance: What is the actual Added Value of Maintenance?** Dordrecht: Mainnovation, 2006.

- HAN, L. The self-adaptation to dynamic failures for efficient virtual organization formations in grid computing context. *Chaos. Solutions and Fractals*, v. 41, p.1085-1094, 2009.
- HANSEN, C.H. **Overall equipment effectiveness: a powerful production / maintenance tool for increased profits**. New York: Industrial, 2001.
- HELLENO, A.L.; OLIVEIRA, T.H.; Sistema de apoio à gestão da produção: indicadores de eficiência operacional – estudo de caso. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v. 17, n. 33, p. 39-52, 2012.
- HOSHA, I. The Market structure of the banking sector and financially dependent manufacturing sectors. **International Review of Economics and Finance**, v. 27, p. 432-444, 2013.
- HUANG, S.H. et al. Manufacturing System Modeling for Productivity Improvement. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 21, n. 4, p. 249-259, 2002.
- IMAI, M. **Gemba-Kaizen: estratégias e técnicas do Kaizen no piso de fábrica**. São Paulo IMAM, 1996.
- KAMANDE, M.W.; LOKINA, R.B. Clean Production and Profitability: An Eco-efficiency Analysis of Kenyan Manufacturing Firms. **The Journal of Environment & Development**, v. 22, n. 2, p. 169-185, 2013.
- KAPLAN, R.S.; NORTON, D.P. The balance scorecard: measures that drive performance. **Harvard Business Review**, v. 70, n. 1, p. 71-79, 1992.
- KAPLAN, R.S.; NORTON D.P. **The Balance Scorecard: Translating Strategy into Action**. Boston: Harvard, 1996.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2009.
- KOTLER, P.; KELLER, K.L. **Administração de Marketing**. 14. ed. São Paulo: Prentice Hall Brasil, 2012.
- KROKOSZINSKI, H.J. Efficiency and effectiveness of Wind farms: Keys to cost optimized operation and maintenance. **Renewable Energy**, v. 28, p. 2165-2178, 2003.
- KUMAR, U. et al. Maintenance performance metrics: a state-of-the-art review. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 19, n. 3, p. 233-277, 2013.
- LAD, B.K.; KULKARNI, M.S. Reliability and Maintenance Based Design of Machine Tools. **International Journal of Performability Engineering**, v. 9, n. 3, p. 321-332, 2013.
- LAMBERT, D.M.; BURDUROGLU, R. Measuring and selling the value of logistics. **The International Journal of Logistics Management**, v. 11, n. 1, p. 1-18, 2000.

- LIKER, J.K.; MEIER, D. **O Modelo Toyota**: manual de aplicação. Tradução Lene Belo Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- LIMA, C.R.C.; MARCORIN, W.R. Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos. **Revista de Ciência e Tecnologia**, v. 1, n. 22, p. 35-42, 2003.
- LIN, N.; COOK, K.; BURT, R.S. **Social Capital**: theory and research. 4. ed., New Jersey: Transaction, 2008.
- LIU, D.; TSENG, K.; YEN, S. The Incremental impact of intellectual capital on value creation. **Journal of Intellectual Capital**, v. 10, n. 2, p. 260-276, 2009.
- LONGINIDIS, P.; GEORGIADIS, M.C. Managing the trade-offs between financial performance and credit solvency in the optimal design of supply chain networks under economic uncertainty. **Computers and Chemical Engineering**, v. 48, p. 264-279, 2013.
- LUZIO, E. FINANÇAS CORPORATIVAS: **Teoria e prática**: estudos de casos sobre geração e destruição de valor em empresas. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- MACERINSKIENE, I.; SURVILAITE, S. Company's value added and its intellectual capital coherence. **Business Theory and Practice**, v. 12, n. 2, p. 183-192, 2011.
- MANSOUR, H. et al. Evaluation of operational performance of workover rigs activities in oilfields. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 62, n. 2, p. 204-218, 2013.
- MCKONE, K.E.; SCHROEDER, R.G.; CUA, K.O. The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance. **Journal of Operations Management**, v. 19, p. 39-58, 2001.
- MEL, S.; MCKENZIE, D.J.; WOODRUFF, C. Returns to capital in microenterprises: evidence from a field experiment. **Quarterly Journal Of Economics**, v. 123, n. 4, p. 1329-1372, 2008.
- MEL, S.; MCKENZIE, D.J.; WOODRUFF, C. Measuring microenterprise profits: don't ask how the sausage is made. **Journal of Development Economics**, v. 88, p. 19-31, 2009.
- MINAYO, M.C.S. **O Desafio do Conhecimento**. São Paulo: Hucitec, 1993.
- MOUBRAY, J. **Reliability-centered maintenance**: RCM. 2. ed. Grã Bretanha: Biddies; Guilford and King's Lynn, 2000.
- NAKAJIMA, S.; GÁBOR, T. **Introduction to Total Productive Maintenance**. Cambridge: Productivity, 1988.
- NAKAJIMA, S. **TPM**: Development Program. Cambridge: Productivity, 1989.

NEVES JUNIOR, I.J.; LIMA, R.R.; LIMA, T.R. Valor da Empresa e Sua Relação com a Estrutura de Capital, Rentabilidade: um Estudo Empírico das 1000 Empresas Melhores Listadas na Revista Exame. In: **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, 8., 2011, Resende. Anais... Resende: AEDB, 2011. Disponível em: <<http://www.aedb.br/seget/artigos11/25114225.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2014.

NOGUEIRA, C.G. et al. The impact of intellectual capital on value added or Brazilian companies traded at de BMF-BOVESPA. **Journal of International Finance and Economics**, v. 10, n. 2, p. 1-12, 2010.

OEE Home. **World Class OEE**. 2014. Disponível em: <<http://www.oee.com/world-class-oee.html>>. Acesso em: 10 nov. 2013.

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

OLIVEIRA, J.C.S.; SILVA, A.P. Análise de indicadores de qualidade e produtividade da manutenção nas indústrias brasileiras. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, ano 8, v. 3, p. 53-69, 2013.

OLIVERSON, R. Reliability: the competitive advantage. *Paper* apresentado em **International Maintenance Excellence Conference**, Toronto, September, 2006.

OSADA, T.; TAKAHASCHI, Y. **TPM/MPT**: manutenção produtiva total. Tradução Outras Palavras. São Paulo: Instituto IMAM, 1993.

PADOVEZE, C.L. **Controladoria estratégica empresarial**: conceitos, estrutura, aplicação. São Paulo: Pioneira Thomson, 2005.

PADOVEZE, C.L.; TARANTO, F.C. **Orçamento empresarial**: novos conceitos e técnicas. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2009.

PADOVEZE, C.L.; BERTOLUCCI, R.G. **Gerenciamento do risco corporativo em controladoria**: Enterprise Risk Management (ERM). São Paulo: Cengage Learning, 2008.

PADOVEZE, C.L.; TAKAJURA JUNIOR, F.K. **Custo e preços de serviços**. São Paulo: Atlas, 2013.

PARIDA, A.; CHATTOPADHYAY, G. Development of a multi-criteria hierarchical framework for maintenance measurement (MPM). **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 13, n. 3, p. 241-258, 2007.

PARIDA, A. Study and analysis of maintenance performance indicators (MPSs) for LKAB. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 13, n. 4, p. 325-337, 2007.

PARIDA, A.; KUMAR U. Maintenance performance measurement (MPM): issues and challenges. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 12, n. 3, p. 239-251, 2006.

PEREIRA, C.A.; OLIVEIRA, A.B.S.; Preço de Transferência: uma aplicação do conceito do Custo de Oportunidade. In: CATELLI, A. **Controladoria: uma abordagem da gestão econômica – GECON**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007. p. 388-400.

PEREIRA, C.A.; Avaliação de Resultados e Desempenhos. In: CATELLI, A. **Controladoria: uma abordagem da gestão econômica – GECON**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007. p. 196-267.

PORTER, M.E. **Estratégia competitiva: Técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. Rio de Janeiro: Campus, 2005.

PUVANASVARAN, P.; TEOH, Y.S.; TAY, C.C. Consideration of demand rate in Overall Equipment Effectiveness (OEE) on equipment with constant process time. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 6, n. 2, p. 507-524, 2013.

RAOUF, A. Improving capital productivity through maintenance. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 14, n. 7, p. 44-52, 1994.

REYES, J.A.G. et al. Overall equipment effectiveness (OEE) and process capability (PC) measures: a relationship analysis. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 27, n. 1, p. 48-62, 2010.

RIBEIRO, H. **Desmistificando o TPM: Como implantar o TPM em empresas fora do Japão**. São Caetano do Sul: PDCA, 2010.

ROBBINS, S.P. **Administração: mudanças e perspectivas**. Tradução Cid Knipel Moreira. São Paulo: Saraiva, 2003.

ROBLES, J.A. **Custos de qualidade: uma estratégia para a competição global**. São Paulo: Atlas, 1994.

ROLFSEN, M.; LANGELAND, C. Successful maintenance practice through team autonomy. **Employee Relations**, v. 34, n. 3, p. 306-321, 2012.

RON, A.J.; ROODA, J.E. Equipment Effectiveness: OEE Revisited. **IEE Transactions on Semiconductor Manufacturing**, v. 18, n. 1, p. 190-196, 2005.

SACHDEVA, A.; KUMAR, D.; KUMAR, P. Planning and optimizing the maintenance of paper production systems in a paper plant. **Computers & Industrial Engineering**, v. 55, p. 817-829, 2008.

SAMPANTHARAK, K.; TOWNSEND, R.M. Measuring the return on household enterprise: What matters most for whom? **Journal of Development Economics**, v. 98, p. 50-70, 2012.

SHETTY, D.; ALI, A.; CHAPDELAIN, J.J. A model for the total productive manufacturing assessment and implementation. **Journal of Advanced Manufacturing Systems**, v. 8, n. 2, p. 117-136, 2009.

- SLACK, S.C.; CHAMBERS S.; JOHNSTON, R. **Operations management**. 6. ed. Harlow: Pearson Education, 2009.
- SHAHIN, A.; ATTARPOUR, M.R.; Developing decision making grid for maintenance policy making based on estimated range of overall equipment effectiveness. **Modern Applied Science**, v 5, n. 6, p. 86-97, 2011.
- SHIMOKAWA, K.; FUJIMOTO, T. **O nascimento do lean: conversas com Taiichi Ohno, Eiji Toyoda e outras pessoas que deram forma ao modelo Toyota de gestão**. Tradução Félix José Nonnenmacher. Porto Alegre: Bookan, 2011.
- SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 1996.
- SILVA, E.L.; MENEZES, E.M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. Florianópolis: UFSC, 2001.
- SMITH, D.J. **Reliability, maintainability and risk: practical methods for engineers**. Oxford: Elsevier, 2011.
- STENSTROM, C. et al. Performance indicators and terminology for value driven maintenance. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 19, n. 3, p. 222-232, 2013.
- STEWART, G.B. EVA™: Fact and fantasy. **Journal of Applied Corporate Finance**, v. 7, p. 71-84, 1994.
- SUZUKI, T. **TPM in process industries**. Portlant: Productivity, 1994.
- TAGUCHI, G.; CHOWDHURY, S.; WU, Y. **Taguchi's Quality Engineering Handbook**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007.
- TAIICHI, O. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. São Paulo: Bookman Companhia, 1984.
- TAMOSIUNIENE, R.; SURVILAITE, S. Intangible aspect of the value added. **European Scientific Journal**, Special Edition, v. 1, p.285-290, 2013.
- TOYOTA DO BRASIL.
<http://www.toyota.com.br/sobre_toyota/historia_toyota_brasil.aspx>. Acesso em: 08 set. 2013.
- YUNIAWAN, D.; ITO, T.; BIN, M.E. Calculation of overall equipment effectiveness weight by Taguchi method with simulation. **Concurrerment Engineering**, v. 21, n. 4, p. 296-306, 2013.
- WANG, F.K.; LEE, W. Learning curve analysis in total productive maintenance. **Omega**, v. 29, p. 491-499, 2001.
- WATTS, S.; SHANKARANARAYANNAN, G.; EVE, A. Data quality assessment in context: A cognitive perspective. **Decision Support Systems**, v. 48, p. 202-211, 2009.

WIREMAN, T. **Total productive maintenance**. 2. ed. New York: Industrial, 2004.

WIREMAN, T. Lean maintenance offers savings, eliminates non-value activities. **Plant Engineering**, v. 63, n. 5, p. 31-38, 2009.

WOMACK, J.; JONES, D. **A mentalidade enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WUDHIKAN, R.; SMITHIKUL, C.; MANOPINIWES, W. Developing overall equipment cost loss indicator. In: CIRP Spousored International Conference on Digital Enterprise Technology, 6., 2010, Heidelberg. **Proceedings...** Heidelberg: Springer Verlag Berlin, 2010, p. 557-567.

ZUASHKIANI, A.; RAHMANDAD, H., JARDINE, A.K.S. Mapping the dynamics of overall equipment effectiveness to enhance asset management practices. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 17, n. 1, p. 74-92, 2011.

APÊNDICES

Apêndice A – Critérios de avaliação MA Etapa 1 – Adaptado de Ribeiro (2010)

ITEM	ITEM DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIO	TÓPICOS E CRITÉRIOS (ITENS) DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO	Eqs CI A		Eqs CI B		Eqs CI C		Total		
					P1	Ac	P1	Ac	P1	Ac	P1	Ac	
Etapa 1: Limpeza inicial (recuperar desgaste e estabelecer condições básicas)													
1	Limpeza do equipamento com o apoio da manutenção (descarte de material desnecessário)	1.1	1.1 INSTALAÇÃO, DISPONIBILIDADE E PREENCHIMENTO DE ETIQUETAS	Nenhum dos itens está sendo executado	1	1	1	1	1	1	3	3	
			1. Todos os problemas do equipamento estão identificados por meio de etiquetas ou apontados em local apropriado.	1 dos 4 itens está sendo executado	1	2	1	2	1	2	3	6	
			2. As etiquetas estão sendo bem preenchidas (todos os campos e legíveis).	estão sendo executados	1	3	1	3	1	3	3	9	
			3. As diferentes datas de instalação de etiquetas ou apontamentos evidenciam que os profissionais têm o hábito de etiquetar todas as inconveniências não solucionadas no momento de sua descoberta.	3 dos 4 itens estão sendo executados	1	4	1	4	1	4	3	12	
			4. Há etiquetas de identificação de inconveniências disponíveis no local de trabalho.	Os 4 itens estão sendo executados	1	5	1	5	1	5	3	15	
2	Identificação de anomalias por meio de Etiquetas	1.2	1.2 CONTROLE DAS ETIQUETAS	Nenhum dos itens está sendo executado	1	6	1	6	1	6	3	18	
			1. As etiquetas são controladas de acordo com o procedimento, facilitando a sua quantificação e classificação entre pendentes e solucionadas.	1 dos 4 itens está sendo executado	1	7	1	7	1	7	3	21	
			2. Há uma estatística de etiquetas instaladas e solucionadas.	2 dos 4 itens estão sendo executados	1	8	1	8	1	8	3	24	
			3. A estatística está atualizada e coincide com o controle de etiquetas ou apontamentos.	estão sendo executados	1	9	1	9	1	9	3	27	
			4. A estatística de etiquetas instaladas e solucionadas é divulgada no local de origem.	Os 4 itens estão sendo executados	1	10	1	10	1	10	3	30	
3	Resolução das anomalias identificadas em curto prazo	1.3	1.3 PLANEJAMENTO PARA ELIMINAR ETIQUETAS	Nenhum dos itens está sendo executado	1	11	1	11	1	11	3	33	
			1. Todos os problemas são classificados de acordo com uma prioridade.	1 dos 4 itens está sendo executado	1	12	1	12	1	12	3	36	
			2. São definidos prazos de acordo com o custo/benefício e facilidade de resolução.	estão sendo executados	1	13	1	13	1	13	3	39	
			3. São definidos responsáveis para a solução de todos os problemas identificados, quando o procedimento exige.	estão sendo executados	1	14	1	14	1	14	3	42	
			4. Os operadores são atualizados sobre as providências para eliminar as pendências (materiais, liberação, programação, preventiva etc.	Os 4 itens estão sendo executados	1	15	1	15	1	15	3	45	
4	Plano para eliminação das anomalias mais complexas	1.4	1.4 AGILIDADE PARA ELIMINAR AS ETIQUETAS DA MANUTENÇÃO										
			Menos que 60% das etiquetas solucionadas.		1	16	1	16	1	16	3	48	
			Entre 60% e 69% das etiquetas solucionadas.		1	17	1	17	1	17	3	51	
			Entre 70% e 79% das etiquetas solucionadas.		1	18	1	18	1	18	3	54	
			Entre 80% e 89% das etiquetas solucionadas.		1	19	1	19	1	19	3	57	
			Entre 90% e 100% das etiquetas solucionadas.		1	20	1	20	1	20	3	60	
			1.5 AGILIDADE PARA ELIMINAR AS ETIQUETAS DA PRODUÇÃO										
			Menos que 60% das etiquetas solucionadas.		1	21	1	21	1	21	3	63	
			Entre 60% e 69% das etiquetas solucionadas.		1	22	1	22	1	22	3	66	
			Entre 70% e 79% das etiquetas solucionadas.		1	23	1	23	1	23	3	69	
Entre 80% e 89% das etiquetas solucionadas.		1	24	1	24	1	24	3	72				
Entre 90% e 100% das etiquetas solucionadas.		1	25	1	25	1	25	3	75				
5	Manutenção da Limpeza Básica	1.6	1.6 LIMPEZA DO EQUIPAMENTO	Nenhum dos itens está sendo executado	1	26	1	26	1	26	3	78	
			1. O Equipamento está livre de sujeira acumulada.	1 dos 4 itens está sendo executado	1	27	1	27	1	27	3	81	
			2. Há uma frequência estabelecida para a limpeza do ambiente.	2 dos 4 itens estão sendo executados	1	28	1	28	1	28	3	84	
			3. A frequência de limpeza estabelecida está sendo cumprida com rigor.	3 dos 4 itens estão sendo executados	1	29	1	29	1	29	3	87	
			4. Há recursos disponíveis (tempo, dispositivos e materiais) para que a limpeza seja feita pelo próprio usuário do ambiente.	Os 4 itens estão sendo executados	1	30	1	30	1	30	3	90	
6	Levantamento de perdas de acordo com planilhas específicas	1.7	1.7 LEVANTAMENTO DAS PERDAS										
			1. Há pouca ou nenhuma perda operacional registrada.		1	31	1	31	1	31	3	93	
			2. Algumas perdas operacionais não são registradas.		1	32	1	32	1	32	3	96	
			3. Somente alguns operadores registram corretamente as perdas operacionais.		1	33	1	33	1	33	3	99	
			4. Quase todos os operadores registram corretamente as perdas operacionais.		1	34	1	34	1	34	3	102	
			5. Todos os operadores registram corretamente as perdas operacionais.		1	35	1	35	1	35	3	105	

APÊNDICE B – Critérios de avaliação MA Etapa 2– Adaptado de Ribeiro (2010)

ITEM DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIO	TÓPICOS E CRITÉRIOS (ITENS) DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO	Eqs CI A		Eqs CI B		Eqs CI C		Total	
				P1	Ac	P1	Ac	P1	Ac	P1	Ac
Etapa 2: Eliminação de Fontes de Sujeira e dos locais de difícil acesso (eliminar condições que causam desgaste prematuro)											
Identificação de Fontes de Sujeira e de locais de Difícil Acesso por meio de etiquetas	2.1	2.1 MANUTENÇÃO DA ETAPA1									
		1. Etapa 1 abaixo de 80%.	1	36	1	36	1	36	3	108	
		2. Etapa 1 entre 80 e 84%.	1	37	1	37	1	37	3	111	
		3. Etapa 1 entre 85 e 89%.	1	38	1	38	1	38	3	114	
		4. Etapa 1 entre 90 e 94%.	1	39	1	39	1	39	3	117	
	5. Etapa 1 entre 95 e 100%.	1	40	1	40	1	40	3	120		
	2.2	2.2. IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES DE CONTAMINAÇÃO									
		1. Pouco ou nenhuma das etiquetas solucionadas tiveram causa identificadas.	1	41	1	41	1	41	3	123	
		2. Próximo de 50% das etiquetas solucionadas tiveram as causas identificadas.	1	42	1	42	1	42	3	126	
		3. Entre 51% e 70% das etiquetas solucionadas tiveram as causas identificadas.	1	43	1	43	1	43	3	129	
4. Entre 71% e 90% das etiquetas solucionadas tiveram as causas identificadas.		1	44	1	44	1	44	3	132		
5. Entre 91% e 100% das etiquetas solucionadas tiveram as causas identificadas.	1	45	1	45	1	45	3	135			
Plano para eliminação de fontes Sujeira e dos Locais de Difícil Acesso	2.3	2.3 PLANOS PARA ELIMINAR AS FONTES DE CONTAMINAÇÃO									
		1. Há pouco ou nenhum plano para eliminação das causas identificadas.	1	46	1	46	1	46	3	138	
		2. Há planos para aproximadamente 50% das causas identificadas.	1	47	1	47	1	47	3	141	
		3. Há planos para eliminação entre 51 e 70% das causas identificadas.	1	48	1	48	1	48	3	144	
		4. Há planos para eliminação entre 71 e 90% das causas identificadas.	1	49	1	49	1	49	3	147	
5. Há planos para eliminação entre 91 e 100% das causas identificadas.	1	50	1	50	1	50	3	150			
Eliminação das Fontes de Sujeira e dos Locais de Difícil Acesso	2.4	2.4 ELIMINAÇÃO DAS FONTES DE CONTAMINAÇÃO									
		1. Há pouco ou nenhum problema com as causas eliminadas ou bloqueadas.	1	51	1	51	1	51	3	153	
		2. Próximo de 50% dos problemas tiveram as causas eliminadas ou bloqueadas.	1	52	1	52	1	52	3	156	
		3. Entre 51% e 70% dos problemas tiveram as causas eliminadas ou bloqueadas.	1	53	1	53	1	53	3	159	
		4. Entre 71% e 90% dos problemas tiveram as causas eliminadas ou bloqueadas.	1	54	1	54	1	54	3	162	
	5. Entre 91% e 100% dos problemas tiveram as causas eliminadas ou bloqueadas.	1	55	1	55	1	55	3	165		
	2.5	2.5 IDENTIFICAÇÃO DOS LOCAIS DE DIFÍCIL ACESSO									
		1. Não foram levantados os locais de difícil acesso.	1	56	1	56	1	56	3	168	
		2. Apenas a Operação levantou os locais de difícil acesso. Porém, os pontos não estão identificados com etiquetas nem constam em uma lista exclusiva.	1	57	1	57	1	57	3	171	
		3. Operação e Manutenção levantaram os locais de difícil acesso. Porém, os pontos não estão identificados com etiquetas nem constam em uma lista exclusiva.	1	58	1	58	1	58	3	174	
4. Apenas a Operação levantou os locais de difícil acesso. Todos estão identificados com etiquetas ou constam em uma lista exclusiva.		1	59	1	59	1	59	3	177		
5. Operação e Manutenção levantaram os locais de difícil acesso. Todos estão identificados com etiquetas ou constam em uma lista exclusiva.	1	60	1	60	1	60	3	180			
Utilização de Lições de Um Ponto ou Ponto a Ponto para Convivência adequada com os problemas e para os Casos de melhorias propostas ou realizadas	2.6	2.6 PLANOS PARA ELIMINAR OS LOCAIS DE ACESSO									
		1. Há pouco ou nenhum plano para eliminação dos locais de difícil acesso identificados ou não está prevista a elaboração de procedimentos eficazes para nenhuma das impossibilidades.	1	61	1	61	1	61	3	183	
		2. Há planos para aproximadamente 50% dos locais de difícil acesso identificados ou está prevista a elaboração de procedimentos eficazes apenas para uma ou outra das impossibilidades.	1	62	1	62	1	62	3	186	
		3. Há planos para eliminação entre 51 e 70% dos locais de difícil acesso identificados ou não está prevista a elaboração de procedimentos eficazes para todas as impossibilidades.	1	63	1	63	1	63	3	189	
		4. Há planos para eliminação entre 71 e 90% dos locais de difícil acesso identificados. Para as impossibilidades está prevista a elaboração de procedimentos eficazes.	1	64	1	64	1	64	3	192	
	5. Há planos para eliminação entre 91 e 100% dos locais de difícil acesso identificados. Para as impossibilidades está prevista a elaboração de procedimentos eficazes.	1	65	1	65	1	65	3	195		
	2.7	2.7 ELIMINAÇÃO DOS LOCAIS DE DIFÍCIL ACESSO									
		1. Há pouco ou nenhum local de difícil acesso eliminados ou não há procedimento para nenhuma das impossibilidades.	1	66	1	66	1	66	3	198	
		2. Próximo de 50% dos locais de difícil acesso foram eliminados ou há procedimentos apenas para uma ou outra das impossibilidades.	1	67	1	67	1	67	3	201	
		3. Entre 51 e 70% locais de difícil acesso foram eliminados ou não há procedimentos para algumas das impossibilidades	1	68	1	68	1	68	3	204	
4. Entre 71 e 90% dos locais de difícil acesso foram eliminados e há procedimentos para todas as impossibilidades		1	69	1	69	1	69	3	207		
5. Entre 91 e 100% dos locais de difícil acesso foram eliminados e há procedimentos para todas as impossibilidades	1	70	1	70	1	70	3	210			

APÊNDICE C – Critérios de avaliação MA Etapa 3– Adaptado de Ribeiro (2010)

ITEM DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIO	TÓPICOS E CRITÉRIOS (ITENS) DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO	Eqs CIA		Eqs CIB		Eqs CIC		Total	
				P1	Ac	P1	Ac	P1	Ac	P1	Ac
Etapa 3: Padrões de Limpeza e Lubrificação (manter condições adequadas de operação)											
Elaboração de Procedimentos e Check-Lists de Limpeza e de Lubrificação pela Manutenção	3.1	3.1 MANUTENÇÃO DA ETAPA 1									
		1. Etapa 1 abaixo de 80%.	1	71	1	71	1	71	3	213	
		2. Etapa 1 entre 80 e 84%.	1	72	1	72	1	72	3	216	
		3. Etapa 1 entre 85 e 89%.	1	73	1	73	1	73	3	219	
		4. Etapa 1 entre 90 e 94%.	1	74	1	74	1	74	3	222	
	5. Etapa 1 entre 95 e 100%.	1	75	1	75	1	75	3	225		
	3.2	3.2 CHECK-LIST PARA AS ATIVIDADES DE LUBRIFICAÇÃO E LIMPEZA									
		1. Não foi elaborado o check-list de Lubrificação.	1	76	1	76	1	76	3	228	
		2. Foi elaborado o check-list de Lubrificação e Limpeza. Porém, faltam informações sobre frequências, parâmetros de comparação, como o operador deve proceder nas irregularidades detectadas e o tempo previsto.	1	77	1	77	1	77	3	231	
		3. Foi elaborado o check-list de Lubrificação e Limpeza. Porém, faltam informações sobre parâmetros de comparação, como o operador deve proceder nas irregularidades detectadas e o tempo previsto.	1	78	1	78	1	78	3	234	
4. Foi elaborado o check-list de Lubrificação e Limpeza. Porém, faltam informações sobre como o operador deve proceder nas regularidades detectadas e o tempo previsto.		1	79	1	79	1	79	3	237		
3.3	5. Foi elaborado o check-list de Lubrificação e Limpeza. Há informações sobre os pontos, as frequências, parâmetros de comparação, como o operador deve proceder nas irregularidades detectadas e o tempo previsto.	1	80	1	80	1	80	3	240		
		3.3 TREINAMENTO PARA AS ATIVIDADES DE LUBRIFICAÇÃO E LIMPEZA									
		1. Menos de 20% dos operadores foram treinados no check-list de Lubrificação e Limpeza.	1	81	1	81	1	81	3	243	
		2. Entre 21 e 40% dos operadores foram treinados no check-list de Lubrificação e Limpeza	1	82	1	82	1	82	3	246	
		3. Entre 41 e 60% dos operadores foram treinados no check-list de Lubrificação e Limpeza	1	83	1	83	1	83	3	249	
Disponibilização de recursos necessários para a Limpeza e a Lubrificação	3.4	4. Entre 61 e 80% dos operadores foram treinados no check-list de Lubrificação e Limpeza	1	84	1	84	1	84	3	252	
		5. Entre 81 e 100% dos operadores foram treinados no check-list de Lubrificação e Limpeza	1	85	1	85	1	85	3	255	
		3.4 NÍVEL DE IMPLEMENTAÇÃO DE CONTROLES VISUAIS PARA LUBRIFICAÇÃO E LIMPEZA									
		1. Há pouco ou nenhum Controle Visual	1	86	1	86	1	86	3	258	
		2. O Controle Visual está próximo de 50% do potencial	1	87	1	87	1	87	3	261	
Treinamento dos operadores nos procedimentos e nos check-lists de Limpeza e de	3.5	3. O Controle Visual está entre 51% e 70% do potencial	1	88	1	88	1	88	3	264	
		4. O Controle Visual está entre 71 e 90% do potencial	1	89	1	89	1	89	3	267	
		5. Há Controle Visual para todos os pontos de Lubrificação e Inspeção durante a limpeza: fluxo, rotação, temperatura, pressão, volume.	1	90	1	90	1	90	3	270	
		3.5 RECURSOS PARA A LUBRIFICAÇÃO AUTÔNOMA									
		1. Não há recursos adequados para facilitar a Lubrificação Autônoma (lubrificantes, identificações, sinalizações, dispositivos, transporte, manuseio, etc.).	1	91	1	91	1	91	3	273	
Instalação de etiquetas de cinco sentidos para facilitar inspeções	3.6	2. Várias deficiências dificultam a Lubrificação Autônoma (falta ou distância do lubrificante, falta ou deficiência de identificações e sinalizações, dispositivos, transporte, manuseio, etc.).	1	92	1	92	1	92	3	276	
		3. Algumas deficiências dificultam a Lubrificação Autônoma (falta ou distância do lubrificante, falta ou deficiência de identificações e sinalizações, dispositivos, transporte, manuseio, etc.).	1	93	1	93	1	93	3	279	
		4. Uma ou outra deficiência dificulta a Lubrificação Autônoma (falta ou distância do lubrificante, falta ou deficiência de identificações e sinalizações, dispositivos, transporte, manuseio, etc.).	1	94	1	94	1	94	3	282	
		5. Todos os recursos para Lubrificação Autônoma estão disponíveis em locais de fácil acesso (lubrificantes, identificações, sinalizações, dispositivos, transportes, manuseio, etc.).	1	95	1	95	1	95	3	285	
		3.6 NÍVEL DE EXECUÇÃO DO CHECK-LIST DE LUBRIFICAÇÃO E LIMPEZA									
Execução dos check-lists pelos operadores	3.7	1. O check-list de Lubrificação e Limpeza não é cumprido por vários operadores devido à relaxamento (percepção da liderança).	1	96	1	96	1	96	3	288	
		2. O check-list de Lubrificação e Limpeza não é cumprido por alguns operadores devido à relaxamento (percepção da liderança).	1	97	1	97	1	97	3	291	
		3. O check-list de Lubrificação e Limpeza não é cumprido em vários momentos por falta de tempo (percepção da liderança)	1	98	1	98	1	98	3	294	
		4. O check-list de Lubrificação e Limpeza não é cumprido em alguns momentos por falta de tempo (percepção da liderança)	1	99	1	99	1	99	3	297	
		5. O check-list de Lubrificação e Limpeza é rigorosamente cumprido por todos.	1	100	1	100	1	100	3	300	
Acompanhamento da execução dos check-lists pela Manutenção	3.7	3.7 CÁLCULO DAS PERDAS E DO OEE									
		1. Operadores e Liderança não interpretam corretamente as perdas e o OEE.	1	101	1	101	1	101	3	303	
		2. Nenhum operador interpreta corretamente as perdas e o OEE. A liderança tem dificuldades de interpretá-los.	1	102	1	102	1	102	3	306	
		3. Somente alguns operadores interpretam corretamente as perdas e o OEE.	1	103	1	103	1	103	3	309	
		4. Quase todos os operadores registram corretamente as perdas e o OEE.	1	104	1	104	1	104	3	312	
5. Todos os operadores interpretam corretamente as perdas e o OEE.	1	105	1	105	1	105	3	315			

APÊNDICE D – Critérios de avaliação MA Etapa 4 -- Adaptado de Ribeiro (2010)

ITEM DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIO	TÓPICOS E CRITÉRIOS (ITENS) DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO	Eqs CI A		Eqs CI B		Eqs CI C		Total	
				P1	Ac	P1	Ac	P1	Ac	P1	Ac
Etapa 4: Inspeção Geral do Equipamento (habilidades dos operadores prevenindo erros de operação)											
Levantamento de necessidades dos operadores para habilidades em equipamentos	4.1	4.1 MANUTENÇÃO DA ETAPA 1									
		1. Etapa 1 abaixo de 80%.	1	106	1	106	1	106	3	318	
		2. Etapa 1 entre 80 e 84%.	1	107	1	107	1	107	3	321	
		3. Etapa 1 entre 85 e 89%.	1	108	1	108	1	108	3	324	
		4. Etapa 1 entre 90 e 94%.	1	109	1	109	1	109	3	327	
	5. Etapa 1 entre 95 e 100%.	1	110	1	110	1	110	3	330		
	4.2	4.2 MATRIZ DE TREINAMENTO EM MANUTENÇÃO AUTONOMA PARA OPERADORES									
		1. Não há matriz de treinamento.	1	111	1	111	1	111	3	333	
		2. A matriz de treinamento apresenta deficiências (não foi elaborada de acordo com as necessidades e perfil; operadores não foram consultados; não há prazos, etc.).	1	112	1	112	1	112	3	336	
		3. A matriz de treinamento é eficiente, mas está desatualizada há mais de 2 meses.	1	113	1	113	1	113	3	339	
4. A matriz de treinamento é eficiente, mas não está devidamente atualizada.		1	114	1	114	1	114	3	342		
Elaboração de Lições de um Ponto ou Ponto a Ponto de Conhecimento Básicos em equipamentos pela Manutenção	4.3	4.3 ELABORAÇÃO DE LIÇÕES PONTO-A-PONTO									
		1. Não há levantamento para as Lições Ponto-a-Ponto ou Ponto a Ponto para os treinamentos dos operadores.	1	116	1	116	1	116	3	348	
		2. Foram elaboradas no máximo 50% de todas as lições Ponto-a-Ponto ou Ponto a Ponto para todos os treinamentos previstos dos operadores.	1	117	1	117	1	117	3	351	
		3. Foram elaboradas 51 a 70% de todas as Lições Ponto-a-Ponto ou Ponto a Ponto para todos os treinamentos previstos dos operadores.	1	118	1	118	1	118	3	354	
		4. Foram elaboradas 71 a 90% de todas as Lições Ponto-a-Ponto ou Ponto a Ponto para todos os treinamentos previstos dos operadores.	1	119	1	119	1	119	3	357	
	5. Foram elaboradas 91 a 100% de todas as Lições Ponto-a-Ponto ou Ponto a Ponto para todos os treinamentos previstos dos operadores.	1	120	1	120	1	120	3	360		
	4.4	4.4 NÍVEL DE CAPACITAÇÃO DOS OPERADORES EM MANUTENÇÃO AUTÔNOMA									
		1. Os operadores estão habilitados em desenvolver as atividades previstas - Avanço até 20%.	1	121	1	121	1	121	3	363	
		2. Os operadores estão habilitados em desenvolver as atividades previstas - Avanço entre 21 e 50%.	1	122	1	122	1	122	3	366	
		3. Os operadores estão habilitados em desenvolver as atividades previstas - Avanço entre 51 e 80%.	1	123	1	123	1	123	3	369	
4. Os operadores estão habilitados em desenvolver as atividades previstas - Avanço entre 81 e 90%.		1	124	1	124	1	124	3	372		
Disponibilização de recursos necessários para os treinamentos em equipamentos	4.5	4.5 HABILIDADE DOS OPERADORES EM EXECUTAR PEQUENOS REPAROS									
		1. Os operadores não estão habilitados para executar pequenos reparos.	1	126	1	126	1	126	3	378	
		2. Alguns operadores que operam temporariamente o equipamento não têm habilidade para executar pequenos reparos com qualidade e segurança.	1	127	1	127	1	127	3	381	
		3. Somente alguns operadores têm habilidade para executar pequenos reparos com qualidade e segurança.	1	128	1	128	1	128	3	384	
		4. Quase todos os operadores têm habilidade pra executar pequenos reparos com qualidade e segurança.	1	129	1	129	1	129	3	387	
5. Todos os operadores têm habilidade para executar pequenos reparos com qualidade e segurança.	1	130	1	130	1	130	3	390			
Treinamento teóricos e práticos dos operadores de acordo com as necessidades levantadas pela Manutenção	4.6	4.6 GRÁFICOS DE PERDAS E OEE									
		1. Os gráficos de perdas e do OEE não são plotados.	1	131	1	131	1	131	3	393	
		2. Os gráficos não são plotados ou interpretados pelos operadores.	1	132	1	132	1	132	3	396	
		3. Somente alguns operadores plotam ou sabem interpretar corretamente os gráficos de perdas e do OEE.	1	133	1	133	1	133	3	399	
		4. Quase todos os operadores plotam ou sabem interpretar corretamente os gráficos de perdas e do OEE.	1	134	1	134	1	134	3	402	
5. Todos os operadores plotam ou sabem interpretar corretamente os gráficos de perdas e do OEE.	1	135	1	135	1	135	3	405			

APÊNDICE E – Critérios de avaliação MA Etapa 5– Adaptado de Ribeiro (2010)

ITEM DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIO	TÓPICOS E CRITÉRIOS (ITENS) DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO		Eqs CI A		Eqs CI B		Eqs CI C		Total	
			P1	Ac	P1	Ac	P1	Ac	P1	Ac		
Etapa 5: Inspeção Geral do Processo de Manutenção Autônoma (capacitando para operar, ajustar e corrigir anormalidades)												
Complementação dos Procedimentos e Check-lists de Limpeza e de Lubrificação com as habilidades na Etapa 4	5.1	5.1 MANUTENÇÃO DA ETAPA 1										
		1. Etapa 1 abaixo de 80%.	1	136	1	136	1	136	3	408		
		2. Etapa 1 entre 80 e 84%.	1	137	1	137	1	137	3	411		
		3. Etapa 1 entre 85 e 89%.	1	138	1	138	1	138	3	414		
		4. Etapa 1 entre 90 e 94%.	1	139	1	139	1	139	3	417		
	5. Etapa 1 entre 95 e 100%.	1	140	1	140	1	140	3	420			
	5.2	5.2 CHECK-LIST PARA TODAS AS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA										
		1. Não foi completado o check-list de Manutenção Autônoma.	1	141	1	141	1	141	3	423		
		2. Foi completado o check-list de Manutenção Autônoma. Porém, faltam informações sobre frequências, parâmetros de comparação, como o operador deve proceder nas irregularidades detectadas e o tempo.	1	142	1	142	1	142	3	426		
		3. Foi completado o check-list de Manutenção Autônoma. Porém, faltam informações sobre parâmetros de comparação, como o operador deve proceder nas irregularidades detectadas e o tempo previsto.	1	143	1	143	1	143	3	429		
4. Foi completado o check-list de Manutenção Autônoma. Porém, faltam informações sobre como o operador deve proceder nas irregularidades detectadas e o tempo previsto.		1	144	1	144	1	144	3	432			
5. Foi completado o check-list de Manutenção Autônoma. Há informações sobre os pontos, as frequências, parâmetros de comparação, como o operador deve proceder nas irregularidades detectadas e o tempo.	1	145	1	145	1	145	3	435				
Treinamento dos operadores nos Procedimentos e Check-lists definitivos	5.3	5.3 TREINAMENTO PARA AS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA										
		1. Menos de 20% dos operadores foram treinados no check-list de Manutenção Autônoma.	1	146	1	146	1	146	3	438		
		2. Entre 21 e 40% dos operadores foram treinados no check-list de Manutenção Autônoma.	1	147	1	147	1	147	3	441		
		3. Entre 41 e 60% dos operadores foram treinados no check-list de Manutenção Autônoma.	1	148	1	148	1	148	3	444		
		4. Entre 61 e 80% dos operadores foram treinados no check-list de Manutenção Autônoma.	1	149	1	149	1	149	3	447		
5. Entre 81 e 100% dos operadores foram treinados no check-list de Manutenção Autônoma.	1	150	1	150	1	150	3	450				
Complementação de instalação de etiquetas de cinco sentidos e de controles visuais para facilitar	5.4	5.4 NÍVEL DE IMPLEMENTAÇÃO DE CONTROLES VISUAIS PARA A MANUTENÇÃO AUTÔNOMA										
		1. Há pouco ou nenhum Controle Visual	1	151	1	151	1	151	3	453		
		2. O Controle Visual está próximo de 50% do potencial	1	152	1	152	1	152	3	456		
		3. O Controle Visual está entre 51% e 70% do potencial	1	153	1	153	1	153	3	459		
		4. O Controle Visual está entre 71 e 90% do potencial	1	154	1	154	1	154	3	462		
5. Há Controle Visual para todos os pontos de inspeção: fluxo, rotação, temperatura, pressão, volume, ruído, movimento, inspeção e controle de materiais.	1	155	1	155	1	155	3	465				
Execução dos check-lists e pequenos reparos pelos operadores	5.5	5.5 RECURSOS PARA A MANUTENÇÃO AUTÔNOMA										
		1. Não há recursos adequados para facilitar a Manutenção Autônoma (ferramentas, instrumentos, procedimentos, lubrificantes, identificações, sinalizações, dispositivos, transporte, manuseio, etc.).	1	156	1	156	1	156	3	468		
		2. Várias deficiências dificultam a Manutenção Autônoma (falta ou deficiência de ferramentas, instrumentos, procedimentos, identificações e sinalizações, dispositivos, transporte, manuseio, falta ou distância do lubrificante, etc.).	1	157	1	157	1	157	3	471		
		3. Algumas deficiências dificultam a Manutenção Autônoma (falta ou deficiência de ferramentas, instrumentos, procedimentos, identificações e sinalizações, dispositivos, transporte, manuseio, falta ou distância do lubrificante, etc.).	1	158	1	158	1	158	3	474		
		4. Uma ou outra deficiência dificulta a Manutenção Autônoma (falta ou deficiência de ferramentas, instrumentos, procedimentos, identificações e sinalizações, dispositivos, transporte, manuseio, falta ou distância do	1	159	1	159	1	159	3	477		
5. Todos os recursos para a Manutenção Autônoma estão disponíveis em locais de fácil acesso (ferramentas, instrumentos, procedimentos, lubrificantes, identificações, sinalizações, dispositivos, transporte, manuseio, etc.).	1	160	1	160	1	160	3	480				
Acompanhamento da execução dos Check-lists e pequenos reparos pela Manutenção	5.6	5.6 NÍVEL DE EXECUÇÃO DO CHECK-LIST DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA										
		1. O check-list de Manutenção Autônoma não é cumprido por vários operadores devido à relaxamento (percepção da liderança).	1	161	1	161	1	161	3	483		
		2. O check-list de Manutenção Autônoma não é cumprido por alguns operadores devido à relaxamento (percepção da liderança).	1	162	1	162	1	162	3	486		
		3. O check-list de Manutenção Autônoma não é cumprido em vários momentos por falta de tempo (percepção da liderança)	1	163	1	163	1	163	3	489		
		4. O check-list de Manutenção Autônoma não é cumprido em alguns momentos por falta de tempo (percepção da liderança)	1	164	1	164	1	164	3	492		
5. O check-list de Manutenção Autônoma é rigorosamente cumprido por todos.	1	165	1	165	1	165	3	495				

APÊNDICE F – Critérios de avaliação MA Etapa 6– Adaptado de Ribeiro (2010)

ITEM DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIO	TÓPICOS E CRITÉRIOS (ITENS) DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO		Eqs CI A		Eqs CI B		Eqs CI C		Total	
			P1	Ac	P1	Ac	P1	Ac	P1	Ac		
Etapa 6: Sistematização da Manutenção Autônoma - Organização e Ordem												
Utilização dos recursos	6.1	6.1 UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS										
		1. Há alguns recursos sem uso que prejudicam o acesso aos demais.	1	166	1	166	1	166	3	498		
		2. Há alguns recursos sem uso, mas não prejudicam o acesso aos demais.	1	167	1	167	1	167	3	501		
		3. Há um ou outro recurso sem uso que prejudica o acesso aos demais.	1	168	1	168	1	168	3	504		
		4. Há um ou outro recurso sem uso, mas não prejudica o acesso aos demais.	1	169	1	169	1	169	3	507		
		5. Todos os materiais existentes são utilizados. Não há excessos.	1	170	1	170	1	170	3	510		
Conservação dos recursos e instalações de apoio	6.2	6.2 CONSERVAÇÃO										
		1. Há problemas de conservação várias partes das instalações prediais, elétricas e hidráulicas ou nos recursos de apoio e que gera riscos.	1	171	1	171	1	171	3	513		
		2. Há problemas de conservação várias partes das instalações prediais, elétricas e hidráulicas ou nos recursos de apoio, as não gera riscos.	1	172	1	172	1	172	3	516		
		3. Há problemas de conservação em um ou outra parte das instalações prediais, elétricas e hidráulicas ou nos recursos de apoio e que gera riscos.	1	173	1	173	1	173	3	519		
		4. Há problemas de conservação em um ou outra parte das instalações prediais, elétricas e hidráulicas ou nos recursos de apoio mas não gera riscos	1	174	1	174	1	174	3	522		
		5. As instalações prediais, elétricas e hidráulicas e os recursos de apoio estão em bom estado de conservação.	1	175	1	175	1	175	3	525		
Identificação dos recursos e locais de guarda	6.3	6.3 IDENTIFICAÇÃO DOS RECURSOS E LOCAIS DE GUARDA										
		1. Há alguns recursos e locais de guarda sem identificação.	1	176	1	176	1	176	3	528		
		2. Há alguns recursos ou locais de guarda sem identificação.	1	177	1	177	1	177	3	531		
		3. Há um ou outro recurso e local de guarda sem identificação.	1	178	1	178	1	178	3	534		
		4. Um ou outro recurso ou local de guarda sem identificação.	1	179	1	179	1	179	3	537		
		5. Todos os recursos e locais de guarda estão identificados.	1	180	1	180	1	180	3	540		
Arrumação dos recursos	6.4	6.4 ARRUMAÇÃO DOS RECURSOS										
		1. Há alguns locais com recursos desorganizados	1	181	1	181	1	181	3	543		
		2. Há alguns locais com um ou outro recurso desorganizado.	1	182	1	182	1	182	3	546		
		3. Há um ou outro local com recursos desorganizados.	1	183	1	183	1	183	3	549		
		4. Há um ou outro local com um ou outro recurso desorganizado.	1	184	1	184	1	184	3	552		
		5. Todos os locais estão com os recursos devidamente organizados.	1	185	1	185	1	185	3	555		
Sinalização para garantia da ordem e da limpeza	6.5	6.5 DESCARTE DE RESÍDUOS										
		1. Há alguns coletores de resíduos inadequados e usados inadequadamente.	1	186	1	186	1	186	3	558		
		2. Há alguns coletores de resíduos inadequados ou usados inadequadamente.	1	187	1	187	1	187	3	561		
		3. Há um ou outro coletor de resíduos inadequados e usados inadequadamente.	1	188	1	188	1	188	3	564		
		4. Há um ou outro coletor de resíduos inadequados ou usados inadequadamente.	1	189	1	189	1	189	3	567		
		5. Todos os coletores de resíduos são adequados e usados adequadamente.	1	190	1	190	1	190	3	570		
Descarte adequado de resíduos	6.6	6.6 COMPORTAMENTO DAS PERDAS E RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL										
		1. Não são observadas redução de perdas.	1	191	1	191	1	191	3	573		
		2. Ainda não se tem uma definição de tendência positiva de perdas.	1	192	1	192	1	192	3	576		
		3. Algumas perdas estão sendo reduzidas, mas ainda são instáveis.	1	193	1	193	1	193	3	579		
		4. Quase todas as perdas estão sendo reduzidas repercutindo na melhoria progressiva do OEE.	1	194	1	194	1	194	3	582		
		5. Todas as perdas estão sendo reduzidas repercutindo na melhoria progressiva do OEE.	1	195	1	195	1	195	3	585		

APÊNDICE G – Critérios de avaliação MA Etapa 7– Adaptado de Ribeiro (2010)

ITEM DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIO	TÓPICOS E CRITÉRIOS (ITENS) DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO	Eqs CI A		Eqs CI B		Eqs CI C		Total	
				P1	Ac	P1	Ac	P1	Ac	P1	Ac
Etapa 7: Autocontrolo (consolidar atividades de melhorias)											
Habilidade dos operadores em equipamentos	7.1	7.1 HABILIDADE DOS OPERADORES EM EQUIPAMENTOS									
		1. Os operadores não conseguem detectar anomalias precoces do equipamento, diagnosticar possíveis causas, tomar ações para solucioná-las e substituir componentes.	1	196	1	196	1	196	3	588	
		2. Alguns operadores que operam temporariamente o equipamento não conseguem detectar anomalias precoces do equipamento, diagnosticar possíveis causas, tomar ações ágeis para solucioná-las e substituir	1	197	1	197	1	197	3	591	
		3. Somente alguns operadores conseguem detectar anomalias precoces do equipamento, diagnosticar possíveis causas, tornar ações ágeis para solucioná-las e substituir componentes.	1	198	1	198	1	198	3	594	
		4. Quase todos os operadores conseguem, detectar anomalias precoces do equipamento, diagnosticar possíveis causas, tornar ações ágeis para solucioná-las e substituir componentes.	1	199	1	199	1	199	3	597	✓
Habilidade dos operadores em treinamentos de outros	7.2	7.2 HABILIDADE DOS OPERADORES EM TREINAMENTO									
		1. Os operadores não têm habilidade para treinar os demais em Lições Ponto-a-Ponto.	1	201	1	201	1	201	3	603	✓
		2. Alguns operadores que operam temporariamente o equipamento não têm habilidade para treinar os demais em Lições Ponto-a-Ponto.	1	202	1	202	1	202	3	606	✓
		3. Somente alguns operadores têm habilidade para treinar os demais em Lições Ponto-a-Ponto.	1	203	1	203	1	203	3	609	✓
		4. Quase todos os operadores têm habilidade para treinar os demais em Lições Ponto-a-Ponto.	1	204	1	204	1	204	3	612	✓
Disciplina dos Operadores	7.3	7.3 DISCIPLINA DOS OPERADORES									
		1. Os operadores não mantêm o local de trabalho limpo e ordenado e todas as informações atualizadas.	1	206	1	206	1	206	3	618	✓
		2. Alguns operadores que operam temporariamente o equipamento não matêm o local de trabalho limpo e ordenado e todas as informações atualizadas.	1	207	1	207	1	207	3	621	✓
		3. Somente alguns operadores mantêm o local de trabalho limpo e ordenado e todas as informações atualizadas.	1	208	1	208	1	208	3	624	✓
		4. Quase todos os operadores mantêm o local de trabalho limpo e ordenado e todas as informações atualizadas.	1	209	1	209	1	209	3	627	✓
Resultados	7.4	7.4 ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE OPERACIONAL (IDO)									
		1. IDO Abaixo de 80%	1	211	1	211	1	211	3	633	✓
		2. IDO Entre 80 e 84%	1	212	1	212	1	212	3	636	✓
		3. IDO Entre 85 e 89%	1	213	1	213	1	213	3	639	✓
		4. IDO Entre 90 e 94%	1	214	1	214	1	214	3	642	✓
Resultados	7.5	7.5 ÍNDICE DE PERFORMANCE OPERACIONAL (IPO)									
		1. IPO Abaixo de 80%	1	216	1	216	1	216	3	648	✓
		2. IPO Entre 80 e 84%	1	217	1	217	1	217	3	651	✓
		3. IPO Entre 85 e 89%	1	218	1	218	1	218	3	654	✓
		4. IPO Entre 90 e 94%	1	219	1	219	1	219	3	657	✓
Resultados	7.6	7.6 ÍNDICE DE QUALIDADE (IQ)									
		1. IQ Abaixo de 99,80%	1	221	1	221	1	221	3	663	✓
		2. IQ Entre 99,80 e 99,89%	1	222	1	222	1	222	3	666	✓
		3. IQ Entre 99,90 e 99,94%	1	223	1	223	1	223	3	669	✓
		4. IQ Entre 99,95 e 99,98%	1	224	1	224	1	224	3	672	✓
		2. IQ Entre 99,99 e 100%	1	225	1	225	1	225	3	675	✓

APÊNDICE H – Demonstrações Financeiras – Elaborado pelo Autor

BALANÇO PATRIMONIAL								
ATIVO	Ano base	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7
ATIVO CIRCULANTE	\$ 144.874	236.208	348.075	477.244	620.968	777.535	945.621	1.124.143
ATIVO CIRCULANTE FINANCEIRO	\$ 26.013	55.425	143.504	252.904	380.174	523.110	679.924	849.120
ATIVO CIRCULANTE OPERACIONAL	\$ 118.861	180.783	204.571	224.340	240.794	254.424	265.697	275.023
ATIVO NÃO-CIRCULANTE	\$ 606.500	587.000	567.500	548.000	528.500	509.000	489.500	470.000
REALIZÁVEL A LONGO PRAZO	\$ 1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
INVESTIMENTOS	\$ 2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
INTANGÍVEIS	\$ 2.700	2.400	2.100	1.800	1.500	1.200	900	600
IMOBILIZADO (IMOB)	\$ 600.800	581.600	562.400	543.200	524.000	504.800	485.600	466.400
TOTAL DO ATIVO (Usos)	\$ 751.374	823.208	915.575	1.025.244	1.149.468	1.286.535	1.435.121	1.594.143
PASSIVO	Ano Base	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
PASSIVO CIRCULANTE	\$ 198.727	221.566	241.631	258.732	273.173	285.456	295.976	305.048
PASSIVO CIRCULANTE FINANCEIRO	\$ 106.000	106.000	106.000	106.000	106.000	106.000	106.000	106.000
PASSIVO CIRCULANTE OPERACIONAL	\$ 92.727	115.566	135.631	152.732	167.173	179.456	189.976	199.048
PASSIVO NÃO-CIRCULANTE(PNC)	\$ 552.647	601.643	673.943	766.512	876.295	1.001.079	1.139.146	1.289.094
EXIGÍVEL A LONGO PRAZO (ELP)	\$ 280.000	280.000	280.000	280.000	280.000	280.000	280.000	280.000
PATRIMÔNIO LÍQUIDO	\$ 272.647	321.643	393.943	486.512	596.295	721.079	859.146	1.009.094
Capital social	\$ 240.000	240.000	240.000	240.000	240.000	240.000	240.000	240.000
Resultado Acumulado	\$ 32.647	81.643	153.943	246.512	356.295	481.079	619.146	769.094
TOTAL DO PASSIVO (Fontes)	\$ 751.374	823.208	915.575	1.025.244	1.149.468	1.286.535	1.435.121	1.594.143
DEMONSTRAÇÃO RESULTADO								
	Ano base	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7
Receitas Operacionais Brutas ajustadas	\$ 1.000.000	1.209.049	1.381.759	1.524.447	1.642.332	1.739.724	1.820.187	1.886.664
Tributos s/Valor Agregado	\$ (372.500)	(450.371)	(514.705)	(567.857)	(611.769)	(648.047)	(678.020)	(702.782)
Receitas Operacionais Líquidas (ROL)	\$ 627.500	758.678	867.054	956.591	1.030.563	1.091.677	1.142.168	1.183.881
Custos Variáveis (CV)	\$ (376.500)	(455.207)	(520.232)	(573.954)	(618.338)	(655.006)	(685.301)	(710.329)
Lucro Operacional Bruto (LOB)	\$ 251.000	303.471	346.822	382.636	412.225	436.671	456.867	473.553
Custos e Despesas Operacionais Totais	\$ (149.800)	(169.650)	(167.435)	(166.439)	(166.494)	(166.802)	(167.140)	(167.512)
Lucro Antes dos Juros e IR (LAJIR)	\$ 101.200	133.821	179.387	216.198	245.731	269.869	289.727	306.041
Despesas Financeiras (DFin)	\$ (34.914)	(35.394)	(35.059)	(35.080)	(35.097)	(35.111)	(35.123)	(35.133)
Resultado Operac (Lucro antes do I R&CS)	\$ 66.286	98.427	144.327	181.118	210.634	234.758	254.604	270.908
Margem (%) Operacional	% 6,63%	8,14%	10,45%	11,88%	12,83%	13,49%	13,99%	14,36%
Receitas e ou Despesas não operacionais	\$ 0	1.051	2.469	6.830	12.264	18.598	25.721	33.541
Resultado Líquido antes do IR&CS	\$ 66.286	99.478	146.796	187.947	222.898	253.356	280.325	304.449
(-) I Renda e Contr Soc s/ Lucro	\$ (22.537)	(33.822)	(49.911)	(63.902)	(75.785)	(86.141)	(95.310)	(103.513)
(-) Participação nos lucros	\$ (219)	(328)	(484)	(620)	(736)	(836)	(925)	(1.005)
Resultado Operacional Líquido (LL)	\$ 43.530	65.327	96.401	123.425	146.377	166.379	184.089	199.932
Margem (%) Líquida	% 4,35%	5,40%	6,98%	8,10%	8,91%	9,56%	10,11%	10,60%
FLUXO DE CAIXA								
	Ano base	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7
Resultado Operacional s/ D Financeiras	\$ 101.200	133.821	179.387	216.198	245.731	269.869	289.727	306.041
(+) Depreciação e amortização	\$ 19.500	19.500	19.500	19.500	19.500	19.500	19.500	19.500
E.B.I.T.D.A.	\$ 120.700	153.321	198.887	235.698	265.231	289.369	309.227	325.541
(-) Variação de caixa	\$ 5.000	1.045	864	713	589	487	402	332
(-) Variação de contas a receber	\$ 97.222	20.324	16.791	13.872	11.461	9.469	7.823	6.463
(-) Variação de estoques	\$ 61.639	13.688	8.724	7.323	6.172	5.136	4.255	3.528
(-) Gastos Pagos Antecipadamente	\$ -	-	-	-	-	-	-	-
(+) Variação de fornecedores	\$ 61.023	13.552	8.636	7.250	6.110	5.084	4.212	3.493
(+) Variação de impostos e taxas	\$ 12.417	2.596	2.144	1.772	1.464	1.209	999	825
(+) Variação de salários e encargos	\$ 5.308	193	19	21	23	26	28	31
(+) Contas a pagar	\$ 1.000	-	-	-	-	-	-	-
Fluxo de Caixa das Operações	\$ 36.586	134.603	183.308	222.831	254.606	280.597	301.987	319.566
Fluxo de Investimentos	\$ -	-	-	-	-	-	-	-
(=) Fluxo de Caixa Operacional	0	36.586	183.308	222.831	254.606	280.597	301.987	319.566
Fluxo de Financiamento	0	-	-	-	-	-	-	-
(-)Variação de outros ativos de CP	\$ -	-	-	-	-	-	-	-
(+)Variação de outros passivos de CP	\$ -	-	-	-	-	-	-	-
Financiamentos p/ cobertura do caixa	0	-	-	-	-	-	-	-
(-) Amortização de principal	\$ -	-	-	-	-	-	-	-
(-) Pagamento de juros	\$ -	-	-	-	-	-	-	-
Financiamentos	0	-	-	-	-	-	-	-
(+) Novos financiamentos	\$ 40.000	12.090	13.818	15.244	16.423	17.397	18.202	18.867
(-) Amortização de financiamentos	\$ -	40.000	12.090	13.818	15.244	16.423	17.397	18.202
(-) Pagamento de juros	\$ 34.914	35.394	35.059	35.080	35.097	35.111	35.123	35.133
(-) Pagamento de participações	\$ -	219	328	484	620	736	836	925
(-) Pagamento de dividendos	\$ -	10.882	16.332	24.100	30.856	36.594	41.595	46.022
(+) Subscrição de capital	\$ -	-	-	-	-	-	-	-
(-) Redução de capital	0	-	-	-	-	-	-	-
(-) Pagamento de I.R. + C.S.	\$ 20.659	32.882	48.570	62.736	74.795	85.278	94.546	102.829
(=) Fluxo de Caixa de Financiamentos	\$ (15.573)	(107.287)	(98.562)	(120.974)	(140.190)	(156.745)	(171.295)	(184.244)
Geração de Caixa Livre (no período)	\$ 21.013	27.316	84.746	101.857	114.416	123.852	130.691	135.322
Geração de Caixa Livre (acumulado)	0	21.013	48.329	133.075	234.933	349.348	473.200	603.891