

OSWALDO D`ANDRÉA NETO

**APLICAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES A UMA
EMPRESA ALIMENTÍCIA**

SÃO CAETANO DO SUL

2006

OSWALDO D`ANDRÉA NETO

**APLICAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES A UMA
EMPRESA ALIMENTÍCIA**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos.

Linha de Pesquisa: Análise e Otimização de Processos Industriais.

Orientador: Prof. Dr. João Mário Csillag

SÃO CAETANO DO SUL

2006

D'Andréa Neto, Oswaldo

Aplicação da teoria das restrições a uma empresa alimentícia / Oswaldo D'Andréa Neto.--São Caetano do Sul : CEUN-EEM, 2006.

205p.

Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário Mauá, São Caetano do Sul, 2002.

1. Indústrias alimentícias - Teoria das restrições I. Centro Universitário Mauá. Escola de Engenharia. Departamento de Engenharia de Processos Industriais. II. Título.

DEDICATÓRIA

A meus pais, **Carlos Maria D'Andréa Neto** e **Maria de Lourdes Adhmann D'Andréa**, pela amizade, amor, carinho e exemplo que me tem dado.

A minhas irmãs **Luciana** e **Déborah** pela amizade e incentivo que sempre me dedicaram a cada passo da minha vida

À minha avó **Lina**, e minhas tias **Ana Alice** e **Mariângela** que sempre estiveram comigo em todos os momentos da minha vida.

In memoriam : A minhas avós **Lúcia**, **Minga**, aos meus avôs **Oswaldo** e **Luis** e ao meu tio **Geraldo** que de onde quer que estejam sempre me ajudaram a guiar meus passos.

AGRADECIMENTOS

Aos professores, **Antonio Dantas Cabral e Gustavo Ferreira Leonhardt**, pelas sugestões apresentadas por ocasião das etapas iniciais da escolha do assunto da tese

Aos professores da **Escola de Engenharia** Mauá pela ajuda **em** todas as vezes que se fizeram necessária

Ao professor, **João Mario Csillag**, pela amizade e orientação segura com que me guiou no desenvolvimento deste trabalho e colaboração em todo este projeto. Ele mostrou-se sempre disposto e entusiasmado em trocar idéias, revisar o conteúdo e contribuir de todas as formas com o projeto.

A meu pai, **Carlos Maria D'Andréa Neto**, pelo apoio total com tudo o que se fizesse necessário e prontidão para ajudar sempre que houvesse necessidade

À meu tio professor **Silvio Arruda Vasconcellos** pelo apoio e revisão do texto

A **Hagop Yeghiaian** pela ajuda na tradução

À biblioteca da **Escola de Engenharia Mauá**, que muito contribuiu com os empréstimos de livros

À **empresa estudada** que forneceu informações e permitiu que o trabalho fosse realizado em sua realidade

E, a todos **colegas e amigos** pelo apoio e incentivo constantes.

EPÍGRAFE

“A vida não é um corredor reto e tranqüilo que nós percorremos livres e sem empecilhos, mas um labirinto de passagens, pelas quais nós devemos procurar nosso caminho, perdidos e confusos, de vez em quando presos em um beco sem saída.”

“Porém, se tivermos fé, uma porta sempre será aberta para nós, não talvez aquela sobre a qual nós mesmos nunca pensamos, mas aquela que definitivamente se revelará boa para nós.”

A.J. Cronin

Jonhson, S. M. D. **Quem mexeu no meu queijo?**. 26. ed. Rio de Janeiro, Record, 2001

RESUMO

É apresentada a análise comparativa de dois procedimentos de gerenciamento que visam o aumento da rentabilidade de uma empresa: a metodologia Efetividade no uso dos bens de operação (OAE) e a metodologia sistêmica de aumento de rentabilidade Teoria das restrições (TOC). O desempenho das duas metodologias foi comparado a partir de informes reais colhidos durante seis meses em uma empresa do ramo alimentício que adota o procedimento OAE e de uma simulação de aplicação da TOC. Os resultados obtidos revelaram que a abordagem OAE é parcialmente sistêmica e a TOC é sistêmica, no entanto os dois procedimentos foram sinérgicos. Observou-se ainda que a aplicação da análise de valor amplia as possibilidades de rentabilidade da empresa.

ABSTRACT

The study presents a comparative analysis of two management procedures with the objective of increasing the profitability of a corporation: one methodology is based on the use of the Operational Assets Effectiveness method and the second is based on the systemic methodology of increasing profitability through the use of the Theory of Constraints.

The two methodologies were compared by using real data, collected over a period of six months, in an industry of the food sector, which operates with the OAE methodology, while the TOC methodology was applied through simulation.

The final results indicate the OAE approach is only partially systemic while the TOC approach is fully systemic. However, both procedures were synergistic. One also observes the use of value analysis expands the possibilities of more profitability at the corp.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS E TERMOS ESTRANGEIROS

1 INTRODUÇÃO	25
1.1 APRESENTAÇÃO	25
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	26
2. METODOLOGIA DE PESQUISA	28
2.1 INTRODUÇÃO	28
2.2 FASES DA PESQUISA (MARCONI & LAKATOS, 1996)	32
2.2.1 Escolha do Tema	32
2.2.2 Formulação do Problema	32
2.2.3 Levantamento de Dados	33
2.2.4 Construção de Proposições	34
2.2.5 Delimitação da Pesquisa	34
2.2.6 Execução da Pesquisa	35
2.2.7 Conclusões	36
3 EFETIVIDADE NO USO DOS BENS DE OPERAÇÃO	37
3.1 INTRODUÇÃO	37
3.2 A ORIGEM DO OAE	38
3.2.1 Definição do Indicador OEE e sua Importância	42
3.2.2 Sumário de Conceitos TPEM	43
3.2.3 As Fórmulas Principais do TPM	48
3.2.4 Produtividade do Equipamento – TPEM	48
3.2.5 Relações entre os Programas	49
3.2.6 Definições de Tempo para o Cálculo de Perdas de Acordo com a TPEM	51
3.2.7 Definições de Tempo para o Cálculo de Perdas de Acordo com o OAE	52
3.2.8 Comparação dos Indicadores OAE e OEE	53
3.2.9 Resultados Obtidos com a Aplicação da Metodologia TPEM e OAE	53
3.3 DEFINIÇÃO DE OAE – EFETIVIDADE NO USO DOS BENS DE OPERAÇÃO	56

3.3.1 O OAE como um Programa de Melhoria Contínua	57
3.3.2 OAE como Indicador	57
3.3.2.1 <u>Volume real de produção</u>	57
3.3.2.2 <u>Volume de produção potencial máxima</u>	57
3.4 TIPOS DE RECURSOS	58
3.4.1 Recurso Gargalo	58
3.4.2 Recurso Não Gargalo	59
3.5 COMPONENTES OU INDICADORES DE OAE	59
3.5.1 Utilização	59
3.5.1.1 <u>Conceitos e definições de tempo</u>	60
3.5.1.1.1 Tempo total disponível	60
3.5.1.1.2 Tempo de não demanda	60
3.5.1.1.3 Tempo de manufatura	61
3.5.1.1.4 Tempo real trabalhado	61
3.5.1.1.5 Tempo de perda de utilização	61
3.5.1.1.6 Relações de tempo.....	61
3.5.1.2 <u>Cálculo da utilização</u>	63
3.5.2 Causas Comuns de Paradas	63
3.5.2.1 <u>Limpeza</u>	63
3.5.2.2 <u>Preparação e fim de turno</u>	64
3.5.3 Fluxo	64
3.5.3.1 <u>Produção bruta atual</u>	65
3.5.3.2 <u>Fluxo máximo demonstrado – FMD</u>	65
3.5.4 Rendimento	66
3.5.4.1 <u>Produto líquido empacotado</u>	67
3.5.4.2 <u>Fator de rendimento teórico</u>	67
3.5.4.3 <u>Matérias-primas realmente consumidas</u>	67
3.6 CÁLCULO DO OAE	68
3.6.1 O Valor do OAE	69
3.7 ADEQUAÇÃO DE OAE PARA A MANUFATURA	70
3.7.1 O Índice OAE II	71
3.7.1.1 <u>Diferença entre OAE I e OAE II</u>	73
3.7.1.2 <u>Manutenção oportunística</u>	73
3.8 HOMOGENEIZAÇÃO DAS UNIDADES DOS INDICADORES DE OAE	74

3.8.1 Perdas de Fluxo	79
3.8.2 Perdas de Rendimento	80
3.9 PERDAS DE MANUFATURA COMO PONTOS DE PERDA DE OAE II.....	83
3.9.1 Perdas de Utilização	83
3.9.2 Perdas de Fluxo	83
3.9.3 Perdas de Rendimento	85
3.10 METODOLOGIA DE OAE PARA A MELHORA CONTÍNUA.....	89
3.10.1 Introdução	89
3.10.2 Aplicação da Metodologia OAE para Projetos de Melhoria	92
3.10.2.1 <u>Análise preliminar</u>	94
3.10.2.2 <u>Análises de causa e efeito</u>	94
3.10.3 Definição de Equipe de Trabalho	94
3.10.3.1 <u>Tipos de equipes de trabalho</u>	95
3.10.3.1.1 Equipes de melhoria de procedimento - EMO.....	95
3.10.3.1.2. Equipes de melhoria de equipamentos – EME.....	96
3.10.3.1.3 Equipes de melhoria de processos – EMP.....	97
3.11 DETERMINAÇÃO DE SOLUÇÕES E PROGRAMAS DE ATIVIDADES PARA SUA IMPLANTAÇÃO.....	98
3.11.1 Implementação das Soluções	98
3.11.2 Seguimento dos Resultados	99
3.11.3 Documentação do Projeto	99
4 TEORIA DAS RESTRIÇÕES	100
4.1 INTRODUÇÃO.....	100
4.1.1 Empresas que Estão Aplicando a TOC	102
4.1.1.1 <u>Empresas no mundo (conforme Mac Mullen, 1998)</u>	102
4.1.1.2 <u>Empresas no Brasil (conforme contato pessoal com Csillag, 2001)</u>	103
4.2 A META DA EMPRESA.....	103
4.3 TIPOS DE RECURSOS.....	106
4.3.1 Recurso com Restrição de Capacidade – RRC	106
4.3.1.1 <u>Recurso gargalo</u>	107
4.3.1.2 <u>O valor da restrição</u>	109
4.3.2 Recurso Não Restritivo	110
4.3.2.1 <u>Recurso não gargalo</u>	110
4.3.3 Relações entre Recursos Restritivos e Recursos Não Restritivos	111

4.3.4 Recurso com Restrição de Capacidade Flutuante.....	114
4.4 MEDIDAS PARA SER ATINGIDA A META.....	115
4.4.1 A Máquina de Dinheiro.....	117
4.4.2 A medida Ganho – G ou Fluxo – F.....	117
4.4.3 A Medida Inventário ou Investimento.....	119
4.4.3.1 <u>Efeito do excesso de inventários sobre as operações.....</u>	120
4.4.4 Medida Despesas Operacionais – DO.....	121
4.5 PRIORIDADES TOC	122
4.6 MODELO DE DECISÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES.....	124
4.6.1 Processo de Otimização Contínua.....	125
4.6.1.1 <u>1ª. Etapa: Identificação da(s) restrição(ões) do sistema.....</u>	126
4.6.1.2 <u>2ª. Etapa: Decisão de como explorar a(s) restrição(ões) do sistema.....</u>	127
4.6.1.3 <u>3ª. Etapa: Subordinação de qualquer outra coisa à decisão anterior.....</u>	128
4.6.1.4 <u>4ª. Etapa: Elevação da (s) restrição (ões) do sistema.....</u>	128
4.6.1.5 <u>5ª Etapa: Se, nas etapas anteriores, uma restrição for quebrada/elevada, volte a 1º etapa, mas não deixe que a inércia se torne uma restrição do sistema.....</u>	129
4.7 SINCRONIZAÇÃO DA PRODUÇÃO (Logística Tambor – Pulmão – Corda).....	130
4.7.1 A Excursão.....	130
4.7.2 Programação Tambor – Pulmão – Corda.....	131
4.8 OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO NA TEORIA DAS RESTRIÇÕES.....	133
4.8.1 1º Princípio: Balancear o Fluxo e não a Capacidade.....	134
4.8.2 2.º Princípio: O Nível de Utilização de um Recurso Não Restrição não é Determinado pelo seu Próprio Potencial e Sim por Uma Outra Restrição do Sistema.....	139
4.8.3 3º Princípio: A Utilização e Ativação de um Recurso não são Sinônimos.....	140
4.8.4 4.º Princípio: Uma Hora Perdida num Recurso Restritivo é uma Hora Perdida no Sistema Inteiro.....	141
4.8.5 5.º Princípio: Uma hora Economizada em Um Recurso não Restritivo é Apenas uma Ilusão.....	141
4.8.6 6.º Princípio: As Restrições Governam o Ganho e o Inventário.....	142
4.8.7 7º Princípio: O Lote de Transferência não Pode e Muitas Vezes não Deve Ser Igual ao Lote de Processamento.....	142

4.8.8 8º Princípio: O lote de Processamento Deve Ser Variável e Não Fixo	143
4.8.8.1 <u>Lote econômico na TOC</u>	144
4.8.9 9.º Princípio: Os Programas Devem Ser Estabelecidos Considerando-se Todas as Restrições Simultaneamente	149
4.9 CONTABILIDADE DE GANHOS.....	150
4.9.1 Parâmetros Auxiliares	152
4.9.2 Relações entre as Medidas TOC	155
4.10 PROCESSOS DE RACIOCÍNIO DA TOC.....	156
4.10.1 Visão Geral	156
4.10.2 O Processo de Raciocínio	157
4.10.2.1 <u>O que mudar?</u>	157
4.10.2.2 <u>Para o quê mudar?</u>	158
4.10.2.3 <u>Como causar a mudança?</u>	159
5 APLICAÇÃO PRÁTICA DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES E DA METODOLOGIA OAE	161
5.1 INTRODUÇÃO	161
5.1.1 Considerações	161
5.1.2 Demanda Total do Mercado para Produtos que Saem da Fábrica	165
5.2 APLICAÇÃO DA EFETIVIDADE NO USO DOS BENS DE OPERAÇÃO – OAE	166
5.2.1 Introdução	166
5.2.1.1 <u>Considerações</u>	167
5.2.2 Determinação do Gargalo	170
5.2.2.1 <u>Cálculo da utilização</u>	172
5.2.2.1.1 Tempo real trabalhado	172
5.2.2.1.2 Tempo parado	173
5.2.2.1.3 Tempo de não demanda	173
5.2.2.1.4 Tempo total disponível	173
5.2.2.1.5 Tempo de manufatura	173
5.2.2.1.6 Cálculo mensal da utilização I por produto e equipamento	174
5.2.2.1.7 Cálculo mensal da utilização II por produto e equipamento	175
5.2.2.1.8 Cálculo da Utilização I e II global mensal	175
5.2.2.1.8.1 Cálculo da consolidação dos tempos	175

5.2.2.1.8.2 Cálculo do indicador utilização I e utilização II mensal global	175
5.2.2.2 <u>Cálculo do fluxo</u>	176
5.2.2.2.1 Tabela da produção atual bruta de produto em seu respectivo gargalo..	176
5.2.2.2.2 Tabela da produção máxima no seu respectivo gargalo	176
5.2.2.2.3 Cálculo mensal do fluxo por produto e equipamento	177
5.2.2.2.4 Cálculo do fluxo global mensal.....	177
5.2.2.2.4.1 Cálculo da consolidação das produções	177
5.2.2.2.4.2 Cálculo do indicador fluxo mensal global	177
5.2.2.3 <u>Cálculo do rendimento</u>	178
5.2.2.3.1 Consumo real de matéria-prima	178
5.2.2.3.2 Consumo ideal de matéria-prima.....	178
5.2.2.3.3 Cálculo mensal do rendimento por produto.....	178
5.2.2.3.4 Cálculo do rendimento global mensal.....	179
5.2.2.3.4.1 Cálculo da consolidação dos consumos.....	179
5.2.2.3.4.2 Cálculo do indicador rendimento mensal global	179
5.2.2.4 <u>Cálculo do índice OAE mensal</u>	179
5.2.2.5 <u>Cálculo do índice OAE I e OAE II acumulado</u>	180
5.2.2.5.1 Cálculo das utilizações I e II acumuladas.....	180
5.2.2.5.1.1 Cálculo do tempo acumulado	180
5.2.2.5.1.2 Cálculo das utilizações I e II acumuladas mensal	181
5.2.2.5.2 Cálculo do fluxo acumulado	181
5.2.2.5.2.1 Cálculo das produções acumuladas.....	181
5.2.2.5.2.2 Cálculo do fluxo acumulado	181
5.2.2.5.3 Cálculo do rendimento acumulado	181
5.2.2.5.3.1 Cálculo dos consumos acumulados	181
5.2.2.5.3.2 Cálculo dos rendimentos acumulados.....	182
5.2.2.5.4 Cálculo dos índices OAE I e OAE II acumulados	182
5.2.2.6 <u>Análises</u>	182
5.3 APLICAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES	183
5.3.1 Introdução	183
5.3.2 Considerações	184
5.3.3 Aplicação do Processo de Otimização Contínua	184
5.3.3.1 <u>Aplicação da 1^a. etapa 1 – identificação da(s) restrição(ões) do sistema</u> ...	185
5.3.3.1.1 Cálculo da disponibilidade/capacidade de tempo por equipamento	185

5.3.3.1.2 Cálculo da demanda de tempo por equipamento.....	187
5.3.3.1.2.1 Demanda de tempo real total	187
5.3.3.1.2.2 Cálculo da demanda de tempo teórica total	189
5.3.3.1.3 Cálculo da utilização total por equipamento	191
5.3.3.1.3.1 Utilização real.....	192
5.3.3.1.3.2 Utilização teórica	194
5.3.3.1.4 Análise.....	196
5.3.3.2 <u>Aplicação da 2ª. etapa – exploração da(s) restrição(ões) do sistema</u>	199
5.3.3.2.1 Demonstrativo	201
5.3.3.3 <u>Aplicação da 3ª etapa – subordinação às decisões</u>	203
5.3.3.4 <u>Aplicação da 4ª etapa – elevação da(s) restrição(ões) do sistema</u>	204
5.3.3.5 <u>Aplicação da 5ª etapa – retorno à etapa 1 caso a restrição tenha sido quebrada em alguma etapa anterior, sem permitir que a inércia passe a ser restrição do sistema</u>	205
5.3.3.6 <u>Gerenciamento dos recursos não restritivos</u>	206
6 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS	208
7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	212
7.1 CONCLUSÕES	212
7.1.1 Sugestão de Implementação do Processo de Melhoria Contínua	213
7.2 TRABALHOS FUTUROS ÚTEIS PARA A EMPRESA E EM TERMOS ACADÊMICOS	215
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	217
ANEXOS	220

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PRODUÇÕES POSSÍVEIS DAS COMBINAÇÕES DE DOIS RECURSOS	136
TABELA 2 – PRODUÇÕES POSSÍVEIS DAS COMBINAÇÕES DE TRÊS RECURSOS COMBINADOS	137
TABELA 3 – QUANTIDADE PRODUZIDA PELA EMPRESA ALIMENTÍCIA, EXPRESSA EM kg, SEGUNDO O TIPO DE PRODUTO E O MÊS DO ANO. REGISTROS EFETUADOS DE JANEIRO À JUNHO DE 2001 – SÃO CAETANO DO SUL, 2002.....	165
TABELA 4 – QUANTIDADE MÁXIMA PRODUZIDA POR MINUTO POR EQUIPAMENTO EM UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTO, SEGUNDO O TIPO DE PRODUTO E O EQUIPAMENTO – SÃO CAETANO DO SUL, 2002.....	170
TABELA 5 – DIAS DE ATIVIDADE DE UMA EMPRESA ALIMENTÍCIA SEGUNDO A POSSIBILIDADE DE OCUPAÇÃO COM TRABALHO E O MÊS DO ANO. REGISTROS OBTIDOS DE JANEIRO A JUNHO DE 2001. – SÃO CAETANO DO SUL, 2002.....	186
TABELA 6 – DEMANDA DE TEMPO TOTAL REAL DOS EQUIPAMENTOS DE UMA EMPRESA ALIMENTÍCIA SEGUNDO O MÊS DO ANO E O TIPO DE EQUIPAMENTO. REGISTROS OBTIDOS DE JANEIRO A JUNHO DE 2001. – SÃO CAETANO DO SUL, 2002.....	188
TABELA 7 – DEMANDA DE TEMPO TOTAL TEÓRICA DOS EQUIPAMENTOS DE UMA EMPRESA ALIMENTÍCIA SEGUNDO O MÊS DO ANO E O TIPO DE EQUIPAMENTO. REGISTROS CALCULADOS ENTRE JANEIRO E JUNHO DE 2001. – SÃO CAETANO DO SUL, 2002.....	190
TABELA 8 – PERCENTUAL DE UTILIZAÇÃO REAL DOS EQUIPAMENTOS DE UMA EMPRESA ALIMENTÍCIA SEGUNDO O MÊS DO ANO E O TIPO	

DE EQUIPAMENTO. REGISTROS OBTIDOS DE JANEIRO A JUNHO
DE 2001 – SÃO CAETANO DO SUL, 2002.....193

TABELA 9 – PERCENTUAL DE UTILIZAÇÃO TEÓRICA DOS EQUIPAMENTOS DE
UMA EMPRESA ALIMENTÍCIA SEGUNDO O MÊS DO ANO E O TIPO
DE EQUIPAMENTO. – REGISTROS OBTIDOS ENTRE JANEIRO A
JUNHO DE 2001 – SÃO CAETANO DO SUL, 2002.....195

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – OITO PILARES BÁSICOS DO TPM	41
QUADRO 2 – FASE I DA MELHORA DA ADMINISTRAÇÃO DO EQUIPAMENTO	45
QUADRO 3 – FASE II DA MELHORA DA ADMINISTRAÇÃO DO EQUIPAMENTO.	45
QUADRO 4 – FASE III DA MELHORA DA ADMINISTRAÇÃO DO EQUIPAMENTO.....	46
QUADRO 5 – COMPONENTES DO TPEM	47
QUADRO 6 – COMPARAÇÃO ENTRE OS INDICADORES OEE E OAE	53
QUADRO 7 – OBJETIVOS DE TPEM E OAE PARA ATINGIR CLASSE MUNDIAL.	55
QUADRO 8 – RELAÇÕES ENTRE TEMPOS E PERDAS NO OAE	82
QUADRO 9 – FUNÇÕES DAS FERRAMENTAS DO PROCESSO DE RACIOCÍNIO.....	157
QUADRO 10 – PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO CONTÍNUA E FERRAMENTAS ADEQUADAS	160
QUADRO 11 – CONDIÇÃO DE UTILIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA SEGUNDO O TIPO DE PRODUTO E DE EQUIPAMENTO – SÃO CAETANO DO SUL, 2002.....	162
QUADRO 12– PRODUTOS ELABORADOS POR INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA SEGUNDO O NÚMERO DE IDENTIFICAÇÃO, O TIPO DE COMBINAÇÃO E DE LINHA BÁSICA – SÃO CAETANO DO SUL, 2002.....	168

QUADRO 13 – CONDIÇÃO DE UTILIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA SEGUNDO O TIPO DE PRODUTO E DE EQUIPAMENTO – SÃO CAETANO DO SUL, 2002.....	169
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – VOLUMES DE PRODUÇÃO PARA A EMPRESA ESTUDADA – JAN– DEZ 2000/JAN–JUN 2001	35
FIGURA 2 – RELAÇÕES ENTRE TQM, WCM, TPEM, OEE E OAE.....	50
FIGURA 3 – RELAÇÕES ENTRE O OAE E TPEM.....	50
FIGURA 4 – ILUSTRAÇÃO DA MELHORA COM A UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA DE MELHORA CONTÍNUA ADMINISTRAÇÃO TOTAL PRODUTIVA DOS EQUIPAMENTOS – TPEM OU EFETIVIDADE NO USO DOS BENS DE OPERAÇÃO – OAE	54
FIGURA 5 – REPRESENTAÇÃO DE UM EQUIPAMENTO OU PROCESSO GARGALO EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO	59
FIGURA 6 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA INTER-RELAÇÃO ENTRE OS DIFERENTES TIPOS DE TEMPO DE ACORDO COM A CLASSIFICAÇÃO DO OAE.....	62
FIGURA 7 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS DIVERSOS TEMPOS UTILIZADOS NO OAE	79
FIGURA 8 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA INTER-RELAÇÃO ENTRE OS TEMPOS E PERDAS NO OAE.....	81
FIGURA 9 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS PERDAS E O ÍNDICE OAE	89
FIGURA 10 – CICLO DE MELHORA CONTÍNUA.....	93
FIGURA 11 – A META DA EMPRESA E SUAS CONDIÇÕES NECESSÁRIAS....	104
FIGURA 12 – REPRESENTAÇÃO DE UM RECURSO GARGALO.....	107
FIGURA 13 – REPRESENTAÇÃO DE UM PROCESSO PRODUTIVO DE UMA EMPRESA COM CINCO RECURSOS.....	108
FIGURA 14 – ILUSTRAÇÃO DE RECURSO COM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE NUM FUNIL	109
FIGURA 15 – REPRESENTAÇÃO DE UM RECURSO NÃO GARGALO.....	110

FIGURA 16 – REPRESENTAÇÃO DO FLUXO DE MATERIAL ENTRE UM RECURSO X (RESTRITIVO) E UM RECURSO Y (NÃO RESTRITIVO)	111
FIGURA 17 – REPRESENTAÇÃO DO FLUXO DE MATERIAL ENTRE UM RECURSO Y (NÃO RESTRITIVO) E UM RECURSO X (RESTRITIVO)	112
FIGURA 18 – REPRESENTAÇÃO DO FLUXO DE MATERIAL DE UM RECURSO X (RESTRITIVO) E UM RECURSO Y (NÃO RESTRITIVO) QUE ALIMENTAM UMA LINHA DE MONTAGEM	113
FIGURA 19 – REPRESENTAÇÃO DO FLUXO DE MATERIAL DE UM RECURSO X (RESTRITIVO) E UM RECURSO Y (NÃO RESTRITIVO) QUE ALIMENTAM DEMANDAS DE MERCADO INDEPENDENTES.....	114
FIGURA 20 – MÁQUINA DE DINHEIRO.....	117
FIGURA 21 – FÁBRICA COM 2 RECURSOS, CADA UM COM MÉDIA DE 5 PEÇAS/HORA.....	135
FIGURA 22 – CUSTO DE PREPARAÇÃO POR UNIDADES PRODUZIDAS (THOMAS CORBETT NETO)	144
FIGURA 23 – CURVA DO CUSTO DE CARREGAMENTO POR UNIDADE (CORBETT NETO).....	145
FIGURA 24 – CURVA PARA DETERMINAÇÃO DO LOTE ECONÔMICO (THOMAS CORBETT NETO)	145
FIGURA 25 – REPRESENTAÇÃO DE DEMONSTRATIVO GENÉRICO.....	201
FIGURA 26 – COMPONENTES DO TEMPO DISPONÍVEL DOS DOIS TIPOS DE RECURSOS – GARGALO E NÃO GARGALO.....	210

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS E TERMOS ESTRANGEIROS

APR – Árvore de Pré Requisitos

ARA – Arvore da Realidade Atual

ARF – Árvore da Realidade Futura

AT – Árvore da Transição

CTV – Custos Totalmente Variáveis

D – Disponibilidade

DDN – Diagrama de Dispersão de Nuvem

DO – Medida Despesas Operacionais

EI's – Efeitos Indesejáveis

EME – Equipes de Melhora de Equipamentos

EMO – Equipes de Melhora de Procedimento

EMP – Equipes de Melhora de Processos

F – Fluxo

FMD – Fluxo máximo demonstrado

G – Ganho

I – Medida Inventário ou Investimento

JIT – Just in time

LL – Lucro Líquido

MEP – Inventários de Material em Processo

MRP II – Manufacturing Requirements Planning

NEE – Net equipment effectiveness

OAE – Overall Assets Effectiveness

OAE I – OAE um

OAE II – OAE dois

OEE – Overall Equipment Effectiveness

OPT – Optimized Production Technology

OPT – Optmized Production Technology

P – Performance/Desempenho

PAR – Árvore de Pré Requisitos

Q – Qualidade

R – Rendimento

RRC – Recurso com Restrição de Capacidade

RSI – Retorno Sobre o Investimento

TEEP – Total Effective Equipment Productivity

TOC – Theory of Constraints

TPC – Tambor – Pulmão – Corda

TPEM – Total Productive Equipament Management

TPM – Total Productive Maintanance

TQM – Total Quality Management

U – Utilização

UE – Utilização do Equipamento

UI – Utilização I

UII – Utilização II

UT – tempo produtivo

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

O presente trabalho foi realizado em uma fábrica de alimentos que utiliza uma metodologia de melhoria contínua conhecida como “Efetividade no Uso dos Bens de Operação” – *Operating Asset Effectiveness*, sigla OAE, que foi primeiramente aplicada na sua matriz e então “exportada” para suas subsidiárias, que utilizam processos e equipamentos similares em várias partes do mundo.

O OAE tem por base princípios de uma metodologia de melhoria contínua oriunda do Japão, conhecida pela sigla TPM – *Total Productive Maintenance* – “Manutenção Produtiva Total” ou pela sigla TPEM – *Total Productive Equipment Management* – “Administração Total Produtiva dos Equipamentos”. O TPM foi desenvolvido, na década de 70 por um fornecedor, tendo em vista atender os requisitos do Sistema de Produção Toyota e é chave para a Produção Enxuta - *Lean Production*. O objetivo desta metodologia é minimizar os principais itens e fases do processo que provocavam desperdícios nas operações de produção, e a melhoria contínua da produtividade, envolvendo a aplicação de técnicas em programação, manutenção, treinamento de pessoal, melhoria de equipamentos, procedimentos e operações entre outras. No Japão, o resultado do emprego desta metodologia surpreendeu o mundo ocidental, produzindo a baixos custos e mantendo com a qualidade dos produtos, garantindo assim a este país a vanguarda industrial que se fez sentir na década seguinte.

Na década de 80 desenvolveu-se por um grupo de pesquisadores israelenses uma nova metodologia de gerenciamento, baseada em restrições, amplamente divulgada pelo livro *A Meta* escrito por Eliyahu M. Goldratt e Fox. Esta teoria de gerenciamento, conhecida como “Teoria das Restrições” – *Theory of Constraints*, indicada pela sigla TOC, que tem sido utilizada com sucesso em vários países do mundo.

Neste trabalho foi realizada uma simulação do uso da Teoria das Restrições para a fábrica em questão, pois acreditava-se que os resultados seriam promissores devido à natureza de sua abordagem sistêmica.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

É objetivo do presente trabalho de aplicar a Teoria das Restrições - TOC na empresa em questão comparando-se os resultados obtidos na aplicação da nova metodologia com o método atualmente utilizado - OAE.

É ainda objetivo deste trabalho mostrar as vantagens de complementar o sistema atual, “Efetividade no Uso de Bens de Operação” – OAE com a TOC para promover melhorias adicionais à empresa.

Proposições formuladas:

As proposições a serem verificadas são:

- Os resultados obtidos atualmente na empresa podem ser melhorados utilizando-se uma metodologia que a aborde sistemicamente;
- É possível a melhora do resultado global da empresa sem investimento;
- A metodologia OAE conduz a resultados diferentes da TOC;
- A metodologia OAE conduz a sub-otimização de resultados;
- Os conceitos de gargalos e recursos com restrição de capacidade têm diferentes significados para a TOC e para a metodologia OAE, trazendo conseqüências diferentes;
- A metodologia OAE complementa a TOC ao ajudar nas etapas de explorar e elevar as restrições do sistema;
- A metodologia OAE, além de não subordinar as não restrições ao(s) recurso(s) com restrição de capacidade, procura altas eficiências em todos os gargalos nas várias linhas;

2 METODOLOGIA DE PESQUISA

2.1 INTRODUÇÃO

O significado da palavra pesquisa não parece ser muito claro, ou, pelo menos, não é unívoco, pois existem vários conceitos sobre pesquisa nos diferentes campos do conhecimento humano. O ponto de partida do problema encontra-se no “problema que se deverá definir, examinar, avaliar, analisar criticamente, para depois ser tentada uma solução” (ASTI VERA, 1974 apud MARCONI & LAKATOS, 1996).

“A pesquisa é uma indagação minuciosa ou exame crítico e exaustivo na procura de fatos e princípios; uma diligente busca para averiguar algo. Pesquisar não é apenas procurar a verdade; é encontrar respostas para questões propostas, utilizando-se métodos científicos” (WEBSTER’S INTERNATIONAL DICTIONARY, 1994).

A pesquisa é um “procedimento reflexivo sistemático, controlado e crítico, que permite descobrir novos fatos ou dados, relações ou leis, em qualquer campo do conhecimento”. A pesquisa, portanto, é um procedimento formal, com método de pensamento reflexivo, que requer um tratamento científico e se constitui no caminho para se conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais (ANDER-EGG, 1978 apud MARCONI & LAKATOS, 1996).

“A pesquisa tem dois significados: em sentido amplo, engloba todas as investigações especializadas e completas; em sentido restritivo, abrange os vários tipos de estudos e de investigações mais aprofundados” (RUMMEL, 1973 apud MARCONI & LAKATOS, 1996).

Abramo (1979 apud MARCONI & LAKATOS, 1996) aponta a existência de dois princípios gerais, válidos na investigação científica: “objetividade e sistematização de informações fragmentadas”: indica, ainda, princípios particulares: aqueles que são válidos para a pesquisa, em determinado campo do conhecimento, e os que dependem da natureza especial do objeto da ciência em pauta.

Este trabalho foi realizado com a finalidade de descobrir respostas para algumas questões apontadas no item “proposições”; e também obter:

- Maior acúmulo e compreensão dos fatos levantados;
- Apresentar uma alternativa de metodologia de melhoria contínua para empresa estudada;
- Aumentar o conhecimento do autor em relação às questões de administração da produção.

No presente trabalho foram formuladas proposições e não hipóteses, pois apesar de serem apresentados cálculos, não foi realizado um tratamento estatístico dos dados. Na simulação da aplicação da metodologia OAE, foram efetuados todos os cálculos com valores reais da empresa, porém, estes não foram apresentados por motivo de confidencialidade, sendo apontado o método de cálculo e conclusões. Na simulação da aplicação da TOC, mesmo utilizando os valores da empresa, estes não sofreram tratamentos estatísticos e omitiram-se dados confidenciais.

A pesquisa teve “como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir proposições” (GIL, 1991).

De acordo com a classificação de Marconi e Lakatos (1996), esta pesquisa apresenta a característica de ser técnica, sistemática e exata, baseada em conhecimentos teóricos anteriores, ocasião em que foi planejado o método a ser utilizado, formulando-se proposições, registrando-se sistematicamente os dados, os quais foram, posteriormente, analisados buscando-se a maior exatidão possível.

Para a realização desta dissertação, foi realizada uma extensa pesquisa bibliográfica a respeito da Teoria das Restrições – TOC e a metodologia de Efetividade no Uso dos Bens de Operação – OAE, para sua utilização como base de estudos, discussões e conclusões sobre o assunto.

Neste trabalho foi feita a apresentação de conceitos da metodologia OAE, atualmente empregada por uma empresa do ramo alimentício com o objetivo de garantir a rentabilidade da empresa e em seguida foi feita uma apresentação de uma metodologia sistêmica de aumento de rentabilidade, chamada de TOC.

O presente estudo é uma pesquisa aplicada, sendo de interesse prático; isto é: permite que os resultados obtidos da pesquisa possam ser aplicados ou

utilizados, imediatamente, pela empresa estudada na solução de problemas que estão ocorrendo na realidade.

Com vistas na comparação entre as metodologias foi feita uma simulação de aplicação da TOC durante um período de seis meses e demonstração da aplicação do OAE.

Em seguida foi feita uma análise e comparação dos resultados obtidos com a aplicação de cada método. A comparação das metodologias TOC e OAE facilitou concluir que a abordagem OAE é parcialmente sistêmica, enquanto a TOC é sistêmica.

O resultado disto é que apesar de ambas as metodologias terem o mesmo objetivo, aumentar a rentabilidade da empresa, elas seguem procedimentos diferentes chegando à resultados distintos.

Isto possibilitou concluir a existência de uma sinergia de ambas as metodologias para aumento da rentabilidade da empresa.

Convém atentar que “a aplicação da análise do valor permite aumentar ainda mais a condução da empresa em direção a seu objetivo” (CSILLAG, 1995).

Para o desenvolvimento deste trabalho levantou-se uma série de proposições, que foram então simuladas em fórmulas, gráficos, tabelas e quadros, amplamente discutidos para se apurar resultados teóricos e passíveis de aplicação na realidade do dia-a-dia de uma empresa do ramo alimentício.

A pesquisa foi realizada nas seguintes etapas:

Preparação da pesquisa

A primeira etapa foi a tomada de decisão de realizar-se uma pesquisa a respeito de questões da administração industrial, tais como: eficiência, produtividade e metodologias de melhoria contínua de uma fábrica.

Decidiu-se, então, pela avaliação da aplicação da teoria das restrições em uma empresa do ramo alimentício, analisando-se também as vantagens e desvantagens da combinação da TOC com a metodologia OAE de modo a verificar a existência de uma sinergia entre os dois tipos de procedimentos com a melhoria contínua e grande aplicabilidade prática.

Para a realização deste estudo foi procurada uma empresa alimentícia, que esteja utilizando a metodologia OAE. A empresa escolhida é líder mundial de mercado em seu ramo de atividade, possui um portfólio de 21 produtos

produzidos em seis linhas interdependentes que utilizam um total de 13 equipamentos.

Após a tomada de decisão para realizar a pesquisa, procedeu-se a especificação dos objetivos. Através desta especificação foi determinado o que se deveria procurar e o que se pretende alcançar.

Uma vez tendo o objetivo fixado, elaborou-se um plano de trabalho o qual passou por modificações necessárias durante o decorrer do projeto tendo em vista facilitar a viabilidade e melhor adequação do plano aos estudos. Este esquema foi construído para auxiliar uma abordagem mais objetiva, imprimindo uma ordem lógica ao trabalho.

2.2 FASES DA PESQUISA (MARCONI & LAKATOS, 1996)

2.2.1 Escolha do Tema

O tema é definido como o assunto que se deseja estudar e pesquisar (MARCONI & LAKATOS, 1996).

Decidiu-se, portanto, estudar e pesquisar a “Teoria das Restrições” e seus relacionamentos com a metodologia “Efetividade no Uso dos Bens de Operação”, já que este assunto está de acordo com as inclinações, motivações, aptidões e tendências do autor da mesma. Outros fatores que apoiaram esta decisão foram: formação acadêmica, *background* profissional, disponibilidade de tempo para estudar este tipo de assunto que está intimamente relacionado com a vida profissional do autor; interesse com as questões de medição de eficiência e efetividade de fábricas, metodologias de melhora contínua, administração da produção e determinação pessoal de realizar o estudo da melhor forma possível e não tão somente agregar valor para a empresa como também para o autor.

2.2.2 Formulação do Problema

“Problema é definido como sendo a dificuldade, teórica ou prática, no conhecimento de alguma coisa de real importância, para a qual se deve encontrar uma solução” (MARCONI & LAKATOS, 1996).

Definir o problema significa especificá-lo em detalhes precisos e exatos. O problema definido foi a aplicabilidade da TOC e possibilidade de sinergia com a metodologia OAE, pré-existente em uma empresa alimentícia. Este problema é considerado apropriado à finalidade do estudo uma vez que tem viabilidade, pois pode ser eficazmente resolvido através da pesquisa; - possui relevância tendo a capacidade de trazer conhecimentos novos para a empresa em questão; - é uma novidade porque está adequado ao estágio atual da evolução científica; - é exequível, levando à conclusão válida.

2.2.3 Levantamento de Dados

“Toda pesquisa implica no levantamento de dados em várias fontes, quaisquer que sejam os métodos ou técnicas empregadas. Esse material de fonte geral é útil não só para trazer conhecimentos que servem de *background* ao campo de interesse, como também para evitar possíveis duplicações e/ou esforços desnecessários; podendo, ainda, sugerir problemas e hipóteses/proposições e orientar outras fontes de coleta” (MARCONI & LAKATOS, 1996).

O levantamento de dados para este estudo foi realizado utilizando três procedimentos: a) pesquisa documental; b) pesquisa bibliográfica e c) contatos diretos.

Realizou-se, portanto, uma extensa pesquisa bibliográfica tendo como objetivo levantar os principais trabalhos já realizados a respeito da “Teoria das Restrições” e da “Efetividade no Uso dos Bens de Operação” Esta pesquisa bibliográfica abrangeu publicações já tornadas públicas em relação aos temas estudados, desde literatura avulsa, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, *sites* da internet e outros.

Antes de ser realizada a pesquisa de campo, o primeiro passo foi à análise minuciosa de todas as fontes documentais que pudessem servir de suporte à investigação desejada.

A investigação preliminar, assim como os estudos exploratórios, foram realizadas através de dois aspectos: documentos e contatos diretos. Na primeira tem-se dois tipos de documentos: “a) as fontes primárias que são os dados históricos, bibliográficos, estatísticos e outros; b) as fontes secundárias que são as obras literárias” (MARCONI & LAKATOS, 1996).

Os contatos diretos foram realizados com as pessoas da empresa alimentícia estudada que forneceram dados ou sugeriram fontes de informações úteis.

2.2.4 Construção de Proposições

As proposições são feitas na tentativa de verificar a validade de resposta existente para um problema. É uma suposição que antecede a constatação dos fatos e tem como característica uma formulação provisória; deve ser testada para determinar sua validade.

As proposições formuladas neste trabalho (ver 1.2), foram formuladas com embasamento teórico, para servir de guia na investigação. Estas proposições sugerem explicações para certos fatos e ao mesmo tempo orientam a busca de outras informações.

No decorrer do trabalho são apresentados subsídios para as comprovações ou rejeições das proposições, revisitados no final do trabalho.

2.2.5 Delimitação da Pesquisa

Este trabalho foi delimitado em relação:

- À extensão: foram estabelecidos limites referentes à extensão do trabalho dentro dos limites internos da fábrica, sendo que as questões externas, como as áreas comercial e financeira, não foram consideradas;

- À comparação e disponibilidade de informações: não foi considerada a última etapa produtiva correspondente ao empacotamento do produto, pois o mesmo não é atualmente considerado na metodologia OAE, a análise do presente trabalho é comparativa entre as metodologias TOC e OAE e não há histórico de informações referente a esta etapa.
- Período de tempo: estipulando-se para a realização da pesquisa o período de janeiro a junho de 2001, devido ao acesso a histórico das informações bem como às questões de prazo. Este período é significativo e representa o todo conforme mostrado nos gráficos da figura 1, onde verifica-se que a produção de 2001 guarda um paralelismo em relação à produção de 2000. Portanto, a partir dos resultados relativos a essa amostra, pode-se inferir os resultados da produção total, se esta fosse verificada. Esta conclusão é confirmada com a informação obtida na empresa de que nada de extraordinário ocorreu durante o ano de 2001 mantendo a curva de produção de 2000.

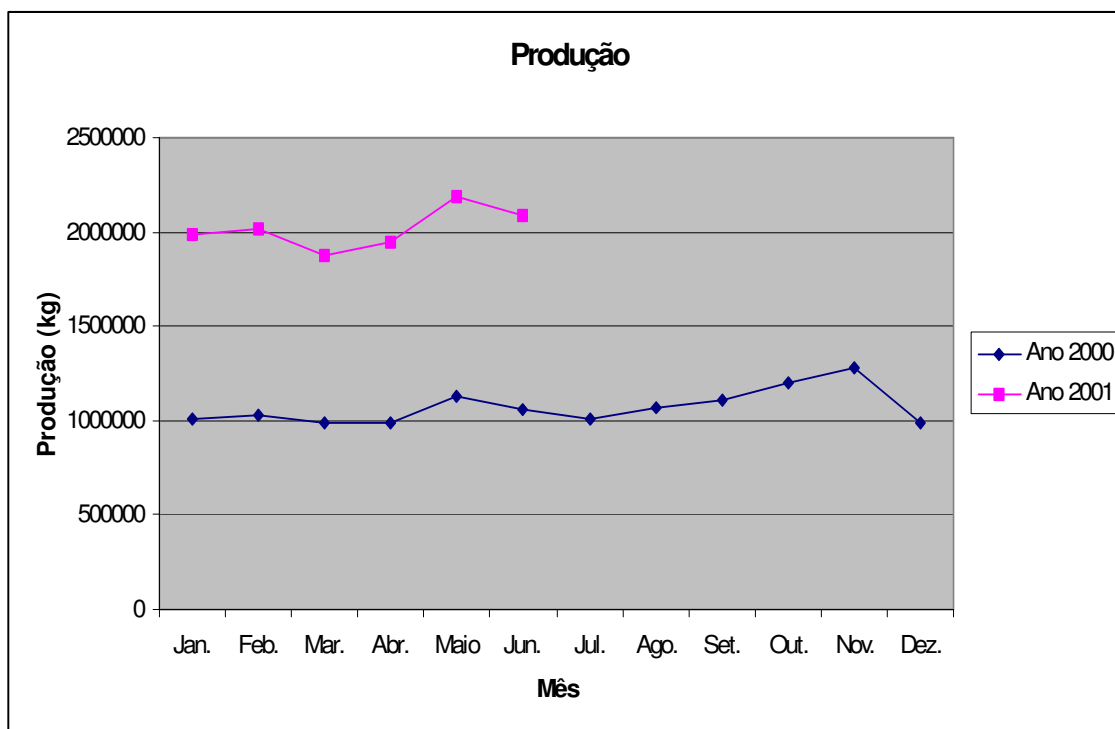


FIGURA 1 – VOLUMES DE PRODUÇÃO PARA A EMPRESA ESTUDADA – JAN-DEZ 2000/JAN-JUN 2001

2.2.6 Execução da Pesquisa

Esta etapa teve seu início na coleta de dados. Para coleta de dados foram criados alguns instrumentos, tais como relatórios para preenchimento pelos operadores que foram previamente treinados e planilhas eletrônicas para armazenar e compilar estes dados.

Depois de coletados todos os dados, os mesmos foram elaborados e classificados de forma sistemática, procedendo-se os seguintes passos:

- Seleção: neste passo foi realizado um minucioso exame dos dados e também, efetuada uma verificação crítica para a identificação de falhas e erros, evitando-se informações confusas, distorcidas, incompletas, que pudessem vir a prejudicar o resultado da pesquisa;
- Tabulação: dispôs-se os dados em forma de tabelas e quadros, de forma a possibilitar maior facilidade na verificação das inter-relações entre eles.

Esta elaboração dos dados garantiu a isenção de informações distorcidas e também uma facilidade de visualização, o que veio possibilitar a análise e interpretação dos mesmos. A análise e interpretação são duas atividades distintas: a análise é a tentativa de evidenciar as relações existentes entre o fenômeno estudado e outros fatores e é realizada em três níveis: interpretação, explicação e especificação; a interpretação é a atividade intelectual que procura dar um significado mais amplo às respostas, vinculando-as a outros conhecimentos.

2.2.7 Conclusões

Realizadas todas as etapas descritas anteriormente, foram elaboradas as conclusões e propostas de trabalhos futuros onde se explicitou o conjunto de resultados finais considerados relevantes.

As conclusões estão vinculadas às proposições de investigação, cujo conteúdo foi refutado ou comprovado.

Os trabalhos futuros são os problemas que ficaram sem solução ou como sugestões de estudos a serem realizados.

3 EFETIVIDADE NO USO DOS BENS DE OPERAÇÃO

3.1 INTRODUÇÃO

A partir da globalização da economia vive-se em uma época onde as fronteiras não são mais designadas ou definidas por uma bandeira, língua ou até mesmo religião.

Na verdade, as micro fronteiras estão se quebrando para serem definidas por macro fronteiras como pode ser observado através dos seguintes exemplos: Mercado Comum Europeu, União dos Estados Unidos da América, Canadá e México em torno do Nafta, Ascensão do Japão e de todos os Tigres Asiáticos.

As fronteiras se redesenharam e trouxeram, de maneira geral, uma competitividade entre as empresas, não mais pelo mercado local, mas pelo mercado em que atua, podendo ter como seu cliente ou concorrente uma empresa no próprio país ou em qualquer outro país.

O fato é que as empresas necessitam de uma estratégia para a sua sobrevivência, precisando ser competitivas através de uma boa performance – desempenho em preço e qualidade para seus produtos e serviços dentro do seu segmento no mercado mundial.

Pela necessidade de produzir da forma mais eficiente possível, ou seja, com o menor custo e com a melhor utilização dos bens de operação, desenvolveu-se no Japão uma metodologia conhecida como TPM que é sigla do inglês para *Total Productive Maintenance*. Esta metodologia, no decorrer do tempo e nas aplicações/adequações em diferentes tipos de indústrias passou por pequenas modificações que resultaram em outra metodologia de melhoria contínua, chamada OAE, que será apresentada a seguir.

Este capítulo foi escrito com o objetivo de introduzir o programa de melhoria contínua de “Efetividade no Uso dos Bens de Operação”, OAE, sigla de *Operating Asset Effectiveness*. Esta metodologia vem sendo utilizada em algumas empresas, tais como: Nalco Chemical, Lubrizol, Great Lakes Chemical, Rohm & Haas, Engelhard, Union Carbide, Du Pont, Dow Chemical, Tosco, Mobil, Philips, Amoco, Royal Dutch Shell, Alcoa, Alcan, Crown Cork, Unilever, Coca Cola, Campbell Soup, Anheuser Busch, Pepsi Co, H.J. Heinz entre outros, com muito sucesso.

Alguns conceitos apresentados no decorrer deste capítulo são semelhantes em denominações e nomenclatura a alguns conceitos apresentados no capítulo 4, que aborda a Teoria das Restrições. Porém, estes conceitos possuem definições/significados diferentes. Como exemplo, tem-se a denominação fluxo, gargalo, não gargalo, utilização e outros. Portanto, cada conceito apresentado neste capítulo deve ser aplicado no programa OAE e não deve ser extrapolado para a TOC, tendo-se em vista, evitar confusões conceituais.

A modelagem matemática do método será feita considerando-se a empresa alimentícia estudada; porém os conceitos são os mesmos para qualquer tipo de indústria, podendo, então, ser extrapolados para outras indústrias, fazendo-se necessário algumas alterações.

3.2 A ORIGEM DO OAE

O programa de melhora contínua OAE está baseado no programa de TPM, que é sigla do inglês *Total Productive Maintenance* - Manutenção Produtiva Total ou programa TPQM, sigla de *Total Productive Equipment Management* – Administração Total Produtiva dos Equipamentos.

O programa TPM é uma iniciativa para aumentar a efetividade e longevidade das máquinas sendo considerado a chave para uma operação efetiva, atacando a maioria dos desperdícios das operações de produção. “Ela é realizada através de atividades de manutenção produtiva com participação de todos os funcionários da empresa e está entre os métodos mais eficazes para transformar uma fábrica em uma operação com gerenciamento orientado para o equipamento, coerente com as mudanças da sociedade contemporâneas” (TAKAHASHI & OSADA, 1990).

“O programa TPM é definido como um método de gestão que identifica e elimina as perdas existentes no processo produtivo, maximiza a utilização do ativo industrial e garante a geração de produtos de alta qualidade a custos competitivos. Além disso, desenvolve conhecimentos capazes de reeducar as pessoas para ações de prevenção e de melhoria contínua, garantindo o aumento da confiabilidade dos equipamentos e da capacidade dos processos,

sem investimentos adicionais. Atuando também, na cadeia de suprimentos e na gestão de materiais, reduz o tempo de resposta, aumenta a satisfação do cliente e fortalece a posição da empresa no mercado” (JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE, 2001). Este conceito foi desenvolvido em primeira estância com o objetivo de auxiliar um fornecedor a atender os difíceis requerimentos do Sistema de Produção Toyota. A metodologia TPM é usada hoje em dia em companhias ao redor do mundo para aumentar a efetividade do seu equipamento.

No Brasil, tem-se as seguintes plantas premiadas com o sistema TPM: (JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE, 2001).

- 1997 – PIRELLI CABOS – Cerquilha – SP;
- 1997 – PIRELLI PNEUS – Santo André – SP;
- 1998 – PIRELLI PNEUS – Campinas – SP;
- 1998 – GESSY LEVER – Valinhos – SP;
- 1998 – GESSY LEVER - Anastácio – SP;
- 1999 – COPENE – Salvador – BA;
- 2000 – ELIDA GIBBS – Vinhedo – SP;
- 2000 – LEVER – Indaiatuba – SP;
- 2000 – ELETRONORTE – Sinop – MT;
- 2000 – ELETRONORTE – Cuiabá – MT;
- 2000 – ELETRONORTE – Rondonópolis - MT.

O TPM tem uma infinidade de metas de redução de desperdícios, que incluem restauração de equipamento e manutenção dos procedimentos de operação. Este método também melhora os ativos, procedimentos operacionais e a manutenção com vistas a evitar problemas futuros.

Resumindo, os objetivos básicos do TPM são:

- Eliminação das causas de quebras e dos defeitos, evitando-se “surpresas desagradáveis” na hora da produção;
- Aumento da disponibilidade, facilidade de operação e manutenção dos equipamentos o que contribui para a qualidade total e a produtividade;
- Aumento da vida útil do equipamento com conseqüente economia em manutenções;

- Obtenção de um ambiente de trabalho mais saudável, com limpeza, organização e segurança.

Em outras palavras: “Quebra Zero”, “Perda Zero” e “Acidente Zero”.

As principais estratégias utilizadas no TPM são freqüentemente consideradas “pilares” que suportam a operação “suave” da fábrica. O quadro 1 sumariza as atividades dos oito pilares básicos do TPM.

QUADRO 1 – OITO PILARES BÁSICOS DO TPM

PILAR	ATIVIDADES
Foco na melhora de equipamentos e processos (Melhoria Focada)	Medições de perdas devido à equipamento e processos e atividades específicas de melhora para reduzir as perdas.
Manutenção autônoma	Envolvimento do operador na limpeza, lubrificação e aprendizado sobre o equipamento para manter as condições de operação dentro dos padrões de qualidade e identificação em tempo hábil dos sinais de problemas.
Manutenção planejada	Uma combinação de manutenção preventiva, preditiva e proativa destinadas a evitar perdas e também fornecer respostas imediatas para consertar quebras rapidamente.
Manutenção da qualidade	Atividades para manter e melhorar a qualidade do produto pela manutenção de condições ótimas de operação.
Administração do equipamento	Redução do tempo para a colocação de novos equipamentos em operação de modo a serem obtidos produtos sem defeitos.
Segurança, higiene e meio ambiente	Treinamentos de segurança, integração de checagem de segurança, controle visuais e aparatos a prova de erros nas operações do dia-a-dia.
Investimento em equipamento e <i>design</i> para prevenção de manutenção	Decisões de compra e " <i>designs</i> " baseadas no custo de operação e manutenção durante todo o ciclo de vida do equipamento
Treinamento e construção de aprendizado	Um programa planejado para desenvolvimento de habilidades dos colaboradores e conhecimentos para dar suporte na implementação do TPM

FONTE: THE PRODUCTIVITY DEVELOPMENT TEAM. **OEE for operators: equipment effectiveness, Oregon, p. 3, 1999.**

Empregando-se a metodologia TPM, são atingidos os seguintes resultados:

- Produtividade: aumento da produtividade e redução de quebras e falhas;
- Qualidade: redução dos defeitos no processo de produção e redução de reclamações dos consumidores;
- Custo: redução do custo de conversão;
- Entrega: redução de inventário geral;
- Segurança: eliminação dos acidentes com afastamento e poluição;
- Moral: aumento do número de sugestões.

3.2.1 Definição do Indicador OEE e sua Importância

As empresas estão no mercado para ganhar dinheiro. Elas ganham dinheiro pela adição de valor aos materiais para produção de produtos que os consumidores desejam adquirir.

A maioria das companhias usam os equipamentos que adicionam valor aos produtos. Para adicionar valor efetivo, é importante operar os equipamentos adequadamente com o mínimo de desperdício possível. O indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) – “Efetividade Total do Equipamento” é uma medida usada na metodologia TPM para indicar o quanto a operação dos equipamentos está sendo efetiva. Este indicador abrange muito mais do que apenas indicar a quantidade de partes que podem ser produzidas em um turno. Quando é medida a eficiência da fábrica pelo indicador OEE, estão reunidos os seguintes fatores:

- Performance/Desempenho (P): é a comparação da quantidade real produzida com a quantidade que a máquina deveria estar produzindo no mesmo tempo;
- Disponibilidade (D): é a comparação do tempo disponível de operação e o tempo em que o equipamento está efetivamente trabalhando;
- Qualidade (Q): é a comparação do número de produtos produzidos e a quantidade de produtos que atendem aos padrões de qualidade especificados pela empresa e governo, e ao mesmo tempo atendam os consumidores.

O produto destas três variáveis é conhecido como indicador OEE, que é um valor expressado em porcentagem. A fórmula para o cálculo do OEE é:

$$OEE = D \times P \times Q$$

Este indicador fornece uma foto da “saúde”, não apenas o quão rápido o equipamento produz, mas o quanto do potencial de produção foi limitado devido à perdas de desempenho, disponibilidade e qualidade.

Diferentemente de outros cálculos de eficiência, o OEE monitora a máquina e o processo que adiciona valor e não a produtividade do operador, ou seja, quando é medido o OEE o objetivo é o conhecimento de como o

equipamento e processo estão trabalhando, para que possa ser melhorado de forma contínua.

3.2.2 Sumário de Conceitos TPEM

Conforme mencionado anteriormente o programa OAE, está baseado nos conceitos do programa TPM/TPEM, portanto para melhor analisar as origens do OAE tem-se o seguinte sumário de conceitos de TPEM:

- TPM: (*Total Productive Maintenance* – “Manutenção produtiva total”), consiste em uma metodologia que busca, permanentemente, melhorar a efetividade total do equipamento com a integração total dos operadores;
- TPEM: (*Total Productive Equipment Management* – “Administração total produtiva do equipamento”) é um novo processo desenvolvido pelo instituto TPM.

Uma das mais importantes considerações quando se desenvolve uma instalação que utiliza o programa TPM é melhorar a administração do equipamento tendo como objetivo melhorar a utilização dos ativos.

Adicionalmente à utilização do equipamento (trabalhar uma alta porcentagem das 24 horas do dia), o desempenho e a disponibilidade do equipamento são os ingredientes chave para uma boa administração do equipamento e utilização dos ativos.

As três fases para melhorar a administração do equipamento em muitas companhias são:

- Melhorar o equipamento existente;
- Manter o equipamento melhorado (ou novo) a um alto nível de desempenho e disponibilidade;
- Adquirir equipamento novo, que atenda as necessidades especificadas, sem superdimensionamento, com alto desempenho e disponibilidade.

Nos quadros 2, 3 e 4, são apresentados os passos necessários para a realização das três fases destinadas à melhora da administração dos

equipamentos. O quadro 5 mostra os componentes do TPEM.(Quadros nas páginas seguintes).

QUADRO 2 - FASE I DA MELHORA DA ADMINISTRAÇÃO DO EQUIPAMENTO

<p>TPEM – ADMINISTRAÇÃO TOTAL PRODUTIVA DOS EQUIPAMENTOS FASE I</p> <p>MELHORAR O EQUIPAMENTO A SEU MAIS ALTO NÍVEL DE DESEMPENHO E DISPONIBILIDADE</p>
<p>Passo 1. Determine o desempenho e a disponibilidade do equipamento existente (OEE atual).</p> <p>Passo 2. Determine as condições atuais do equipamento existente.</p> <p>Passo 3. Determine a manutenção atual (especificamente manutenção preventiva) realizada no equipamento.</p> <p>Passo 4. Analise e elimine perdas de tempo atuais do equipamento.</p> <p>Passo 5. Desenvolva e dê prioridade às necessidades e oportunidades de melhora dos equipamentos.</p> <p>Passo 6. Desenvolva necessidades e oportunidades de melhora para os tempos de preparação, troca e limpeza de equipamentos.</p> <p>Passo 7. Implante as melhoras de acordo com o planejado.</p> <p>Passo 8. Verifique os resultados e atue de acordo com o requerido.</p>

FONTE: FLORES, J. **Explicação do OAE**. Descrição da metodologia OAE, Queretáro, 2000

QUADRO 3 - FASE II DA MELHORA DA ADMINISTRAÇÃO DO EQUIPAMENTO

<p>TPEM – ADMINISTRAÇÃO TOTAL PRODUTIVA DOS EQUIPAMENTOS FASE II</p> <p>MANTER O EQUIPAMENTO EM SEU MAIS ALTO NÍVEL DE DESEMPENHO E DISPONIBILIDADE</p>
<p>Passo 1. Desenvolva requerimentos de manutenção preventiva para cada máquina.</p> <p>Passo 2. Desenvolva requerimentos de limpeza e lubrificação para cada máquina.</p> <p>Passo 3. Desenvolva procedimentos de lubrificação e limpeza para cada máquina.</p> <p>Passo 4. Desenvolva procedimentos de inspeção para cada máquina.</p> <p>Passo 5. Desenvolva sistemas de controle para a manutenção preventiva, lubrificação, limpeza e inspeções.</p> <p>Passo 6. Desenvolva o manual de manutenção preventiva.</p> <p>Passo 7. Execute a manutenção preventiva, lubrificação, limpeza e inspeções de acordo com o planejado.</p> <p>Passo 8. Revise os resultados e estabeleça correções caso seja necessário.</p>

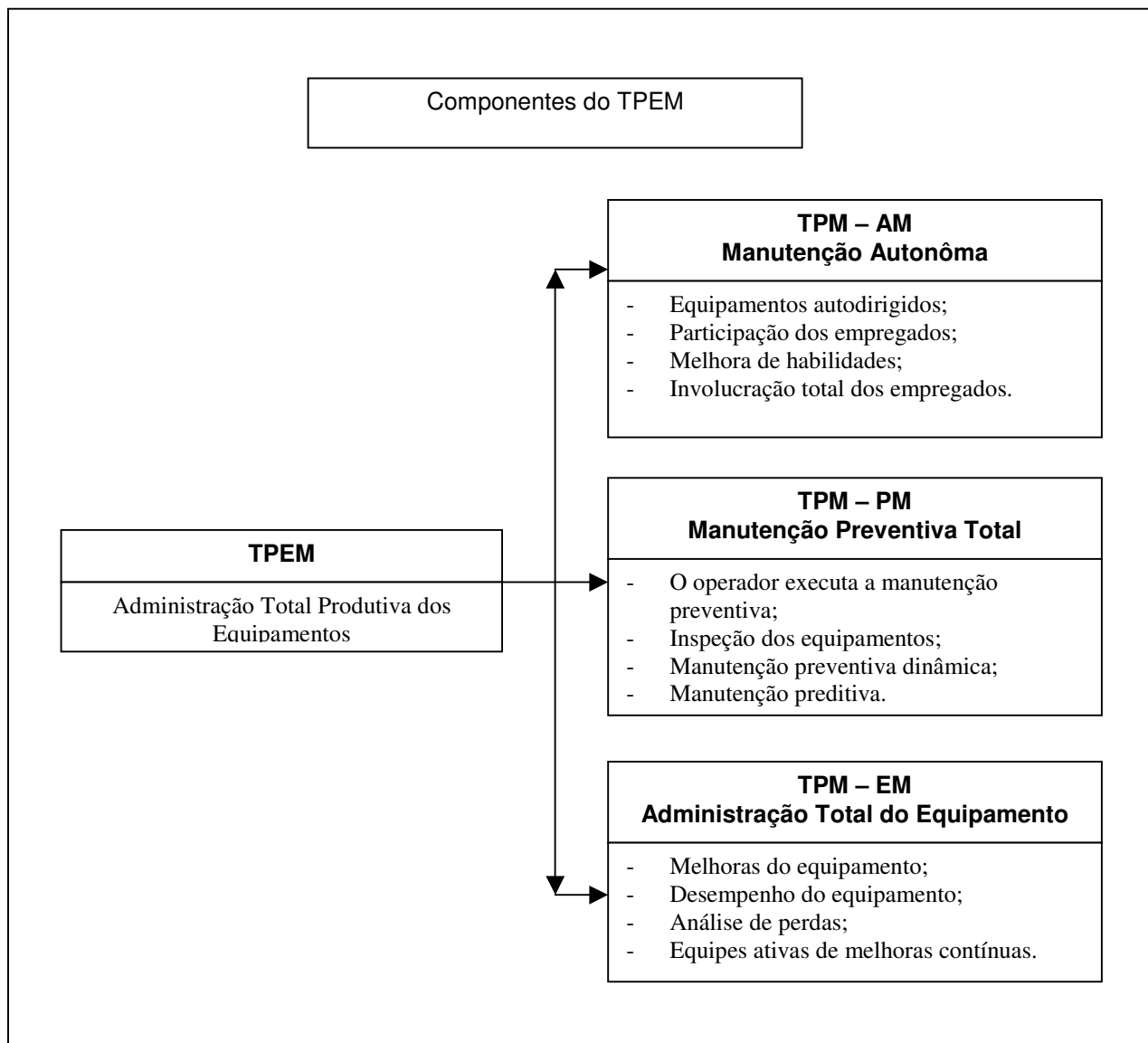
FONTE: FLORES, J. **Explicação do OAE**. Descrição da metodologia OAE, Queretáro, 2000

QUADRO 4 - FASE III DA MELHORA DA ADMINISTRAÇÃO DO EQUIPAMENTO

<p style="text-align: center;">TPEM – ADMINISTRAÇÃO TOTAL PRODUTIVA DOS EQUIPAMENTOS FASE III</p> <p style="text-align: center;">COMPRA DE UM EQUIPAMENTO NOVO COM UM ALTO NÍVEL DE DESEMPENHO E BAIXO CUSTO DE OPERAÇÃO EM SEU CICLO DE VIDA</p>
<p>Passo 1. Desenvolva especificações de engenharia.</p> <p>Passo 2. Obtenha informações dos operadores e das pessoas de manutenção sobre suas experiências com o equipamento atual.</p> <p>Passo 3. Elimine problemas do passado.</p> <p>Passo 4. Desenhe de acordo com o diagnóstico da nova tecnologia.</p> <p>Passo 5. Desenhe um equipamento livre de manutenção.</p> <p>Passo 6. Inicie cedo os treinamentos do pessoal de operação e manutenção.</p> <p>Passo 7. Aceite o equipamento se ele estiver em condições iguais ou superiores as suas especificações.</p>

FONTE: FLORES, J. **Explicação do OAE.** Descrição da metodologia OAE, Queretáro, 2000

QUADRO 5 – COMPONENTES DO TPEM



FONTE: FLORES, J. **Explicação do OAE**. Descrição da metodologia OAE, Queretáro, 2000

3.2.3 As Fórmulas Principais do TPM

Na metodologia TPM, existem as seguintes fórmulas principais:

- TEEP: (*Total Effective Equipment Productivity* - produtividade total efetiva do equipamento). O cálculo deste indicador é realizado multiplicando-se a utilização do equipamento (UE) pela efetividade total do equipamento (OEE);

$$\text{TEEP} = \text{UE} \times \text{OEE}$$

- OEE: (*Overall Equipment Effectiveness* - Efetividade Total do Equipamento). O cálculo deste indicador é realizado multiplicando-se a disponibilidade do equipamento – D pela performance – P pela qualidade – Q;

$$\text{OEE} = \text{D} \times \text{P} \times \text{Q}$$

- NEE: (*Net equipment effectiveness* – efetividade líquida do equipamento). O cálculo deste indicador é realizado multiplicando-se a tempo produtivo - UT pela performance – P pela qualidade – Q.

$$\text{NEE} = \text{UT} \times \text{P} \times \text{Q}$$

3.2.4 Produtividade do Equipamento - TPEM

A verdadeira produtividade do equipamento é medida pelo indicador de produtividade total efetiva do equipamento – TEEP, já que na fórmula para o cálculo deste indicador inclui-se a utilização do equipamento – UE e efetividade total do equipamento - OEE.

A produtividade total do equipamento – TEEP com ênfase na “Produtividade Efetiva” inclui tempos de paradas planejadas e é a medida combinada de utilização do equipamento mais a sua efetividade total.

Portanto, se a administração da planta está verdadeiramente interessada em obter uma boa utilização da capacidade de seus ativos, a fórmula de TEEP é de primeira importância.

Efetividade Total do Equipamento - OEE é a tradicional e mais amplamente usada medida de TPEM. Esta reflete o desempenho do equipamento enquanto este estiver operando.

O indicador OEE conforme foi definido não é uma medida exata da efetividade do equipamento. Isso se dá devido ao fato das preparações de equipamento, trocas de produto e ajustes estarem incluídos. Este indicador não reflete o desempenho do equipamento, mas reflete a efetividade total do equipamento quando está trabalhando.

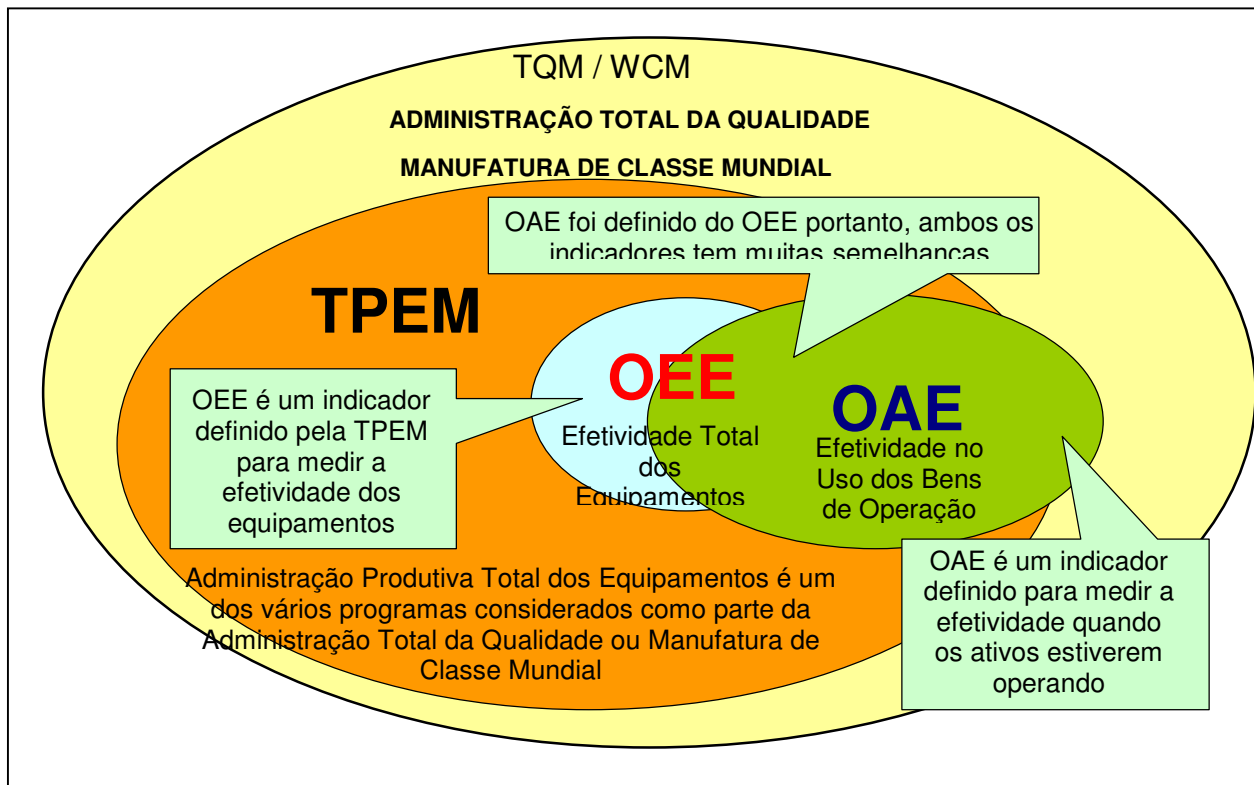
Uma terceira fórmula, que claramente reflete a verdadeira qualidade e efetividade do equipamento enquanto está trabalhando, é a fórmula da efetividade líquida do equipamento (*Net Equipment Effectiveness*) - NEE.

A efetividade líquida do equipamento - NEE exclui não somente o tempo de paradas planejadas, como faz o OEE, mas também o tempo requerido para preparações, trocas e ajustes. Este indicador é reflexo das verdadeiras condições mecânicas das máquinas.

3.2.5 Relações entre os Programas

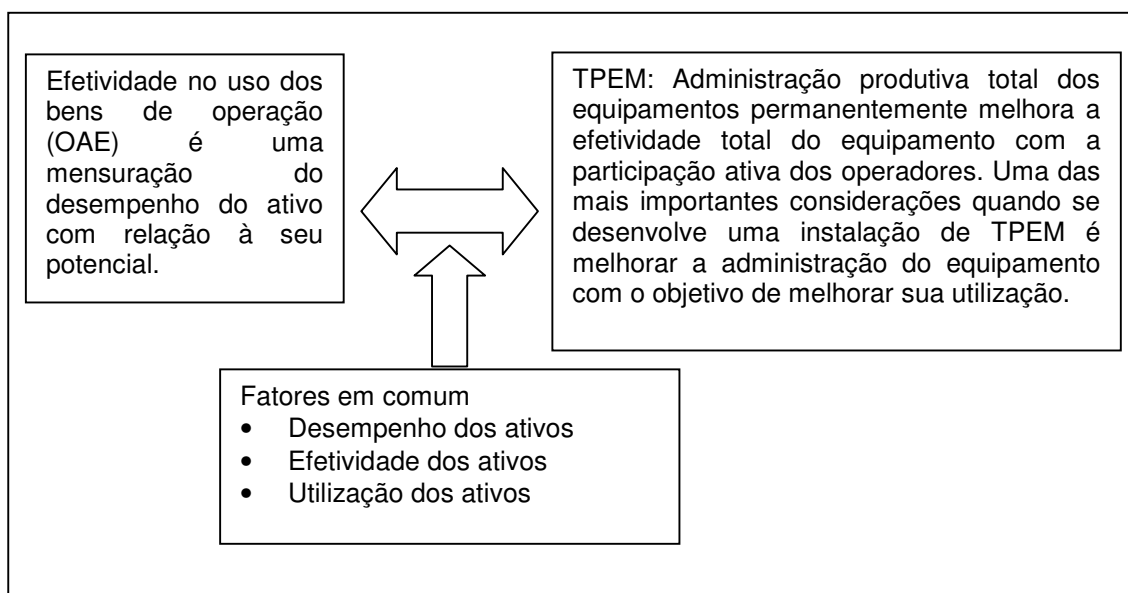
A Relação entre os Programas OAE, OEE e os Programas da Administração da Qualidade e Manufatura de Classe Mundial.

A figura 2 mostra a relação entre os programas OAE, OEE com a administração da qualidade e manufatura de classe mundial. (Figura 2 na página seguinte):



FONTE: FLORES, J. **Explicação do OAE**. Descrição da metodologia OAE, Queretáro, 2000
 FIGURA 2 - RELAÇÕES ENTRE TQM, WCM, TPEM, OEE E OAE.

Agora, relacionando o programa OEE e o programa OAE, temos a figura 3 que mostra as relações entre a metodologia OAE e a metodologia TPEM.



FONTE: FLORES, J. **Explicação do OAE**. Descrição da metodologia OAE, Queretáro, 2000
 FIGURA 3 - RELAÇÕES ENTRE O OAE E TPEM

3.2.6 Definições de Tempo para o Cálculo de Perdas de Acordo com a TPEM

As seguintes relações para o cálculo das perdas nos equipamentos propostas pela TPEM são:

- **Tempo trabalhado** = Tempo disponível – Tempo parado planejado;
- **Tempo de operação** = Tempo disponível – Tempo parado planejado – tempo de preparação;
- **Tempo de operação líquido** = Tempo disponível – Tempo parado planejado – tempo de preparação – tempo de paradas;
- **Tempo produtivo líquido** = Tempo disponível – Tempo parado planejado – tempo de preparação – tempo de paradas – tempo de paradas de curta duração – tempo perdido por defeitos/retrabalho;

Onde:

- **Tempo disponível:** Corresponde ao tempo total disponível para a produção. Por exemplo: oito horas por turno x três turnos por dia x sete dias por semana;
- **Tempo parado planejado:** Corresponde ao tempo no qual não se tem produção devido a não programação, lanches, almoço, intervalos, manutenção programada entre outros;
- **Tempo de preparação:** é o tempo de preparação para a produção, trocas de produto, ajustes, troca de parâmetros, testes entre outros;
- **Tempo de paradas:** é o tempo perdido devido a paradas por quebras, falhas, manutenção não programadas e outros;
- **Tempo de paradas de curta duração:** é o tempo perdido devido a perdas breves de tempo, tais como: pequenas paradas para ajustes, redução na velocidade e outros;
- **Tempo perdido por defeitos/retrabalho:** é o tempo perdido devido ao retrabalho dos produtos fora das especificações.

3.2.7 Definições de Tempo para o Cálculo de Perdas de Acordo com o OAE

As relações para o cálculo das perdas nos equipamentos, propostas pelo OAE são:

- **Tempo total de demanda:** corresponde ao tempo total do período subtraído pelo tempo de não demanda;
- **Tempo total de demanda** = tempo total do período – tempo de não demanda;
- **Tempo real trabalhado:** corresponde ao tempo total do período subtraído pelo tempo de não demanda e pelo tempo de paradas;
- **Tempo real trabalhado** = tempo total do período – tempo de não demanda – tempo de paradas;

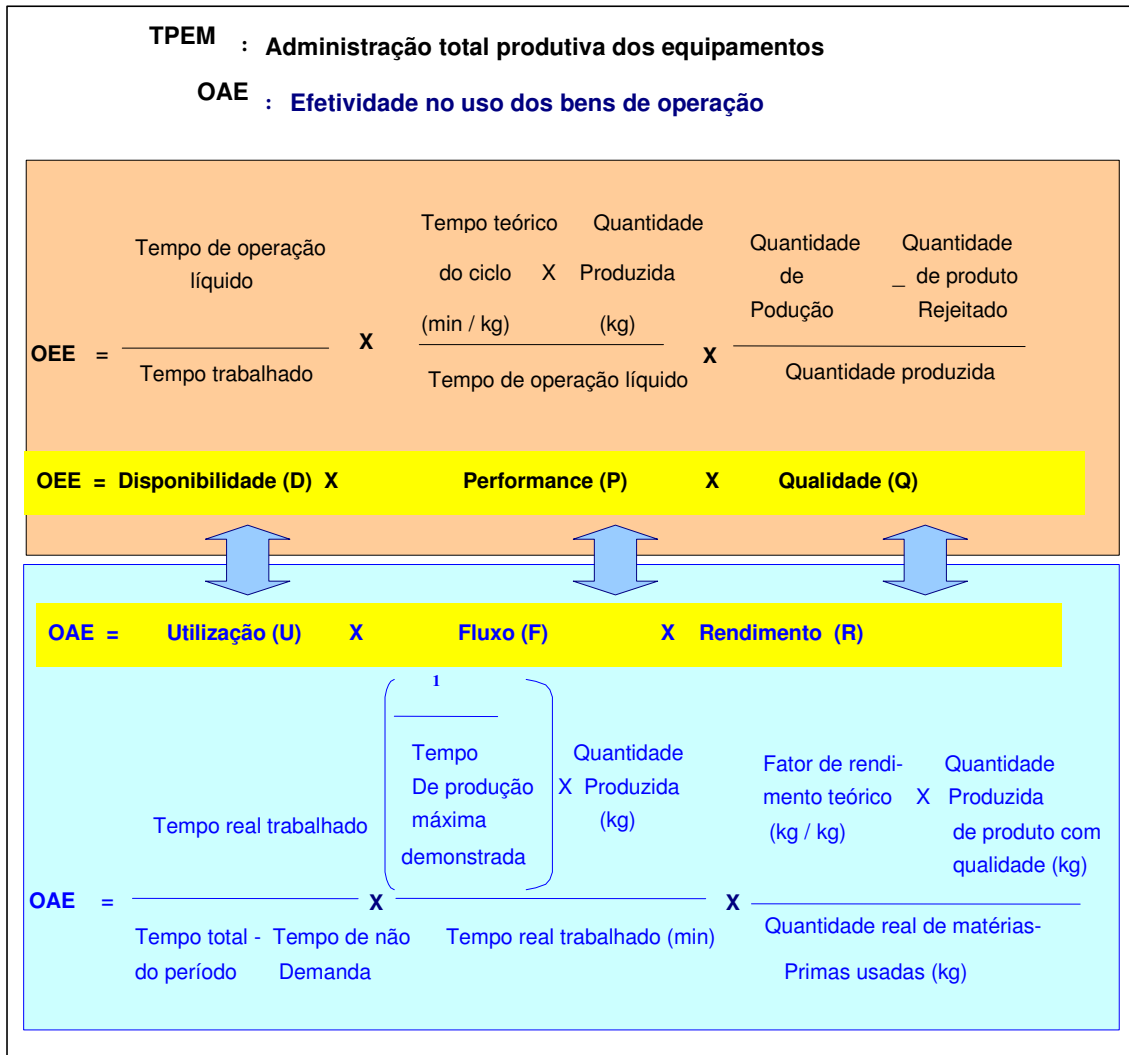
Onde:

- **Tempo total do período:** corresponde ao tempo do “calendário” para o período considerado;
- **Tempo de não demanda:** corresponde a quantidade de tempo em que a linha estava parada devido a não necessidade de produzir, pois não existe demanda exigida pela área de vendas;
- **Tempo de paradas:** corresponde ao tempo total parado devido a diversas causas como por exemplo: manutenção preventiva, preparação, trocas de produto, ajustes, calibração, quebras, falhas no equipamento, paradas programadas, paradas não programadas e outros.

3.2.8 Comparação dos Indicadores OAE e OEE

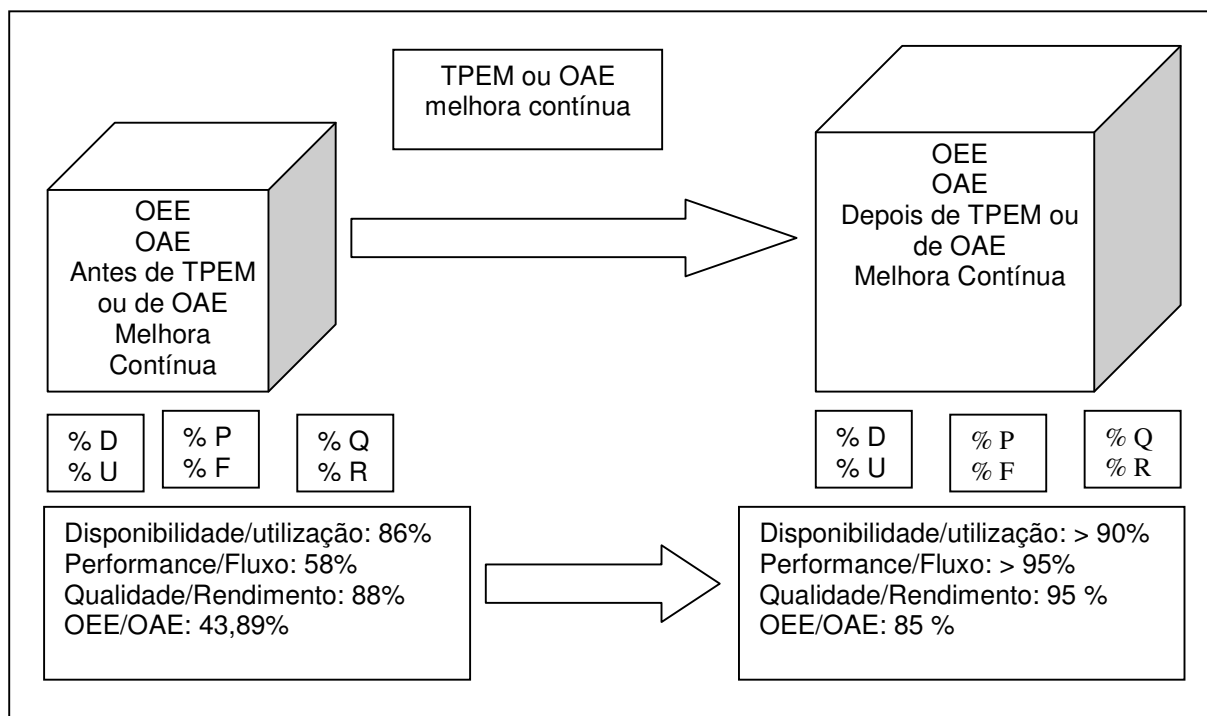
O quadro 6 mostra uma comparação entre os indicadores OAE e OEE. Pode-se observar que ambos são o produto de três variáveis sendo que o indicador OEE é dado pelo produto da disponibilidade, performance e qualidade e o indicador OAE pelo produto da utilização, fluxo e rendimento.

QUADRO 6 – COMPARAÇÃO DOS INDICADORES OAE E OEE.



3.2.9 Resultados Obtidos com a Aplicação da Metodologia TPEM e OAE

Os objetivos para a aplicação da metodologia TPEM e OAE são os de aumentar a efetividade dos ativos da fábrica. A figura 4 ilustra o aumento de efetividade após a aplicação destas metodologias com o aumento do tamanho do paralelepípedo.



FONTE: Elaborado pelo autor.

FIGURA 4 - ILUSTRAÇÃO DA MELHORA COM A UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA DE MELHORA CONTÍNUA ADMINISTRAÇÃO TOTAL PRODUTIVA DOS EQUIPAMENTOS - TPEM OU EFETIVIDADE NO USO DOS BENS DE OPERAÇÃO - OAE

Nesta figura, observa-se um sistema, recurso ou equipamento antes e depois da aplicação da metodologia OEE ou OAE de melhoria contínua. Observa-se, ainda, que após a aplicação das metodologias, tem-se um ganho nos três indicadores: disponibilidade, performance e qualidade para o OEE e utilização, fluxo e rendimento para o OAE. A aplicação da metodologia estará aumentando a efetividade do equipamento, recurso ou sistema, ou seja, estará sendo mais efetiva a utilização dos ativos na produção.

O aumento dos indicador OEE e OAE irá resultar em uma empresa de classe mundial. “Manufatura de classe mundial é definido como o que os melhores negócios de hoje são capazes de conseguir. Não se baseia naquilo que teoricamente é possível fazer, mas naquilo que está realmente sendo feito em algum lugar do mundo... hoje” (SEQUEIRA, 1990). Estes objetivos estão mostrados no Quadro 7.

QUADRO 7 – OBJETIVOS DE TPEM E OAE PARA SER ATINGIDA A CLASSE MUNDIAL

TPEM: ADMINISTRAÇÃO TOTAL PRODUTIVA DOS EQUIPAMENTOS

OAE: OPERAÇÃO EFETIVA DOS ATIVOS

TPEM / OAE: É um enfoque de direção baseado na informação para administrar os equipamentos e atividades para a melhora utilizando-se dados obtidos de um estudo do *baseline* e mais tarde continuar fazendo medições e comparando os resultados atuais com o *baseline*. É importante estabelecer um *baseline* para visualizar as oportunidades de melhora.

Objetivos de OAE e TPEM

Muitas companhias de classe mundial obtém:

- Índice OEE / Índice OAE: 85%
- Disponibilidade do Equipamento – D / Utilização – U deve ser maior que 90%.
- O índice de qualidade – Q deve ser de pelo menos 99%
- O indicador de rendimento – R deve ser > 95%
- Eficiência de Desempenho – P / Fluxo – F deve ser > 95%

FONTE: FLORES, J. **Explicação do OAE**. Descrição da metodologia OAE, Queretáro, 2000

Conclusões:

De acordo com o demonstrado acima, são obtidas as seguintes conclusões:

- indicador OAE foi determinado com base nos indicadores de TPEM, em específico proveniente do indicador de OEE;
- indicador OAE tem uma melhor medida de qualidade já que o indicador de rendimento - R considera não somente qualidade mas também mede o desperdício de matérias-primas;
- indicador OAE mede com maior exatidão o aproveitamento dos equipamentos excluindo absolutamente todas as perdas de produtividade e comparando a operação real contra a operação ótima ou potencial do equipamento;
- Se o indicador OAE foi desenvolvido considerando algumas definições prévias de TPEM.

Então, um bom desempenho na manutenção é crítico para o alcance e a sustentação das melhoras de OAE.

Então, também as metodologias de TPEM são de utilidade para OAE.

3.3 DEFINIÇÃO DE OAE – EFETIVIDADE NO USO DOS BENS DE OPERAÇÃO

A Efetividade no Uso dos Bens de Operação - *Operating Asset Effectiveness* (OAE) é um programa de melhoria contínua e uma iniciativa com o objetivo da mensuração de uma melhor maneira do desempenho da manufatura e da maximização da produtividade de inversão de capital dos ativos das plantas manufatureiras.

Como parte de um esforço para melhoria da lucratividade e aumento do valor de mercado da empresa, os administradores estão adotando o programa de efetividade no uso dos bens de operação - OAE como um meio de elevação da eficiência e redução dos custos nas suas operações de produção. Este programa tem como objetivo o gerenciamento dos bens de produção à sua capacidade total, para aumento da produtividade e minimização ou retardamento de gastos de capital.

A medida do OAE indica o grau em que a capacidade existente está sendo usada, e é composta de três componentes: Utilização - U, Fluxo - F e Rendimento - R. Estes componentes, expressados em forma de porcentagem, são multiplicados para a determinação do OAE global. Então, para se medir o OAE, cada componente deve ser acompanhado e medido separadamente.

3.3.1 O OAE como um Programa de Melhoria Contínua

OAE é um programa de melhora contínua que se baseia em:

1. Estabelecimento de melhores indicadores para a mensuração contínua da efetividade de operação e com base neste indicador de desempenho, identificar as causas de perdas de produtividade;
2. Aplicar uma metodologia definida para resolver os problemas que afetam a produtividade mediante;

3. Equipes de trabalho para a solução de problemas que afetam a produtividade.

3.3.2. OAE como Indicador

O OAE é uma medida da produtividade de um ativo em relação a sua produtividade potencial.

Onde:

$$\text{OAE} = \frac{\text{Volume Real de Produção}}{\text{Volume de Produção Potencial Máxima}} \times 100$$

3.3.2.1 Volume real de produção

É a quantidade real/efetiva de quilos produzidos em um período de tempo específico.

3.3.2.2 Volume de produção potencial máxima

É o nível de produção teórica que considera estarem os ativos da planta manufatureira trabalhando com as seguintes condições:

- Vinte e quatro horas de todos os dias do ano (100% do tempo);
- Cem por cento do tempo com o fluxo de produção máximo;
- Cem por cento do tempo com o fluxo de produção máximo sem gerar nenhum desperdício.

3.4 TIPOS DE RECURSOS

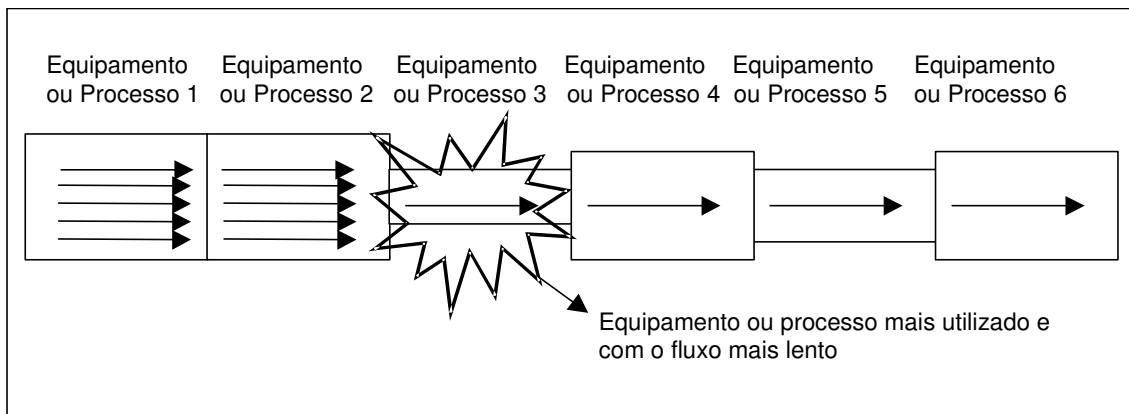
A metodologia OAE reconhece dois tipos de recursos: recurso gargalo e recurso não gargalo. Esta distinção é muito importante, pois é a partir dela que são aplicados a metodologia e os esforços de melhora.

3.4.1 Recurso Gargalo

Neste item será definido recurso gargalo e recurso não gargalo de acordo com a metodologia OAE. A figura 5 mostra a representação gráfica de um recurso ou processo gargalo.

O indicador da efetividade no uso dos bens de operação – OAE é aplicado a equipamentos, em caso de linhas de produção, o OAE da linha é calculado em função do equipamento ou processo gargalo. Este é definido como o equipamento ou processo mais demandado em utilização e com fluxo de produto mais baixo que todos os outros equipamentos que formam a linha em questão. Os recursos não gargalos são os demais recursos.

Convém ressaltar que esta definição não é semelhante à definição de recurso gargalo dada pela TOC uma vez que pela TOC, recurso gargalo é aquele em que a demanda de mercado é igual ou superior a sua capacidade. Neste caso o gargalo está sendo considerado como o recurso mais lento, não levando em consideração a sua implicação ou não no atendimento da demanda.



FONTE: Elaborado pelo autor

FIGURA 5 – REPRESENTAÇÃO DE UM EQUIPAMENTO OU PROCESSO GARGALO EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO

3.4.2 Recurso Não Gargalo

Os recursos não gargalo são os demais recursos, ou seja, os recursos com utilização e fluxo de produto mais elevado que o recurso gargalo.

3.5 COMPONENTES OU INDICADORES DE OAE

O OAE apresenta três componentes ou indicadores, independentes entre si, sendo que cada um mede a efetividade que se tem na operação de uma linha de produção em relação a um parâmetro específico. São eles:

3.5.1 Utilização

Este indicador é utilizado para medir a proporção do tempo real trabalhado que foi utilizado nas linhas de produção em relação ao tempo total disponível destas linhas. Ele reflete que porção do tempo disponível os bens de produção estavam sendo usados, ou seja, mede a quantidade de tempo que o bem de produção estava operando (produzindo) em relação à quantidade de tempo em que estava disponível para o uso.

O indicador utilização mede a efetividade que se atinge para se obter o “Máximo Tempo Produtivo” na fabricação de um produto determinado em uma linha de produção. Este indicador é calculado para o gargalo da linha.

Convém ressaltar que esta definição não é semelhante à definição de utilização dada pela TOC, uma vez que pela TOC, utilização é definida pela divisão da capacidade do equipamento pela disponibilidade do mesmo expressa em porcentagem.

3.5.1.1 Conceitos e definições de tempo

3.5.1.1.1 Tempo total disponível

Para uma linha de produção em um período de tempo dado, o tempo total disponível é a totalidade do tempo calendário deste período sem fazer nenhuma consideração ou desconto de tempo, ou seja, é o tempo total em que o bem de produção está disponível em um dado período e durante o qual a linha estava capacitada para produzir. Teoricamente, todos os dias do ano (365 ou 366) estão incluídos no “tempo total do disponível”. (Exemplo: Para o período de um ano em uma linha de produção, há 365 dias disponíveis, ou 8760 horas ou 525600 minutos).

Os feriados são computados como perda de utilização, ou seja, este tempo não deve ser subtraído do denominador do cálculo da utilização. Entretanto, os feriados nacionais, que são os dias que os governos determinam, na legislação, que é ilegal trabalhar, portanto não estão incluídos no tempo total do período, e assim, não estão incluídos no denominador do cálculo.

3.5.1.1.2 Tempo de não demanda

É o tempo em que a linha de produção tem que ficar sem operar devido a não haver demanda pelos produtos fabricados.

3.5.1.1.3 Tempo de manufatura

É o tempo que se tem que programar e operar a linha de produção a fim de fabricar as quantidades de produtos que são necessárias para a venda. Este tempo inclui o tempo real trabalhado e o tempo de perdas de utilização:

3.5.1.1.4 Tempo real trabalhado

Em uma corrida de produção. É o tempo no qual a linha de produção está trabalhando em sua atividade de elaborar um determinado produto. Este tempo real trabalhado inicia-se desde o momento que termina o tempo de preparação da linha e inclui todo o tempo efetivo (tempo durante o qual a linha está trabalhando excluindo todas as paradas da mesma) para terminar quando a corrida para e se iniciam as atividades de limpeza e preparação para outra corrida de produção. Este tempo é medido no gargalo da linha e reflete

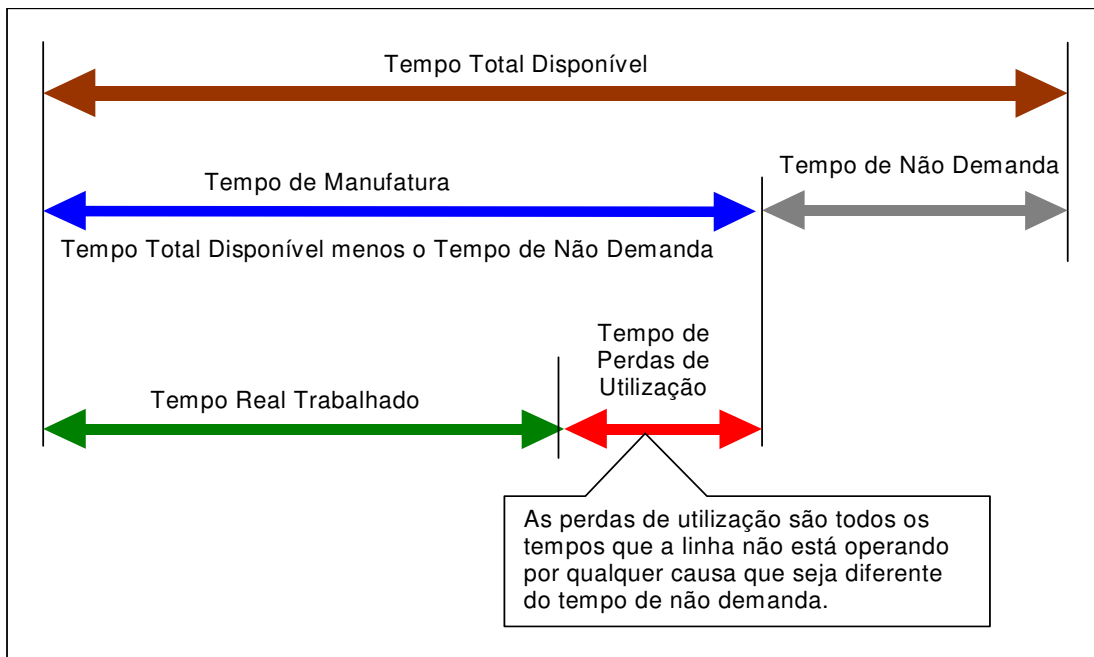
somente o tempo em que o produto está passando por aquele ponto. Se, por qualquer razão, não existir produto passando por este ponto, o tempo que o equipamento ficou parado deve ser tratado como perda de utilização.

3.5.1.1.5 Tempo de perda de utilização

São todos os tempos em que a linha de produção está sem operar devido causas que são responsabilidade da área da cadeia de suprimentos como são as preparações, limpeza, falhas mecânicas, falha de operação, problemas de materiais, falha de programação e outros.

3.5.1.1.6 Relações de tempo

Os tempos definidos no item 3.5.1.1 podem ser representados em escalas de tempo que é mostrada na figura 6.



FONTE: Elaborado pelo autor

FIGURA 6 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA INTER-RELAÇÃO ENTRE OS DIFERENTES TIPOS DE TEMPO DE ACORDO COM A CLASSIFICAÇÃO DO OAE

A figura anterior estabelece as seguintes relações de tempo:

$$\text{Tempo Total Disponível} = \text{Tempo de Manufatura} + \text{Tempo de Não Demanda}$$

$$\text{Tempo Total Disponível} = \text{Tempo Real Trabalhado} + \text{Tempo de Perdas de Utilização} + \text{Tempo de Não Demanda}$$

$$\text{Tempo de Manufatura} = \text{Tempo Real Trabalhado} + \text{Tempo de Perdas de Utilização}$$

$$\text{Tempo de Perdas de Utilização} = \text{Tempo de Manufatura} - \text{Tempo Real Trabalhado}$$

3.5.1.2 Cálculo da utilização

A utilização é calculada dividindo-se o tempo real trabalhado pelo tempo total disponível no período.

$$U = \frac{\text{Tempo Real Trabalhado}}{\text{Tempo Total Disponível}} \times 100$$

Onde:

- Utilização é expressa em porcentagem;
- Tempo Total Disponível é expresso normalmente em horas ou minutos;
- Tempo Real Trabalhado é expresso normalmente em horas ou minutos.

A capacidade da linha é determinada pelo gargalo, ou pelo componente de menor fluxo. Como resultado, a utilização é focada neste componente e mede que porção do tempo total disponível o produto estava passando por este ponto do processo. O tempo em que o produto não estava passando por este ponto é quantificado e caracterizado detalhadamente para direcionar os esforços de melhora.

3.5.2 Causas Comuns de Paradas

3.5.2.1 Limpeza

Quando a linha estiver parada devido à limpeza, deve-se incluir o tempo parado no tempo total do período no denominador do cálculo da utilização, pois considera-se o tempo de limpeza como tempo de demanda. Entretanto, se a limpeza é atrasada para melhor otimizar a produção, somente o tempo padrão de limpeza será considerado.

3.5.2.2 Preparação e fim de turno

O tempo de preparação da linha deve ser incluído no tempo total do período e portanto no denominador do cálculo da utilização, pois é considerado como tempo de demanda.

3.5.3 Fluxo

Fluxo é uma medição da produção bruta real da linha de manufatura em relação à produção máxima possível na linha em um período de tempo. Ele indica, enquanto o bem de operação estava trabalhando, qual era a taxa de produção real relativa à taxa máxima de produção possível. Esta medida também é efetuada no gargalo da linha.

O indicador de fluxo mede a efetividade que se alcança ao ser obtido o “Máximo fluxo demonstrado” na fabricação de um produto em uma linha de produção.

A taxa máxima de produção possível é determinada analisando-se dados históricos nos seis a 12 meses anteriores, dependendo do processo, e identificando o período de 48 horas com o fluxo máximo. Este procedimento, normalmente, estabelece uma base realística para o cálculo do fluxo. Entretanto, quando os dados históricos não estiverem disponíveis, ou não forem válidos por qualquer razão, o fluxo nominal do equipamento (taxa de projeto) pode substituir este valor para fornecer uma base de cálculo.

Convém ressaltar que esta definição não é semelhante à definição de fluxo dada pela TOC uma vez que pela TOC, fluxo é a taxa pela qual o sistema gera dinheiro através das vendas (ver 4.4.2).

O Fluxo é calculado dividindo-se a taxa de produção bruta real pela taxa máxima de produção possível.

$$\text{Fluxo (F)} = \frac{\text{Produção Bruta Real (quilos)}}{\left(\begin{array}{cc} \text{Fluxo Máximo} & \text{Tempo Real} \\ \text{Demonstrado} & \text{Trabalhado} \\ \text{(quilos / minuto)} & \text{(minutos)} \end{array} \right) \times 100}$$

Onde:

Produção Bruta Real: definição vide item 3.5.3.1;

Fluxo máximo demonstrado: definição vide item 3.5.3.2;

Tempo real trabalhado: definição vide item 3.5.1.1.4.

3.5.3.1 Produção bruta real

É a quantidade de produto medida no “gargalo” da linha de manufatura para um período de tempo. Esta produção é o máximo que se está fabricando, ou seja, é a totalidade de produto que a linha está fabricando, considerando-se que se está trabalhando a um fluxo máximo real possível. Ao ser medida a produção no gargalo considera-se a saída bruta, isso quer dizer que, não está incluído nenhum desperdício. Geralmente, este valor é obtido por *software* de fluxo para o produto ou linha. Para plantas que não apresentam este tipo de *software*, o sistema de controle de volume pode ser usado como substituto.

3.5.3.2 Fluxo máximo demonstrado - FMD

É o fluxo máximo em que a linha de produção pode fabricar um produto determinado, medido no gargalo da linha. Este fluxo máximo é aquele medido e comprovado e em muitos casos considerado como fluxo padrão. É um valor calculado usando-se dados históricos de produção, medidos no gargalo, tomando-se por base os 12 meses anteriores. Este valor é calculado, tirando-se a média aritmética de seis turnos de produção seguidos e adotando-se o maior valor como o FMD. Caso os dados necessários não estejam disponíveis, o fluxo de projeto do equipamento pode ser adotado como FMD:

Tempo Real Trabalhado: é o mesmo tempo que se considera na determinação do indicador de utilização.

A mensuração e o acompanhamento do fluxo exige que o volume passado através do gargalo do processo seja dividido pela quantidade de tempo que o produto estava passando pelo gargalo. Este procedimento resulta no fluxo real que então é dividido pela taxa máxima de produção possível para determinar-se o componente do fluxo.

3.5.4 **Rendimento**

O rendimento reflete a porção da matéria-prima transformada em produto acabado empacotado. Ele é baseado no consumo da fórmula teórica para cada produto sem considerar desperdício, seja ele desperdício de processo e/ou sobrepeso no empacotamento. Ele é calculado dividindo-se a

quantidade teórica de matéria-prima que deveria ser usada pela quantidade real de matéria-prima efetivamente usada, ou seja, dividindo-se o consumo real de matéria-prima pelo consumo ideal.

$$\text{Rendimento (R)} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Produto Líquido} \\ \text{Empacotado} \\ \text{(quilos)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Fator de Rendimento Teórico} \\ \text{Matérias - Primas a Produto} \\ \text{(quilos Mat. Prim. / quilo Produto)} \end{array} \right)}{\text{Matérias - Primas Realmente Consumidas (quilos)}}$$

Onde:

$$\begin{array}{l} \text{Quantidade teórica} \\ \text{de matéria - prima} \\ \text{ou} \\ \text{consumo ideal} \\ \text{de matéria - prima} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Produto Líquido} \\ \text{Empacotado} \\ \text{(quilos)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Fator de Rendimento Teórico} \\ \text{Matérias - Primas a Produto} \\ \text{(quilo Mat. Prim. / quilo Produto)} \end{array}$$

3.5.4.1 Produto líquido empacotado

Produto líquido empacotado é a quantidade de produto que se reporta como entrada de produto terminado e atende as especificações de qualidade. É a quantidade de produto pronta para a venda.

3.5.4.2 Fator de rendimento teórico

Fator de rendimento teórico é o fator que resulta dos cálculos de balanço de material, considerando-se a quantidade de matérias-primas que entram no processo e a quantidade de produto terminado que se obtém como saída do mesmo. Para o cálculo do fator de rendimento teórico, se toma a quantidade total de matérias-primas utilizada com sua umidade padrão correspondente e o total de produto terminado também com sua umidade padrão. A quantidade de produto terminado que se toma é a quantidade que se obteria se não houvesse nenhum desperdício.

3.5.4.3 Matérias-primas realmente consumidas

Matérias-primas realmente consumidas são as matérias-primas consumidas por linha de produção na fabricação do produto. A quantidade de matéria-prima se toma de acordo com as saídas do armazém.

O resultado da multiplicação do produto líquido empacotado e o fator de rendimento teórico é a quantidade ideal de matéria-prima consumida, ou seja, a matéria-prima que deveria ser utilizada para gerar o produto líquido empacotado.

Uma vez que a quantidade de matéria-prima usada não é geralmente conhecida até a realização do inventário físico e ocasionalmente, podem ocorrer distorções neste inventário. Portanto, deve-se estabelecer registros de um período médio de três a seis meses.

O indicador rendimento, então, é a mensuração da quantidade ideal de matéria-primas consumida em relação às matérias-primas realmente utilizadas para a fabricação de uma quantidade de produto líquido empacotado na linha em um dado período de tempo e mede a efetividade alcançada para se obter o “Rendimento Máximo” das matérias-primas utilizadas para a fabricação de um produto em uma linha de produção.

3.6 CÁLCULO DO OAE

O grau de efetividade conjunta se obtém com a fórmula de cálculo de OAE da linha de produção que é o resultado do produto da utilização, fluxo e rendimento:

$$\text{OAE} = \text{Utilização} \times \text{Fluxo} \times \text{Rendimento} \text{ ou } \text{OAE} = U \times F \times R$$

Onde:

- OAE: Índice OAE, expresso em percentagem;
- U: Utilização, expresso em percentagem;
- F: Fluxo, expresso em percentagem;
- R: Rendimento, expresso em percentagem;

O OAE ajuda a melhorar e a conhecer.

1. Quão efetivo pode-se ser para a obtenção do “Máximo tempo produtivo” de uma linha de produção (indicador de utilização);
2. Quão efetivo pode-se ser para se operar ao “Fluxo Máximo Demonstrado” no “Tempo Produtivo” de uma linha de produção (indicador de fluxo);
3. Quão efetivo pode-se ser para a obtenção do “Rendimento Máximo das Matérias-Primas” que são consumidas em uma linha de produção que se opera ao “Fluxo Máximo Demonstrado” durante o “Tempo Produtivo” (o indicador de rendimento).

3.6.1 O Valor do OAE

O valor do OAE (efetividade dos bens de operação), sumariza o impacto da utilização, fluxo e rendimento em um único indicador, que é facilmente entendido pelos empregados da empresa, sendo operacional e não financeiro.

Os componentes do OAE:

$$\text{OAE} = \text{Utilização} \times \text{Fluxo} \times \text{Rendimento}$$

Desenvolvendo cada componente da utilização, tem-se:

$$\text{Utilização I (UI)} = \frac{\text{Tempo Real Trabalhado}}{\text{Tempo Total Disponível}} \times 100$$

$$\text{Fluxo} = \frac{\text{Velocidade média ou fluxo no tempo trabalhado}}{\text{Velocidade máxima ou fluxo máximo no tempo trabalhado}} \times 100$$

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Unidades adequada para uso}}{\text{Total de unidades produzidas}} \times 100$$

Efetuando-se o produto das três componentes, tem-se:

$$\text{OAE} = \frac{\text{Produção adequada para consumo}}{\text{Produção máxima adequada para consumo}} = \text{Produtividade dos bens de operação}$$

Observações:

1. Deve-se adequar este indicador para cada tipo de fábrica;
2. As unidades de medida variam de acordo com o tipo de processo produtivo.

Exemplo:

Para uma fábrica do setor alimentício, tem-se:

$$\text{Utilização} = \frac{\text{Tempo real trabalhado}}{\text{Tempo total disponível}}$$

$$\text{Fluxo} = \frac{\text{n.º de bateladas produzidas}}{\text{n.º teórico máximo de bateladas}}$$

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{n.º de unidades produzidas usadas}}{\text{n.º total de unidades produzidas}}$$

3.7 ADEQUAÇÃO DE OAE PARA A MANUFATURA

A medição de OAE (efetividade na utilização dos bens de operação) de acordo com a determinação do tempo total disponível está definida para a totalidade da companhia, e considera que a capacidade produtiva está sendo requerida a 100% pela demanda, todavia, a realidade é que a demanda de mercado não exige que as linhas de produção operem na totalidade do tempo, sendo geralmente necessário apenas “uma parte” do tempo total disponível.

Então, quando a demanda não exige a capacidade total, o OAE deve refletir como a empresa está sendo efetiva na operação de seus ativos por parte da área de manufatura. Para solucionar isto, considera-se o “Tempo de não demanda” deduzido na mensuração do OAE de manufatura. Esta definição para o cálculo inclui um novo indicador de utilização para a manufatura, denominado Utilização II (Utilização dois).

As relações de tempo, anteriormente mencionadas, expressam a fórmula de cálculo de Utilização II como segue:

$$\text{Utilização II} = \frac{\text{Tempo Real Trabalhado}}{\text{Tempo de Manufatura}} \times 100$$

Podendo ser escrita como:

$$\text{Utilização II (UII)} = \frac{\text{Tempo Real Trabalhado}}{\left(\begin{array}{l} \text{Tempo Total} \\ \text{Disponível} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Tempo de Não} \\ \text{Demanda} \end{array} \right)} \times 100$$

Para a mensuração da a companhia como um todo, toma-se o primeiro indicador definido para a utilização: Utilização I (Utilização um).

$$\text{Utilização I} = \frac{\text{Tempo Real Trabalhado}}{\text{Tempo Total Disponível}} \times 100$$

3.7.1 O Índice OAE II

Basicamente, OAE é uma medida da quantidade de quilos empacotados produzidos dividida pela capacidade total de produção da fábrica.

Como resultado, a menos que exista uma mudança no volume de produção, o OAE não muda, em relação à quão eficiente ou quão ineficiente os quilos foram produzidos. Por exemplo, se a capacidade da fábrica é de 300 milhões de quilos por ano e a produção é de 200 milhões de quilos por ano, o

valor global do OAE é 67 % não importando se os 200 milhões de quilos foram produzidos em 200 ou 300 dias. A diferença é que, se os 200 milhões de quilos foram produzidos em 200 dias, houve 100 dias adicionais de não demanda para o bem de produção em questão.

O OAE II é empregado em situações onde a demanda de produção é constante, de modo a refletir as melhoras alcançadas pelo aumento de fluxo, redução do tempo parado, bem como o de rendimento. Este indicador é essencialmente igual ao OAE, exceto que o tempo de não demanda é subtraído do tempo total disponível do período no denominador do cálculo da utilização, criando um novo componente que é a Utilização II.

Mediante as modificações para a adaptação de mensuração de OAE, definindo-se o OAE II para manufatura e considerando-se que o tempo de não demanda é algo que ocorre com normalidade, constata-se que o OAE II mede a efetividade de operar obtendo-se do “Tempo de Manufatura” o máximo de “Tempo Total Trabalhado” e operando-se ao “Fluxo Máximo Demonstrado” e atingindo-se o “Rendimento Máximo das Matérias-Primas”.

A exclusão do tempo de não demanda para a mensuração do OAE II, deve deixar claro que é somente responsabilidade da manufatura “dispor” de tempo necessário para a fabricação dos volumes necessários para as vendas e a manutenção do nível ótimo de inventários.

Desta forma tem-se que OAE II:

- Quando é medido para cada linha de produção e pela soma dos dados de cada linha, obtém-se o total da planta;
- A quantidade de quilos produzidos por período de tempo não é o que determina um bom resultado de OAE II. Este resultado fica determinado pela efetividade em cada um dos indicadores de OAE para cada linha de produção;
- OAE II não mede a obtenção do máximo de quilos produzidos por dia; ele mede a maximização dos indicadores (utilização, fluxo e rendimento) no tempo em que as linhas de produção necessitam ser programadas e operadas a fim de cumprirem os objetivos de volume de produtos necessários para atender a demanda e os níveis definidos de inventários;

- OAE II não estabeleceu que em cada dia se produza uma maior quantidade de quilos, mas pretende que sejam produzidos somente os quilos necessários com o máximo de efetividade na operação das linhas de produção;

Resumindo:

A programação e operação das linhas de produção se dará somente para o tempo necessário de acordo com a demanda e os níveis de inventário, uma vez que se cumpram com os volumes assim definidos, então, as linhas de produção devem parar e o tempo de parada deve ser considerado como tempo de não demanda.

O indicador OAE não tem como objetivo fazer o máximo de quilos, o objetivo do OAE é maximizar a efetividade da operação dos equipamentos durante o tempo necessário para produzir o volume que deve ser vendido.

O tempo de não demanda que é registrado para efeito do cálculo de OAE deverá ser avaliado pela área comercial, para isto, na elaboração do programa de produção em cada período se estabelecerá o compromisso com o volume de produção e se analisará o tempo de não demanda planejado. Uma vez cumprido o programa de produção, a área de manufatura e a área comercial revisarão o resultado real de tempo de não demanda e o dado revisado será registrado para efeito de cálculo de OAE II e seus indicadores.

3.7.1.1 Diferença entre OAE I e OAE II

O índice de OAE de manufatura foi definido como OAE II (OAE dois), e o índice de OAE para a mensuração da companhia foi definido como OAE I (OAE um).

$$\text{OAE I} = \text{Utilização I} \times \text{Fluxo} \times \text{Rendimento}$$

$$\text{OAE II} = \text{Utilização II} \times \text{Fluxo} \times \text{Rendimento}$$

3.7.1.2 Manutenção oportunística

Normalmente quando a linha estiver parada para manutenção preventiva, este tempo deve ser incluído no tempo total disponível no período para fins de cálculo da utilização II. Entretanto, se esta manutenção for reprogramada para ser feita em um período de não demanda para a linha,

então este tempo de manutenção é caracterizado como uma manutenção no período de não demanda e pode ser subtraído do denominador do cálculo da Utilização II. Se o tempo de manutenção excede o tempo que a linha ficaria parada por não demanda, então, o tempo adicional deve ser adicionado ao denominador do cálculo da utilização II.

3.8 HOMOGENEIZAÇÃO DAS UNIDADES DOS INDICADORES DE OAE

Tem-se que o cálculo de OAE II é:

$$\text{OAE II} = \text{Utilização II} \times \text{Fluxo} \times \text{Rendimento}$$

Desmembrando está fórmula em todos os fatores que a compõe, tem-se:

$$\text{OAE II} = \frac{\text{Utilização II}}{\downarrow} \times \frac{\text{Fluxo}}{\downarrow} \times \frac{\text{Rendimento}}{\downarrow}$$

$$\text{OAE II} = \frac{\text{Tempo real}}{\text{Trabalhado (min)}} \times \frac{\text{Produção real bruta (quilos)}}{\left(\frac{\text{Tempo Real trabalhado (min)} \times \text{Fluxo Máximo Demonstrado (quilos/min)}}{\text{Tempo de Manufatura (min)}} \right)} \times \frac{\left(\frac{\text{Produto Empacotado Líquido (quilos)} \times \text{Fator de Rendimento Teórico}}{\text{Matérias-primas realmente Consumidas (quilos)}} \right)}$$

A homogeneização dos indicadores de OAE consiste na sua expressão em função de uma unidade comum – tempo -, iniciando-se com a fórmula de fluxo:

$$\text{Fluxo} = \frac{\text{Produção Bruta Real (quilos)}}{\left(\frac{\text{Tempo Real Trabalhado (minutos)} \times \text{Fluxo Máximo Demonstrado (quilos / minuto)}}{\text{Tempo Real Trabalhado (minutos)}} \right)} = \frac{1}{\text{Tempo Real Trabalhado (minutos)}} \times \frac{\text{Produção Bruta Real (quilos)}}{\text{Fluxo Máximo Demonstrado (quilos / minuto)}}$$

E da última expressão sabe-se que:

$$\frac{\text{Produção Bruta Real (quilos)}}{\text{Fluxo Máximo Demonstrado (quilos / minuto)}} = \frac{\text{Tempo Ideal (minutos)}}{\text{para fluxo}}$$

Onde:

Tempo ideal para Fluxo

É o tempo consumido para a produção bruta real se a linha de produção tivesse trabalhado com o fluxo máximo demonstrado.

Então, substituindo-se esta variável na fórmula de cálculo do fluxo, tem-se que:

$$\text{Fluxo} = \frac{\text{Tempo Ideal Para Fluxo (minutos)}}{\text{Tempo Real Trabalhado (minutos)}}$$

Substituindo-se esta nova fórmula para o fluxo na fórmula de cálculo de OAE II, tem-se:

$$\text{OAE II} = \frac{\text{Tempo Real Trabalhado (min)}}{\text{Tempo de Manufatura (min)}} \times \frac{\text{Tempo Ideal para fluxo (min)}}{\text{Tempo trabalhado (min)}} \times \frac{\left(\begin{array}{cc} \text{Produto Líquido} & \text{Fator de Rendimento} \\ \text{Empacotado (quilos)} & \text{Teórico} \end{array} \right)}{\text{Matérias - Primas Realmente Consumidas (quilos)}}$$

Deste modo dois dos componentes (indicadores) utilização e fluxo da fórmula de cálculo de OAE II já estão em função do tempo. Agora para o indicador de rendimento, analisando-se a fórmula tem-se:

$$\text{Rendimento} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Produto Líquido Empacotado} \\ \text{(quilos)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Fator de Rendimento Teórico} \\ \text{x Matérias - Primas a Produto} \\ \text{(quilos Mat. Prim. / quilo Produto)} \end{array} \right)}{\text{Matérias Primas Realmente Consumidas (quilos)}} \\ = \frac{\text{Produto Líquido Empacotado (quilos)}}{\left(\begin{array}{l} \text{Matérias Primas Realmente Consumidas (quilos)} \\ \text{Fator de rendimento Teórico} \end{array} \right)}$$

O modo de se tratar o rendimento nesta primeira análise é a conversão de seus elementos para produto terminado em lugar da conversão a matérias-primas como é feito na fórmula original.

E da última expressão tem-se que:

$$\frac{\text{Matérias - Primas Realmente Consumidas (quilos)}}{\text{Fator de Rendimento Teórico}} = \frac{\text{Quantidade Máxima de Produto Possível (quilos)}}{\text{Fator de Rendimento Teórico}}$$

Onde:

Quantidade Máxima de Produto Possível

É a quantidade máxima de produto que se teria obtido das “matérias-primas reais consumidas” se não houvesse desperdício.

Assim, a fórmula do cálculo de rendimento fica como se segue:

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Produto Líquido Empacotado (quilos)}}{\text{Quantidade Máxima de Produto Possível (quilos)}}$$

Agora para se obter a fórmula em função do tempo tem-se que:

$$\frac{\text{Produto Líquido Empacotado (quilos)}}{\text{Fluxo Máximo Demonstrado (quilos / minuto)}} = \text{Tempo Ideal para Rendimento}$$

Onde:

Tempo Ideal para Rendimento

É o tempo que deveria ter sido tomado pela operação da linha de produção para a fabricação do “produto líquido empacotado”, se tivesse trabalhado no “fluxo máximo demonstrado” e se não houvesse nenhum desperdício de materiais.

E também:

$$\frac{\text{Quantidade Máxima de Produto Possível (quilos)}}{\text{Fluxo Máximo Demonstrado (quilos / minuto)}} = \text{Tempo Ideal Para Fluxo}$$

Onde:

Tempo Ideal para Fluxo

É o tempo que deveria ter sido consumido pela linha de produção para a fabricação da quantidade máxima de produto possível, trabalhado-se todo o tempo no fluxo máximo demonstrado.

Substituindo-se estas variáveis na última fórmula de rendimento, a fórmula para seu cálculo fica agora em função do tempo. Esta fórmula é como segue:

$$\text{Fluxo} = \frac{\text{Tempo Ideal para Rendimento (minutos)}}{\text{Tempo Ideal para Fluxo (minutos)}}$$

Agora a fórmula para o cálculo de OAE II pode ser expressa toda em função do tempo:

$$\text{OAE II} = \frac{\text{Tempo Real Trabalhado (min.)}}{\text{Tempo de Manufatura (min.)}} \times \frac{\text{Tempo Ideal para fluxo (minutos)}}{\text{Tempo Real Trabalhado (minutos)}} \times \frac{\text{Tempo Ideal para Rendimento Rendimento (minutos)}}{\text{Tempo Ideal para Fluxo (minutos)}}$$

Estendendo-se os conceitos da fórmula anterior para a definição do cálculo de OAE I, tem-se:

$$\text{OAE I} = \frac{\text{Tempo Real Trabalhado (min.)}}{\text{Tempo Total Disponível (min.)}} \times \frac{\text{Tempo Ideal para Fluxo (minutos)}}{\text{Tempo Real Trabalhado (minutos)}} \times \frac{\text{Tempo Ideal para Rendimento (minutos)}}{\text{Tempo Ideal para Fluxo (minutos)}}$$

E deste modo a fórmula para o cálculo de OAE pode ser simplificada como segue:

$$\text{OAE I} = \frac{\text{Tempo Ideal para Rendimento (minutos)}}{\text{Tempo Total Disponível (minutos)}} \times 100$$

$$\text{OAE II} = \frac{\text{Tempo Ideal para Rendimento (minutos)}}{\text{Tempo de Manufatura (minutos)}} \times 100$$

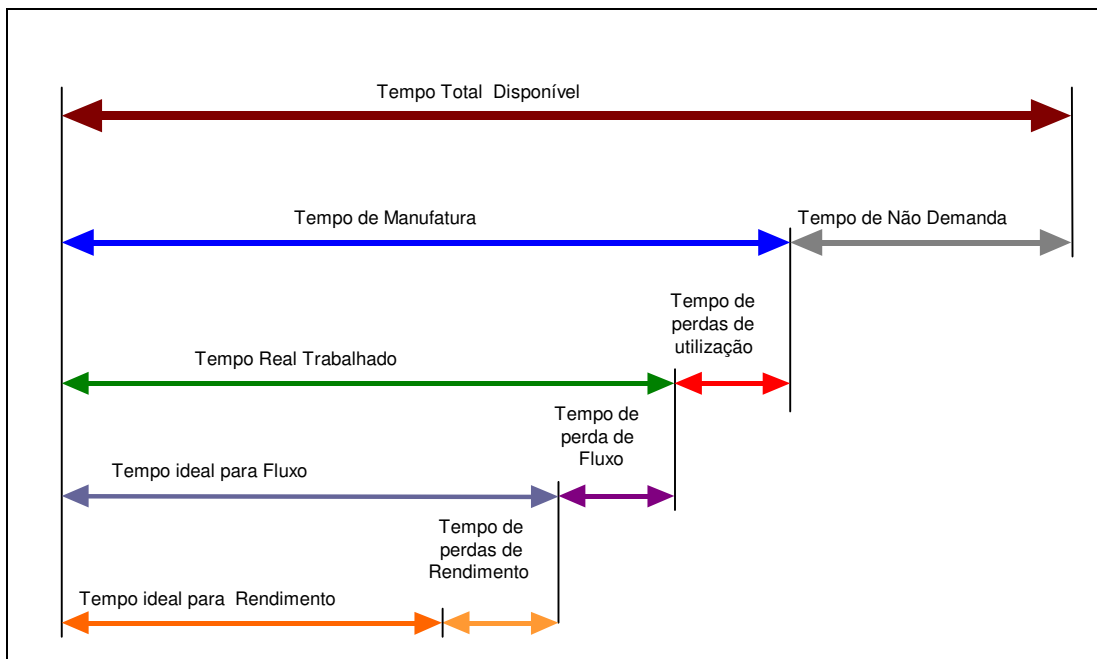
Das relações de tempo que se tem nas fórmulas dos indicadores de OAE, a magnitude dos diferentes conceitos de tempo são:

Tempo Total Disponível	> de	Tempo de Manufatura	> Total	Tempo Real Trabalhado	> para	Tempo Ideal para Fluxo	> para	Tempo Ideal para Rendimento
------------------------	------	---------------------	---------	-----------------------	--------	------------------------	--------	-----------------------------

Mais ainda, tem-se que:

Tempo Ideal para Rendimento	Tempo Ideal C para Fluxo	Tempo C Total Trabalhado	Tempo C de Manufatura	Tempo C Total Disponível
-----------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	--------------------------------

Com todas estas definições tem-se a escala de tempo mostrada na figura 7



FONTE: Elaborado pelo autor

FIGURA 7 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS DIVERSOS TEMPOS UTILIZADOS NO OAE

Do gráfico anterior, tem-se os seguintes conceitos:

3.8.1 Perdas de Fluxo

Este é o tempo em que a linha de produção apresenta perdas de fluxo devido a paradas de curta duração ou paradas não registradas como paradas

de linha, assim como, diminuição da velocidade (diminuição do fluxo) por problemas na operação, materiais e falhas. Em geral é uma falta de consistência para a manutenção do fluxo máximo demonstrado.

$$\text{Perdas de Fluxo} = \text{Tempo Real Trabalhado} - \text{Tempo Ideal para Fluxo}$$

3.8.2 Perdas de Rendimento

Este é o tempo adicional decorrente ao desperdício de materiais que a linha de produção apresentou por ter operado no fluxo máximo demonstrado a fim de processar a quantidade adicional de matérias-primas necessárias ao atendimento do volume de produto final.

$$\text{Perdas de Rendimento} = \text{Tempo Ideal para Fluxo} - \text{Tempo Ideal Rendimento}$$

Definidas as fórmulas para o cálculo dos indicadores de OAE, também em função do tempo, tem-se o seguinte resumo das fórmulas:

$$\text{Utilização } OI = \frac{\text{Tempo Real Trabalhado (minutos)}}{\text{Tempo Total Disponível (minutos)}}$$

$$\text{Fluxo} = \frac{\text{Produção Bruta Real (quilos)}}{\left(\begin{array}{cc} \text{Fluxo Máximo Demonstrado} & \text{Tempo Real X Trabalhado} \\ \text{(quilos / minuto)} & \text{(minutos)} \end{array} \right)} = \frac{\text{Tempo Ideal para fluxo (minutos)}}{\text{Tempo Real Trabalhado (minutos)}}$$

$$\text{Rendimento} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Produto Líquido} \\ \text{Empacotado} \\ \text{(quilos)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Fator de Rendimento Teórico} \\ \text{x Matérias - Primas a Produto} \\ \text{(quilos Mat. Prim. / quilo Produto)} \end{array} \right)}{\text{Matérias - Primas Realmente Consumidas (quilos)}}$$

$$= \frac{\text{Tempo Ideal para Rendimento (minutos)}}{\text{Tempo Ideal para Fluxo (minutos)}}$$

Também tem-se as seguintes relações de tempo:

Tempo Ideal para Rendimento + Perdas de Rendimento = Tempo Ideal para Fluxo

Tempo Ideal para Fluxo + Perdas de fluxo = Tempo Real Trabalhado

Tempo Real Trabalhado + Perdas de Utilização = Tempo de Manufatura

Graficamente estas relações podem ser representadas como mostra a figura 8.

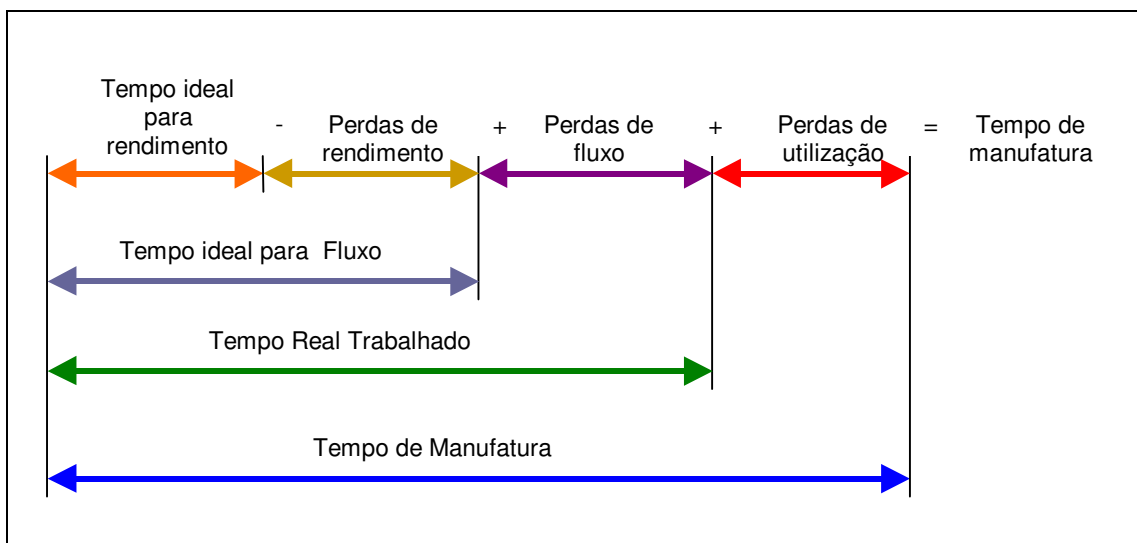
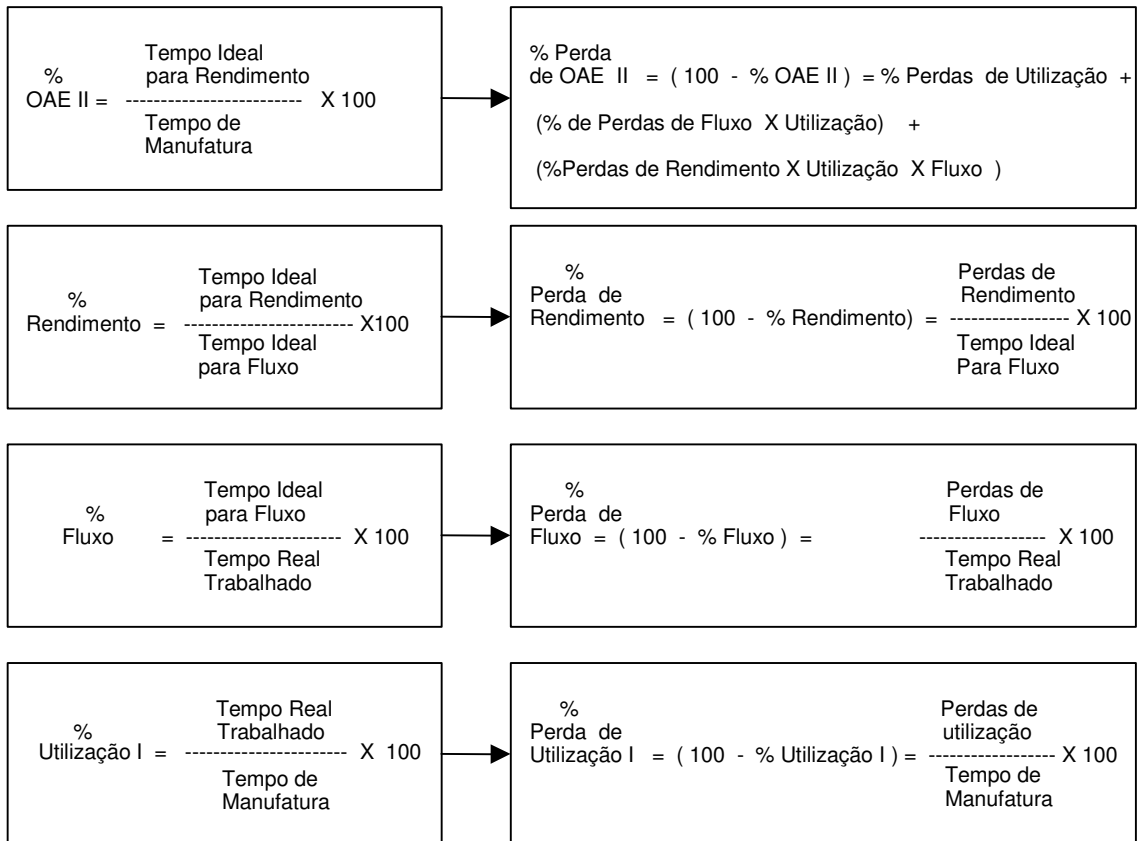


FIGURA 8 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA INTER-RELAÇÃO ENTRE OS TEMPOS E PERDAS NO OAE

De acordo com a figura acima, são obtidas as seguintes relações:

QUADRO 8- RELAÇÕES ENTRE TEMPOS E PERDAS NO OAE



FONTE: Elaborado pelo autor

3.9 PERDAS DE MANUFATURA COMO PONTOS DE PERDA DE OAE II

3.9.1 Perdas de Utilização

$$\% \text{ OAE II} = \frac{\text{Tempo Ideal para Rendimento}}{\text{Tempo de Manufatura}} \times 100$$

$$\% \text{ Perda de Utilização I} = (100 - \% \text{ Utilização I}) = \frac{\text{Perdas de Utilização}}{\text{Tempo de Manufatura}} \times 100$$

$$\text{Pontos de Perda de OAE II} = \text{Pontos de Utilização}$$

As perdas de utilização igualmente ao OAE II são uma proporção do tempo de manufatura, então:

$$\text{Pontos de Perda de OAE II} = \text{Pontos de Utilização}$$

3.9.2 Perdas de Fluxo

$$\% \text{ OAE II} = \frac{\text{Tempo Ideal para Rendimento}}{\text{Tempo de Manufatura}} \times 100$$

$$\% \text{ Perdas de Fluxo} = (100 - \% \text{ Fluxo}) = \frac{\text{Perdas de Fluxo}}{\text{Tempo Real Trabalhado}} \times 100$$

Tem-se que:

$$\text{Utilização II} = \frac{\text{Tempo Real Trabalhado}}{\text{Tempo de Manufatura}}, \text{ onde } \frac{\text{Tempo Real Trabalhado}}{\text{Tempo de Manufatura}} = \left(\text{Utilização II} \times \frac{\text{Tempo de Manufatura}}{\text{Tempo de Manufatura}} \right)$$

Então, o tempo real trabalhado é uma fração do tempo de manufatura e esta é igual ao tempo de manufatura multiplicado pela utilização, então:

$$\text{Pontos de Perda de OAE II} = \frac{\text{Pontos de Perda de Fluxo}}{\text{Utilização}}$$

3.9.3 Perdas de Rendimento

$$\% \text{ OAE II} = \frac{\text{Tempo Ideal para Rendimento}}{\text{Tempo de Manufatura}} \times 100$$

Tem-se que:

$$\text{Fluxo} = \frac{\text{Tempo Ideal para Fluxo}}{\text{Tempo Real Trabalhado}}, \text{ onde } \frac{\text{Tempo Ideal para fluxo}}{\text{Tempo Real Trabalhado}} = \frac{\text{Tempo Real}}{\text{Tempo Ideal}} \times \text{Fluxo}$$

O tempo ideal para fluxo é uma fração do tempo real trabalhado e esta é igual ao tempo real trabalhado multiplicado pelo fluxo e também, conforme visto anteriormente (Perdas de Fluxo). O tempo real trabalhado é uma fração do tempo de manufatura e é igual ao tempo de manufatura multiplicado pela utilização

Então:

$$\text{Pontos de Perda de OAE II} = \frac{\text{Pontos de Perda de Rendimento}}{\text{Utilização}} \times \text{Fluxo}$$

E no total para as perdas de manufatura:

$$\begin{aligned} \% \text{ Perda de OAE II} &= (100 - \% \text{ OAE II}) = \left(\% \text{ Perdas de Utilização} + \% \text{ de Perdas de Fluxo} \right) \times \text{Utilização} + \\ &\left(\% \text{ Perdas de Rendimento} \times \text{Utilização} \right) \times \text{Fluxo} \end{aligned}$$

Todo o exercício acima foi realizado para explicar o procedimento adotado levar os indicadores de OAE a somente uma unidade e deste modo melhorar o entendimento da influência de cada um dos indicadores no OAE.

Para converter indicadores a somente uma unidade não são necessárias todas as fórmulas anteriores. Um método rápido é a utilização dos dados disponíveis e os indicadores tais como calculados.

Os dados em primeira instância registrados por empresas que empregam o OAE por linha e produto são:

- Tempo real trabalhado;
- Tempo total disponível;
- Tempo de manufatura;
- Tempo total de paradas;
- Produção bruta real;
- Fluxo máximo demonstrado;
- Fator de rendimento teórico;
- Matérias-primas realmente consumidas;
- Produto líquido empacotado.

E os dados que se calculam são:

- Utilização;
- Fluxo;
- Rendimento;
- OAE I;
- OAE II.

Então, tomando-se os dados anteriores, são efetuados os seguintes cálculos:

$$\text{Tempo Ideal para Fluxo (minutos)} = \frac{\text{Tempo Real Trabalhado (minutos)}}{\% \text{ Fluxo}}$$

$$\text{Tempo Ideal para Rendimento (minutos)} = \frac{\text{Tempo Ideal para Fluxo (minutos)}}{\% \text{ Rendimento}}$$

$$\% \text{ de Perdas para um Indicador (Utilização, Fluxo ou Rendimento)} = 100\% - \frac{\text{Valor Atual do Indicador}}{\text{Valor Ideal do Indicador}}$$

Perdas em tempo por indicador:

- Utilização

$$\text{Perdas de Utilização (minutos)} = \frac{\text{Tempo de manufatura (minutos)} - \text{Tempo real trabalhado (minutos)}}{\text{Tempo de manufatura (minutos)}}$$

$$\text{Perdas de utilização (Minutos)} = \frac{\% \text{ de Perdas de Utilização}}{\% \text{ de Utilização}} \times \text{Tempo de manufatura (minutos)}$$

- Fluxo

$$\begin{array}{l} \text{Perdas de} \\ \text{Fluxo} \\ \text{(minutos)} \end{array} = \frac{\text{Tempo real} - \text{Tempo ideal}}{\text{trabalhado para fluxo}} \text{ (minutos)}$$

$$\begin{array}{l} \text{Perdas de} \\ \text{fluxo} \\ \text{(Minutos)} \end{array} = \frac{\% \text{ de Perdas}}{\% \text{ de fluxo}} \times \frac{\text{Tempo real}}{\text{trabalhado}} \text{ (minutos)}$$

- Rendimento

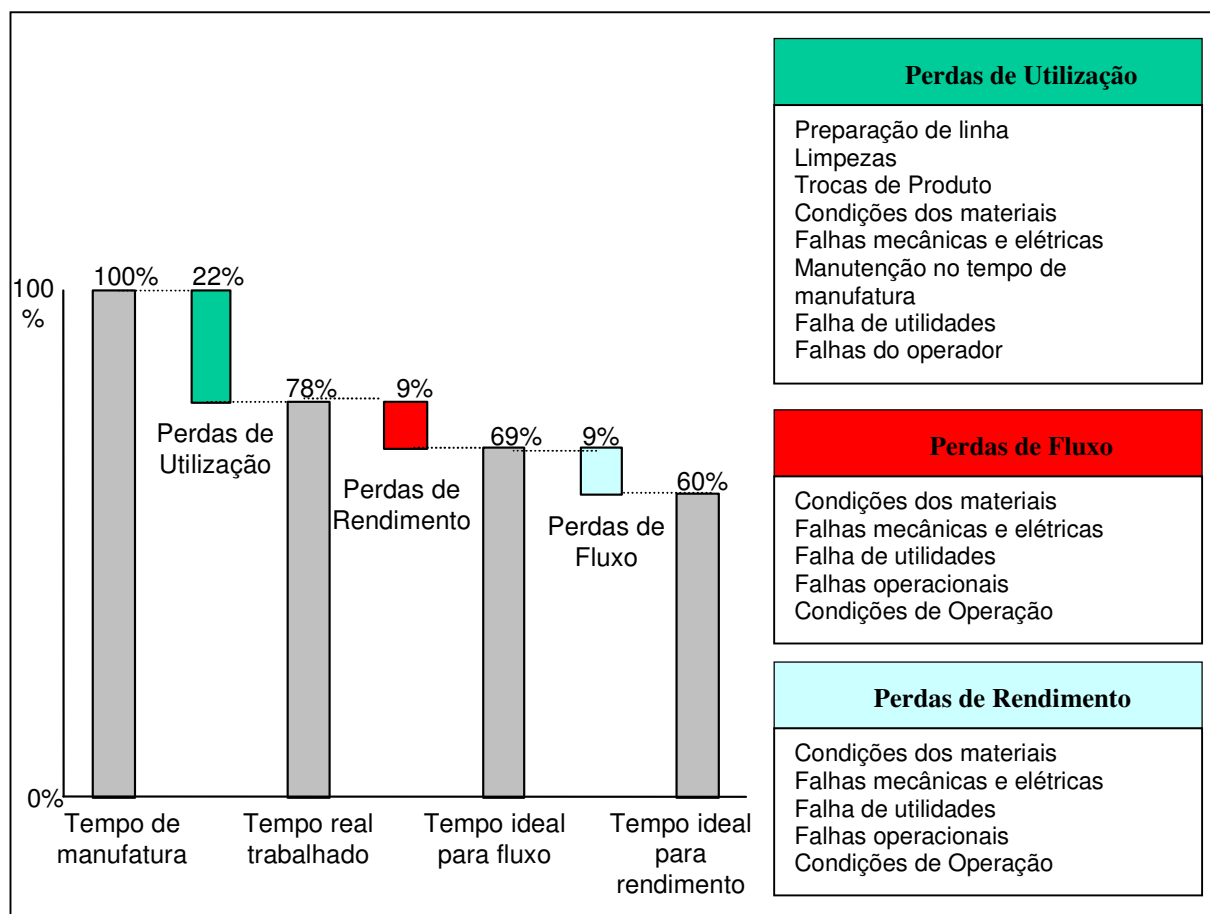
$$\begin{array}{l} \text{Perdas de} \\ \text{rendimento} \\ \text{(minutos)} \end{array} = \frac{\text{Tempo ideal para fluxo} - \text{Tempo ideal para rendimento}}{\text{(minutos)}}$$

$$\begin{array}{l} \text{Perdas de} \\ \text{rendimento} \\ \text{(Minutos)} \end{array} = \frac{\% \text{ de Perdas}}{\% \text{ de rendimento}} \times \frac{\text{Tempo real}}{\text{trabalhado}} \text{ (minutos)}$$

Pontos de
perdas

$$\begin{array}{l} \text{de OAE II} \\ \text{de OAE II} \end{array} = \% \text{ Perdas de Utilização} + (\% \text{ Perdas de Fluxo} \times \% \text{ Utilização}) + (\% \text{ Perdas de Rendimento} \times \% \text{ Utilização} \times \% \text{ Fluxo})$$

Utilizando-se estas fórmulas, foi construído o gráfico apresentado na figura 9, que mostra o conjunto das perdas de cada um dos indicadores tratadas anteriormente.



FONTE: Elaborado pelo autor

FIGURA 9 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS PERDAS E O ÍNDICE OAE

3.10 METODOLOGIA DE OAE PARA A MELHORA CONTÍNUA

3.10.1 Introdução

O OAE é um modelo de administração da melhora contínua baseado no gerenciamento e controle da informação da produção/manufatura e na mensuração da operação com indicadores representativos, destinados a aferir o desempenho em todas as suas dimensões, incluindo-se as causas de perdas de produtividade, que deverão ser eliminadas.

Os projetos de melhora de OAE enfocam especificamente a eliminação e diminuição das perdas de produtividade:

- Perdas de Utilização;
- Perdas de Fluxo;
- Perdas de Rendimento.

Perdas de Utilização

São todos os tempos em que a linha de produção não está trabalhando. Estes casos podem ser devidos a:

- Tempo de preparação da linha;
- Tempo de limpeza da linha;
- Tempo de troca de produto (às vezes incluindo o tempo de preparação ou limpeza);
- Tempo de falhas ocasionadas por alguma condição dos materiais;
- Tempo de falha mecânica na linha de produção;
- Tempo de falha elétrica na linha de produção;
- Atividades de manutenção que ocupam parte de tempo de manufatura;
- Falhas das utilidades para produção (água, gás, vapor, ar e outros);
- Tempo de falhas operacionais.

Perdas de Fluxo

As perdas de fluxo são os tempos em que a linha de produção está em operação, mas não trabalhando no fluxo máximo demonstrado. Este fato se dá devido a:

- Falhas por condições dos materiais;
- Falhas mecânicas na linha de produção;
- Falhas elétricas na linha de produção;

- Falhas das utilidades da linha de produção (água, gás, vapor, ar e outros);
- Falhas do operador;
- Falhas nas condições de operação.

Algumas falhas que afetam o fluxo podem ser: paradas de curta duração da linha, que, pelo fato de serem curtas, não são registradas como paradas da linha, ou também, podem ser falhas que não causam paradas totais da linha, mas estão impedindo que esta trabalhe no fluxo máximo demonstrado, resultando em uma redução do fluxo.

Perdas de Rendimento

As perdas de rendimento são os desperdícios de materiais que se tem na linha de produção resultando em tempo adicional de trabalho para possibilitar a produção da quantidade requerida de produto acabado. As perdas de rendimento podem ser devidas a:

- Falhas pelas condições dos materiais;
- Falhas mecânicas na linha de produção;
- Falhas elétricas na linha de produção;
- Falhas das utilidades da linha de produção (água, gás, vapor, ar e outros);
- Falhas do operador;
- Falhas nas condições de operação.

As falhas que ocasionam a perda de rendimento, sem dúvida, podem ser consideradas entre as falhas que ocasionam perdas de utilização e perdas de fluxo, e por isto, quando uma falha dessas afeta o rendimento, não é fácil a quantificação do impacto da mesma na perda. Portanto, deve-se estabelecer uma prioridade de ataque às perdas e essa prioridade será dada pelo mesmo valor que as perdas geram no indicador de OAE.

Sabe-se que:

Perdas de OAE II = Perdas de Utilização;

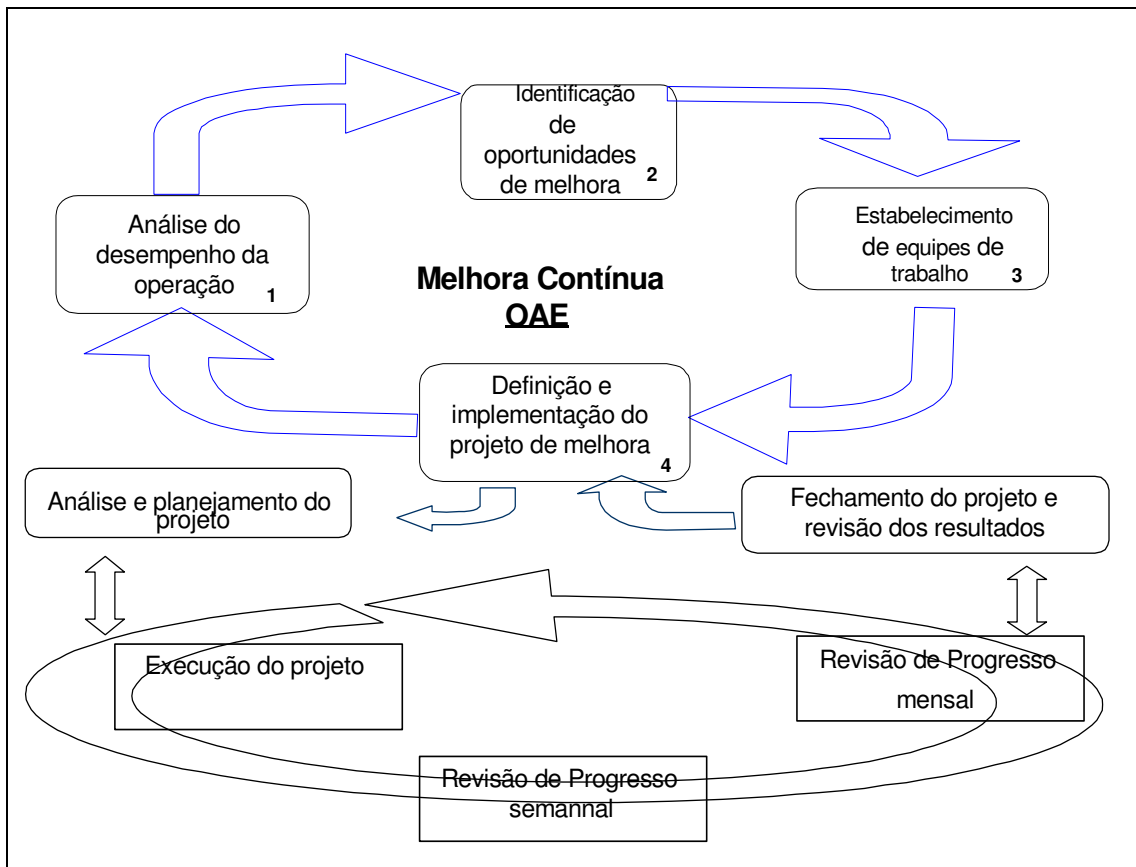
Perdas de OAE II = Perdas de Fluxo x Utilização;

Perdas de OAE II = Perdas de Rendimento x Utilização x Fluxo .

Então, pode-se definir como prioridade de ataque de problemas de produtividade as perdas de utilização, depois as perdas de fluxo e então as perdas de rendimento. Os pontos que resultam em melhora de utilização refletem com a mesma intensidade nos pontos de melhora de OAE. Ao melhorar a utilização, somente, também estará sendo melhorada a parte do OAE que impacta as perdas de fluxo e rendimento. Também é de se notar que o ponto de enfoque para a eliminação das perdas de produtividade são os gargalos da linha de produção.

3.10.2 Aplicação da Metodologia OAE para Projetos de Melhoria

O ciclo da metodologia de melhoria contínua OAE é mostrado na figura 10.



FONTE: FLORES, J. **Explicação do OAE**. Descrição da metodologia OAE, Queretáro, 2000

FIGURA 10 – CICLO DE MELHORIA CONTÍNUA

Após a implementação do projeto OAE, inicia-se a mensuração do desempenho de manufatura pelo OAE e seus indicadores; tem-se como fase seguinte a realização de projetos de melhoria de OAE. O esquema da figura 10 representa o processo de melhoria contínua de OAE.

A metodologia de OAE para a melhoria contínua baseia-se na análise da informação do desempenho de manufatura e na informação dos resultados de OAE, de seus indicadores e das perdas de produtividade dos mesmos. Com estes dados, são estabelecidas equipes de trabalho que desenvolvem projetos de melhoria.

Tendo-se as informações necessárias, acima descritas, pode-se aplicar a seguinte metodologia:

3.10.2.1 Análise preliminar

A análise preliminar é a proposta do projeto de melhoria com base na informação revisada e considerada a priorização nas reduções de perdas.

Charter do projeto:

Resumo do projeto

Resumo das evidências que justificam o projeto

Objetivos do projeto: operacionais e econômicos

3.10.2.2 Análises de causa e efeito

Para a análise de causa e efeito pode-se realizar qualquer procedimento para encontrar as causas, como por exemplo o “Diagrama de Ishikawa” ou o de RCFA – *Root Cause Failure Analysis* (Os cinco porquês). Uma vez encontradas as causas-raiz formam-se as equipes de trabalho de acordo com as mesmas. Para a formação das equipes de trabalho a metodologia OAE propõe:

3.10.3 Definição de Equipe de Trabalho

Equipes de trabalho são:

“Grupo de pessoas, geralmente supervisores, operadores, pessoal de manutenção e de qualidade, que implementarão um projeto determinado, com o objetivo específico de melhorar o índice de OAE” (THE PRODUCTIVITY DEVELOPMENT TEAM, 1999).

Atividades:

- Definir processo;
- Desenvolver hipóteses de causas;
- Levantar e analisar Informações para comprovar as hipóteses;
- Desenvolver soluções para causas demonstradas;
- Implementar soluções e medir as melhorias;

- Monitorar resultados para avaliar o impacto das soluções implantadas.

3.10.3.1 Tipos de equipes de trabalho

3.10.3.1.1 Equipes de melhoria de procedimento - EMO

O trabalho destas equipes abrangem: procedimentos e métodos de trabalho, disponibilidade de ferramentas e equipamentos, comunicação e sistemas de informação, instruções e procedimentos operacionais, capacitação e treinamento de pessoal.

A equipe de melhoria de operações – EMO atuará com a metodologia que compreende:

1. *Chartering* - Apresentação do projeto, enfocando os esforços da equipe em uma combinação específica de máquina/operação;
2. Definir hipóteses - sobre as áreas de oportunidade específica. Apresentar a equipe o resumo de evidências das áreas de oportunidade;
3. Coletar dados para provar as hipóteses - Coletar segundo a base de dados existente toda a informação que proverá dados para respaldar as hipóteses;
4. Desenvolvimento de soluções - As soluções de melhoria em métodos de trabalho e procedimentos operacionais deverão ser registradas, incluindo-se também propostas para validações e autorizações posteriores;
5. Implementação de soluções - Após obter autorização das soluções apresentadas, método de trabalho, procedimentos operacionais e outros, se designará um membro de equipe para implementar a solução de forma completa e exata;
6. Medição e monitoramento de resultados - Deverá ser criado um sistema de acompanhamento semanal aproveitando a base de dados existentes para o monitoramento do OAE e seus indicadores;

3.10.3.1.2 Equipes de melhoria de equipamentos - EME

O trabalho destas equipes abrange: determinação dos equipamentos críticos, padronização dos equipamentos, padronização dos procedimentos e rotinas preventivas dos equipamentos críticos; definição das responsabilidades básicas dos operadores na manutenção dos equipamentos e fixação dos níveis de inventário das peças críticas com melhorias mecânica e/ou elétrica dos equipamentos.

A equipe de melhoria de equipamentos – EME atuará com a metodologia que compreende:

Exemplos das atividades EME:

1. *Chartering* - Apresentação do projeto enfocando os esforços de equipe em uma combinação específica de máquina/operação;

2. Identificação dos equipamentos críticos com a respectiva padronização - São verificadas as classes de equipamentos existentes, os quais são agregados em grupos de sistemas comuns. Gerar diagramas de fluxo das linhas de produção para identificar quais são os equipamentos que provocam paradas importantes – alto impacto no OAE, quando ocorridas falhas;

3. Padronização de procedimentos e rotinas preventivas dos equipamentos críticos - Ao gerar novos procedimentos validados são padronizados os diferentes turnos de manutenção;

4. Melhorias mecânicas dos equipamentos - Quando são disponíveis as listas de soluções potenciais as quais são validadas, é feita a melhoria nos equipamentos;

5. Definição dos níveis de inventário de peças/partes críticas - Realização de um estudo físico de partes/peças obsoletas, consignações, com apresentação de uma proposta de melhoria;

6. Capacitação e treinamento - O pessoal deveria ser capacitado para operar os equipamentos críticos conhecendo as respectivas rotinas preventivas. As alterações efetuadas na linha devem ser informadas e as novas políticas de inventário de partes são explicadas;

7. Medição e monitoramento de resultados. Deverá ser criado um sistema de acompanhamento semanal aproveitando-se a base de dados existentes para o monitoramento do OAE e dos seus indicadores.

3.10.3.1.3 Equipes de melhoria de processos - EMP

O trabalho destas equipes abrange: definição das variáveis críticas e condições de operação, definição de especificações de materiais, procedimentos e processos que assegurem a qualidade, estabilização das variáveis, controles e melhorias do processo.

A equipe de melhoria de processos – EMP terá as atribuições de:

1. *Chartering* - Apresentação do projeto, enfocando os esforços da equipe em uma combinação específica de máquina/operação;

2. Identificar variáveis críticas - Descrição do processo de forma seccionada, manejando-se subprocessos e identificando-se as variáveis dependentes e independentes;

3. Desenho do projeto - Avaliação dos instrumentos e técnicas necessárias para a mensuração da qualidade do produto e das variáveis de processo do equipamento. Definição do plano de ação de coleta de dados assim como planos dos planos do projeto;

4. Análises do desempenho atual do processo - Quantificação de capacidade do equipamento em manter os parâmetros de operação e qualidade do produto dentro dos limites especificados. Excessivo “ruído” no processo será identificado e corrigido;

5. Otimização do processo - Determinação dos valores-chave dos parâmetros de processo, para serem alcançadas as metas de desempenho apresentadas no *charter*;

6. Implantação e melhora contínua - Implantação e melhoria do processo, quando necessário;

7. Mensuração e monitoramento de resultados: - Deverá ser criado um sistema de acompanhamento semanal aproveitando-se a base de dados existentes para o monitoramento do OAE e respectivos indicadores.

3.11 DETERMINAÇÃO DE SOLUÇÕES E PROGRAMAS DE ATIVIDADES PARA SUA IMPLANTAÇÃO

- Nesta fase são desenvolvidas soluções mediante o trabalho em conjunto das equipes formadas para a realização do projeto;
- Para cada causa-raiz deve ser definida uma solução;
- Para cada solução deve ser dada uma ponderação;
- Definição do responsável para cada solução e o tempo de implantação;
- Desenvolvimento do programa para implantação das soluções.

3.11.1 Implementação das Soluções

As soluções serão consequência do trabalho das equipes e cada solução terá um responsável:

- Para cada responsável das soluções será exigido um relatório;
- Haverá reuniões semanais das equipes para revisão dos avanços;
- Será enviado um relatório de avanço semanal ao gerente de área.

3.11.2 Seguimento dos Resultados

Quando o projeto estiver concluído, a operação normal e a responsabilidade de manutenção da solução é da pessoa responsável pela linha de produção, para isto deve existir um procedimento de entrega/recebimento do projeto e também devem ser implementados os procedimentos necessários para revisão continuada da permanência da solução e das condições estabelecidas.

- Será desenvolvido um sistema de acompanhamento numérico para a quantificação dos resultados obtidos com a implementação das soluções;
- Serão produzidos informes semanais às áreas interessadas sobre os resultados e avanços obtidos.

3.11.3 Documentação do Projeto

Cada projeto deve ser detalhadamente documentado, tarefa de responsabilidade da equipe de trabalho.

- Cada ação tomada sobre o desenvolvimento do projeto deve ser registrada e armazenada em um arquivo especial;
- Cada aviso de troca de formatos, metodologia e outros deverá ser avisado à todos os membros da equipe assim como à gerência de área e ficar documentado oficialmente.

A metodologia OAE está funcionando satisfatoriamente na empresa em questão, mas a necessidade da busca permanente do aprimoramento dos procedimentos disponíveis, sugere a aplicação de uma metodologia que utilize uma abordagem global e introduza uma mudança de paradigma. Esta metodologia, que será apresentada no capítulo 4, é chamada de Teoria das Restrições –TOC.

4 TEORIA DAS RESTRIÇÕES

4.1 INTRODUÇÃO

A TOC teve início na década de 70, quando o físico Israelense, Eliyahu Goldratt, se envolveu no mundo dos negócios quase que acidentalmente. Um amigo estava tendo dificuldades para programar o trabalho numa fábrica que construía gaiolas para aves. Goldratt ficou curioso a respeito do problema e concebeu um sistema de programação inovador, que permitia enorme aumento na produção de galinheiros completos sem aumentar as despesas operacionais. Goldratt descobriu que não havia um *software* satisfatório para programação de fábricas disponível no mercado e ele incorporou, então, suas idéias num *software* chamado OPT, que é sigla do inglês *Optimized Production Technology* - Tecnologia da Produção Otimizada, lançado em 1978.

Este *software* teve apenas um sucesso modesto e alguns clientes ficaram poucos satisfeitos. Este resultado é atribuído ao fato do OPT ter sido instalado e fábricas onde as operações eram inerentemente instáveis e imprevisíveis, devido à maneira que eram dirigidas, ou em fábricas onde os gerentes executivos não apoiaram os alvos implícitos do OPT.

Assim, Goldratt compreendeu que as operações precisam ser aperfeiçoadas e estabilizadas antes que um sistema de programação bem sucedido possa ser instalado. Enxertar um sistema de programação em um sistema de operação caótico não resolve o problema e pode até piorar. Os gerentes inventam mecanismos adequados para enfrentar o caos da fábrica, sendo que muitos destes mecanismos (tais como o apressamento na produção) exigem freqüentes interrupções do programa. Impor um programa em tais situações e exigir disciplina para segui-lo, pode perfeitamente piorar a situação.

Para se instalar com êxito qualquer sistema de programação, se faz necessário, primeiro, resolver muitos problemas básicos. Foi desta forma que a TOC evoluiu e se tornou cada vez mais generalizada. Este enfoque levou ao

desenvolvimento das ferramentas gerais de gerenciamento apresentadas no livro *A Meta* (GOLDRATT, 1984).

A Meta, lançada em 1984 por Eliyahu M. Goldratt e Jef Cox, foi escrita sob estilo de romance e mostra a dificuldade de um gerente de fábrica, Alex Rogo, na administração de sua empresa. A fábrica de Alex estava com grandes problemas e em perigo iminente de ser fechada pela alta direção. No desenrolar da história, o gerente vai descobrindo os princípios da teoria de Goldratt e a empresa recupera sua competitividade. A fábrica foi salva ao deixar de lado práticas gerenciais tradicionais e apreciadas, que estavam criando terríveis dificuldades. Alex foi ajudado durante todo o tempo pelas perguntas desafiadoras de Jonah, um acadêmico israelense que surge em pontos críticos do romance.

Muitos administradores de empresas leram o livro e aplicaram rapidamente os princípios da TOC. O sucesso do livro foi, e ainda é enorme.

A maioria destas empresas, onde se implementava a logística de produção de Goldratt melhorava tão significativamente a produção que problemas começavam a aparecer em outras áreas da empresa. Goldratt elaborou soluções para outras áreas das empresas, tais como logística de distribuição e gerenciamento de projetos. Porém, ele sabia que as empresas precisavam de algo mais fundamental que apenas soluções prontas: todas vezes, que uma empresa aplicava as soluções que ele havia criado, dava um salto em competitividade, mas, posteriormente, estagnava.

Diante destes resultados, Goldratt decidiu ensinar às pessoas o raciocínio lógico que usava para resolver problemas. As empresas precisavam aprender a resolver seus próprios problemas e assim, garantir o seu futuro, e obtendo melhoras contínuas de desempenho. Goldratt desenvolveu as ferramentas de raciocínio lógico que usava intuitivamente e passou a ensiná-las a partir de 1991.

Hoje em dia a TOC é composta de dois campos: Processos de Raciocínio e os Aplicativos Específicos, como, por exemplo, logística de produção.

Os processos de raciocínio da TOC ultrapassaram os limites da administração e são usados em muitas outras áreas do conhecimento humano, pois formam a base de toda a TOC.

O histórico da TOC explica porque muitos ainda a consideram como apenas aplicável à produção. O livro *A Meta*, que até agora tem sido o maior divulgador da teoria, é baseado nos problemas de logística de produção, enquanto que os processos de raciocínio vieram muito tempo depois e ainda não foram tão divulgados e implementados.

“Para tentar superar esse obstáculo na disseminação da TOC como um todo, foi escrito, um outro livro, no mesmo estilo de *A Meta*, chamado de *Mais Que Sorte... um processo de raciocínio*. Dessa vez elaborando a história em torno dos problemas mais estratégicos das empresas, usando os Processos de Raciocínio” (GOLDRATT, 1994).

4.1.1 Empresas que Estão Aplicando a TOC

A primeira empresa a aplicar a TOC foi uma empresa produtora de equipamentos para avicultura que estava tendo problemas para programar a produção. Hoje em dia, há vários exemplos de empresas que a estão aplicando de forma integral ou parcial.

4.1.1.1 Empresas no mundo conforme (MAC MULLEN, 1998)

- Eastman Kodak;
- Vickers;
- ITT Canon;
- British Aerospace;
- British Steel;
- Lucas;
- Perkins;
- Philips;
- ICI;

- National Semiconductor;
- U.S. Air Force Medical Service;
- Zycon Corporation;
- Delta Airlines;
- Samsonite;
- United Airlines;
- U.S. Air Force Logistics Command.

4.1.1.2 Empresas no Brasil conforme (contato pessoal com CSILLAG, 2001)

- Eaton;
- Ferplast;
- Açotec;
- Rexroth.

4.2 A META DA EMPRESA

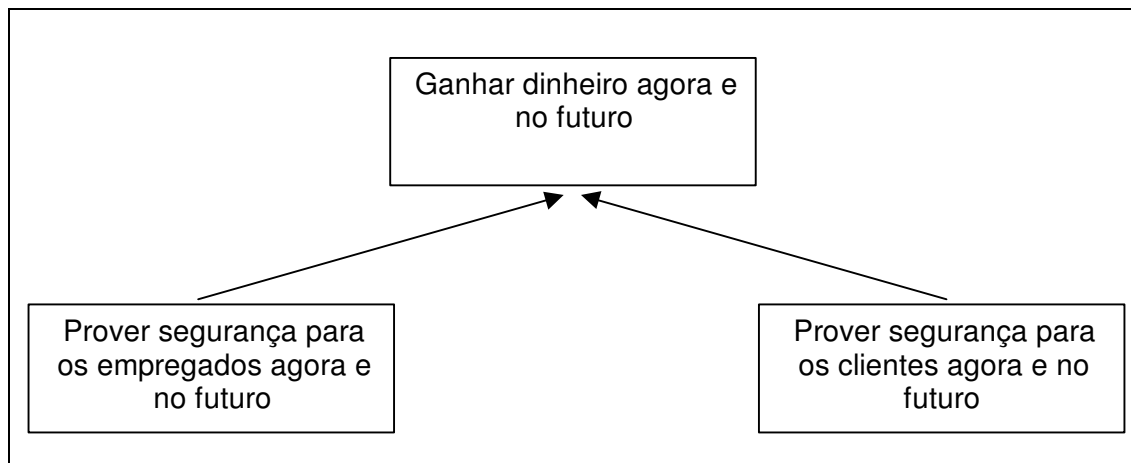
O primeiro conceito a ser aprendido é o conceito de restrição. A maneira mais fácil de se chegar a este conceito é respondendo-se a pergunta: “qual é a meta da empresa?”.

A Teoria das Restrições trabalha com a premissa de que todo sistema tem uma meta.

“A meta da empresa com fins lucrativos deve ser a de “ganhar dinheiro” tanto no presente como no futuro” (GOLDRATT, 1984).

Algumas pessoas podem argumentar que a meta de sua empresa é satisfazer seus clientes agora e no futuro ou prover satisfação e segurança para seus funcionários agora e no futuro.

A teoria das restrições reconhece que apenas os “proprietários” da empresa podem escolher a meta. Entretanto, uma vez escolhida, as outras duas tornam-se condições necessárias para ser atingida a meta. A figura 11 mostra a relação entre a meta da empresa e as condições necessárias.



FONTE: SULLIVAN, T. **Applying the Theory of Constraints**. Disponível em: <<http://www.ciras.iastate.edu/toc/>> Acesso em: 20 jun. 2001.

FIGURA 11 – A META DA EMPRESA E SUAS CONDIÇÕES NECESSÁRIAS

Portanto:

Se a meta for satisfazer os clientes agora e no futuro, é absolutamente necessário ganhar dinheiro e satisfazer os empregados.

Da mesma forma, se a meta da empresa for satisfazer os empregados, ela também precisa ganhar dinheiro e satisfazer seus clientes, ou a empresa não estará funcionando no futuro.

Isso pode ser concluído porque, por mais variados que sejam os objetivos, nenhum deles poderá ser obtido sem que o ganho da empresa seja garantido. E, para que isso ocorra, “deve-se definir a meta de uma empresa de uma maneira mais completa: ganhar dinheiro agora e no futuro, sempre e cada vez mais, e ainda, conquistar, manter e expandir o mercado consumidor” (GOLDRATT,1990).

No livro *A Meta*, Goldratt vai mostrando esta resposta em todo o texto ficando, de certa maneira, implícita até o final, porém permitindo ao leitor concluir que dentre os diversos objetivos da empresa, a meta principal é: ganhar dinheiro.

Na cena conhecida como a cena da “cerveja com pizza” do capítulo 5 do livro *A Meta*, Alex retira-se por um momento para pensar. Ele acabou de “fugir”

de uma reunião de negócios na qual uma soma de indicadores de contabilidade está mostrando uma realidade, exatamente oposta ao que ela realmente é. Ele pergunta qual deve ser a meta de uma empresa considerando várias alternativas aceitáveis chegando à seguinte conclusão óbvia:

“A meta de uma organização é ganhar dinheiro” (GOLDRATT, 1984).

Esta conclusão não deve ser surpreendente, levando-se em consideração a lógica de que uma empresa precisa de dinheiro para pagar salários, prover benefícios, fazer propaganda, comprar equipamentos novos, e pagar todos os gastos necessários para se manter funcionando e dentro do mercado. Entretanto, *A Meta* mostra como as medidas típicas internas, políticas e procedimentos estão criando efeitos que são exatamente o contrário do que a empresa diz e pensa que está tentando fazer.

A escolha então é da empresa, neste trabalho, a meta é ganhar dinheiro agora e no futuro.

Esta meta é:

- Determinada pelos “proprietários”;
- Sujeita a algumas condições necessárias;
- Mensurável e deve ser mensurada.

As condições necessárias devem ser atendidas para que o sistema continue operando. Como exemplo de condições necessárias na lei, existem: políticas de meio ambiente, segurança do trabalho, garantia de sanitariedade do produto, impostos e taxas entre outros; outro tipo de condição é aquela que não está relacionada com a lei, por exemplo: serviço ao consumidor, qualidade do produto e preço atrativo.

4.3 TIPOS DE RECURSOS

Recursos, podem ser aqui entendidos como qualquer elemento necessário à produção de um bem, como pessoas, equipamentos, dispositivos, instrumentos de medição e espaço.

Há dois tipos de recursos, são eles:

4.3.1 Recurso com Restrição de Capacidade – RRC

Um recurso com restrição de capacidade (RRC) conhecido também simplesmente como restrição de um sistema, definido como um conjunto de entes (pessoas, componentes, partes, grupos, máquinas e outros) que interagem para a consecução de um objetivo comum, é qualquer coisa que impeça o mesmo de alcançar o seu objetivo, ou seja, é aquilo que impede a empresa de atingir a sua meta.

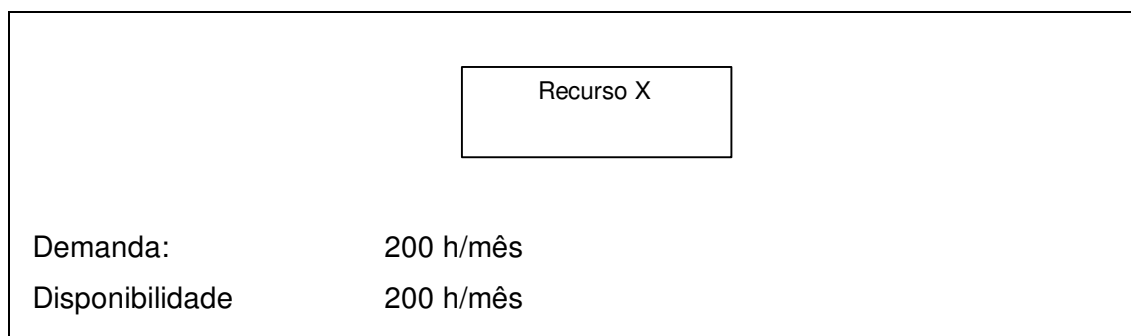
Qualquer sistema real deve ter pelo menos uma restrição, e qualquer organização com fins lucrativos deve ter pelo menos uma restrição que a impeça de obter mais lucros. Se um sistema não tivesse uma restrição, sua produção seria ilimitada. É também verdade, mas menos óbvio, que os sistemas físicos consistindo de processamento seqüencial mediante uma cadeia de recursos, têm geralmente apenas uma restrição. Esta situação é mais fácil de ser visualizada numa corrente que consiste de recursos com capacidades diferentes. O recurso com menor capacidade será geralmente a restrição. Embora muito menos óbvias, correntes iguais com capacidades de recursos equilibradas terão geralmente apenas uma restrição em qualquer tempo. Todavia, em tais correntes, a restrição pode flutuar de um para outro recurso devido a mudanças no *mix* (grade) de produção e interrupções ocasionais.

No início da década de 80, quando a teoria das restrições estava sendo desenvolvida, a economia se encontrava em plena expansão e muitas fábricas não conseguiam corresponder à demanda de mercado. Portanto, a restrição estava na fábrica. Assim sendo, a TOC se concentrou inicialmente em melhorar

as operações da fábrica, a fim de que mais ganho pudesse ser obtido sem qualquer aumento significativo nas despesas operacionais ou nos ativos, particularmente os inventários. As lições aprendidas desse esforço inicial continuam importantes, embora a restrição em anos recentes tenha mudado para o mercado em muitas organizações e tenha exigido a criação de novas ferramentas de TOC.

4.3.1.1 Recurso gargalo

Um conceito amplamente utilizado é o de gargalo, que é o recurso cuja capacidade é igual ou menor do que a demanda do mercado colocada nele (GOLDRATT, 1984). A figura 12 ilustra um gargalo:



FONTE: CORRÊA, H.L.; GIANESI, I. G. N. **Just in time, MRP II e OPT: Um enfoque estratégico**. 2.ed. São Paulo, p. 145, Atlas, 1993

FIGURA 12 – REPRESENTAÇÃO DE UM RECURSO GARGALO

O recurso X possui uma disponibilidade de 200 horas por mês e uma demanda de mercado de 200 horas por mês, portanto ele é um recurso gargalo, pois a demanda correspondente à própria disponibilidade do recurso e conforme descrito anteriormente, “gargalo é o recurso cuja capacidade é igual ou menor do que a demanda de mercado colocada nele” (GOLDRATT, 1984), ou seja, não existe folga.

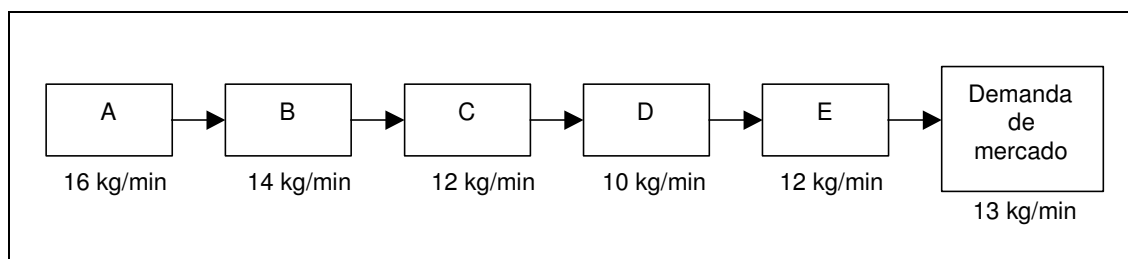
A diferença entre recurso gargalo e recurso com restrição de capacidade – RRC é simples. Em algumas situações, pode não haver gargalos reais em uma fábrica, ou seja, todos os centros produtivos estão superdimensionados em relação à demanda, mas sempre haverá algum recurso que restringe a produção, como por exemplo, a montagem final que responde à demanda de mercado (no caso de a demanda ser o limitante). Este, então, será o RRC, apesar de não ser um gargalo real. Pode também haver o caso em que, pela

definição, vários recursos sejam gargalos, isto é, vários recursos têm capacidade menor que a demandada pelo mercado. Neste caso, o RRC será aquele recurso, dentre os considerados gargalos, que tiver menor capacidade produtiva. Este será aquele que limitará a capacidade produtiva de todo o sistema.

Para exemplificar a diferença do conceito de recurso com restrição de capacidade e recurso gargalo deve-se primeiramente ter em mente o seguinte contexto:

No livro *A Meta*, Jonah está conversando com a equipe gerencial de uma fábrica que, naquele momento, está com uma demanda de mercado maior que a sua capacidade de produção. Jonah, fala de sua definição de gargalo no processo de identificação, no qual o recurso interno que está limitando a produção. Ele define gargalo como sendo o recurso cuja capacidade é menor ou igual à demanda de mercado colocada nele. No exemplo a seguir, tem-se uma empresa que tem uma restrição interna.

Exemplo: A figura 13 mostra as capacidades de um processo produtivo para uma empresa que tem cinco recursos.



FONTE: SULLIVAN, T. **Applying the Theory of Constraints**. Disponível em: <<http://www.ciras.iastate.edu/toc/>> Acesso em: 20 jun. 2001.

FIGURA 13 – REPRESENTAÇÃO DE UM PROCESSO PRODUTIVO DE UMA EMPRESA COM CINCO RECURSOS

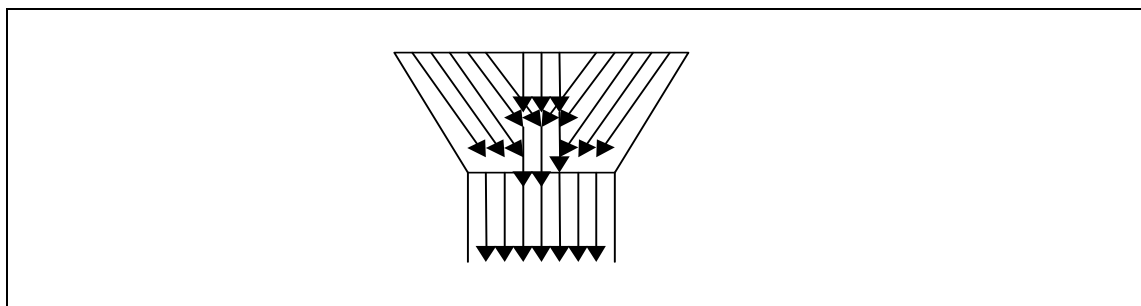
Neste ponto, pergunta-se quantos gargalos existem? A resposta de acordo com a definição fornecida por Jonah no livro *A Meta* é: - existem três gargalos. São eles, os recursos C, D e E, pois estes recursos possuem capacidade de 12 kg/min, 10 kg/min e 12 kg/min respectivamente, que é menor que a demanda de mercado colocada nele, que é de 13 kg/min.

Outra questão levantada é: o que acontecerá com a produção total do sistema se for realizada uma melhora no recurso C de forma a aumentar sua capacidade de 12 kg/min para 14 kg/min? A resposta é nada acontecerá, pois o recurso D ainda produzirá 10 kg/min. O único ponto em que uma melhora resultará em um aumento na produtividade no sistema é uma melhora no recurso D, que tem a menor capacidade, então este recurso é a restrição uma vez que está limitando o desempenho do sistema.

4.3.1.2 O valor da restrição

A importância das restrições é descrita com a seguinte frase: “Não existe escolha na questão. Ou você gerencia as restrições ou elas gerenciam você. As restrições determinam o ganho do sistema, quer sejam identificadas e gerenciadas ou não” (NOREEN, SMITH & MACKEY, 1999).

Para entender melhor esta frase, deve-se lembrar, conforme foi dito anteriormente, que o ganho de todo o sistema é limitado por sua restrição. Como resultado, pode-se medir o impacto de uma decisão tomando por base o impacto da decisão na restrição. Como em um funil, a taxa de fluxo é medida em seu ponto mais estreito conforme mostrada na figura 14. Este fato simplifica substancialmente as decisões, pois resume todo o processo de tomada de decisões à uma questão: “Isto fará o funil mais largo?” – Isto fará o ganho aumentar?



FONTE: WOEPPEL, M. J. **Manufacture's guide to implementing the theory of constraints.** Florida, p. 17, St. Lucie Press, 2001.

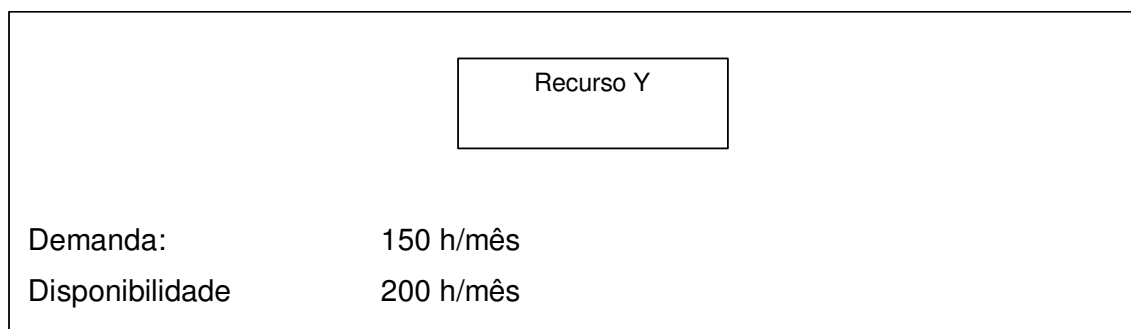
FIGURA 14 – ILUSTRAÇÃO DE RECURSO COM RESTRIÇÃO DE CAPACIDADE NUM FUNIL

4.3.2 Recurso Não Restritivo

O recurso não restritivo é aquele que não impede a empresa de atingir a sua meta, ou seja, ele não está limitando o ganho do sistema. Sua utilização não é determinada por sua disponibilidade, mas por alguma outra restrição do sistema, como por exemplo um gargalo.

4.3.2.1 Recurso não gargalo

“Um recurso é chamado de não gargalo quando sua capacidade é maior do que a demanda colocada nele” (GOLDRATT, 1984). A figura 15 ilustra um recurso não gargalo.



FONTE: CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in time, MRP II e OPT: Um enfoque estratégico**. 2.ed. São Paulo, p. 145, Atlas, 1993

FIGURA 15 – REPRESENTAÇÃO DE UM RECURSO NÃO GARGALO

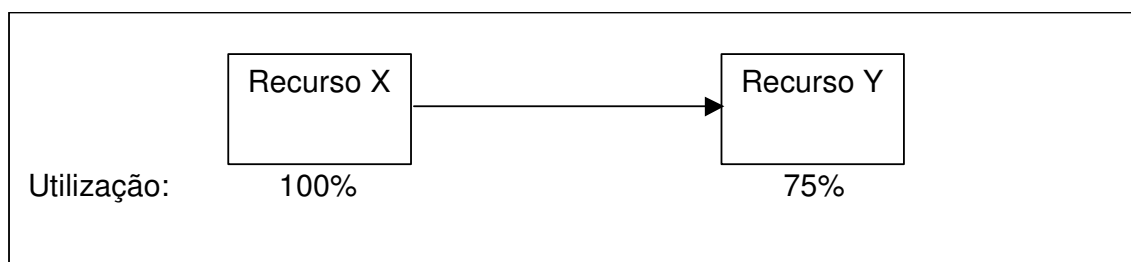
O recurso Y possui uma disponibilidade de 200 horas por mês e uma demanda de 150 horas por mês, portanto ele é um recurso não gargalo, pois a demanda é menor e não correspondente à própria disponibilidade do recurso, ou seja, existe folga.

4.3.3 Relações entre Recursos Restritivos e Recursos Não Restritivos

Para programar as atividades no sentido de possibilitar o atingimento da meta pela empresa, a teoria das restrições considera que primeiro é necessário à compreensão do inter-relacionamento existente entre os recursos restritivos e recursos não restritivos.

Considerando-se o recurso X – restritivo e recurso Y – não restritivo, descrito anteriormente, existem quatro possíveis casos relacionados a recursos restritivos e não restritivos.

1.º Caso : Toda a produção flui do recurso X (restritivo) para o recurso Y (não restritivo), situação mostrada na figura 16.



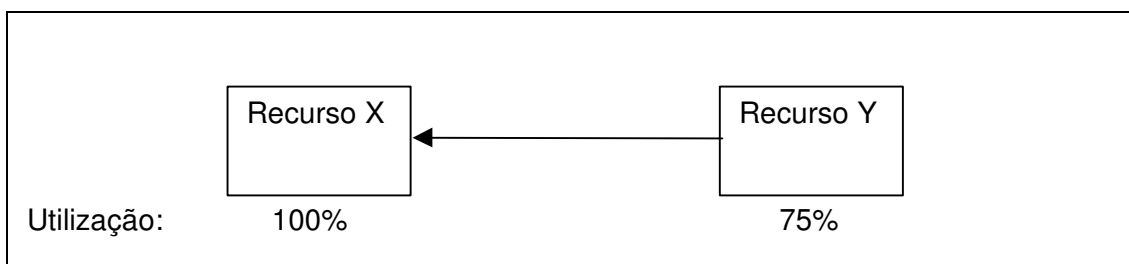
FONTE: CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in time, MRP II e OPT: Um enfoque estratégico**. 2.ed. São Paulo, p. 145, Atlas, 1993

FIGURA 16 – REPRESENTAÇÃO DO FLUXO DE MATERIAL ENTRE UM RECURSO X (RESTRITIVO) E UM RECURSO Y (NÃO RESTRITIVO)

O recurso X pode ser utilizado em 100% do tempo, mas pode-se usar o recurso Y em apenas 75 % do seu tempo, ou seja, o recurso X, por ser um recurso restritivo, não consegue alimentar o recurso Y trabalhando o tempo todo.

2.º Caso :

Toda a produção flui do recurso Y (Não Restritivo) para o recurso X (Restritivo), situação mostrada na figura 17.



FONTE: CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in time, MRP II e OPT: Um enfoque estratégico**. 2.ed. São Paulo, p. 145, Atlas, 1993

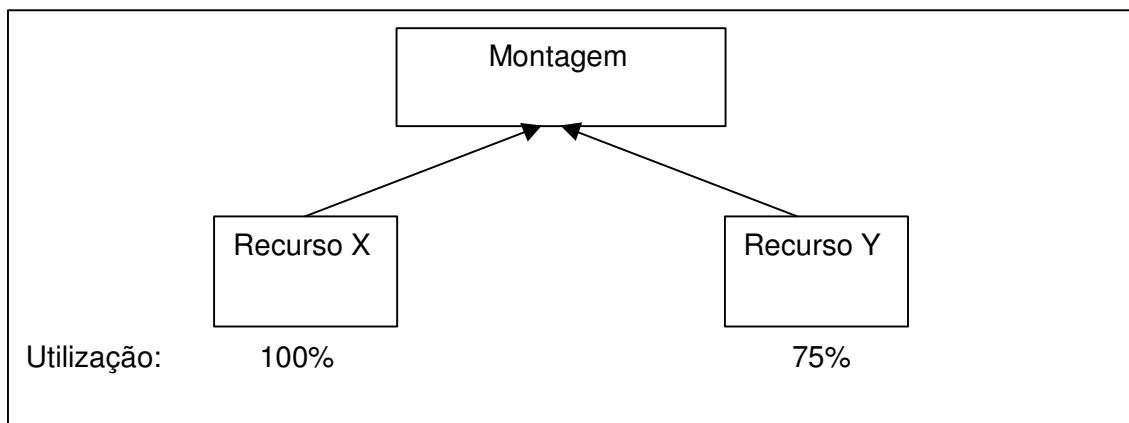
FIGURA 17 – REPRESENTAÇÃO DO FLUXO DE MATERIAL ENTRE UM RECURSO Y (NÃO RESTRITIVO) E UM RECURSO X (RESTRITIVO)

O recurso X pode ser utilizado em 100% do tempo, e se houver matéria-prima pode-se, também, ativar Y em 100% do seu tempo. Porém, não é recomendada a ativação do recurso Y em mais de 75%, pois haveria a formação de estoque de material em processo (inventário) entre o recurso X e o recurso Y. Neste caso, não se aumenta o fluxo, que está sendo limitado pelo recurso restritivo X, aumenta-se o inventário, prejudicial, uma vez que afasta-se o sistema da meta de ganhar dinheiro.

Convém ressaltar que a utilização e a ativação de um recurso não são sinônimos. Ativar um recurso não restritivo mais do que suficiente para alimentar um recurso restritivo não contribui em nada para ser atingido o objetivo da empresa.

3.º Caso :

O recurso X e o recurso Y alimentam uma linha de montagem, situação mostrada na figura 18.



FONTE: CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in time, MRP II e OPT: Um enfoque estratégico**. 2.ed. São Paulo, p. 145, Atlas, 1993

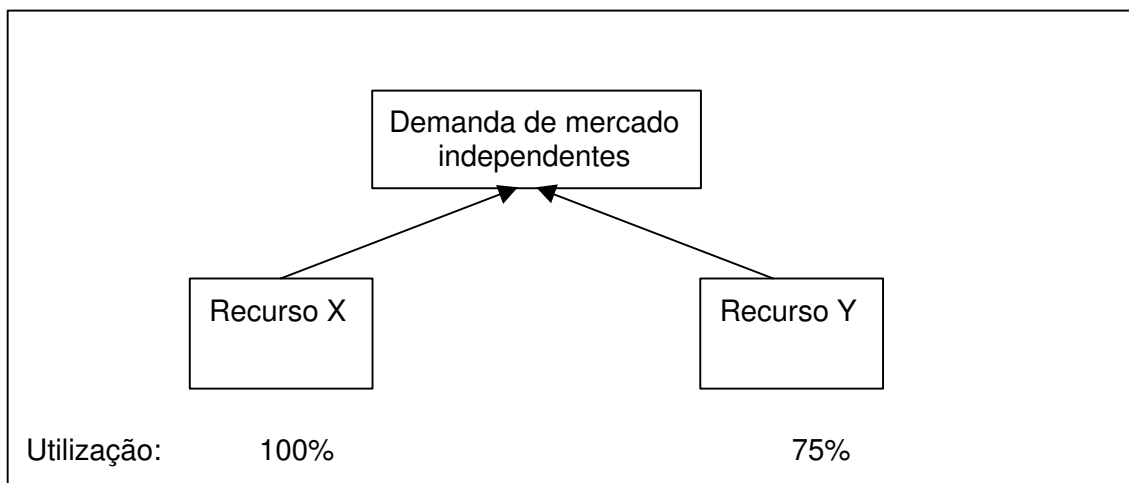
FIGURA 18 – REPRESENTAÇÃO DO FLUXO DE MATERIAL DE UM RECURSO X (RESTRITIVO) E UM RECURSO Y (NÃO RESTRITIVO) QUE ALIMENTAM UMA LINHA DE MONTAGEM

Nesta situação pode-se utilizar o recurso X em 100% e o recurso Y pode ser utilizado 75% do tempo.

A ativação do recurso Y acima de 75% acarretará a formação de estoque de material em processo oriundo deste equipamento antes da linha de montagem. Portanto o recurso Y só pode ser utilizado 75% do tempo disponível.

4.º Caso :

O recurso X e o recurso Y alimentam demandas de mercado independentes, situação mostrada na figura 19.



FONTE: CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in time, MRP II e OPT: Um enfoque estratégico**. 2.ed. São Paulo, p. 145, Atlas, 1993

FIGURA 19 – REPRESENTAÇÃO DO FLUXO DE MATERIAL DE UM RECURSO X (RESTRITIVO) E UM RECURSO Y (NÃO RESTRITIVO) QUE ALIMENTAM DEMANDAS DE MERCADO INDEPENDENTES

Uma vez mais, o recurso X pode ser utilizado 100% do tempo, mas o recurso Y só pode ser utilizado 75% do tempo sob pena de acumular estoques de produto acabado, já que a demanda continua limitada e, para o seu atendimento, a utilização do recurso Y por apenas 75% do tempo é considerada suficiente.

4.3.4 Recurso com Restrição de Capacidade Flutuante

Uma questão levantada por muitas pessoas é: “Como a TOC trata com as restrições que mudam constantemente?”. A resposta é que ninguém pode, na verdade, resolver situações em que a restrição flutua de um lugar para outro aparentemente ao acaso. Uma das abordagens fundamentais da TOC é que, gostando ou não, o sucesso é em sua grande parte determinado pela maneira como as restrições do sistema são gerenciadas. Há duas alternativas para tal situação a) gerenciar as restrições ou b) deixar que elas gerenciem. Quando a restrição flutua ao acaso de um centro de trabalho ou máquina para outro, o caos é inevitável. Desempenho de data de entrega, níveis de inventário de material em processo, ganho por tempo de ciclo, e assim por diante, serão determinados pelo lugar em que a restrição se encontra no momento. Para se obter o controle sobre as operações, necessário se faz a estabilização da

posição da restrição. Isto não quer dizer que a localização da restrição nunca possa mudar; todavia, o ideal é fazer que ela só mude como resultado de uma decisão explícita. Entre outras coisas, esta afirmação sugere que as capacidades nos centros de trabalho não devem ser iguais. A situação ideal, é aquela em que a capacidade na restrição seja suficientemente menor do que as capacidades nos recursos não restritivos, de modo que os recursos não restritivos absorvam interrupções sem transformar-se em restrições.

Em suma, se existir um recurso com restrição de capacidade flutuante, a situação fica caótica, independentemente de aplicar ou não os princípios da TOC. A solução é desbalancear as capacidades, de modo que um dos centros de trabalho seja previsivelmente a restrição, e depois protegê-la com um pulmão. “A solução da metodologia *Just in time*, sigla JIT, é remover toda a variação do sistema, tendo em vista a ausência de interrupções e a permanência do fluxo constante em todo o sistema. Na prática, a solução TOC é geralmente mais fácil e rápida de ser colocada em prática, mas as duas abordagens podem ser usadas em conjunto” (CORBETT NETO, 1997).

4.4 MEDIDAS PARA SER ATINGIDA A META

A partir do momento em que a meta é identificada, devem também ser fixadas as medidas que serão usadas para a verificação se a empresa está alcançando a sua meta.

Estas medidas devem ser simples e facilmente compreendidas, pois caso sejam muito sofisticadas, será difícil separar o importante do não importante. As medidas devem ser úteis e de fácil utilização para decisões do dia-a-dia. As medidas devem fornecer a base de uma linguagem comum na organização e comunicar claramente as prioridades. O quê está sendo medido informa o que é importante. Como analogia pode-se citar - o jogo de basquete que não pode ser compreendido sem um placar. As táticas são feitas de acordo com o placar, período, tempo e etc. Não se pode esperar vitória no jogo se o time não conhecer: o jogo, as regras e o placar.

Possuir medidas adequadas não faz um excelente time, mas não se atinge a excelência sem que todas as pessoas tenham entendido o que é importante. O sistema de medidas realiza este objetivo.

“Como a meta da empresa é ganhar dinheiro agora e no futuro, as medidas devem estar baseadas na habilidade de se ganhar dinheiro. Para ser mensurada esta habilidade e por conseqüência ser identificado se a empresa está alcançando a sua meta, são necessárias três perguntas simples: a) Quanto dinheiro é gerado pela empresa? b) Quanto dinheiro é capturado pela empresa? c) E quanto dinheiro pode ser gasto para operá-la? - As medidas são intuitivamente óbvias. O necessário é transformar essas perguntas em medidas com definições formais” (GOLDRATT, 1984).

“São medidas que expressam a meta de ganhar dinheiro muito bem, mas também permitem que você desenvolva regras operacionais para dirigir sua fábrica. Elas são três: Seus nomes são: ganho, inventário e despesa operacional” (GOLDRATT, 1984).

“Ganho é o índice pelo qual o sistema gera dinheiro através das vendas” (GOLDRATT, 1984).

“Inventário é todo o dinheiro que o sistema investiu em coisas que pretende vender” (GOLDRATT, 1984).

“Despesa Operacional é todo o dinheiro que o sistema gasta a fim de transformar o inventário em ganho” (GOLDRATT, 1984).

Convém observar que cada uma destas medidas contém a palavra dinheiro: Ganho é o dinheiro que entra na empresa, inventário é o dinheiro que está dentro do sistema e despesas operacionais é o dinheiro que o sistema gasta para transformar inventário em ganho.

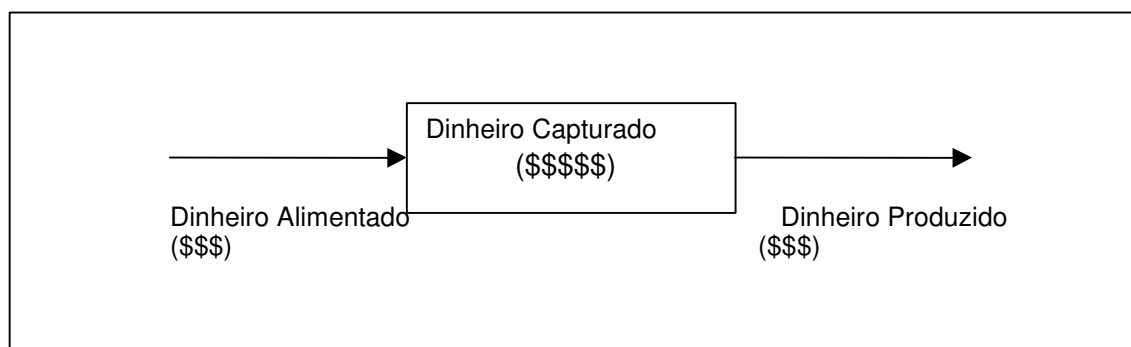
Para ser atingida a meta é necessário a melhoria simultânea do conjunto destas três medidas, ou seja, a meta não é melhorar uma medida isoladamente. A meta é reduzir a despesa operacional, o inventário, e aumentar o ganho.

As oportunidades de ganhar dinheiro através da redução de inventário e despesas operacionais são limitadas teoricamente em zero e as oportunidades de ganhar mais dinheiro com o aumento do ganho são teoricamente ilimitadas.

4.4.1 A Máquina de Dinheiro

Para melhor explicar estes conceitos é adotada a analogia de uma empresa com uma máquina. Esta máquina tem o objetivo de alcançar/realizar a meta da empresa.

Nesta máquina existe: a) dinheiro sendo produzido - ganho; b) dinheiro capturado na máquina - inventário e; c) dinheiro alimentado - despesas operacionais. A figura 20 ilustra a máquina de dinheiro.



FONTE: WOEPPEL, M. J. **Manufacture's guide to implementing the theory of constraints.** Florida, p. 6, St. Lucie Press, 2001.

FIGURA 20 - MÁQUINA DE DINHEIRO

4.4.2 A Medida Ganho - G ou Fluxo - F

O dinheiro produzido no sistema é chamado de ganho, sigla G, também conhecido como fluxo, sigla F, Ele é definido como sendo o índice pelo qual uma organização gera dinheiro através das vendas.

As últimas três palavras "através das vendas" foram acrescentadas devido ao comportamento nas empresas. Muitos gerentes de produção acham que se produzirem algo, isto merece ser chamado de ganho. Ganho não pode

ser associado a manobras internas de dinheiro. Ganho significa trazer dinheiro de fora através das vendas.

Produção não é necessariamente ganho, segundo a TOC, enquanto o produto não é vendido, não há ganho, pois com as vendas atende-se a meta da empresa. Este ponto foi ressaltado no livro *A Meta* quando Jonah diz para Alex que se ele produzir alguma coisa, mas não vendê-la, isso não é ganho.

O ganho corresponde a todo o dinheiro que entra na empresa menos o montante de valores pagos aos fornecedores pelas matérias-primas diretas, incluindo comissões e taxas alfandegárias, não importando quando foram comprados.

As fórmulas para cálculo do ganho são: (CORBETT NETO, 1997)

$$G_u = P_v - CTV$$

Onde:

G_u = Ganho unitário do produto;

P_v = Preço de venda unitário do produto;

CTV = Custo totalmente variável, isto é, o montante que varia para cada acréscimo de uma unidade nas vendas do produto (na maioria dos casos, só matéria-prima);

e

$$G_{Tp} = G_u \times q$$

Onde:

G_{Tp} = Ganho total do produto;

q = quantidade vendida no período;

E o ganho total da empresa é calculado pela somatória dos ganhos:

$$\sum G_{Tp}$$

4.4.3 A Medida Inventário ou Investimento - I

O dinheiro aplicado dentro do sistema é chamado de inventário, sigla I, ou também conhecido como investimento.

Inventário compreende todo dinheiro que o sistema (organização) investe na compra de coisas que pretende vender. O inventário é o valor corrente de todas as coisas que a organização possui e os quais utiliza para a produção de bens ou prestação de serviço ao mercado.

Esse conceito inclui o estoque de matérias-primas, produtos em processo, produtos acabados, e ainda outros ativos como máquinas e construções, que são registrados pelo valor pago aos respectivos fornecedores.

Conclui-se que o inventário possui duas categorias:

- Equipamentos, edifícios (se possuídos pela empresa);
- Inventário de matéria-prima, material em processo e produto acabado.

Quanto aos estoques de produtos em processo e produtos acabados, nenhum valor deve ser agregado, como energia elétrica ou mão-de-obra, sendo avaliados exclusivamente pelas matérias-primas diretas e portanto incorporados ao produto.

Nessa medida encaixam-se os imóveis da empresa (prédios e terrenos), computadores, móveis de escritório, máquinas, carros e caminhões. O ponto polêmico é a definição de inventário.

“Todo o dinheiro que o sistema investe nas coisas que pretende vender” (GOLDRATT, 1984). Será que as empresas pretendem vender as suas máquinas e suas instalações? Sim, se a questão for considerada pela perspectiva do acionista, que compra uma ação da bolsa de valores e, se a empresa não gerar a lucratividade esperada, ele venderá suas ações, o que equivale dizer que venderá as instalações e máquinas.

O inventário deve ser dividido em duas categorias, a dos estoques de matéria-prima, produtos em processo e produtos acabados e outros ativos. Isso porque os estoques de produtos têm grande impacto sobre a competitividade da empresa.

4.4.3.1 Efeito do excesso de inventários sobre as operações

Inventários excessivos, principalmente os inventários de material em processo, sigla MEP, são um passivo operacional. Este inventário de material em processo pode criar grandes problemas operacionais que prejudicam os mais óbvios custos de retenção associados com os inventários. Os inventários tanto criam como escondem ineficiências e problemas operacionais. A TOC tenta eliminar inventários excessivos de material em processo e melhorar processos a fim de que somente o inventário de segurança deva ser mantido para atender a problemas imprevisíveis.

As empresas detentora de maior quantidade de estoque de material em processo que os seus concorrentes ficam em séria desvantagem por várias razões. Os tempos de ciclo e os prazos de entrega diminuem quase automaticamente com as reduções no excesso de inventário desse tipo. Em adição, grandes inventários de material em processo, tornam difícil o rastreamento das causas e defeitos com correção de falhas antes que mais danos sejam provocados. Os defeitos geralmente são detectados só na inspeção final, depois da última operação. Se o material em processo estiver alto e os tempos de ciclo forem longos, um defeito pode não ser detectado durante semanas ou meses. Também, uma empresa com inventário de material em processo mais alto que os níveis dos concorrentes, terá, com toda probabilidade, de apressar a entrega dos pedidos. Em vista dos inventários de material em processo aumentarem os prazos de entrega, a empresa com inventários maiores que os de um concorrente terá um prazo de entrega maior que o prazo do mesmo.

Goldratt & Fox (1984) resumem os problemas dos inventários em relação a data de entrega da seguinte maneira: “Não é de admirar que a data de entrega em dia seja um problema quando os inventários são elevados.

Sempre que operamos com uma modalidade de inventário menor que a de nossos concorrentes, gozamos de uma invejável posição que nos permite uma previsão inerentemente mais exata. Quando começamos então, a produzir, temos pedidos firmes ou uma previsão válida e com menos probabilidades de mudança. Nosso desempenho nos prazos de entrega irá melhorar”. Portanto, a redução de inventário de material em processo pode ser crucial em mercados onde o prazo de entrega é muito importante.

Resumindo, os inventários em excesso aumentam os tempos de ciclo, diminuem o desempenho em relação ao prazo de entrega, aumentam a média dos defeitos, aumentam as despesas operacionais, reduzem a habilidade de planejamento, e finalmente reduzem as vendas e os lucros. Esses aspectos negativos dos inventários altos são mais pronunciados em algumas empresas do que em outras.

4.4.4 A Medida das Despesas Operacionais - DO

As despesas operacionais, sigla DO, incluem todo o dinheiro que o sistema (organização) gasta para a transformação do inventário em ganho.

Dentro desta medida, está intuitivamente compreendido todo o volume de dinheiro que deve ser colocado constantemente dentro da máquina para mover suas engrenagens – salários, desde o presidente da empresa até a mão-de-obra direta, aluguéis, luz e encargos sociais.

Além desses gastos, incorporam-se a essa despesa os valores de bens que faziam parte do inventário e foram utilizados e desgastados no período (como a depreciação de máquinas).

A TOC não os classifica em custos fixos, variáveis, indiretos, diretos ou outros. Dessa forma, todo dinheiro envolvido no negócio – vendas, custos e investimentos - pode ser classificado em uma das três categorias anteriormente citadas.

4.5 PRIORIDADES TOC

“Se o objetivo da empresa é ganhar mais dinheiro, agora e no futuro, há apenas três condutas possíveis: aumento do ganho, diminuição das despesas operacionais, ou diminuição dos investimentos no ativo. A maioria das organizações concentra seus aprimoramentos na redução das despesas operacionais. O ganho é visto como algo fora do controle da organização – especialmente em organizações tradicionais onde a fabricação não é acoplada ao *marketing*. Assim sendo, os gerentes de produção concentram seus esforços de aprimoramento em outros setores. Os ativos, exceto possivelmente os inventários, não são vistos como aspectos negativos, sendo então difícil a atração de adeptos para os programas de redução do ativo. Portanto, ao introduzir programas de aperfeiçoamento, quase todas as organizações dão ênfase direta à redução das despesas operacionais” (GOLDRATT, 1984).

“Nos anos recentes parece estar havendo uma ênfase cada vez maior na redução das despesas operacionais. Isso fica evidenciado pelo enxugamento epidêmico de empresas. Como as despesas operacionais afetam todos os níveis da organização, quase tudo parece importante numa campanha de redução. Porém, as tentativas sérias para corte das despesas operacionais podem ser contraproducentes por terem, eventualmente, de se concentrar no corte de empregados – com efeitos potencialmente devastadores sobre o moral dos remanescentes” (NOREEN; SMITH; & MACKEY, 1996).

O aprimoramento deve geralmente focalizar o aumento do ganho, a redução de inventários, e a redução de despesa operacional, nessa ordem. As razões são simples. É difícil cortar as despesas operacionais sem demitir pessoal e causar danos à organização. As pessoas talvez devam ser remanejadas, mas este remanejamento não diminui as despesas operacionais; na melhor das hipóteses, ele aumenta o ganho. Reduzir inventário também deve ter geralmente precedência sobre a redução de despesas operacionais porque irá diminuir o ativo e resultar num aumento do ganho e redução das despesas operacionais. (principal mensagem do JIT). A idéia de reduzir inventário deve receber prioridade sobre a redução das despesas operacionais

– uma linha de pensamento comum entre a JIT, *Total Quality Management* (TQM) e TOC.

No geral, o ganho pode ser aumentado e os inventários reduzidos simplesmente mudando-se a maneira em que as atividades são programadas na fábrica, com a utilização do sistema Tambor – Pulmão – Corda (TPC).

“Dependendo de como são priorizadas as medidas, ocorrem os mundos dos custos e o mundo do ganho” (CSILLAG, 1991):

De acordo com a abordagem empregada há diferentes priorizações.

1. Mundo dos custos: (CORBETT NETO, 1997)

No mundo do custo, a escala de prioridades é:

- 1.º Diminuição de despesas operacionais;
- 2.º Aumento do ganho;
- 3.º Diminuição do inventário.

Isso quer dizer que os administradores da empresa vão dar prioridade para a redução dos custos, depois para o aumento dos ganhos e então para a redução do inventário.

2. Mundo do ganho: (CORBETT NETO, 1997)

No mundo do ganho, a escala de prioridades é:

- 1.º Aumento do ganho;
- 2.º Redução do inventário;
- 3.º Redução das despesas operacionais;

Isso quer dizer que os administradores da empresa vão dar prioridade para o aumento no ganho, depois para a redução do inventário e então para redução das despesas operacionais.

Para comparar a abordagem das prioridades do mundo do ganho e do mundo do custo, utiliza-se a analogia de uma corrente.

O mundo do custo tem como medida principal o custo da empresa, medido pela soma dos custos de cada atividade. Portanto, pode-se diminuir o custo da empresa em qualquer elo, que resultará em uma redução no custo da empresa como um todo. Comparando-se com uma corrente, é como se a principal medida fosse o peso de uma corrente. Isso faz com que qualquer melhoria em qualquer elo, seja percebida como uma melhoria de todo o sistema. Se for diminuído o peso do elo em 50 gramas, estará diminuindo o peso do conjunto de elos em 50 gramas. Aqui está o pressuposto básico do mundo dos custos de que os ótimos locais levam a um ótimo global. Enquanto se considera a redução dos custos como a principal via de acesso à meta da empresa a percepção será de que qualquer aprimoramento de qualquer elo é um aprimoramento da corrente.

A TOC tem como medida principal o ganho da empresa. Comparando com uma corrente é como se a principal medida fosse a resistência da corrente. Isso faz com que a maior parte das melhorias na maioria dos elos não melhore a corrente como um todo. Se aumentar a resistência de um elo qualquer não estará necessariamente aumentada a resistência de toda a corrente. Para isso é necessário o aumento da resistência do elo mais fraco. Aqui está o pressuposto básico do mundo do ganho de que a maior parte das melhorias na maioria dos elos não melhora o desempenho da corrente. Se for considerado o aumento do ganho como a via de acesso à meta da empresa a percepção será a de que qualquer aprimoramento de qualquer elo não é um aprimoramento da corrente.

4.6 MODELO DE DECISÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES

O modelo de decisão subjacente à teoria das restrições apoia-se na otimização do ganho e na minimização das despesas operacionais e do nível de inventário.

Entretanto, todas as empresas têm, pelo menos, um fator que limita seu ganho, do contrário, seu desempenho poderia ser melhorado indefinidamente.

Remover a restrição e melhorar o desempenho da organização deveria ser o objetivo da administração. Goldratt (1984) propõe um processo de otimização contínua de cinco etapas para auxiliar os administradores a identificarem e superarem as restrições.

De acordo com a teoria da restrições, a capacidade da fábrica é igual à capacidade de suas restrições. O que quer dizer que a quantidade de produto que a(s) restrição(ões) produzam em uma hora, é o equivalente ao que a fábrica produz em uma hora. Por isso, uma hora perdida em um recurso com restrição de capacidade, é uma hora perdida no sistema inteiro."

4.6.1 Processo de Otimização Contínua

Uma das grandes contribuições da TOC é o seu processo de otimização contínua (que é a base de todos os aplicativos da TOC). Uma vez que o desempenho do sistema é limitado por sua(s) restrição(ões), o processo de otimização deve garantir que a restrição seja o foco de tudo que deva ser feito.

Esse processo de otimização contínua contém cinco etapas

- 1ª. Etapa - IDENTIFICAÇÃO da(s) restrição(ões) do sistema;
- 2ª. Etapa – EXPLORAÇÃO da(s) restrição(ões) do sistema;
- 3ª. Etapa – SUBORDINAÇÃO de tudo o mais às decisões acima;
- 4ª. Etapa - ELEVAÇÃO da(s) restrição(ões) do sistema;

5^a. Etapa - Se em uma etapa anterior a restrição for quebrada, volte a 1^a. Etapa, MAS não deixe que a INÉRCIA se torne a restrição do sistema.

Usando-se esse processo o enfoque deve estar nos pontos de um sistema que determinam seu desempenho (nas suas restrições), e com isto aumentar significativamente seu desempenho no curto prazo. Restrição aqui quer dizer: "qualquer coisa que impeça um sistema de atingir um desempenho maior em relação à sua meta" (ver 4.3.1).

Tendo em vista essa definição pode-se afirmar que todo sistema apresenta uma restrição, caso contrário o seu desempenho seria infinito, ou seja, a lucratividade da empresa seria infinita.

“Um ponto extremamente importante é a 5^a. etapa, cuidado com a inércia. A maioria das empresas não têm restrições físicas (como uma restrição na fábrica) mas sim restrições políticas. Usualmente, o que limita o desempenho de um sistema é a inércia administrativa. Para dar solução a essa inércia foram criados os Processos de Raciocínio da TOC” (GOLDRATT, 1994).

Essas cinco etapas estão baseadas no ganho como medida principal. Como o ganho não tem limite, um processo de otimização contínua é possível. Se a empresa quiser melhorar continuamente terá que identificar suas restrições e explorá-las da melhor maneira possível.

4.6.1.1 1^a. Etapa: Identificação da(s) restrição(ões) do sistema

Nesta primeira etapa devem ser identificadas a(s) restrição(ões) existentes no sistema. Todo o sistema deve ter pelo menos uma restrição, mas normalmente terá somente uma ou um número muito pequeno de restrições.

A restrição determina vários aspectos da empresa, como ganho, lucratividade e retorno do investimento. Esta identificação é o começo dos esforços de melhoria contínua. Quando se sabe onde está a restrição, pode-se centralizar os esforços neste foco, tomando-se melhores decisões no sentido da expansão da capacidade e utilizando-se os bens de operações de modo

mais estratégico. Se não são conhecidas as restrições, as empresas estão trabalhando pelo método do erro e do acerto, ou da adivinhação.

Em uma fábrica bem organizada, a restrição pode ser facilmente identificada pela localização de inventários de material em processo. Neste caso, eles estarão concentrados na frente da restrição. Numa fábrica mal administrada, os inventários de material em processo estarão espalhados por toda a parte, e a identificação da verdadeira restrição é inicialmente mais difícil.

As políticas dentro das organizações também podem estar incluídas entre as restrições, não facilmente identificáveis, já que estão incorporadas à cultura organizacional como por exemplo, nunca produzir um lote em quantidades inferiores ao lote padrão.

4.6.1.2 2ª. Etapa: Decisão de como explorar a(s) restrição(ões) do sistema

Tendo sido identificada a localização da restrição a mesma passa a ser explorada.

Explorar as restrições do sistema significa tirar o máximo proveito das mesmas, ou seja, obter o melhor resultado possível dentro dessa condição.

Nesta etapa, a idéia é não perder qualquer “parte” do recurso com restrição de capacidade. Por exemplo, unidades defeituosas destinadas a sucata devem ser removidas do fluxo de trabalho antes de passarem pela restrição e não depois. Mão-de-obra pode ser acrescentada à restrição para assegurar que ela seja mantida em operação durante os intervalos normais de descanso e mudanças de turno.

A restrição pode receber “pessoal em excesso” para reduzir o tempo perdido devido as preparações (*set-up*) e à manutenção de rotina feita depois do expediente normal.

Os trabalhos em potencial devem ser também priorizados em termos de quão efetivamente fazem uso do recurso com restrição de capacidade. A restrição será inútil se for usada para processar um trabalho quando outro diferente poderia ter produzido mais lucros. Tais decisões podem ser tomadas

priorizando-se trabalhos prováveis, segundo a quantidade de ganho que produzem por unidade do recurso com restrição de capacidade.

4.6.1.3 3ª. Etapa: Subordinação de qualquer outra coisa à decisão anterior

Quando o plano estiver pronto para explorar a restrição, deve-se certificar que todos os outros recursos estão trabalhando de acordo com este plano. As decisões para maximizar a restrição são as decisões para maximizar todo o sistema, já que se subentende que a restrição dita o ganho do sistema.

A subordinação define o papel das operações não restritivas. O propósito é proteger o conjunto de decisões relativas ao aproveitamento da restrição durante as operações diárias. O exemplo mais claro de subordinação é fornecido pelo sistema tambor - pulmão - corda, no qual a restrição estabelece o ritmo de todo o sistema. Outro exemplo é o uso de medições de utilização e eficiência para a restrição que se concentra nos esforços para maximizar o ganho em toda a fábrica. Porém, gerenciar as operações não restritivas com o objetivo de atingir uma eficiência de 100% é um dos principais pontos na produção que deve ser mudado. Todo o recurso que não é uma restrição irá prejudicar severamente a empresa caso esteja sendo gerenciado para atingir a eficiência de 100%.

4.6.1.4 4ª. Etapa: Elevação da (s) restrição (ões) do sistema

Elevação da restrição significa a sua expansão. Parte do trabalho que rotineiramente passaria pelo restrição pode ser enviado para fábricas externas. Se a restrição for uma máquina, outra pode ser adquirida.

As restrições limitam a capacidade da empresa continuar melhorando seu desempenho, e portanto devem ser minimizadas ou eliminadas.

As etapas dois e três objetivam o funcionamento do sistema com melhor eficiência, utilizando-se da melhor forma possível os recursos disponíveis.

Se após a terceira etapa permanecer alguma restrição, deve-se elevar ou superar a restrição, acrescentando-se uma maior quantidade do recurso do sistema .

A restrição estará quebrada e o desempenho da empresa subirá até um determinado limite, quando passará a ser limitado por algum outro fator. Se isto ocorrer, a restrição foi mudada. Geralmente a capacidade geral da fábrica é aumentada mediante o gerenciamento efetivo das restrições, a ponto do ganho não ser mais limitado pela capacidade da fábrica. A restrição mudará da fábrica para o mercado ou para algum outro departamento da organização.

Esta etapa só deve ser executada após a restrição ser explorada ao máximo, pois pode repercutir em certo aumento nas despesas operacionais.

4.6.1.5 5ª Etapa: Se, nas etapas anteriores, uma restrição for quebrada/elevada, volte a 1º etapa, mas não deixe que a inércia se torne uma restrição do sistema

Tendo em vista que sempre surgirá uma nova restrição após a quarta etapa, pois se a restrição for elevada, algo irá imediatamente tornar-se a restrição, o ciclo deve ser reiniciado novamente a partir da primeira etapa.

Energia e atenção devem ser concentradas na identificação e manejo efetivo da nova restrição. As normas estabelecidas para apoio da antiga restrição devem ser mudadas ou eliminadas. Se este mecanismo não ocorrer, o progresso será detido e provavelmente até invertido à medida que a desilusão toma conta de todos.

Uma recomendação importante é no sentido de que a inércia não se torne uma restrição do sistema.

A inércia dentro das organizações gera restrições políticas, ou seja, em muitas situações pode não existir restrições físicas de capacidade de produção, de volume de materiais, de demanda do mercado, porém o sistema opera de forma ineficiente em função de políticas internas de produção e logística.

4.7 SINCRONIZAÇÃO DA PRODUÇÃO – LOGÍSTICA TAMBOR – PULMÃO – CORDA

4.7.1 A Excursão

Abaixo, estão alguns trechos extraídos do livro *A Meta*, estes trechos irão ajudar a explicar o sistema de programação conhecido como Tambor – Pulmão – Corda.

" Existe uma prova matemática que mostra claramente que, quando a capacidade é diminuída exatamente até a demanda do mercado, o ganho cai e o inventário aumenta até o teto" (GOLDRATT, 1984).

"A grande jogada ocorre quando os eventos dependentes estão combinados com outro fenômeno chamado flutuações estatísticas" (GOLDRATT, 1984).

"Ron estava determinando o ritmo. Toda vez que alguém andava mais devagar do que Ron, a fila ficava maior. Se um dos garotos desse um passo com um centímetro a menos que o Ron, o comprimento da fila inteira poderia ser afetado" (GOLDRATT, 1984).

Mas, o que aconteceria quando alguém andava mais rápido do que Ron? Os passos mais longos ou mais rápidos não deveriam compensar os outros? As diferenças não fazem as médias?

A resposta é NÃO. A capacidade de ir mais rápido do que a média era restrita. Ela dependia de todos os outros que estavam na frente.

No livro *A Meta*, foram realizadas as seguintes associações da caminhada com um ambiente fabril:

- Extensão da trilha: corresponde ao inventário ;

- Escoteiros dispostos em fila: o primeiro escoteiro corresponde à primeira etapa/equipamento no processamento do produto, no livro unidade de comprimento da trilha, e assim sucessivamente até o último escoteiro que termina o processamento;
- Despesa operacional: energia dos garotos para andar (qualquer coisa que transformasse o inventário em ganho);
- Aumento de inventários: A distância do primeiro escoteiro ao último aumentava = inventário estava aumentando, “o ganho era influenciado pelos índices flutuantes, o que significava que, em relação ao crescimento do inventário, o ganho do sistema inteiro caía” (GOLDRATT, 1984).

4.7.2 Programação Tambor – Pulmão – Corda

Aspectos importantes de vários processos de produção foram explicados em *A Meta*, usando uma analogia de um grupo de escoteiros numa caminhada. A trilha representa o trabalho a ser feito e o objetivo é completar a caminhada num tempo determinado. Os escoteiros são alinhados em fila indiana como os centros de trabalho na fábrica. O andar dos escoteiros difere conforme o passo de cada um, como acontece na maioria dos processos de produção. Ou seja, eles têm capacidades diferentes para processar a sua tarefa (andar pela trilha). A velocidade em que eles andam está sujeita a variações, e interrupções podem ocorrer, tais como um escoteiro parando para amarrar o seu sapato. O primeiro escoteiro da fila recebe matéria-prima (trilha não atravessada). O material é processado seqüencialmente (caminhado) pelos escoteiros subseqüentes na linha. O último escoteiro da linha libera os produtos acabados (a trilha que foi atravessada por todos do grupo). Nesta analogia, o inventário do material em processo é a distância entre o primeiro escoteiro da fila e o último. Quando o grupo inicia a caminhada, os escoteiros estão agrupados. Entretanto, a não ser que o escoteiro mais lento seja colocado na frente da fila, o grupo começara a dispersar-se e, dentro de poucos quilômetros, haverá

grandes brechas na mesma. Essas brechas continuarão a abrir-se e a distância entre o primeiro escoteiro e o último da fila continuará a crescer. Esta dispersão é devida às flutuações estatísticas no tamanho dos passos e às diferenças naturais de velocidade dos escoteiros. Este fenômeno é igualmente encontrado na fábrica. O grupo não terminará a caminhada até que o último escoteiro da fila tenha terminado. O problema é reduzir a dispersão (inventário do material em processo) sem aumentar o tempo total para completar a caminhada.

Uma solução é organizar os escoteiros de acordo com sua capacidade de andar, com o mais lento (máquina com menor capacidade) na frente do grupo. Esta ordem minimiza a dispersão e o tempo total exigido para o grupo completar a caminhada. Tal solução seria, porém, dispendiosa e talvez inexecutável na fábrica. Haveria a necessidade de reestruturação da fábrica, a fim de que o primeiro centro de trabalho seja o que tem menor capacidade (o mais lento). As operações subsequentes teriam de ser modificadas para que cada centro de trabalho tenha uma capacidade maior do que a do seu predecessor. Além disso, esta solução pode não ser estável. Mudanças no *mix* do produto podem resultar em uma sobrecarga maior em alguma outra operação, que não seja a primeira. Quando isto ocorre, tem-se o fenômeno, descrito anteriormente, que é chamado de recurso com restrição de capacidade flutuante (ver 4.3.4).

Outra solução é amarrar todos os escoteiros com uma corda como a dos alpinistas, ou fazer o chefe contar em cadência, para manter todos andando à mesma velocidade. Isso é essencialmente o que Henry Ford fez com sua linha de montagem.

A solução TOC começa com a premissa de que os recursos diferentes possuem capacidades diferentes e que as flutuações e interações não podem ser verdadeiramente eliminadas. Qualquer solução viável deve lidar com estes fatos da vida. A solução chamada de Tambor – Pulmão – Corda (TPC), é atar uma corda entre o primeiro escoteiro e o escoteiro mais lento da fila (a restrição). O primeiro escoteiro nunca pode ficar então a uma distância maior do escoteiro mais lento do que o comprimento da corda, e os escoteiros atrás do mais lento, porque, por serem mais rápidos do que ele, podem fechar

quaisquer brechas surgidas temporariamente. Esta solução impede os escoteiros na frente do mais lento de andarem mais depressa, em média, do que ele. Mais importante, o comprimento da corda entre o primeiro escoteiro e o escoteiro mais lento é o tamanho do material em processo na frente do escoteiro mais lento. A corda impede que o material em processo aumente. Em vista de todos os escoteiros na frente do mais lento serem mais velozes, eles tenderão a se reunir logo atrás do primeiro escoteiro. Esta tendência abrirá um espaço bem na frente do escoteiro mais lento, que é chamado de pulmão protetor.

Este controle de fábrica é chamado de Tambor – Pulmão – Corda, porque o escoteiro mais lento marca o passo (o tambor). O primeiro escoteiro fica preso ao mais lento por uma corda que reforça o passo, e o ritmo geral da tropa é protegido pelo pulmão. A solução TPC trabalha melhor quando o escoteiro mais lento é significativamente mais vagaroso do que todos os outros.

Transpondo esta analogia para o ambiente de produção tem-se:

- Tambor: recurso com restrição de capacidade, aquele que dita o ritmo da produção;
- Pulmão: os estoques temporários colocados estrategicamente para o abastecimento ser contínuo;
- Corda: obriga os demais componentes do sistema a manter o ritmo determinado pelo tambor.

4.8 OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO NA TEORIA DAS RESTRIÇÕES

“Para otimização da produção foi desenvolvido o *software* OPT - *Optimized Production Technology* (ver 4.1) que trabalha primeiramente com a identificação da(s) restrição(ões)” (GOLDRATT, 1978).

“São estabelecidos nove princípios caracterizados de acordo com o pressuposto que toda linha de produção possui um ou poucos recursos restritivos” (CORRÊA & GIANESI, 1993).

4.8.1 1º Princípio: Balancear o Fluxo e não a Capacidade

A teoria das restrições advoga contra o balanceamento da capacidade e a favor de um balanceamento do fluxo de produção na fábrica.

Assim, e ênfase recai sobre o fluxo de materiais e não sobre a capacidade instalada dos recursos. Isto só é possível com a identificação das restrições do sistema, ou seja, dos recursos que limitam o fluxo do sistema como um todo.

A abordagem tradicional preconiza o balanceamento da capacidade dos recursos e, a partir daí, tenta estabelecer um fluxo suave, se possível contínuo.

“Muitas pessoas advogam a criação de uma fábrica com capacidade balanceada, isto é, uma fábrica onde todos os recursos têm a mesma capacidade média de produção. Isso se dá pela busca da otimização da utilização de todos os recursos de uma fábrica e acredita-se que se um recurso está ocioso então a empresa está perdendo dinheiro (ou pelo menos investiu mais que o necessário). Tem-se a percepção, errônea, de que se os recursos forem utilizados ao máximo a empresa estará ganhando mais dinheiro” (CORBETT NETO, 1997).

A mentalidade da contabilidade de custos exige altas eficiências locais, isto é, todos os recursos da empresa devem estar produzindo constantemente. Como uma fábrica é desbalanceada por natureza, fica difícil conseguir que todos os recursos tenham altas eficiências. Um modo de tentar resolver isso é aumentando-se significativamente o estoque em processo. Com altos estoques em processo todos vão ter o que fazer constantemente.

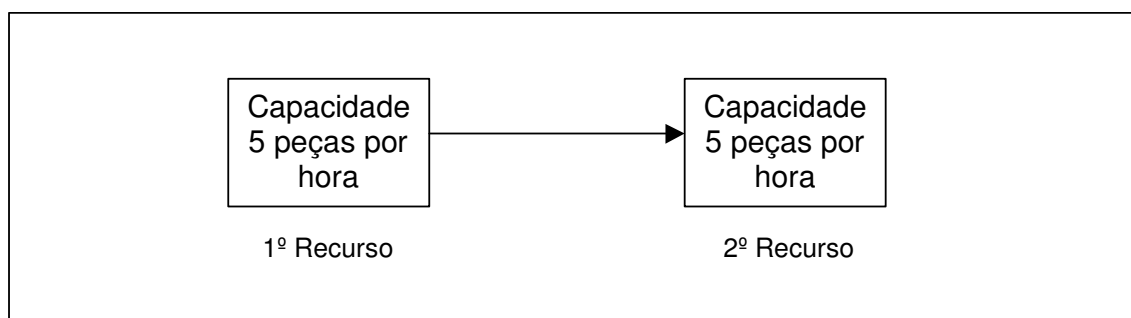
Mas, altos estoques em processo não são desejáveis, e a pressão para a redução dos custos acaba forçando muitas empresas a buscarem uma

fábrica balanceada. Assim se pensa que o aproveitamento do investimento será o melhor possível.

Os dois fatos, encontrados em todas as fábricas, que tornam uma fábrica com capacidade balanceada uma ilusão e um perigo para qualquer empresa são:

1. Eventos dependentes: Um evento ou uma série de eventos devem ser finalizados antes de outro começar, ou seja, o evento subsequente depende dos anteriores. Eventos dependentes em produção quer dizer que uma operação deve ser realizada antes da outra;
2. Flutuações estatísticas: A maioria dos efeitos críticos para a direção de uma fábrica com êxito não podem ser determinados com precisão e de maneira antecipada, por causa das flutuações estatísticas.

“Quando os eventos dependentes se combinam com as flutuações estatísticas há o problema ilustrado na figura 21, que se refere à uma fábrica com dois recursos que possuem uma capacidade média de produção de cinco peças por hora” (CORBETT NETO, 1997).



FONTE: CORBETT NETO, T. **Contabilidade de ganhos**. São Paulo, p. 182, Nobel, 1997.

FIGURA 21 – FÁBRICA COM 2 RECURSOS, CADA UM COM MÉDIA DE CINCO PEÇAS/HORA

Analisando-se este exemplo, pergunta-se: Qual será a capacidade média de toda fábrica? O primeiro recurso estará liberando para o processo, na média, cinco peças/hora. Quantas peças/hora o último recurso estará produzindo?

Utilizando-se uma distribuição estatística binomial, há dois resultados possíveis, para ambos recursos, de quatro ou seis peças/hora, com a mesma probabilidade de ocorrência. Então, como descrito anteriormente, cinco peças/hora é a capacidade média individual de cada recurso. A questão é: quanto é a capacidade média do conjunto de recursos, da fábrica como um todo? Para responder esta questão será criada a tabela 1.

Esta tabela ilustra todas as quatro ocorrências possíveis e o resultado final imposto a essa fábrica simples (CORBETT NETO, 1997).

TABELA 1 – PRODUÇÕES POSSÍVEIS DAS COMBINAÇÕES DE DOIS RECURSOS

OCORRÊNCIA	PRODUÇÃO (PEÇAS/HORA)		
	1º Recurso	2º Recurso	Fábrica como um todo
Ocorrência 1	4	4	4
Ocorrência 2	4	6	4
Ocorrência 3	6	4	4
Ocorrência 4	6	6	6
MÉDIA	5	5	4,5

FONTE: CORBETT NETO, T. **Contabilidade de ganhos**. São Paulo, p. 182, Nobel, 1997.

Como pode ser observado, a média de cinco peças/hora de cada recurso não se traduz numa média de cinco peças/hora para o sistema como um todo. Isso porque o resultado da operação anterior se tornará o ponto inicial da operação subsequente. Essa fábrica só tem 25% de probabilidade de produzir seis peças/hora, enquanto tem 75% de probabilidade de produzir quatro peças/hora. A flutuação estatística da primeira operação acumula e limita a capacidade de produção da segunda operação. O segundo recurso só irá produzir seis peças/hora se o primeiro recurso produzir seis peças/hora. A dependência entre os recursos limita as oportunidades de flutuações para cima, mas não para baixo. Isso é, a acumulação das flutuações estatísticas limita a produção da fábrica como um todo ao menor resultado individual dos recursos.

Esse fenômeno tem um impacto ainda maior quanto maior for a quantidade de recursos existentes em uma fábrica, pois haverá então uma maior acumulação de flutuações estatísticas. Como exemplo de uma fábrica com uma maior quantidade de recursos há o caso de uma fábrica similar à primeira, mas com três recursos com capacidade média de cinco peças por hora.

A tabela 2 mostra as combinações possíveis da produção/hora de uma fábrica com três recursos.

TABELA 2 – PRODUÇÕES POSSÍVEIS DAS COMBINAÇÕES DE TRÊS RECURSOS COMBINADOS

OCORRÊNCIA	PRODUÇÃO (PEÇAS/HORA)			
	1º Recurso	2º Recurso	3º Recurso	Fábrica como um todo
Ocorrência 1	4	4	4	4
Ocorrência 2	4	6	4	4
Ocorrência 3	4	4	6	4
Ocorrência 4	4	6	6	4
Ocorrência 5	6	4	4	4
Ocorrência 6	6	6	4	4
Ocorrência 7	6	4	6	4
Ocorrência 8	6	6	6	6
MÉDIA	5	5	5	4,25

FONTE: CORBETT NETO, T. **Contabilidade de ganhos**. São Paulo, p. 183, Nobel, 1997.

Observa-se que quanto mais recursos com capacidade balanceada essa fábrica tiver, mais a média se aproximará de quatro peças/hora, apesar da média individual dos recursos ser de cinco peças/hora.

“Analisando-se os exemplos anteriores tem-se ainda as seguintes questões: O que aconteceria se uma fábrica estivesse balanceada? Quantas peças entrariam na fábrica por hora? cinco peças. Quantas peças sairiam por hora? Conforme demonstrado anteriormente sairiam menos de cinco por hora. Então, o inventário em processo cresce se for mantida, ou tentada a manutenção da fábrica de forma balanceada. Mas, isso não acontece, pois

quando os efeitos negativos de uma fábrica balanceada começam a aumentar, a administração logo toma medidas para desbalancear a capacidade, com horas extras. Se esse tipo de ação não for tomada, a fábrica balanceada iria a falência” (CORBETT NETO, 1997).

"Em uma fábrica, a capacidade em excesso ou não utilizada de um determinado recurso é normalmente traduzida como excesso de custo. No sistema tradicional de apuração de custos, este custo em excesso é freqüentemente objeto de projetos de redução de custos. Em uma vã tentativa de minimizar o custo em cada processo/recurso, muitos gerentes de fábrica gastam tempo tentando equilibrar as capacidades dos recursos dentro de suas fábricas. Mas à medida que a capacidade em excesso é eliminada, a capacidade de recuperação dos diversos recursos desaparece e ocorre o inevitável. A fábrica começa a ficar cada vez mais atrasada em relação ao plano de produção (intervalos surgirão e crescerão) à medida que aumenta o estoque em processo e o ganho é perdido. A culpa pelo não cumprimento de prazos é atribuída a fatores fora de controle. Enquanto isso, os gerentes têm de recorrer a horas extras ou outros meios disponíveis para aumento de capacidade com o intuito de atender o plano de produção. Ironicamente, os gerentes logo estarão pagando um preço extra pela capacidade que tanto trabalharam para cortar” (CORBETT NETO, 1997).

Conforme mostrado nas tabelas 1 e 2, uma fábrica balanceada não é algo desejável, não leva a empresa na direção da sua meta. Felizmente, por natureza, uma fábrica é desbalanceada, as tentativas de ir contra esse fenômeno é que causam grandes problemas. Uma fábrica é como uma corrente, sempre tem um elo mais fraco, isto é, sempre tem um recurso com capacidade menor que os outros.

Para se obter o máximo de uma fábrica é necessário a certificação de que todos os seus recursos tenham uma quantidade mínima de capacidade a mais que o recurso com menor capacidade (a restrição), para que o fluxo não seja interrompido e a restrição não pare. Essa quantidade a mais de capacidade é denominada de capacidade protetiva.

A TOC classifica a capacidade de um recurso em três classes:

1. Capacidade produtiva: é a capacidade que a empresa irá efetivamente usar do recurso, ou seja, que ele produzirá;
2. Capacidade protetiva: é a capacidade adicional necessária nos recursos não restritivos para que em caso de parada eles não interrompam o fluxo produtivo e por consequência não parem a restrição;
3. Capacidade ociosa: é a diferença entre a capacidade disponível do recurso e as capacidades produtiva e protetiva, ou seja, é a capacidade que sobra.

O tamanho da capacidade protetiva depende de:

1. Nível das flutuações estatísticas: quanto pior a qualidade do processo, maior terá que ser essa capacidade;
2. Quantidade de estoque em processo: quanto maior o estoque em processo, menor pode ser essa capacidade. Porém, o aumento do estoque em processo nunca poderá eliminar a capacidade protetiva, pois para isso seria necessário um estoque infinito.

“Com isso conclui-se que para tirar o máximo do investimento da fábrica é necessário certificar-se da existência de apenas um elo fraco, e que os outros elos tenham capacidade protetiva suficiente para garantir o fluxo da fábrica. Isto é, a maioria dos recursos de uma fábrica devem ficar ociosos parte do tempo. Se isso não acontecer perde-se o controle sobre a produção e o estoque em processo crescerá” (CORBETT NETO, 1997).

4.8.2 2.º Princípio: O Nível de Utilização de um Recurso Não Restritivo não é Determinado pelo seu Próprio Potencial e Sim Por Uma Outra Restrição do Sistema.

Esse princípio determina que a utilização de um recurso não restritivo seja parametrizada em função das restrições existentes no sistema, ou seja, pelos recursos internos com capacidades limitadas ou pela limitação de demanda do mercado.

Esse fato é mostrado com as relações entre os recursos restritivos e recursos não restritivos (ver 4.3.3). Nos três primeiros casos, a utilização dos recursos não restritivos deveriam ser determinadas pela utilização do recurso com restrição de capacidade. No quarto caso, deveria ser determinada pela demanda de mercado, que é a restrição relevante daquele sistema. Isso leva a outro princípio:

4.8.3 3.º Princípio: A Utilização e Ativação de um Recurso não são Sinônimos

Esse princípio é estabelecido a partir do emprego de dois conceitos distintos: utilização e ativação.

A utilização corresponde ao uso de um recurso não restritivo de acordo com a capacidade do recurso restritivo.

A ativação corresponde ao uso de um recurso não restritivo em volume superior à requerida pelo recurso restritivo. A ativação de um recurso mais do que suficiente para a alimentação de um recurso com restrição de capacidade limitante, segundo o enfoque da teoria das restrições, não contribui com os objetivos da otimização da produção. Ao contrário prejudica, pois o fluxo se mantém constante, limitado pelo recurso restritivo, e ao mesmo tempo, o estoque estaria aumentando e também as despesas operacionais, com a administração deste estoque gerado. Como a ativação do recurso, neste caso,

não implica contribuição para serem atingidos os objetivos, esta não pode ser chamada de “utilização” do recurso, é apenas sua “ativação”.

A teoria das restrições estabelece que todos os recursos não restritivos do sistema de produção devem ser programados com base nas restrições do sistema - etapa de subordinação. Este princípio normalmente não é aplicado nas formas convencionais de programação de produção.

4.8.4 4.º Princípio: Uma Hora Perdida num Recurso Restritivo é Uma Hora Perdida no Sistema Inteiro

Este princípio pode também ser escrito da seguinte forma: “Uma hora ganha num recurso restritivo é uma hora ganha para o sistema inteiro”. As duas definições demonstram a importância do tempo na restrição e as suas conseqüências.

Qualquer tempo perdido na restrição, seja através da preparação de máquinas, da produção de unidades defeituosas, ou da fabricação de produtos não demandados pelo mercado, diminui o tempo total restrito, disponível para atender o volume máximo possível do sistema, determinado justamente pelo recurso restritivo.

Neste contexto a teoria das restrições advoga que só existe benefício na melhoria da eficiência do processo produtivo, isto é, redução dos tempos de máquinas ou processos, se estes forem os fatores restritivos, diferentemente do que usualmente acontece nas fábricas onde a preocupação em melhorar a eficiência não é sempre seletiva.

4.8.5 5.º Princípio: Uma Hora Economizada em um Recurso Não Restritivo é Apenas uma Ilusão.

Quando da programação recursos, é importante o reconhecimento de que em operações que envolvam recursos restritivos, é fundamental a

economia de tempo com preparação de máquina, isto é, tanto com a redução do tempo gasto na preparação (via trocas rápidas), como através da redução do número total de trocas (ou, em outras palavras, processando lotes relativamente grandes), permitindo-se assim que o fluxo aumente. Entretanto, numa operação que envolva recursos não restritivos, não há benefícios tão evidentes da redução dos tempos de preparação. De fato, haveria até a conveniência de se usar parte do tempo ocioso para serem efetuadas o maior número de preparações, pois, desta forma, os tamanhos dos lotes seriam menores. Embora esses lotes menores não ajudassem a redução do fluxo, ajudariam a diminuição do estoque em processo e as despesas operacionais, tornado-se o fluxo de produção mais suave.

Assim, conforme já mencionado, é importante toda a economia de tempo nos recursos com restrição de capacidades (ver 4.8.4), e como os recursos restritivos determinam o ritmo de produção dos não restritivos, não há nenhum benefício na economia de tempo nestes últimos, já que tal economia de tempo redundaria na ociosidade deste recurso.

4.8.6 6.º Princípio: As Restrições Governam o Ganho e o Inventário

A partir do exposto acima, conclui-se que os recursos restritivos determinam o ritmo do sistema e o ganho, bem como os níveis de estoque, pois estes são dimensionados e localizados em postos específicos de forma a ser possível a individualização de restrições de flutuações estatísticas provocadas pelos recursos não restritivos que a alimentam.

É preciso evitar que qualquer atraso, causado pela flutuação estatística ou por efeitos aleatórios, não cause parada no RRC, criando um “pulmão de tempo” antes deste recurso. O “pulmão de tempo” corresponde a um tipo de estoque que pode ser caracterizado como um “estoque pulmão” por tempo de segurança. Em outras palavras, programam-se os materiais para que cheguem ao recurso restritivo em determinado tempo, de segurança, antes do instante em que o recurso restritivo esteja programado para iniciar a operação. Dessa

forma, se qualquer atraso ocorrer com os recursos que alimentam o RRC, este pode ser absorvido pelo tempo de segurança.

4.8.7 7º Princípio: O Lote de Transferência não Pode e Muitas Vezes não Deve ser Igual ao Lote de Processamento

Na teoria das restrições, o lote de transferência é sempre uma fração do lote de processamento. O lote de processamento é aquele tamanho de lote que vai ser processado num recurso antes que este seja re-preparado para processamento de outro item. Já o lote de transferência é a definição do tamanho dos lotes que devem ser transferidos para as próximas operações. Como na teoria das restrições, estes lotes não são necessariamente iguais, quantidades de material processado podem ser transferidas para uma operação subsequente mesmo antes de todo o material do lote de processamento ser processado. Isto permite a divisão dos lotes com redução do tempo de passagem dos produtos pela fábrica.

4.8.8 8º Princípio: O Lote de Processamento Deve Ser Variável e não Fixo

Conforme mencionado anteriormente, o lote de processamento diz respeito ao tamanho de lote a ser processado completamente em determinado recurso, antes do mesmo ser re-preparado para o processamento de outro item (ver 4.8.7). O de transferência corresponde ao tamanho do lote que vai sendo transferido para uma próxima operação.

Ao contrário da teoria das restrições, muitos sistemas tradicionais de programação de produção (como o MRP II – *Manufacturing Resources Planning*) assumem que há somente um tamanho de lote para cada item, ou seja, consideram que o lote de transferência é sempre igual ao lote de processamento. Porém, o lote de processamento deve ser variável e não fixo.

A maioria dos sistemas tradicionais assume que o tamanho do lote deve ser o mesmo para todas as operações de fabricação do produto. Isso conduz a um problema de escolha do tamanho a ser adotado, uma vez que as características das operações individuais podem conduzir a um cálculo diferente. No modelo em estudo, os lotes de processamento podem variar de uma operação para a outra.

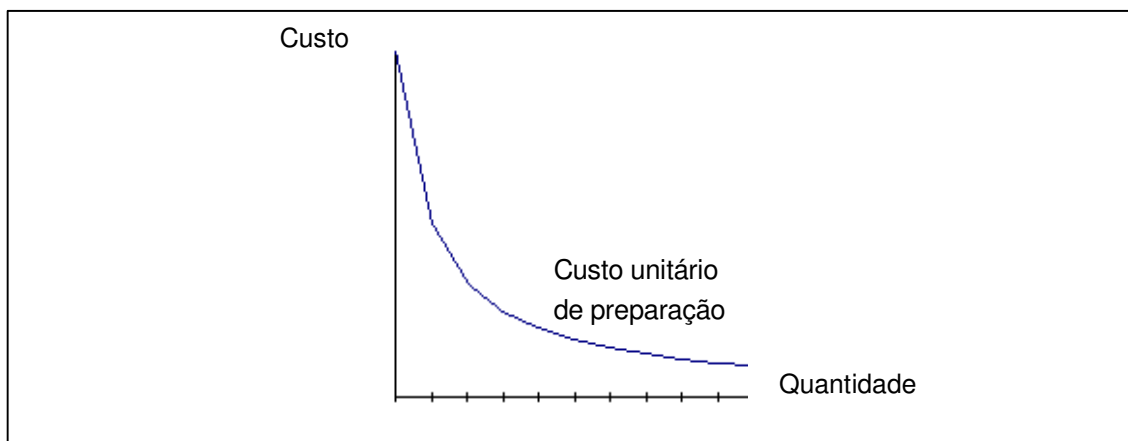
Na teoria das restrições, ao contrário do que ocorre com a maioria dos sistemas tradicionais, o tamanho dos lotes de processamento é uma função da situação da fábrica e pode variar de operação para operação. Estes tamanhos de lotes são estabelecidos pela sistemática de cálculo da TOC, que leva em conta o custo de carregar os estoques, os custos de preparação, as necessidades de fluxo de determinados itens e os tipos de recursos (restritivos e não restritivos).

4.8.8.1 Lote econômico na TOC

O objetivo da técnica, de contabilidade de custos - “mundo dos custos” de determinar o lote econômico, é encontrar um tamanho de lote que minimize os custos de produção.

De um lado há os custos de preparação – *setup*. Se após uma preparação de várias horas e for produzida apenas uma peça, essa peça terá que arcar com todo o custo da preparação. Então, para minimizar o custo por peça, busca-se tirar o máximo de peças numa única preparação de máquina, isto é, deve-se aumentar o tamanho do lote.

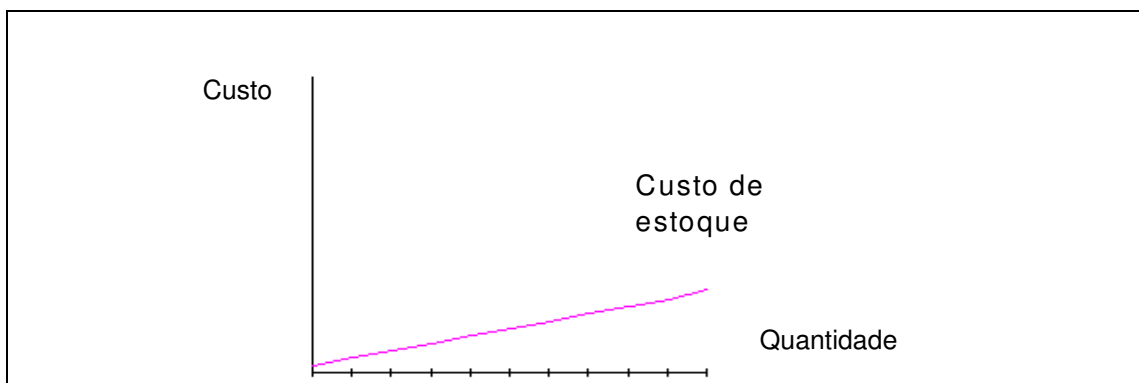
A seguir é apresentada a curva do custo de preparação por unidade, figura 22, que é o custo do preparação dividido pelo número de unidades que são produzidas nessa preparação:



FONTE: CORBETT NETO, T. **Theory of constraints**. Disponível em: <<http://www.corbett-toc.com/eng/index3.htm>> Acesso em: 20 jun. 2001.

FIGURA 22 – CUSTO DE PREPARAÇÃO POR UNIDADES PRODUZIDAS

Mas, o tamanho do lote não impacta somente no custo de preparação por unidade. Quanto maior for o lote, mais tempo ele ficará dentro da empresa, o que quer dizer que a empresa terá mais custos para a manutenção desse inventário, esta condição é mostrada na figura 23. Neste caso, não se quer o aumento dos custos de carregamento desse inventário, isto é, busca-se a redução do tamanho do lote.

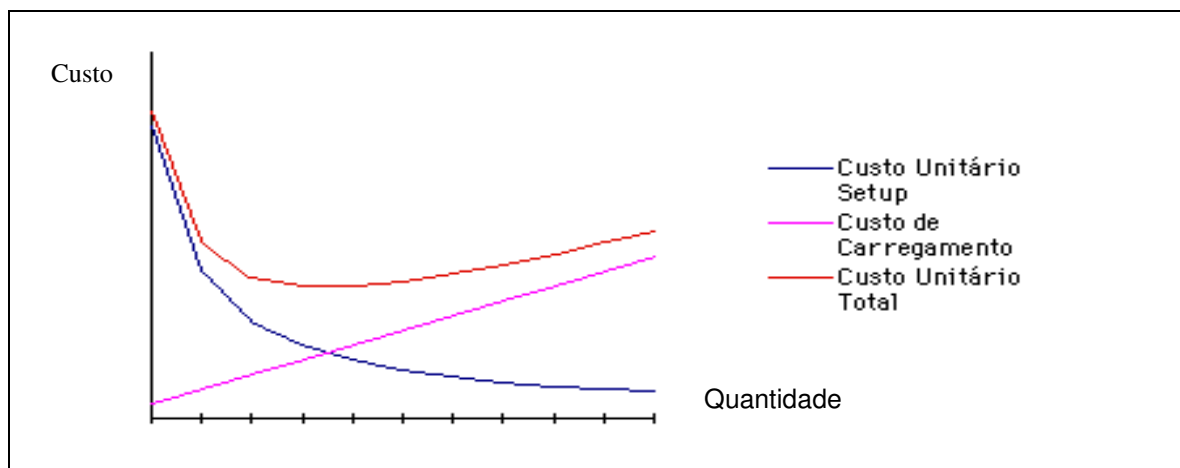


FONTE: CORBETT NETO, T. **Theory of constraints**. Disponível em: <<http://www.corbett-toc.com/eng/index3.htm>> Acesso em: 20 jun. 2001.

FIGURA 23 – CURVA DO CUSTO DE CARREGAMENTO POR UNIDADE

Na determinação do lote econômico, de uma lado busca-se o aumento do tamanho do lote para reduzir o custo de preparação por unidade e de outro lado diminui-se o tamanho do lote para minimizar o custo de carregamento do inventário. Dessa forma, o que a técnica do lote econômico faz é achar o tamanho de lote que minimize o custo total por unidade, levando-se em conta a

redução simultânea dos custos de preparação e de carregamento. A figura 24 mostra a curva para a determinação do lote econômico.



FONTE: CORBETT NETO, T. **Theory of constraints**. Disponível em: <<http://www.corbett-toc.com/eng/index3.htm>> Acesso em: 20 jun. 2001.

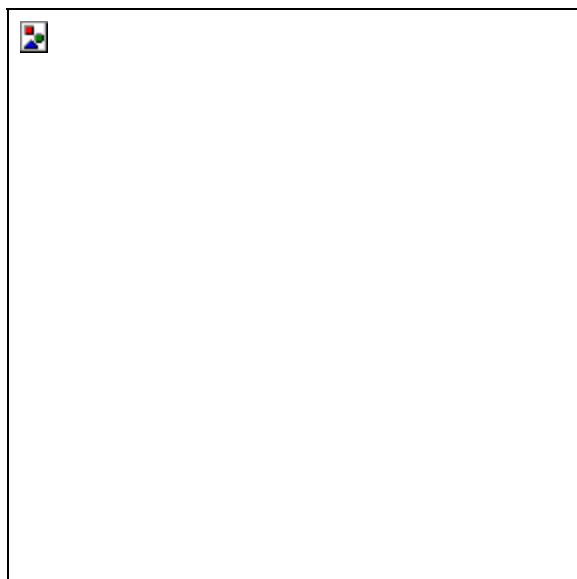


FIGURA 24 – CURVA PARA DETERMINAÇÃO DO LOTE ECONÔMICO

O gráfico da figura 24 mostra as duas curvas que já foram vistas, a do custo de preparação por unidade e a do custo de carregamento por unidade. Há também uma terceira curva, que é a curva do custo unitário total, que é a soma das outras duas curvas. O lote econômico é aquele no qual o custo unitário total é menor, onde a curva do custo unitário total atinge o seu mínimo, isso indica qual o tamanho de lote que minimiza os custos unitários.

“O que se almeja é a redução do custo por unidade. Para baixar o custo por unidade é necessário, de um lado, a redução dos custos de preparação por unidade, e de outro, a redução dos custos de carregamento por unidade.

Porém, para reduzir os custos de preparação por unidade é necessário o aumento do tamanho do lote, e para redução dos custos de carregamento por unidade precisa-se reduzir o tamanho do lote. Então, torna-se necessário o aumento e diminuição do tamanho do lote ao mesmo tempo, o que faz com que se utilize a técnica do lote econômico com vistas ao encontro de um meio termo” (CORBETT NETO, 1997).

“O que o cálculo do lote econômico tenta fazer é descobrir quanto pode ser sacrificado de cada lado, custo de preparação e de carregamento, para que o impacto no custo unitário seja o menor possível. Esse tipo de abordagem é o que aparece na maioria dos artigos que tratam do tema, havendo é claro alguma variação em detalhes mas a mensagem é a mesma. O que a maioria dos artigos também mostra é que a curva do Custo Unitário Total é bem plana perto do mínimo, o que quer dizer que o tamanho do lote, não é tão importante desde que esteja na região plana da curva” (CORBETT NETO, 1997).

Então, basicamente todas essas afirmações falam a mesma coisa, ou seja, que é necessário se fazer um cálculo para saber em que intervalo o tamanho dos lotes deveria estar, para reduzir o custo unitário das peças.

Neste ponto levanta-se a questão da existência de uma solução melhor para esta questão. Revendo o raciocínio, tem-se:

“A primeira coisa que precisa ser verificada é a necessidade da redução do custo por unidade. Para fazer isso, é necessária a comparação desse objetivo secundário com o objetivo primário da empresa. O objetivo da empresa é ganhar dinheiro hoje e no futuro. A questão aqui é: será que quando o custo por unidade é reduzido a lucratividade da empresa é aumentada? Assume-se que este raciocínio é válido” (CORBETT NETO, 1997).

Depois de ter sido analisado o objetivo secundário da redução do custo por unidade, é possível a análise dos próximos dois passos do raciocínio. Concluí-se que, para ser reduzido o custo por unidade é necessário o aumento do tamanho do lote, esse raciocínio está aceitando a preparação como algo normal, neste caso pressupõe que o custo de preparação é fixo e não pode ser reduzido. Hoje em dia sabe-se que isso não é verdade, graças ao *Just-in-Time*

(JIT), constatou-se que reduções significativas de preparação podem ser alcançadas num curto espaço de tempo. Pode-se reduzir preparação de horas para apenas alguns minutos. Dessa forma o JIT quebrou o raciocínio do lote econômico, pois não há mais a necessidade de se ter grandes lotes para ser reduzido o custo de preparação por unidade, já que esse custo não é mais significativo.

Para ser reduzido o custo por unidade é necessária a redução do custo de preparação por unidade. O que está implícito nesse raciocínio é que uma preparação custa dinheiro para a empresa. Neste ponto são levantadas as seguintes questões: a) Será que uma preparação adicional em qualquer recurso aumentará as despesas da empresa? b) Isso fará com que a empresa gaste mais dinheiro?

Para responder estas perguntas, devem ser recordados dois princípios da TOC:

1. "Uma hora perdida na restrição é uma hora perdida no sistema inteiro." Isso mostra a importância que a restrição exerce no desempenho da empresa;
2. "Uma hora economizada em um recurso não restritivo é uma miragem";
3. Que despesa da empresa irá variar com o tamanho dos lotes de produção? O pressuposto aqui é que para lotes menores, mais preparações de máquinas serão necessárias e, conseqüentemente, haverá maiores custos para a empresa, no entanto, esse pressuposto não é válido.

O tamanho dos lotes de produção realmente vai provocar mais preparações de máquinas, mas isso não leva a um aumento nas despesas da empresa. Supondo que a política de lotes de produção aumentasse as preparações, as despesas da empresa não iriam variar para o aumento de preparações de um recurso não restritivo. Não existe a necessidade de ser

contratada mais uma pessoa para executar essas preparações adicionais, o que iria aumentar as despesas operacionais.

O único local onde o número de preparações teria um impacto nos resultados finais da empresa é no recurso com restrição de capacidade. Mas um aumento no número de preparações na restrição não ocasionaria um aumento nas despesas, mas sim uma redução nas vendas, já que haveria menos minutos disponíveis para produção, isso é o que é comumente chamado de custo de oportunidade.

Portanto, a preparação não influencia os custos da empresa, o único lugar onde há uma influência significativa é na restrição. Nos recursos não restritivos não importa o tamanho dos lotes, pode ser realizada uma preparação de horas que produza apenas uma peça que não haverá um impacto negativo no resultado da empresa. Então, não existe a necessidade de ser calculado o lote econômico, o único lugar onde há a necessidade de grandes lotes é na restrição, nos outros recursos é melhor manejar lotes menores, pois o estoque em processo será menor (o que ocasionará menos investimento, menos custos de carregamento e menos impactos negativos no ganho) e, conseqüentemente, o *lead time* será menor (melhor atendimento ao cliente).

Isto quer dizer que a curva do custo de preparação por unidade cria uma ilusão. A contabilidade de custo tenta minimizar custos unitários achando que isso contribui para o aumento da lucratividade da empresa. Mas o que importa não são os custos unitários e sim o custo da empresa. Como referido não há relação entre essas duas coisas.

Então, a abordagem tradicional da contabilidade dos custos – mundo dos custos, não é válida, pois com uma hora ganha no recurso restritivo o sistema ganha globalmente e com uma hora ganha em um recurso não gargalo não “acontece” nada, é uma “miragem”.

4.8.9 9.º Princípio: Os Programas Devem Ser Estabelecidos Considerando-se todas as Restrições Simultaneamente

A programação da produção ao responder as questões de - o que e quando produzir - deve levar em consideração o conjunto de restrições existentes. Nesse aspecto da programação da produção, deverá ser observado o tratamento dados aos *lead times*, que correspondem aos tempos de ressuprimento.

Os sistemas tradicionais são baseados no pressuposto que os *lead times* podem ser estabelecidos antes do processo e planejamento. Assim, eles se constituem em dados que alimentam o sistema de planejamento da produção.

No modelo da teoria das restrições, os *lead times* são estabelecidos em função de como a produção é programada, ou seja, eles são resultados do processo de planejamento da produção.

É interessante observar que as proposições apresentadas para essa otimização estão "amarradas" aos conceitos de ganho, inventário e despesas operacionais, e objetivam, fundamentalmente, o alcance da meta da empresa.

Existem diversas categorias de restrições no ambiente industrial, tais como: de mercado, de capacidade, de logística, de gerenciamento e de comportamento.

As características e necessidades do mercado definem os limites do montante de ganho da empresa. As restrições de logística, gerenciamento e comportamento também existem no ambiente das empresas, porém não são, usualmente, reconhecidas como limitadoras no processo.

4.9 CONTABILIDADE DE GANHOS

A Contabilidade de Ganhos é baseada na teoria das restrições. A TOC encara qualquer empresa como um sistema, isto é, um conjunto de elementos

entre os quais há alguma relação de interdependência. O desempenho global do sistema depende dos esforços conjuntos de todos os elementos do sistema. Um dos conceitos mais fundamentais é o reconhecimento do importante papel da restrição de qualquer sistema, e por causa desse conceito, a Contabilidade de Ganhos não aloca custos aos produtos, ela tem como pressuposto que a tomada de boas decisões não exige o cálculo do custo dos produtos.

Este sistema contábil, chamado de contabilidade do ganho, é formado por três blocos de construção: ganho, inventário e despesa operacional.

Conforme descrito anteriormente (ver 4.4):

- Ganho é definido como o índice pelo qual o sistema gera dinheiro através das vendas;
- Inventário é definido como todo o dinheiro que o sistema investe em coisas que pretende vender;
- Despesa operacional é definida como todo o dinheiro que o sistema gasta para transformar o inventário em ganho.

Ganho é definido como todo o dinheiro que entra na empresa menos o que ela pagou a seus fornecedores, ou seja, receitas menos custos totalmente variáveis, esse é o dinheiro que a empresa gerou, o dinheiro pago aos fornecedores é dinheiro gerado por outras empresas.

Para se calcular o ganho unitário de cada produto é necessário a subtração dos Custos Totalmente Variáveis (CTV) do preço de venda. Custo Totalmente Variável é o montante que varia para cada acréscimo de uma unidade nas vendas do produto (na maioria dos casos é só matéria-prima). Dessa forma passa a ser conhecido quanto a empresa gera de dinheiro com a venda de cada unidade do produto. Para se calcular qual o ganho total da empresa basta somar os ganhos totais dos produtos (que é igual ao ganho unitário vezes o volume vendido).

Inventário é definido como todo o dinheiro que o sistema investe na compra de coisas que pretende vender. Essa medida de investimento é o ativo

da contabilidade tradicional podem ser confundidos, mas divergem drasticamente no que se refere ao inventário de material. “Que valor deve ser atribuído ao produto acabado estocado num armazém? De acordo com a definição acima, pode ser atribuído apenas o preço que é pago aos fornecedores pelo material e peças compradas que entraram no produto. Não existe valor agregado pelo próprio sistema nem mesmo mão-de-obra direta.” Esta idéia é expressada quando Jonah, no livro *A Meta* diz que não se deve levar o valor agregado em consideração porque elimina a confusão de decidir se um dólar gasto é um investimento ou uma despesa.

O valor atribuído ao estoque em processo e estoque acabado é igual ao seu custo totalmente variável (CTV) que já foram incorridos a favor de itens no inventário. Um dos objetivos aqui é a eliminação da geração de “lucros aparentes” devido ao processo de alocação de custos. Com esta metodologia não é possível o aumento dos estoques em processo e de produtos acabados para incrementar os lucros do período (adiando o reconhecimento de algumas despesas que, com certeza irão diminuir lucros futuros).

Despesa Operacional - "Retirar o valor acrescido do inventário não significa que não existem estas despesas." Não há valor acrescido ao produto, todo o dinheiro que o sistema gasta transformando Inventário (I) em Ganho (G) é colocado nessa medida. Despesa Operacional (DO) é intuitivamente compreendida como todo o dinheiro que "deve ser colocado constantemente dentro da máquina para mover suas engrenagens", ou seja, todas as demais despesas não deduzidas para chegar-se ao ganho. Salários, desde o presidente da empresa até a mão-de-obra direta, aluguéis, luz, encargos sociais e depreciações. A TOC não os classifica em custos fixos, variáveis, indiretos e diretos. A DO é simplesmente o acúmulo de todas as outras contas (despesas) que não entraram no Ganho ou no Investimento. Os incrementos ou diminuições nas despesas são analisados caso a caso e seu impacto é computado no lucro final.

A TOC afirma que qualquer coisa pode ser classificada numa dessas três medidas e que as três são suficientes para fazer a ponte entre o Lucro Líquido e o Retorno sobre o Investimento com as ações diárias dos gerentes.

4.9.1 Parâmetros Auxiliares

O Lucro Líquido, sigla LL, retorno sobre o investimento, sigla RSI, e fluxo de caixa são utilizados na contabilidade do ganho da TOC como parâmetros auxiliares para a avaliação de desempenho, ou o grau com que a meta está sendo atingida.

Estes parâmetros são definidos da seguinte forma:

- Lucro líquido: medido como a diferença entre ganho (venda menos o montante de valores pagos aos fornecedores pelas matérias-primas diretas) e as despesas operacionais. Inclui todo o dinheiro que o sistema (organização) gasta para transformar inventário em ganho. Esse indicador reflete quanto dinheiro a empresa está gerando em um determinado período. Corresponde a uma medida absoluta de lucratividade para avaliação do nível de geração de dinheiro pelo sistema;
- Retorno sobre investimento: dimensiona o esforço necessário para o alcance de um determinado nível de lucro e é obtido dividindo-se o lucro líquido pelo inventário, lembrando que este último inclui todo dinheiro que o sistema (organização) investe na compra de coisas que ele pretende vender. Corresponde à medida relativa de lucratividade do modelo;
- Fluxo de caixa: é considerado uma situação necessária para a sobrevivência da empresa, ao invés de propriamente um indicador. Corresponde a uma medida absoluta de liquidez.

Estes parâmetros são calculados da seguinte forma:

- Lucro Líquido (LL): $LL = G - DO$;
- Retorno Sobre o Investimento (RSI): $RSI = (G - DO)/I$.

onde:

G = Ganho Total da empresa;

DO = Despesa Operacional Total;

I = Inventário Total.

Com essas três medidas (G, I e DO) sabe-se qual o impacto de uma decisão nos resultados finais da empresa. O ideal é uma decisão que aumente o G – ganho total da empresa e diminua I – inventário total e as DO – despesas operacionais totais da empresa. Porém, qualquer decisão que provoque um impacto positivo no RSI – retorno sobre o investimento é uma decisão que leva na direção da meta do sistema. O juiz final, que determina se a decisão é boa ou não é o RSI.

Em uma situação na qual existe uma restrição na linha de produção da empresa, isto é, a produção tem um recurso que é a restrição de todo o processo, se faz necessário decidir os produtos mais interessantes para a empresa, pois a empresa não tem capacidade de entregar todos os produtos nas quantidades desejadas pelo mercado.

Portanto, conclui-se que a restrição é o tempo disponível do recurso restritivo. Para aumentar-se o ganho da empresa é necessário tirar o máximo possível desse tempo disponível.

Deve ser dada preferência aos produtos com maior ganho, e ao mesmo tempo, aos produtos que utilizam menos o tempo da restrição. Haverá um problema quando, comparando dois produtos, um tenha o maior ganho, e o outro utilize menos o tempo da restrição. Como então, decidir qual é a melhor alternativa para a empresa?

Para resolver esse problema é preciso detectar uma medida relativa, que atenda à necessidade de maximizar o ganho da empresa ao mesmo tempo em que se minimiza o tempo gasto da restrição.

Por um lado há o ganho unitário do produto, e do outro os minutos que o produto usa da restrição. Para decidir qual contribuirá mais para o resultado final da empresa, é necessário dividir o ganho unitário dos produtos pelo tempo que eles utilizam da restrição, chegando-se no ganho por tempo da restrição. Mas, essa medida só serve para a identificação do produto que mais contribui para a lucratividade da empresa quando o mercado é comprador, isto é, o mercado quer comprar mais do que a empresa consegue produzir. Nesse caso, o cálculo do ganho por tempo da restrição faz sentido. Porém, nem sempre as empresas se encontram nessa situação.

Quando a empresa pode produzir mais que o poder de compra do mercado, a restrição está no mercado. Nesse caso, o critério de comparação entre os produtos deve ser apenas o ganho unitário, pois não há nenhum recurso físico que impeça a empresa de ir em direção a sua meta. Qualquer venda de produto cujo preço seja maior que o CTV, e que não aumente a DO, contribui para o aumento dos resultados finais da empresa. O pressuposto por trás dessa análise da TOC é o fato de que a DO da empresa não varia proporcionalmente com o aumento do volume de produção, especialmente, se a empresa tem a capacidade ociosa.

De qualquer forma, o ganho/minuto da restrição ou o ganho unitário não devem ser considerados de forma isolada na avaliação de uma decisão. Qualquer que seja a decisão a ser tomada é necessário se quantificar o impacto da mesma no LL e RSI da empresa.

4.9.2 Relações entre as Medidas TOC

As relações entre as medidas TOC - Ganho, inventário e despesa operacional com os parâmetros auxiliares - lucro líquido, retorno sobre o investimento e fluxo de caixa podem ser exemplificadas pelas seguintes perguntas:

1. Qual será o impacto do aumento do ganho, mantendo-se o inventário e a despesa operacional constante sobre o lucro líquido, retorno sobre o investimento e fluxo de caixa?

Se o ganho for aumentado, mantendo-se o inventário e as despesas operacionais constantes, será aumentando o lucro líquido, o retorno sobre o investimento e o fluxo de caixa.

2. Qual será o impacto da redução do inventário (reduzindo-se, por exemplo, inventário de material em processo), mantendo-se constante o ganho e a despesa operacional, sobre o lucro líquido, retorno sobre o investimento e fluxo de caixa?

Neste caso o lucro líquido permanecerá constante, porém existirá um aumento do retorno sobre o investimento e no fluxo de caixa.

3. Qual será o impacto da redução da despesa operacional, mantendo-se constante o ganho e o inventário, sobre o lucro líquido, retorno sobre o investimento e fluxo de caixa?

Neste caso, há aumento do lucro líquido, aumento do retorno sobre o investimento e aumento no fluxo de caixa.

Pode parecer que o inventário exerce um impacto menor na meta, pois ele não apresenta nenhum impacto direto no lucro líquido, porém com a redução do inventário, especialmente o inventário de material em processo, há uma redução de algumas despesas operacionais, conhecidas como custo de carregamento - *carring costs* e assim, como explicado anteriormente, um aumento do lucro líquido, retorno sobre o investimento e fluxo de caixa. Portanto, existe um impacto indireto da redução do inventário sobre o aumento do lucro líquido.

Com estas três relações, determinando: - relação de impacto que uma ação terá agora no Ganho, Inventário e Despesa Operacional pode-se determinar o impacto no Lucro líquido, Retorno sobre o investimento e Fluxo de caixa. Conclui-se, portanto, que estas três medidas são excelentes guias para a tomada de decisões.

4.10 PROCESSOS DE RACIOCÍNIO DA TOC

4.10.1 Visão Geral

Quando são analisadas as restrições físicas, a TOC é geralmente introduzida numa organização, especificamente quando a restrição é interna.

Quando a restrição é externa, ou deixa de ser física, com maior frequência, a nova restrição é uma restrição política em vez de uma restrição física. Isto é, alguma política está impedindo o aumento dos lucros da empresa. As políticas geralmente são respostas a problemas que ocorreram no passado e são quase sempre aceitas e seguidas sem pensar. Tais políticas podem não estar escritas e apenas fazerem parte da tradição local. As restrições resultantes de políticas podem ser de difícil identificação e, quando identificadas, apresentam uma solução complexa. Quase sempre, a eliminação de restrições políticas exige a integração de diversos departamentos.

Embora o processo de raciocínio possa ser usado para resolver as restrições físicas e as políticas, ele é especialmente valioso quando se trata das últimas.

4.10.2 O Processo de Raciocínio

Os Processos de Raciocínio são a base da TOC. Eles são ferramentas lógicas criadas por Goldratt para ajudar a resolver problemas. Estão baseados nas relações de causa - efeito da física.

Os Processos de Raciocínio podem ser usados em separado ou em conjunto, dependendo do que se quer atingir. Para problemas mais amplos, eles devem ser usados em conjunto, visando-se responder a três perguntas: O que mudar? Para o quê mudar? e Como causar a mudança? O processo de raciocínio inclui ferramentas analíticas formais, que pretendem ajudar pessoas a responder a essas três perguntas.

As funções das ferramentas do processo de raciocínio estão descritas no quadro 9.

QUADRO 9- FUNÇÕES DAS FERRAMENTAS DO PROCESSO DE RACIOCÍNIO

O QUE MUDAR?	PARA O QUÊ MUDAR?	COMO MUDAR?
Árvore da realidade atual	Diagrama de dispersão de nuvem	Árvore de pré-requisitos
	Árvore da realidade futura	Árvore da transição

FONTE: NOREEN, Eric; SMITH, Debra & MACKEY, James T. **A teoria das restrições e suas implicações na contabilidade gerencial**. São Paulo, p. 153, Educator, 1996.

Um problema específico pode exigir o uso de todas as ferramentas, mas elas também podem ser usadas seletivamente.

4.10.2.1 O que mudar?

Descobrir a doença do sistema, sua restrição.

A primeira pergunta, “O que mudar?”, obriga a busca de um diagnóstico da situação. Esta é uma tentativa para a identificação do Problema Raiz do sistema. Fazendo-se uma analogia com a medicina, aqui se faz um diagnóstico, uma lista de sintomas, levando-se em consideração os sintomas do sistema. No processo de raciocínio os sintomas são chamados de efeitos indesejáveis ou EI’s. Uma causa comum é deduzida com base nos padrões dos sintomas observados. Até certo ponto, quanto mais sintomas existirem, tanto mais fácil será o diagnóstico. Um único sintoma pode ter várias causas, mas um leque de sintomas diferentes só pode ter uma única causa plausível. Em lugar de se apoiar inteiramente na intuição para descobrir a causa, um mapa formal de causa e efeito (Árvore da Realidade Atual - ARA) é construído, com o objetivo da identificação de alguns problemas raiz que podem explicar todos (ou virtualmente todos) os Efeitos Indesejáveis observados.

4.10.2.2 Para o quê mudar?

Uma vez identificado um problema raiz, usando-se a intuição ou a árvore da realidade atual, a pergunta se torna “Para o quê mudar?” A declaração

inicial da solução, ou objetivo, é geralmente o oposto do problema - raiz. Estabelecer o objetivo é algumas vezes suficiente, os passos a serem tomados para se chegar à solução são intuitivamente óbvios.

“A persistência de um problema raiz, indica no geral que algum conflito bloqueia a sua solução. Em tais situações, são comuns soluções conciliatórias. Porém, tais soluções conciliatórias devem ser rejeitadas, pois uma solução que não exige concessões pode usualmente ser encontrada” (NOREEN; SMITH & MACKEY, 1996). O segredo é a identificação dos pressupostos que levam a possibilidade de uma solução transparente. A técnica específica para identificação dos pressupostos subjacentes do conflito aparente e para acabar com o impasse é chamada de Diagrama de Dispersão de Nuvem.

Uma vez identificada uma injeção (a base de uma solução), uma Árvore da Realidade Futura é usada para verificar se a aplicação bem sucedida da injeção irá eliminar os sintomas. Ela é igualmente usada para verificar se a injeção pode gerar novas conseqüências negativas. Se a injeção for insuficiente para eliminar os sintomas ou se a injeção propriamente dita tiver resultados negativos, a solução é modificada, talvez utilizando-se outro Diagrama de Dispersão de Nuvem. O processo de refinamento da solução continua, até que o seu executante tenha certeza de que a aplicação bem sucedida da solução irá eliminar uma parte significativa dos sintomas originais sem levar a novas e, até piores, conseqüências negativas.

4.10.2.3 Como causar a mudança?

A seguir a pergunta se torna, “Como causar a mudança?”. Todos os obstáculos imagináveis à aplicação da injeção são colocados na Árvore de Pré Requisitos. A ferramenta final é a Árvore de Transição, ela identifica as ações específicas que devem ser tomadas para vencer os obstáculos identificados na Árvore de Pré Requisitos (PAR). Ou seja, a Árvore de Transição é essencialmente o plano de implementação.

Resumindo:

O processo de raciocínio começa com uma lista completa de efeitos indesejáveis que o preparador gostaria de ver eliminados. A Árvore da Realidade Atual (ARA) é usada para identificar um ou mais problemas raízes (restrições) que são aparentemente as causas destes efeitos indesejáveis. O objetivo imediato, ou primeiro passo para a solução, é o oposto do problema raiz. Se o objetivo parecer impossível, um Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN) é usado para expor os pressupostos subjacentes que fazem com que ela pareça inatingível. Uma injeção, é uma mudança que, uma vez posta em prática, modificará o ambiente de tal forma que os pressupostos na Nuvem perdem o seu valor. A Árvore da Realidade Futura (ARF) é usada para verificar se a injeção vai eliminar os efeitos indesejáveis originais sem criar mais problemas. A Árvore de Pré Requisitos (APR) é usada na identificação de obstáculos para implementação da injeção. A Árvore da Transição (AT) é um plano detalhado para superar estes obstáculos.

O quadro 10 mostra as etapas do processo de otimização/melhora contínua, e a ferramenta adequada. (Veja na próxima página)

QUADRO 10 – PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO CONTÍNUA E FERRAMENTAS ADEQUADAS

PROCESSO DE APRIMORAMENTO CONTÍNUO		
Processo de Aprimoramento Contínuo	Situações Gerais	Restrição Física
1ª. Etapa: Identificar as restrição (ões) do sistema	Utilização das árvores da realidade atual para identificar o(s) problema(s) raiz	Identificar o(s) recurso(s) que são obstáculos primários para o progresso em direção a meta
2ª. Etapa: Explorar as restrição (ões) do sistema	Utilização das árvores da realidade futura para decidir qual a melhor forma de caminhar em direção da meta com a atual restrição	Decidir um plano para a restrição que melhor suporta a meta do sistema
3ª. Etapa: Subordinar todas as coisas às decisões acima	Subordinar outros fatores para a(s) decisão(ões) acima. Não se deve permitir outras iniciativas de melhora interferir com a mais alta prioridade das decisões acima.	Altere ou gerencie as políticas, processos, e outros recursos para suportar as decisões acima.
4ª. Etapa: elevar a restrição do sistema	Utilização das árvores da realidade para elevar a(s) restrição(ões)	Adicionar capacidade à restrição
5ª. Se em alguma etapa anterior, a restrição dor quebrada, retorne a 1ª. etapa, mas não deixe a inércia se torne a restrição do sistema	Volte à 1ª. etapa, mas não deixe as decisões previas tomadas na 1ª. à 4ª. etapa se tornarem prejudiciais. Deve-se atentar que estas decisões foram tomadas para uma restrição que já foi eliminada e geralmente não são efetivas para novas restrições.	Volte à 1ª. etapa, mas não deixe as decisões previas tomadas na 1ª. à 4ª. etapa se tornarem restrições.
COMENTÁRIO	Este processo geral serve para resolver qualquer combinação de restrição: política, processo, materiais e física.	Este processo simplificado é a base para projetos TOC de gerenciamento, logística e programação

FONTE: MACMULLEN, T. B. **Introduction to the theory of constraints (TOC) management system**. Florida, p. 44, St. Lucie Press, 1998.

5 APLICAÇÃO PRÁTICA DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES E DA METODOLOGIA OAE

5.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, será realizada a indicação da aplicação prática da metodologia OAE e a simulação da aplicação da TOC em uma empresa líder mundial do ramo alimentício.

A pedido da empresa, foram omitidos os dados: razão social, participação de mercado, tipo e nomes dos produtos e equipamentos.

5.1.1 Considerações

A fábrica analisada processa vinte e um produtos diferentes e dispõe de treze equipamentos/estações de trabalho, incluindo os equipamentos de empacotamento, para a fabricação destes produtos.

No item Anexos, são apresentados os fluxogramas de processo para todos os produtos elaborados na empresa estudada. Observa-se que dependendo do tipo de produto a ser produzido, diferentes equipamentos são utilizados, os quais fazem parte de diferentes linhas. Analisando-se os fluxogramas, foi construída uma matriz de produtos e equipamentos (ver quadro 11), que relaciona cada produto com o(s) respectivos equipamento(s) necessário(s) à produção.

continua

QUADRO 11 – CONDIÇÃO DE UTILIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA SEGUNDO O TIPO DE PRODUTO E DE EQUIPAMENTO – SÃO CAETANO DO SUL, 2002

PRODUTO	EQUIPAMENTO				
	Equipamento 1	Equipamento 2	Equipamento 3	Equipamento 4	Equipamento 5
Produto 1	Processado	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	Proc.
Produto 2	Não Proc.	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.
Produto 3	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	Proc.
Produto 4	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.
Produto 5	Não Proc.	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.
Produto 6	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.
Produto 7	Não Proc.	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.
Produto 8	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.
Produto 9	Não Proc.	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.
Produto 10	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.	Não Proc.
Produto 11	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.	Não Proc.
Produto 12	Não Proc.	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.
Produto 13	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.	Não Proc.
Produto 14	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.	Não Proc.
Produto 15	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.
Produto 16	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.
Produto 17	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.
Produto 18	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.
Produto 19	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.
Produto 20	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.
Produto 21	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.

continuação

QUADRO 11 – CONDIÇÃO DE UTILIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA SEGUNDO O TIPO DE PRODUTO E DE EQUIPAMENTO – SÃO CAETANO DO SUL, 2002

PRODUTO	EQUIPAMENTO				
	Equipamento 6	Equipamento 7	Equipamento 8	Equipamento 9	Equipamento 10
Produto 1	Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.	Não Proc.
Produto 2	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Proc.
Produto 3	Proc.	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.
Produto 4	Proc.	Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.
Produto 5	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Proc.
Produto 6	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Proc.
Produto 7	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Proc.
Produto 8	Proc.	Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.
Produto 9	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.
Produto 10	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.
Produto 11	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.
Produto 12	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Proc.
Produto 13	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.
Produto 14	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.
Produto 15	Proc.	Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.
Produto 16	Proc.	Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.
Produto 17	Proc.	Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.
Produto 18	Proc.	Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.
Produto 19	Proc.	Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.
Produto 20	Proc.	Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.
Produto 21	Proc.	Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.

conclusão

QUADRO 11 – CONDIÇÃO DE UTILIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA SEGUNDO O TIPO DE PRODUTO E DE EQUIPAMENTO – SÃO CAETANO DO SUL, 2002

PRODUTO	EQUIPAMENTO			
	Equipamento 11	Equipamento 12	Equipamento 13	
Produto 1	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	
Produto 2	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	
Produto 3	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	
Produto 4	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	
Produto 5	Proc.	Proc.	Proc.	
Produto 6	Proc.	Proc.	Proc.	
Produto 7	Proc.	Proc.	Proc.	
Produto 8	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	
Produto 9	Proc.	Proc.	Proc.	
Produto 10	Proc.	Proc.	Proc.	
Produto 11	Proc.	Proc.	Proc.	
Produto 12	Proc.	Proc.	Proc.	
Produto 13	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	
Produto 14	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	
Produto 15	Proc.	Proc.	Proc.	
Produto 16	Proc.	Proc.	Proc.	
Produto 17	Proc.	Proc.	Proc.	
Produto 18	Proc.	Proc.	Proc.	
Produto 19	Proc.	Proc.	Proc.	
Produto 20	Não Proc..	Não Proc..	Proc.	
Produto 21	Proc.	Proc.	Proc.	

FONTE: Elaborada pelo autor

NOTAS: Proc. - significa, processado pelo equipamento

Não Proc. - Significa, não processado pelo equipamento

5.1.2 Demanda Total do Mercado para Produtos que Saem da Fábrica.

A tabela 3 apresenta a quantidade mensal em quilos, de janeiro à junho de 2001, de cada produto elaborado pela fábrica estudada para atendimento da demanda de mercado. Como o mercado, atualmente, não absorve uma maior quantidade de produtos, conclui-se que a produção mostrada na tabela 3 é igual a demanda de mercado para os produtos que saem da fábrica. Nos valores mostrados, estão incluídas as quantidades de produtos “vendida” para outras fábricas da empresa.

continua

TABELA 3 – QUANTIDADE PRODUZIDA PELA EMPRESA ALIMENTÍCIA, EXPRESSA EM kg, SEGUNDO O TIPO DE PRODUTO E O MÊS DO ANO. REGISTROS EFETUADOS DE JANEIRO À JUNHO DE 2001 – SÃO CAETANO DO SUL, 2002

PRODUTO	PRODUÇÃO (kg)					
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho
Produto 1	49 312	86 340	52 194	46 948	60 981	54 082
Produto 2	6 880	13 812	5 460	5 828	15 496	13 308
Produto 3	88 230	93 490	77 361	61 900	225 531	69 987
Produto 4	67 872	53 991	0	45 465	36 603	0
Produto 5	99 745	0	0	0	44 191	4 723
Produto 6	56 843	107 178	98 751	139 591	172 818	143 329
Produto 7	38 805	73 152	76 362	45 055	69 066	39 372
Produto 8	91 335	81 421	85 493	100 426	87 734	120 949
Produto 9	16 300	78 385	94 770	48 402	75 661	89 957
Produto 10	54 388	23 256	40 208	52 756	60 160	46 508
Produto 11	18 346	9 784	17 838	40 908	17 140	12 257
Produto 12	11 562	35 747	16 397	33 785	16 242	28 869
Produto 13	16 294	0	21 406	13 550	0	13 061
Produto 14	65 008	20 521	88 872	83 177	45 175	45 007
Produto 15	199 511	303 708	540 845	510 817	548 644	500 946
Produto 16	20 098	16 080	22 934	16 178	12 386	12 797

conclusão

TABELA 3 – QUANTIDADE PRODUZIDA PELA EMPRESA ALIMENTÍCIA, EXPRESSA EM kg, SEGUNDO O TIPO DE PRODUTO E O MÊS DO ANO. REGISTROS EFETUADOS DE JANEIRO À JUNHO DE 2001 – SÃO CAETANO DO SUL, 2002

PRODUTO	PRODUÇÃO (kg)					
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho
Produto 17	33 039	59 490	13 912	22 141	41 678	50 091
Produto 18	0	28 872	33 696	10 440	18 540	40 248
Produto 19	26 359	21 741	39 203	30 651	40 147	30 326
Produto 20	19 258	32 605	41 746	20 603	36 984	14 054
Produto 21	71 848	100 825	110 899	101 417	167 888	92 141

FONTE: Elaborada pelo autor

5.2 APLICAÇÃO DA EFETIVIDADE NO USO DOS BENS DE OPERAÇÃO - OAE

5.2.1 Introdução

No capítulo 3 foram descritos os principais conceitos das metodologias de melhoria contínua oriundas do Japão, focando principalmente a metodologia TPM e o OAE.

Neste capítulo é indicada uma das formas de aplicação prática e cálculo da metodologia OAE. Esta forma é semelhante à forma de aplicação da metodologia TPM, porém com algumas diferenças, as quais foram descritas no capítulo 3.

Não serão apresentados os valores reais da empresa estudada por motivos éticos, no entanto, será indicada a seqüência e método de cálculo geral para uma empresa alimentícia.

5.2.1.1 Considerações

Conforme apresentado no quadro 11, a empresa dispõe de treze equipamentos destinados a produção dos vinte e um produtos por ela comercializados.

Para o cálculo OAE, os equipamentos são agrupados em linhas de produção de modo a possibilitar a formação das linhas básicas de produção, conhecidas também como linhas de produção virtual.

Os treze equipamentos/estações de produção formam quatro linhas básicas de produção, que são mostradas a seguir:

- Linha básica 1: é formada pelos equipamentos nº1, 4, 5, 6, 7, 8 e 9;
- Linha básica 2: é formada pelos equipamentos nº10, 11 e 12;
- Linha básica 3: é formada pelo equipamento nº2;
- Linha básica 4: é formada pelo equipamento nº3;

Conforme explicado no delineamento da pesquisa (ver 2.2.5), o equipamento n.º 13, compartilhado por todas as linhas, e que corresponde ao empacotamento não está sendo considerado.

Dependendo do produto, as linhas podem depender uma das outras, o que resulta em combinações de produção que inviabiliza a produção simultânea de alguns produtos. No quadro 12, são apresentados exemplos de combinações de produção possíveis.

QUADRO 12- PRODUTOS ELABORADOS POR INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA SEGUNDO O NÚMERO DE IDENTIFICAÇÃO, O TIPO DE COMBINAÇÃO E DE LINHA BÁSICA – SÃO CAETANO DO SUL, 2002

COMBINAÇÃO	LINHA BÁSICA			
	Linha básica 1	Linha básica 2	Linha básica 3	Linha básica 4
Combinação 1	Produto 8	Produto 7, 11, 12, 5,8,10,13,	Produto 2, 5, 7, 9, 12	Produto 10, 11, 13, 14
Combinação 2	Produto 15, 18	Produto 15	Produto 2, 5, 7, 9, 12	Produto 13 e 14
Combinação 3	Produto 3	Produto 6, 10, 11, 2, 5,7,9,12	Produto 2, 5, 7, 9, 12	Produto 10, 11, 13, 14
Combinação 4	Produto 1 e 4	Produto 6, 10, 11, 2, 5,7,9,12	Produto 2, 5, 7, 9, 12	Produto 10, 11, 13, 14

FONTE: Elaborada pelo autor

Devido a características inerentes a este tipo de processo, a empresa tomou um equipamento por linha para o cálculo do indicador OAE, são eles:

- Linha básica 1: tomou-se o equipamento nº1;
- Linha básica 2: tomou-se o equipamento nº12;
- Linha básica 3: tomou-se o equipamento nº2;
- Linha básica 4: tomou-se o equipamento nº3;

Esta divisão, permitiu a construção do quadro 13, que é semelhante ao quadro 11, porém relaciona o produto com os quatro equipamentos tomados para o cálculo do OAE: equipamento nº1, equipamento nº2, equipamento nº3 e equipamento nº12.

QUADRO 13- CONDIÇÃO DE UTILIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA SEGUNDO O TIPO DE PRODUTO E DE EQUIPAMENTO – SÃO CAETANO DO SUL, 2002

PRODUTO	EQUIPAMENTO			
	Equipamento 1	Equipamento 2	Equipamento 3	Equipamento 12
Produto 1	Processado	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.
Produto 2	Não Proc.	Proc.	Não Proc.	Não Proc.
Produto 3	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.
Produto 4	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.
Produto 5	Não Proc.	Proc.	Não Proc.	Proc.
Produto 6	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Proc.
Produto 7	Não Proc.	Proc.	Não Proc.	Proc.
Produto 8	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc.
Produto 9	Não Proc.	Proc.	Não Proc.	Proc.
Produto 10	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	Proc.
Produto 11	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	Proc.
Produto 12	Não Proc.	Proc.	Não Proc.	Proc.
Produto 13	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.
Produto 14	Não Proc.	Não Proc.	Proc.	Não Proc.
Produto 15	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Proc.
Produto 16	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Proc.
Produto 17	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Proc.
Produto 18	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Proc.
Produto 19	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Proc.
Produto 20	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Não Proc..
Produto 21	Proc.	Não Proc.	Não Proc.	Proc.

FONTE: Elaborada pelo autor

NOTAS: proc.- Significa, Processado pelo equipamento;

não proc. - Significa, Não processado pelo equipamento.

5.2.2 Determinação do Gargalo

Após a construção do quadro 13, deve-se identificar o gargalo de produção para cada produto, pois é para o gargalo que são calculados os indicadores de utilização, fluxo e rendimento. Conforme foi descrito anteriormente (ver 4.4.1), o gargalo é o equipamento mais demandado em utilização e com fluxo de produto mais baixo em comparação a todos os outros que formam a linha em questão.

A empresa estudada determinou que o gargalo é o equipamento com o menor vazão de produto. De acordo com o delineamento da pesquisa (ver 2.2.5), o empacotamento não foi considerado no estudo. Portanto, não está incluído no cálculo da determinação dos gargalos de produção. A tabela 4 apresenta a vazão máxima de produto por equipamento.

continua

TABELA 4 – QUANTIDADE MÁXIMA PRODUZIDA POR MINUTO POR EQUIPAMENTO EM UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTO, SEGUNDO O TIPO DE PRODUTO E O EQUIPAMENTO – SÃO CAETANO DO SUL, 2002

PRODUTO	FLUXO MÁXIMO TEÓRICO (Kg/Min)			
	Equipamento 1	Equipamento 12	Equipamento 2	Equipamento 3
Produto 1	18,7	..	..	..
Produto 2	..	..	7,9	..
Produto 3	25,5	..	..	..
Produto 4	33,2	..	..	..
Produto 5	..	28,0	23,8	..
Produto 6	..	52,4	..	..
Produto 7	..	36,8	13,0	..
Produto 8	27,9	..	..	..
Produto 9	..	32,9	17,6	..
Produto 10	..	59,7	..	65,3
Produto 11	..	58,5	..	67,9
Produto 12	..	20,1	13,1	..

conclusão

TABELA 4 – QUANTIDADE MÁXIMA PRODUZIDA POR MINUTO POR EQUIPAMENTO EM UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTO, SEGUNDO O TIPO DE PRODUTO E O EQUIPAMENTO – SÃO CAETANO DO SUL, 2002

PRODUTO	FLUXO MÁXIMO TEÓRICO (Kg/Min)			
	Equipamento 1	Equipamento 12	Equipamento 2	Equipamento 3
Produto 13	..	..	..	32,3
Produto 14	..	..	..	32,9
Produto 15	54,4	63,1	..	..
Produto 16	51,4	57,4	..	..
Produto 17	52,0	78,3	..	..
Produto 18	50,7	98,1	..	..
Produto 19	48,8	68,2	..	..
Produto 20	32,1	..	..	..
Produto 21	49,8	66,6	..	..

FONTE: Elaborada pelo autor

NOTAS: .. - significa, não se aplica dado numérico;

Valores destacados em negrito são as vazões de produto no equipamento gargalo.

Observa-se na tabela 4, que para cada produto há um equipamento gargalo e que este também pode ser gargalo para outro produto.

De acordo com o gargalo de produção, os produtos processados podem ser divididos nas seguintes classes:

- Classe A: os produtos desta classe tem como gargalo o equipamento nº1. São eles: produto 1, produto 3, produto 4, produto 8, produto 15, produto 16, produto 17, produto 18, produto 19, produto 20 e produto 21;
- Classe B: os produtos desta classe tem como gargalo o equipamento nº2. São eles: produto 2, produto 5, produto 7, produto 9 e produto 12;

- Classe C: os produtos desta classe tem como gargalo o equipamento nº12. São eles: produto 6, produto 10 e produto 11;
- Classe D: os produtos desta classe tem como gargalo o equipamento nº3. São eles: produto 13 e produto 14.

Após a determinação do gargalo, devem ser calculados os indicadores utilização, fluxo e rendimento para este equipamento da linha de produção de cada produto. Portanto, para produção de cada produto existe um gargalo de e para este gargalo calcula-se os indicadores do OAE.

5.2.2.1 Cálculo da utilização

O indicador utilização é empregado para a proporção do tempo trabalhado, consumido, nas linhas de produção em relação ao tempo total disponível (UI) e tempo de manufatura (UII) destas linhas.

Para o cálculo do componente utilização, devem ser coletados os seguintes tempos:

- Tempo total disponível;
- Tempo total trabalhado;
- Tempo total de paradas;
- Tempo de não demanda.

5.2.2.1.1 Tempo real trabalhado

O tempo trabalhado é o tempo em que a linha de produção trabalhou para a elaboração de um determinado produto. Uma das formas para a determinação deste tempo de modo que os valores sejam confiáveis e realmente relatem o que acontece na fábrica é o registro diário anotado como relatório preenchidos pelos operadores dos equipamentos, incluindo, o tempo das paradas não programadas: quebras, manutenção, falta de material, pessoas, insumos bem como as paradas programadas: trocas de produto, limpeza, manutenção preventiva, tempo de espera e preparação.

5.2.2.1.2 Tempo parado

O tempo parado é todo o tempo em que a linha de produção está sem operar devido as paradas programadas e paradas não programadas. O tempo em que a linha estava parada devido a não demanda não está sendo considerado.

Estes dados podem ser coletados em relatórios diários, preenchidos pelos operadores, nos quais é indicado o tempo em que o equipamento estava parado e a respectiva causa de parada.

5.2.2.1.3 Tempo de não demanda

O tempo de não demanda é o tempo em que a linha de produção tem que ficar sem operar devido ao fato de não existir demanda de produtos que se fabricam nela.

Este tempo deve ser coletado diariamente na área de planejamento e controle da produção e confirmado pelos relatórios preenchidos pelos operadores.

5.2.2.1.4 Tempo total disponível

O tempo total disponível, é a totalidade do tempo calendário do período analisado sem qualquer consideração ou desconto.

$$\text{Tempo Total Disponível} = \text{Tempo Real Trabalhado} + \text{Tempo Total Parado} + \text{Tempo de Não Demanda}$$

5.2.2.1.5 Tempo de manufatura

O tempo de manufatura, também conhecido como tempo de demanda, é o tempo que se tem para programação e operação da linha de produção de modo a serem fabricadas as quantidades de produtos necessárias para atender às vendas.

$$\text{Tempo Manufatura} = \frac{\text{Tempo Total}}{\text{Disponível}} - \frac{\text{Tempo de Não Demanda}}{\text{Disponível}}$$

Como o tempo total disponível é dado por:

$$\text{Tempo Total Disponível} = \text{Tempo Real Trabalhado} + \text{Tempo Total Parado} + \text{Tempo de Não Demanda}$$

Tem – se:

$$\text{Tempo Manufatura} = \left(\frac{\text{Tempo Real Trabalhado} + \text{Tempo Total Parado} + \text{Tempo de Não Demanda}}{\text{Tempo Total Disponível}} \right) - \frac{\text{Tempo de Não demanda}}{\text{Tempo Total Disponível}}$$

Portanto:

$$\text{Tempo Manufatura} = \frac{\text{Tempo Real Trabalhado}}{\text{Tempo Total Disponível}} + \frac{\text{Tempo Total Parado}}{\text{Tempo Total Disponível}}$$

5.2.2.1.6 Cálculo mensal da utilização I por produto e equipamento

A utilização I (UI) é a razão do tempo real trabalhado e o tempo total disponível no período e indica, do ponto de vista da empresa como um todo, a porcentagem do tempo disponível que estava sendo usada para a produção de produtos que serão vendidos pela empresa.

$$UI = \frac{\text{Tempo Real Trabalhado}}{\text{Tempo Total Disponível}} \times 100$$

5.2.2.1.7 Cálculo mensal da utilização II por produto e equipamento

A utilização II (UII) é a razão do tempo real trabalhado e o tempo de manufatura e fornece a porcentagem que o tempo destinado à produção estava realmente sendo utilizado para a produção de produtos vendidos pela empresa (ponto de vista da área de manufatura).

$$U_{II} = \frac{\text{Tempo Real Trabalhado}}{\text{Tempo de Manufatura}} \times 100$$

5.2.2.1.8 Cálculo da utilização I e II global mensal

Após o cálculo da utilização um e dois por equipamento e por produto, devem ser calculadas as utilizações I e II global mensal, que indicam como todos os ativos da fábrica estavam sendo utilizados mensalmente. Para a realização deste cálculo, deve-se primeiramente efetuar a consolidação dos tempos.

5.2.2.1.8.1 Cálculo da consolidação dos tempos

Os cálculos dos tempos trabalhado, parado, não demanda, total e total menos tempo de não demanda mensais consolidados são realizados pela soma dos respectivos tempos para cada produto e equipamento no gargalo.

$$\text{Tempo total mensal} = \sum_{P1}^{Pn} \text{tempo total por produto}$$

Onde:

P1: Produto nº1;

Pn: Produto n. Na empresa estudada este produto é o nº 21.

5.2.2.1.8.2 Cálculo dos indicadores utilização I e utilização II mensal global

Após a consolidação dos tempos, calculam-se as utilizações I e II da mesma forma descrita anteriormente (ver 5.2.2.1.6 e 5.2.2.1.7). Efetuados estes cálculos, obtém-se a utilização I e II mensal global.

5.2.2.2 Cálculo do fluxo

Para o cálculo do componente fluxo, devem ser primeiramente coletados os seguintes valores:

- Produção bruta real de produto em seu respectivo gargalo;
- Produção máxima demonstrada de produto no seu respectivo gargalo;
- Tempo real trabalhado.

5.2.2.2.1 Tabela da produção bruta real de produto em seu respectivo gargalo

A produção bruta real de produto em seu respectivo gargalo corresponde à quantidade, medida, de produto que estava passando pelo seu respectivo gargalo no período. Este período é o tempo em que o equipamento estava realmente trabalhando, ou seja, o tempo real trabalhado. Estes valores geralmente são coletados de programas de computador específicos para este fim.

5.2.2.2.2 Tabela da produção máxima no seu respectivo gargalo

A produção máxima no seu respectivo gargalo no período é a quantidade máxima de produto que deveria estar passando pelo recurso no período de tempo analisado. Este período é o tempo em que o equipamento estava realmente trabalhando, ou seja, o tempo real trabalhado.

Esta produção é calculada pela multiplicação do fluxo máximo demonstrado pelo tempo real trabalhado.

$$\text{Produção Máxima Demonstrada} = \frac{\text{Fluxo Máximo Demonstrado}}{\text{Tempo Real Trabalhado}}$$

5.2.2.2.3 Cálculo mensal do fluxo por produto e equipamento

Fluxo é a razão entre a produção bruta real e a produção máxima demonstrada no período e indica a percentagem de produção real em relação à produção máxima demonstrada.

$$F = \frac{\text{Produção bruta real de produto no seu respectivo gargalo}}{\text{Produção máxima demonstrada por produto no seu respectivo gargalo}} \times 100$$

5.2.2.2.4 Cálculo do fluxo global mensal

Após o cálculo do fluxo por equipamento e por produto, é necessário o cálculo do fluxo global mensal, que indica a produção atual dos ativos da fábrica em relação aos seus potenciais máximos de produção. Para a realização deste cálculo, deve-se primeiramente realizar a consolidação das produções brutas reais e máxima demonstrada.

5.2.2.2.4.1 Cálculo da consolidação das produções

Os cálculos das produções brutas reais e máxima demonstrada mensais consolidadas são realizados pela soma das produções para cada produto e equipamento no gargalo.

$$\text{Produção total mensal} = \sum_{P1}^{Pn} \text{produção total por produto}$$

Onde:

P1: Produto nº1;

Pn: Produto n. Na empresa estudada este produto é o nº 21.

5.2.2.2.4.2 Cálculo do indicador fluxo mensal global

Após realizada a consolidação das produções, calcula-se o fluxo da mesma forma descrita anteriormente (ver 5.2.2.2.3). Efetuados estes cálculos, obtém-se o fluxo mensal global.

5.2.2.3 Cálculo do rendimento

Para o cálculo do componente rendimento, deve-se primeiramente coletar os seguintes dados:

- Consumo real de matéria-prima;
- Consumo ideal de matéria-prima;

5.2.2.3.1 Consumo real de matéria-prima

O consumo real de matéria-prima no seu respectivo gargalo no período corresponde à quantidade de matéria-prima que foi consumida para produzir a quantidade final de produto.

Estes dados são coletados através de *softwares* específicos para este fim e também com auxílio da realização de inventários de matéria-prima.

5.2.2.3.2 Consumo ideal de matéria-prima

O consumo ideal de matéria-prima no seu respectivo gargalo no período corresponde à quantidade de matéria-prima que deveria ser utilizada para produzir a quantidade final de produto.

Estes dados são coletados através de *softwares* específicos para este fim que se baseiam na fórmula ideal de produção que é fornecida pelo departamento de qualidade da empresa, sendo calculado da seguinte maneira:

$$\text{Consumo Ideal de Matéria - Prima} = \frac{\text{Produto Líquido}}{\text{Empacotado}} \times \text{Fator de Rendimento Teórico}$$

5.2.2.3.3 Cálculo mensal do rendimento por produto

Rendimento indica a razão entre a quantidade real de matéria-prima consumida e a quantidade ideal de matéria-prima e indica o que está sendo utilizando a mais que o ideal, ou seja, o que está sendo desperdiçado.

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Consumo Ideal de Matéria - Prima por Produto}}{\text{Consumo Real de Matéria - Prima por Produto}} \times 100$$

5.2.2.3.4 Cálculo do rendimento global mensal

Após o cálculo do rendimento produto, deve-se calcular o rendimento global mensal, o qual indica as quantidades de matéria-prima que estão sendo consumidas a mais pelos equipamentos em relação às quantidades que deveriam ser consumidas de acordo com o consumo ideal. Para a realização do cálculo, deve-se primeiramente realizar a consolidação dos consumos.

5.2.2.3.4.1 Cálculo da consolidação dos consumos

Os cálculos dos consumos de matéria-prima real e ideal mensais consolidados são realizados pela soma dos consumos por produto.

$$\text{Consumo total mensal} = \sum_{P1}^{Pn} \text{consumo total por produto}$$

Onde:

P1: Produto nº1;

Pn: Produto n. Na empresa estudada este produto é o nº 21.

5.2.2.3.4.2 Cálculo do indicador rendimento mensal global

Após realizada a consolidação dos consumos, calcula-se o rendimento da mesma forma descrita anteriormente (ver 5.2.2.3.3). Efetuados estes cálculos, obtém-se o rendimento mensal global.

5.2.2.4 Cálculo do índice OAE mensal

O índice OAE indica o quanto a fábrica estava utilizando efetivamente os seus bens de operação para a produção de seus produtos.

Os cálculos dos indicadores OAE I e OAE II mensais globais são realizados com o produto da utilização I (OAE I) e utilização II (OAE II), fluxo e rendimento mensal global, da seguinte forma:

$$\text{OAE I} = \text{U I} \times \text{F} \times \text{R}$$

$$\text{OAE II} = \text{U II} \times \text{F} \times \text{R}$$

Convém ressaltar que para o resultado ser apresentado na forma de porcentagem deve-se dividir o resultado da multiplicação da utilização, fluxo e rendimento, expressos em porcentagem, por 10000. Quando os indicadores estiverem expressos na forma decimal, o resultado deve ser multiplicado por 100.

5.2.2.5 Cálculo do índice OAE I e OAE II acumulado

Os índices OAE I e OAE II acumulados devem ser calculado, mês a mês, para avaliar a evolução destes indicadores no decorrer do ano. Para se obter este valor acumulado precisa-se primeiramente calcular a utilização, fluxo e rendimento acumulado.

5.2.2.5.1 Cálculo das utilizações I e II acumuladas

As utilizações UI e UII acumuladas fornecem a evolução destes indicadores no ano. Para calcular estes indicadores acumulados, precisa-se primeiramente calcular os tempos acumulados.

5.2.2.5.1.1 Cálculo do tempo acumulado

O tempo trabalhado, tempo parado, tempo de não demanda, tempo total e tempo de manufatura acumulados são calculados da seguinte forma:

Exemplo: para fevereiro. Toma-se o mês de referência – fevereiro e soma-se o tempo referente a soma dos tempos dos meses anteriores.

Tempo trabalhado acumulado para fevereiro = tempo trabalhado de janeiro + tempo trabalhado de fevereiro.

5.2.2.5.1.2 Cálculo das utilizações I e II acumuladas mensal

Utilizando-se as fórmulas da utilização I e utilização II (ver 3.7.1.1), são obtidas as utilizações I e II acumulada mês a mês.

5.2.2.5.2 Cálculo do fluxo acumulado

O fluxo acumulado fornece a evolução deste indicadores no ano. Para calcular este indicador acumulado é necessário, primeiramente, o calculo das produções acumuladas.

5.2.2.5.2.1 Cálculo das produções acumuladas

As produções bruta reais e máxima demonstrada acumuladas são calculadas da seguinte forma:

Exemplo: para fevereiro. Toma-se o mês de referência – fevereiro e soma-se a produção referente a soma dos fluxos dos meses anteriores.

Produção bruta real acumulada para fevereiro = produção bruta real de janeiro + produção bruta real de fevereiro.

5.2.2.5.2.2 Cálculo do fluxo acumulado

Utilizando-se a fórmula do fluxo, é obtido o fluxo acumulado mês a mês.

5.2.2.5.3 Cálculo do rendimento acumulado

O rendimento acumulado fornece a evolução deste indicador no ano. Para este indicador ser calculado na forma acumulada, é necessário, primeiramente, o cálculo dos consumos acumulados.

5.2.2.5.3.1 Cálculo dos consumos acumulados

Os consumos de matéria-prima real e ideal acumulados são calculados da seguinte forma:

Exemplo: para fevereiro. Toma-se o mês de referência – fevereiro e soma-se o consumo referente a soma dos fluxos dos meses anteriores.

Consumo real acumulado para fevereiro = consumo real de janeiro + consumo real de fevereiro.

5.2.2.5.3.2 Cálculo dos rendimentos acumulados

Utilizando-se a fórmula do rendimento, é obtido o rendimento acumulado mês a mês.

5.2.2.5.4 Cálculo dos índices OAE I e OAE II acumulados

Após terem sido calculadas as utilizações I e II, fluxo e rendimentos acumulados é necessário o cálculo dos índices OAE I e OAE II (ver 5.2.2.4) .

Utilizando-se a fórmula do cálculo do OAE I e OAE II, e tomando-se os componentes utilizações I e II, fluxo e rendimento acumulados, são obtidos os indicadores OAE I e OAE II acumulados, que mostram a evolução destes indicadores no decorrer do ano.

5.2.2.6 Análises

Na aplicação da metodologia OAE descrita acima, são empregados: utilização I, utilização II, fluxo e rendimento e os índices OAE I e OAE II para cada linha de produção e para a fábrica como um todo. Tendo sido calculados estes indicadores necessários para a mensuração contínua da efetividade de operação e com base neste registro de desempenho, são identificadas as causas de perdas de produtividade que são classificadas como perdas de utilização, fluxo e rendimento.

Mediante a análise dos indicadores e suas respectivas perdas, são elaborados vários projetos pelas equipes de trabalho, com o objetivo de resolver os problemas que afetam a produtividade e que resultam em aumentos de um ou mais componentes do OAE, devido à eliminação e diminuição das perdas de utilização, fluxo e rendimento para um ou mais produtos, que de acordo com a metodologia, resulta em ganho de dinheiro. Como os recursos são escassos, são efetuadas simulações de resultados de modo a se obter o resultado por projeto e o respectivo impacto no índice OAE

para depois ser estabelecida a priorização necessária a implementação destes projetos.

Selecionados os projetos eles seguem a metodologia de OAE para melhoria contínua descrita no item 3.10.

5.3 APLICAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES

5.3.1 Introdução

Anteriormente, foi aplicada a metodologia OAE (ver 5.2), chegando-se as conclusões apresentadas no item 5.2.2.6. Neste item, será aplicada a teoria das restrições, tal qual tem sido aplicada, com sucesso, em várias empresas ao redor do mundo (ver 4.1.1). A abordagem desta metodologia, ao contrário da metodologia anterior, é global, considerando-se o sistema como um todo.

Uma restrição é o recurso ou processo que impede o sistema de atingir a sua meta, ou seja, o desempenho da restrição do sistema irá determinar o desempenho do sistema inteiro. Sabe-se, também que qualquer sistema tem poucas restrições e também que todo sistema real deve ter pelo menos uma restrição (ver 4.3.1).

A aplicação da TOC como uma metodologia de melhora contínua implica na certeza de que a(s) restrição(ões) são o foco de todas as atividades realizadas. Para ser assegurada que a restrição será o foco, emprega-se o processo de otimização contínua com cinco etapas: identificação da(s) restrição(ões) do sistema, exploração da(s) restrição(ões) do sistema, subordinação de todas as decisões a restrição do sistema, elevação da(s) restrição(ões), lembrando-se sempre que se em uma etapa anterior a restrição for quebrada, deve-se voltar a primeira etapa e nunca deixar a inércia tornar-se a restrição do sistema (ver 4.6.1).

5.3.2 Considerações

Primeiramente, deve-se lembrar que há três tipos de restrições: políticas, recursos e materiais (WOEPPEL, 2000).

Restrições políticas são regras, medidas ou condições que ditam o comportamento da empresa. Este tipo de restrição é a mais freqüente – (90%). Como exemplos: regras de tamanho de lotes de processamento, guias de utilização de recursos e regras de preparação de equipamentos. Elas não podem ser identificadas diretamente, porém a falta de recursos, tais como: falta de material, tempo de máquinas e outros, sempre as indicam. Isto explica o fato destas restrições serem geralmente assumidas como restrições de recursos e os esforços são focados como se houvesse apenas este tipo de restrição. (WOEPPEL, 2000)

Restrições de recursos são menos comuns que as restrições políticas – (8%), que geralmente aparecem, como restrições de recursos, porém a razão para esta falta de recursos está relacionada às políticas do sistema que regem a utilização e aquisição destes recursos. Neste grupo estão as restrições de recursos – máquinas, pessoas, habilidade e mercado. (WOEPPEL, 2000)

Restrições materiais são as menos freqüentes, porém também pode, por exemplo, ser um material comumente disponível que está faltando devido à problemas na cadeia de suprimentos do sistema.

Neste estudo foram analisadas as restrições de recursos e materiais, não foram consideradas as restrições políticas, pois conforme descrito no delineamento do experimento o sistema considerado se limita à fábrica.

5.3.3 Aplicação do Processo de Otimização Contínua

A aplicação do processo de otimização contínua deve ser feita da seguinte forma:

5.3.3.1 Aplicação da 1a. etapa 1 – identificação da(s) restrição(ões) do sistema

Conforme discutido anteriormente, numa fábrica haverá sempre um ou poucos recursos que limitam o fluxo máximo, assim como na corrente ou em uma malha de correntes existe um ou alguns elos fracos respectivamente. Portanto, para aumentar a resistência da corrente ou malha de correntes, devem ser primeiramente identificado o(s) elo(s) mais fraco(s).

Nesta etapa se dá a identificação da(s) restrição(ões) do sistema. Convém ressaltar que se nesta etapa, existirem mais de uma restrição, deverá ser estabelecida a priorização das restrições de acordo com o impacto provocado pelas mesmas na meta do sistema, caso isto não seja realizado, muitas trivialidades poderão ser consideradas (GOLDRATT, 1990).

O primeiro passo para a determinação da restrição é o cálculo da disponibilidade/capacidade do equipamento. Esta disponibilidade do equipamento, comparada com a demanda de tempo por equipamento para atender a quantidade de produto demandado pelo mercado fornecerá subsídios para a determinação do(s) gargalo(s), os quais serão os recursos com capacidade igual ou menor que a demanda de mercado nele colocada (GOLDRATT, 1984). A restrição será o recurso ou equipamento dentre os considerados gargalos, e o qual tenha a menor capacidade produtiva.

5.3.3.1.1 Cálculo da disponibilidade/capacidade de tempo por equipamento

A disponibilidade do recurso ou também conhecido como capacidade é medida em unidade de tempo, normalmente minutos, em que o RRC está disponível para processar os produtos da empresa. Não será considerado o tempo em que os equipamentos ou recursos não estão disponíveis para a produção. Este tempo é o tempo que a empresa não está trabalhando devido aos domingos, feriados e outros dias em que não há operação. Convém ressaltar que o tempo em que os equipamentos ou recursos estão parados pela não programação por falta de produto demandado pelo mercado – tempo ocioso ou tempo de não demanda, é considerado como tempo útil e estará incluso na disponibilidade do equipamento.

Todos os equipamentos necessários para a produção dos produtos fabricados pela empresa analisada estão igualmente disponíveis para produção. Esta disponibilidade mês-a-mês é mostrada na tabela 5 e é calculada por:

Quantidade

Tempo disponível = total de dias no mês de calendário – domingos – feriado (s) – outros

Exemplo: para o mês de janeiro:

Tempo disponível = 31 – 4 – 1 – 5 = 21 dias, transformando para minutos, tem-se:

Tempo disponível = 30 240 minutos.

Repetindo este procedimento para os outros meses estudados, são obtidos os resultados apresentados na tabela 5.

TABELA 5 – DIAS DE ATIVIDADE DE UMA EMPRESA ALIMENTÍCIA SEGUNDO A POSSIBILIDADE DE OCUPAÇÃO COM TRABALHO E O MÊS DO ANO. REGISTROS OBTIDOS DE JANEIRO A JUNHO DE 2001. – SÃO CAETANO DO SUL, 2002

TIPO DE OCUPAÇÃO	MÊS					
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho
Dias total do mês(dias)	31	28	31	30	31	30
Domingos (dias)	4	4	4	5	4	4
Feriados (dias)	1	0	0	2	1	1
Outros (dias)	5	1	0	1	0	0
DIAS EFETIVAMENTE DISPONÍVEIS P/TRABALHO (DIAS)	21	23	27	22	26	25
MINUTOS DISPONÍVEIS P/TRABALHO (MIN)	30 240	33 120	38 880	31 680	37 440	36 000

FONTE: Elaborada pelo autor

5.3.3.1.2 Cálculo da demanda de tempo por equipamento

A demanda de tempo por equipamento é outra variável que deve ser determinada para possibilitar identificação dos gargalos e restrições. (ver 4.3.1)

Esta demanda de tempo corresponde à quantidade de tempo necessária para atender o volume de produtos demandado por equipamento. Neste trabalho será calculada a demanda real total e demanda teórica total. (Ver respectivamente 5.3.3.1.2.1 e 5.3.3.1.2.2)

5.3.3.1.2.1 Demanda de tempo real total

A demanda de tempo real é a demanda que realmente foi necessária por equipamento para atendimento do volume de produto demandado pela área de vendas, ou seja, a quantidade de tempo que cada equipamento contribuiu para atender a demanda apresentada na tabela 3.

No tempo de demanda real são consideradas as paradas programadas que são as paradas para preparações de início de produção (lote), limpezas para troca de produto, limpezas de final de produção, tempos de espera, manutenção preventiva e as paradas não programadas, que são as quebras, paradas devido à manutenção que não estavam planejadas, falta de material, outras falhas de equipamento, processo e outros. Neste tempo são desconsiderados os tempos em que a fábrica esteve parada devido a não programação – ociosa.

A tabela 6, mostra a demanda real total de tempo necessária por equipamento para atendimento do volume de produto demandado pela área comercial para o período de janeiro à junho de 2001. Esta tabela foi construída com dados coletados de produção. Estes dados foram coletados dos relatórios por equipamento, que eram preenchidos diariamente, turno a turno, pelos operadores que apontavam o tempo de produção, o tempo parado devido a limpezas, trocas de produto, manutenções preventivas, tempo de espera, falta de material, paradas não programadas, tempo ocioso e qualquer outra eventualidade que viesse a influenciar o tempo de operação.

TABELA 6 – DEMANDA DE TEMPO TOTAL REAL DOS EQUIPAMENTOS DE UMA EMPRESA ALIMENTÍCIA SEGUNDO O MÊS DO ANO E O TIPO DE EQUIPAMENTO. REGISTROS OBTIDOS DE JANEIRO A JUNHO DE 2001. – SÃO CAETANO DO SUL, 2002

MÊS	DEMANDA TOTAL (min)				
	Equipamento 1	Equipamento 2	Equipamento 3	Equipamento 4	Equipamento 5
Janeiro	24 327	18 360	8 665	24 327	6 780
Fevereiro	29 627	19 665	3 480	29 627	9 500
Março	29 602	20 134	8 684	29 602	6 784
Abril	26 862	11 475	7 871	26 862	5 745
Maiο	35 050	21 720	4 416	35 050	11 260
Junho	24 965	15 823	4 436	24 965	5 940

MÊS	DEMANDA TOTAL (min)				
	Equipamento 6	Equipamento 7	Equipamento 8	Equipamento 9	Equipamento 10
Janeiro	24 327	21 327	3 000	17 547	11 795
Fevereiro	29 627	23 777	5 850	20 127	12 985
Março	29 602	26 153	3 449	22 819	11 384
Abril	26 862	23 772	3 090	21 117	9 920
Maiο	35 050	31 210	3 840	23 790	14 676
Junho	24 965	21 455	3 510	19 025	10 630

MÊS	DEMANDA TOTAL (min)				
	Equipamento 11	Equipamento 12			
Janeiro	24 490	24 490			
Fevereiro	30 015	30 015			
Março	33 937	33 937			
Abril	29 650	29 650			
Maiο	35 706	35 706			
Junho	29 355	29 355			

FONTE: Elaborada pelo autor

5.3.3.1.2.2 Cálculo da demanda de tempo teórica total

É a demanda que teoricamente seria necessária para cada equipamento atender ao volume de produto demandado pela área de vendas. Neste tempo são consideradas as paradas programadas: preparações, limpezas para troca de produto, limpezas de final de produção, tempo de espera, ajuste de produção e manutenção planejada. São desconsiderados os tempos em que a fábrica esteve parada devido a não programação – ociosa e o tempo devido a paradas não programadas.

Esta tabela foi construída considerando-se o tempo que os equipamentos deveriam, teoricamente, contribuir para atendimento da demanda de mercado. Este tempo foi calculado considerando-se o tempo de produção, calculado em função do fluxo máximo teórico de produto, apresentado na tabela 4 e em função do *mix* de produção. Este último determina a seqüência de produção e resulta em valores de quantidade e duração de limpezas e preparações. Também foram considerados os tempo de manutenção planejada. A demanda teórica total difere da demanda real total uma vez que na demanda teórica não são considerados o tempo por paradas não programadas e o tempo de processamento é calculado em função da vazão de produto por equipamento.

Portanto, a demanda teórica total, que é calculada pela soma dos tempos de preparação, espera, processamento, limpeza, paradas programadas e manutenção planejada conforme estabelecido pela seqüência de produção.

TABELA 7 – DEMANDA DE TEMPO TOTAL TEÓRICA DOS EQUIPAMENTOS DE UMA EMPRESA ALIMENTÍCIA SEGUNDO O MÊS DO ANO E O TIPO DE EQUIPAMENTO. REGISTROS CALCULADOS ENTRE JANEIRO E JUNHO DE 2001. – SÃO CAETANO DO SUL, 2002

MÊS	DEMANDA TOTAL (min)				
	Equipamento 1	Equipamento 2	Equipamento 3	Equipamento 4	Equipamento 5
Janeiro	21 227	13 109	4 720	21 227	7 120
Fevereiro	26 844	17 948	2 124	26 844	9 459
Março	27 151	17 144	5 378	27 151	6 792
Abril	25 760	12 703	5 511	25 760	5 846
Maiο	33 896	18 223	3 450	33 896	12 364
Junho	24 745	15 851	3 637	24 745	6 185

MÊS	DEMANDA TOTAL (min)				
	Equipamento 6	Equipamento 7	Equipamento 8	Equipamento 9	Equipamento 10
Janeiro	21 227	18 043	3 183	14 107	9 022
Fevereiro	26 844	21 515	5 329	17 385	9 151
Março	27 151	23 823	3 328	20 359	7 429
Abril	25 760	22 739	3 021	19 913	7 652
Maiο	33 896	29 782	4 113	21 532	11 290
Junho	24 745	21 306	3 439	18 560	8 840

MÊS	DEMANDA TOTAL (min)				
	Equipamento 11	Equipamento 12			
Janeiro	17 982	17 982			
Fevereiro	21 089	21 089			
Março	25 938	25 938			
Abril	23 570	23 570			
Maiο	29 516	29 516			
Junho	25 085	25 085			

FONTE: Elaborada pelo autor

5.3.3.1.3 Cálculo da utilização total por equipamento

Para serem identificados o(s) gargalo(s) e o(s) recurso(s) com restrição de capacidade foram calculadas as utilizações dos equipamentos.

A utilização expressa em porcentagem por equipamento é o resultado da divisão da demanda de tempo de atendimento do volume de produto demandado pela disponibilidade do equipamento. Ela mostra a porcentagem do equipamento que é utilizada para produzir a demanda de acordo com a grade de venda do produto. Deve-se atentar que o termo utilização significa fazer uso do equipamento de maneira que ele leve o sistema na direção da meta.

$$\text{Utilização do equipamento} = \frac{\text{Demanda de tempo para atender o volume}}{\text{Disponibilidade do equipamento}} \times 100$$

Analisando-se a fórmula acima, com vistas a identificação de recurso gargalo e recurso com restrição de capacidade, há dois resultados possíveis:

- Utilização \geq 100%

Neste caso, a demanda de tempo para atender a demanda de mercado é maior ou igual a disponibilidade do equipamento, ou seja, é necessário uma capacidade igual ou superior a disponibilidade do equipamento. Nesta situação, o recurso é um recurso gargalo, sendo o recurso com restrição de capacidade o recurso mais “lento”, isto é, o que tem a menor capacidade produtiva.

- Utilização $<$ 100%

Neste caso, a demanda de tempo para o atendimento do volume de mercado é menor que a disponibilidade do equipamento, ou seja, é necessário uma capacidade menor que a disponibilidade do equipamento. Nesta situação, o equipamento ou recurso é um equipamento não gargalo e portanto um equipamento não restritivo.

5.3.3.1.3.1 Utilização real

A utilização real do equipamento é calculada por:

$$\text{Utilização real do equipamento} = \frac{\text{Demanda real de tempo para atender o volume}}{\text{Disponibilidade do equipamento}} \times 100$$

Esta utilização expressa a porcentagem da capacidade total do equipamento realmente utilizada para a produção do volume de produtos demandado.

Aplicando-se a fórmula para o cálculo da utilização descrita acima, tem-se:

Ex: A utilização do equipamento 1 no mês de janeiro é dada por

$$\text{Utilização do equipamento} = \frac{24\,327}{30\,240} \times 100 = 80,45\%$$

O valor de 80,45% significa que é necessário 80,45% da capacidade total do equipamento para ser atendida a demanda de mercado.

Repetindo-se o cálculo para todos os equipamentos no período de janeiro a junho, são obtidos os valores apresentados na tabela 8

TABELA 8 – PERCENTUAL DE UTILIZAÇÃO REAL DOS EQUIPAMENTOS DE UMA EMPRESA ALIMENTÍCIA SEGUNDO O MÊS DO ANO E O TIPO DE EQUIPAMENTO. REGISTROS OBTIDOS DE JANEIRO A JUNHO DE 2001 – SÃO CAETANO DO SUL, 2002

MÊS	UTILIZAÇÃO (%)				
	Equipamento 1	Equipamento 2	Equipamento 3	Equipamento 4	Equipamento 5
Janeiro	80,45	60,71	28,65	80,45	22,42
Fevereiro	89,45	59,38	10,51	89,45	28,68
Março	76,14	51,78	22,33	76,14	17,45
Abril	84,79	36,22	24,85	84,79	18,13
Maiο	93,62	58,01	11,79	93,62	30,07
Junho	69,35	43,95	12,32	69,35	16,50

MÊS	UTILIZAÇÃO (%)				
	Equipamento 6	Equipamento 7	Equipamento 8	Equipamento 9	Equipamento 10
Janeiro	80,45	70,53	9,92	58,03	39,01
Fevereiro	89,45	71,79	17,66	60,77	39,20
Março	76,14	67,27	8,87	58,69	29,28
Abril	84,79	75,04	9,75	66,66	31,31
Maiο	93,62	83,36	10,26	63,54	39,20
Junho	69,35	59,60	9,75	52,85	29,53

MÊS	UTILIZAÇÃO (%)				
	Equipamento 11	Equipamento 12			
Janeiro	80,98	80,98			
Fevereiro	90,63	90,63			
Março	87,29	87,29			
Abril	93,59	93,59			
Maiο	95,37	95,37			
Junho	81,54	81,54			

FONTE: Elaborada pelo autor

5.3.3.1.3.2 Utilização teórica

A utilização teórica do equipamento é calculada por:

$$\text{Utilização teórica do equipamento} = \frac{\text{Demanda teórica de tempo para atender o volume}}{\text{Disponibilidade do equipamento}} \times 100$$

Esta utilização expressa a porcentagem da capacidade total do equipamento que deveria ser utilizada para a produção do volume de produto demandado.

Aplicando-se fórmula para o cálculo da utilização descrita acima, tem-se

Ex: A utilização do equipamento 1 no mês de janeiro é dada por

$$\text{Utilização do equipamento} = \frac{21\,227}{30\,240} \times 100 = 70,19\%$$

Repetindo-se o cálculo para todos os equipamentos no período de janeiro a junho, são obtidos valores apresentados na tabela 9.

TABELA 9 – PERCENTUAL DE UTILIZAÇÃO TEÓRICA DOS EQUIPAMENTOS DE UMA EMPRESA ALIMENTÍCIA SEGUNDO O MÊS DO ANO E O TIPO DE EQUIPAMENTO. – REGISTROS OBTIDOS ENTRE JANEIRO A JUNHO DE 2001 – SÃO CAETANO DO SUL, 2002

MÊS	UTILIZAÇÃO (%)				
	Equipamento 1	Equipamento 2	Equipamento 3	Equipamento 4	Equipamento 5
Janeiro	70,19	43,35	15,61	70,19	23,54
Fevereiro	81,05	54,19	6,41	81,05	28,56
Março	69,83	44,09	13,83	69,83	17,47
Abril	81,31	40,10	17,40	81,31	18,45
Maiο	90,53	48,67	9,21	90,53	33,02
Junho	68,74	44,03	10,10	68,74	17,18

MÊS	UTILIZAÇÃO (%)				
	Equipamento 6	Equipamento 7	Equipamento 8	Equipamento 9	Equipamento 10
Janeiro	70,19	59,67	10,53	46,65	29,84
Fevereiro	81,05	64,96	16,09	52,49	27,63
Março	69,83	61,27	8,56	52,36	19,11
Abril	81,31	71,78	9,54	62,86	24,15
Maiο	90,53	79,55	10,99	57,51	30,15
Junho	68,74	59,18	9,55	51,55	24,56

MÊS	UTILIZAÇÃO (%)				
	Equipamento 11	Equipamento 12			
Janeiro	59,47	59,47			
Fevereiro	63,67	63,67			
Março	66,71	66,71			
Abril	74,40	74,40			
Maiο	78,84	78,84			
Junho	69,68	69,68			

FONTE: Elaborada pelo autor

5.3.3.1.4 Análise

As tabelas 8 e 9, apresentam os percentuais de disponibilidade/capacidade dos equipamentos, real e teórica, necessárias para a produção, venda da demanda e a respectiva grade de produção.

Estas tabelas, revelam que em nenhum mês estudado a utilização foi maior ou igual à 100%. Neste caso, não houve nenhum gargalo de produção, ou seja, todos os equipamentos possuem uma capacidade de atuação superior a demanda de mercado e, portanto, existe capacidade ociosa. Como a restrição da fábrica é o equipamento gargalo com menor capacidade produtiva, conclui-se que a restrição é externa a fábrica.

Conforme descrito no item 5.1.2 o mercado não absorve uma maior quantidade de produtos produzidos pela empresa, desta forma, pode-se deduzir que a restrição da empresa analisada ou está na área comercial ou no mercado. Neste caso, se diz que a restrição é externa à empresa, porém na realidade é a área comercial que deve influenciar o mercado para obter aumento nas vendas, e isto é portanto uma restrição. Estes dois pontos não serão considerados neste estudo, pois conforme descrito no seu delineamento – item 2.2.5 só foram considerados os limites internos da fábrica.

Com o objetivo de propiciar o estudo do caso de uma restrição de recurso interna à empresa e, portanto, localizada na fábrica, será estabelecida a suposição de que o mercado está com a demanda igualmente aquecida para todos os produtos da fábrica. Nesta situação, o mercado não é restrição, pois é capaz de atender a toda a capacidade de produção da fábrica, e ainda possui uma “folga” de capacidade. Portanto, há um aumento proporcional de demanda de produto elaborado pela empresa, mantendo-se o *mix* de produção da fábrica constante. Nesta situação, o equipamento mais demandado em relação ao tempo tornar-se-á o recurso gargalo com restrição de capacidade, pois será o primeiro a atingir uma utilização acumulada maior ou igual a 100%.

As tabelas 7 e 8, apresentam os equipamentos com restrição de capacidade que ao atingirem a utilização de 100% se tornarão o gargalo. A empresa estudada, vende vários produtos, que passam, a certa altura do

processo, por recursos diferentes, porém a empresa tem apenas um RRC, pois com exceção dos equipamentos 1 e 12, devido à grade de produção, todos os demais possuem disponibilidade superior à demanda de mercado e apresentam reserva de capacidade. Esta conclusão é reforçada pelo fato de que todos os equipamentos e linhas de produção constituem uma única malha. Isto quer dizer que não há nenhum produto fabricado por uma linha não incluída na malha.

Convém ressaltar que de agora em diante quando for mencionado que um equipamento é um RRC é considerado que este recurso é o recurso com maior demanda de tempo necessário para atendimento da demanda de mercado, ou seja, o recurso com maior utilização, uma vez que a utilização de um recurso de acordo com a TOC é a divisão da demanda pela disponibilidade do recurso e nesta empresa todos os recursos apresentam a mesma disponibilidade. Este equipamento/recurso é considerado RRC, pois admitiu-se que a demanda de mercado está aquecida. Assim, quando o equipamento com maior demanda e por consequência maior utilização, ultrapassa os 100% de utilização, que representa que o recurso está com uma demanda de tempo para atender a demanda de mercado maior ou igual à sua disponibilidade, desta forma torna-se impossível o recurso atender a sua demanda, ou seja, a empresa deixará de produzir alguns produtos por falta de tempo na restrição e se afastará da sua meta de ganhar dinheiro e então será o RRC.

Analisando-se a tabela de utilização real do equipamento – tabela 8, constata-se que o equipamento 12 é o recurso com restrição de capacidade, pois a sua utilização é mais elevada em todos os meses. Deve-se atentar para o mês de junho quando o equipamento 12 não é o de maior utilização, pois neste mês o de maior utilização foi o 1. Este fato ocorreu uma vez que este por decisões políticas o equipamento 12 não foi utilizado durante uma semana.

Para confirmar-se a condição do equipamento 12 ser o RRC da fábrica, foi verificado que o mesmo está bloqueando o fluxo de produção. Como o processo transporta o material de um recurso a outro diretamente, o fluxo de material é regulado por redução da vazão de material ou por ajuste do tamanho do lote de modo a não ocorrer acúmulo de material de processo antes do RRC.

Este RRC, também está gerando falta de produto a ser processado nas operações subsequentes. Também foi realizada uma entrevista com os encarregados, líderes e supervisores, os quais reforçaram a conclusão obtida.

Na tabela 9 observa-se a utilização teórica dos equipamentos. Verifica-se que em todos os meses o equipamento com a maior utilização é o de número 1, sendo, portanto, o RRC. Portanto, conclui-se que há uma restrição criada na empresa, pois o equipamento 12, teoricamente tem utilização inferior à utilização do equipamento 1. Desta forma o equipamento 1 teoricamente deveria ser a restrição e o equipamento 12 deveria ser um recurso não restritivo. Este fato ocorre devido a um mau aproveitamento, seja devido a problemas na programação ou operação do equipamento.

Esta restrição criada, está prejudicando o sistema uma vez que além de limitar a possibilidade do sistema em atingir a meta de ganhar dinheiro, o equipamento 1 é o local ideal para ser localizada a restrição do sistema uma vez que este equipamento está no início da linha do processo produtivo de 11 produtos que correspondem à 69,57% da produção em massa de janeiro à junho de 2001. Localizar a restrição no início da linha de processo apresenta vantagens, pois neste local evita-se a necessidade da criação de um pulmão antes da restrição. Além da localização da restrição no início da linha, deve também ser regulada a capacidade dos outros equipamentos de modo que haja um aumento gradual que compense as flutuações estatísticas combinadas com os eventos dependentes. Com isso, a operação será facilitada, mais suave, reduzindo/eliminando o estoque de produto em processo e facilitando a programação da produção.

Porém, a restrição real está no equipamento 12 e não é possível a mudança da localização deste equipamento de modo a torná-lo o primeiro da linha de processo. Então, deve-se imediatamente aumentar a capacidade deste equipamento para transformá-lo em um recurso não restritivo. De acordo com a tabela 7, o equipamento 1 tem a segunda maior utilização e a tabela 8 mostra que este equipamento é a restrição teórica. Portanto, com o aumento da capacidade do equipamento 12, através da utilização do processo de

otimização contínua, o equipamento 1 irá se tornar a restrição. Neste caso, a restrição estará no local desejado.

Este aumento da capacidade do equipamento 12 se dará com a aplicação da segunda, terceira e quarta etapa do processo de otimização contínua.

5.3.3.2 Aplicação da 2ª. etapa – exploração da(s) restrição(ões) do sistema

Foi identificada a restrição do sistema, equipamento 12 (ver 5.3.3.1), ou seja, o recurso que está limitando o desempenho da fábrica e impede a empresa de atingir a meta estabelecida.

Como o equipamento 12 está impedindo a empresa de aumentar o ganho, deve-se, imediatamente, decidir como será tirado o máximo proveito deste recurso, ou seja, como será gerenciada esta restrição de modo a não existir perda de tempo e retrabalho de materiais.

O tempo do equipamento 12, sendo restrição, é muito valioso para a empresa, pois qualquer desperdício neste recurso significa perda de ganho através da perda de vendas.

Portanto, na aplicação da etapa dois do processo de otimização contínua, deve-se colocar antes desta restrição um pulmão de tempo, chamado de pulmão de restrição, de modo que ela esteja protegida dos fenômenos de eventos dependentes e flutuações estatísticas. Isto acontece, por exemplo, por qualquer quebra dos recursos que a alimentam, que resultam em parada na restrição por falta de materiais para ser processado.

A duração em tempo do pulmão deve ser tal que, na frente da restrição, esperando para serem processadas, deve haver uma quantidade suficiente de materiais para garantir a produção da restrição 99% do tempo. Em outras palavras, o pulmão deve proteger a restrição contra quase todas as flutuações estatísticas do processo. Na verdade, quanto maiores forem as flutuações estatísticas do processo maior deverá ser o pulmão.

O tamanho do pulmão também é influenciado pela capacidade dos outros recursos da empresa, os recursos não restritivos. Quanto maior for a capacidade dos recursos não restritivos em relação à restrição, menor pode ser o pulmão.

Também deve-se mudar a política de horas de almoço e lanches no meio do período de modo a manter este equipamento sempre operando.

Outra providência é efetuar a programação em função da restrição. Atualmente, nesta empresa, este fato, muito importante, não está sendo respeitado existindo “buracos” na produção do equipamento e este tempo perdido não será recuperado como é o caso dos outros recursos que são não restrição.

A permanência de restrição trabalhando o tempo todo não é suficiente para resolver todos os problemas, pois é necessário que ela produza os produtos certos, ou seja, deve-se decidir quais produtos serão mais interessantes para a empresa em termos de ganho.

Para que isto ocorra, a programação da restrição, chamada de tambor, deve ser feita com muito cuidado. O tambor é uma programação detalhada, com os itens a serem produzidos, suas quantidades, as datas e os horários de início e término.

Na programação do tambor deve-se levar em conta: produtos que precisam de menos tempo na restrição devem ter preferência, porém produtos diferentes têm ganhos distintos e deve-se dar preferência aos produtos que possuam maior ganho. É necessário maximizar o ganho da empresa ao mesmo tempo que se minimiza o tempo gasto na restrição. Para resolver esta questão e decidir quais produtos devem ser produzidos são construídos os demonstrativos ver (5.3.3.2.1). Convém ressaltar que não estão sendo consideradas as questões relacionadas a *marketing*, pois algumas vezes produtos que não são interessantes para empresa devem ser vendidos por questões mercadológicas.

5.3.3.2.1 Demonstrativo

Na figura 25, mostra-se o esquema de um demonstrativo genérico. Por questões de ética não serão efetuados cálculos com valores reais da empresa, no entanto, será apresentado o esquema de construção do mesmo.

A	B	C	D = (B-C)	E	F = (D/E)
PRODUTO	PREÇO DE VENDA	CTV	GANHO UNITÁRIO	TEMPO NO RRC	GANHO/TEMPO NO RRC

FONTE: CORBETT NETO, T. **Contabilidade de ganhos**. São Paulo, p. 56, Nobel, 1997.

FIGURA 25 – REPRESENTAÇÃO DE DEMONSTRATIVO GENÉRICO

Para ser construído o demonstrativo a empresa necessita ter os dados de preço de venda, CTV e o tempo no RRC dos produtos; as colunas de ganho unitário e de ganho/tempo no RRC são resultados dos outros dados.

Na coluna A, sob o título de produtos, todo produto da empresa deve ser mostrado, na forma de código ou nome do produto, com seu preço de venda na coluna B, que devem ser todos da mesma data. Seu custo totalmente variável na coluna C, que é o custo que varia diretamente com o volume de produção, geralmente corresponde ao preço pago aos fornecedores de matéria-prima. O ganho unitário na coluna D, que é a subtração do CTV do preço do produto e reflete o quanto cada unidade do produto esta contribuindo para o ganho da empresa. O tempo que o produto em questão utiliza o RRC na coluna E, e indicado, igualmente o ganho por tempo do RRC na coluna F, que é a divisão do ganho unitário pelo tempo que o produto consome no RRC, que informa para cada minuto em que a restrição está produzindo um dado produto P, a empresa tem um ganho de XR\$. Os produtos devem ser apresentados por ordem decrescente de ganho por tempo do RRC, em ordem decrescente de contribuição à rentabilidade da empresa.

No caso acima, o pressuposto é que o mercado apresenta uma demanda maior que a capacidade da fábrica, ou seja, a produção é a restrição (simulação feita). A saber: em casos em que a restrição da empresa não se encontra na sua produção, não há necessidade da medida ganho por tempo, mesmo porque nessa situação não é preciso estabelecer qual produto não vender. O importante passa a ser o ganho unitário de cada produto e o impacto por cada decisão na despesa operacional da empresa.

Os produtos que não passam pelo RRC são chamados de produtos livres. Para estes produtos, a restrição é a demanda de mercado, mas o aumento das vendas dos mesmos deve muito criterioso, pois pode criar um desbalanceamento do fluxo produtivo (CORBETT NETO, 1997).

Com esse demonstrativo pronto, a empresa pode então fazer uma previsão dos seus resultados conforme o *mix* de venda ou, ainda, pode fazer diversas simulações para ver qual o impacto de uma decisão nos resultados finais da empresa

Ainda com o objetivo de explorar a restrição, existe também a necessidade do estabelecimento de um controle de qualidade mais rigoroso, antes da restrição, de modo a não haver o processamento de produtos fora de especificação. Este processamento resulta em perda de tempo pela restrição, o que deve ser evitado.

Com as medidas descritas anteriormente, garantiu-se:

- Que o recurso com restrição de capacidade tem sempre algo para ser processado – pulmão de tempo antes da restrição;
- Que o recurso com restrição de capacidade está processando o produto que gera o maior ganho por minuto e o mais rápido possível – programação cuidadosa do tambor;
- Que todas as fontes de atraso e diminuição de fluxo foram removidas.

5.3.3.3 Aplicação da 3ª etapa – subordinação às decisões

Os outros recursos devem trabalhar ao passo da restrição, e não mais rápido ou mais devagar. Eles não podem deixar faltar material para a restrição, pois assim ela pararia e o desempenho do sistema seria afetado negativamente. Por outro lado, os recursos não restritivos não devem trabalhar mais rápido que a restrição, pois não estariam aumentando o nível de produção da linha, mas aumentando o estoque de material em processo (CSILLAG & CORBETT, 1998).

Na empresa analisada, esta etapa deve ser realizada de forma que a liberação de matéria-prima e a programação dos recursos não restritivos sejam controlados de acordo com o ritmo da restrição – tambor, por meio do sistema TPC – Tambor-Pulmão-Corda (ver 4.7.2).

Como os recursos não restritivos têm maior capacidade que a restrição, não é necessário programá-los. O que o TPC faz é liberar o material necessário para atendimento do tambor e prescreve para que os outros recursos trabalhem o mais rápido possível quando houver material disponível, caso contrário a máquina fica parada e o operador faz outra coisa (manutenção preventiva, 5s ou outros).

Esta liberação é feita tomando o tambor como o ponto de partida, e depois defasando os tempos do tambor pelo tamanho do pulmão. Essa programação de liberação de matéria-prima é chamada de corda, pois ela está retardando os recursos não restritivos para que eles acompanhem o ritmo da restrição. Com a corda, libera-se apenas aquilo que a restrição consegue produzir, desta forma fica garantido que todos os outros recursos trabalhem no mesmo ritmo da restrição e assim não há aumento desnecessário do estoque de material em processo, que deve estar concentrado na frente da restrição.

Um pulmão está bem dimensionado quando ele gera um estoque médio na frente do ponto que está protegendo, neste caso a restrição, igual à metade do tamanho do pulmão (CSILLAG & CORBETT, 1998).

Portanto, com a solução da TOC, a grande maioria dos recursos, que são os não restritivos, devem ficar ociosos parte do tempo, então, deve-se ainda ter certeza que todos os responsáveis pelo recursos não restritivos entenderam e concordaram com o conceito de que devem suportar a restrição. Esta conscientização pode ser realizada pela comunicação das medidas apropriadas, do impacto do desempenho dos recurso restritivos e não restritivos no sistema ao invés de comunicar-se o desempenho com medidas que possam ser conflitantes, tais como as medidas tradicionais de eficiência locais. Estas medidas tradicionais não devem ser empregadas pelos funcionários, pois afastam o sistema de sua meta.

5.3.3.4 Aplicação da 4ª etapa – elevação da(s) restrição(ões) do sistema

Após a identificação da restrição (ver 5.3.3.1), ser explorada a capacidade disponível desta restrição (ver 5.3.3.2) e subordinados os recursos não restritivos à restrição (ver 5.3.3.3), a próxima etapa é a verificação se a “nova” capacidade da restrição é capaz de atender a demanda de mercado. Se a resposta for positiva, não há necessidade, neste momento, de elevação da restrição uma vez que este recurso não está mais restringindo o sistema. Deve-se voltar para a primeira etapa do processo de otimização contínua, se não for identificada nenhuma restrição interna a fábrica, então a restrição está externa. Neste caso, o mercado é a restrição. Caso isto aconteça, as ferramentas do processo de raciocínio da TOC devem ser utilizadas para desenvolvimento de uma solução.

Por outro lado, se a resposta for negativa, ou seja, depois da exploração total da restrição do sistema caso a fábrica ainda não consiga produzir uma quantidade de produtos suficiente para atendimento da demanda de mercado é necessário o aumento da capacidade deste recurso realizando-se a etapa da elevação da restrição, pois ela continua limitando o ganho do sistema.

Elevar a restrição, significa aumentar a capacidade da restrição. Obviamente, após a realização da etapa dois e três a restrição deve estar operando com sua capacidade máxima, então a única maneira de se aumentar o desempenho do sistema é expandir o recurso com restrição de capacidade.

No ambiente de uma fábrica, isto significa investimento em equipamentos, pessoas e outros. Esta etapa quebra a restrição uma vez que não está concluída até que o problema de capacidade do recurso restritivo seja eliminado.

Para aumentar-se a capacidade do equipamento 12, RRC, deve-se adquirir um novo equipamento similar que aumente a sua capacidade de produção, com aumento de vazão e maiores opções de *mix* de produção. Esta etapa foi indicada, e deve ser realizada quando a capacidade do equipamento for menor que a demanda. Atualmente, não é isto que ocorre, pois conforme mencionado anteriormente a capacidade do equipamento é maior que a demanda de mercado e também a capacidade deste equipamento não foi totalmente explorada, desta forma, não há ainda a necessidade de ser adquirido outro equipamento similar.

5.3.3.5 Aplicação da 5ª etapa – retorno à etapa 1 caso a restrição tenha sido quebrada em alguma etapa anterior, sem permitir que a inércia passe a ser restrição do sistema

Caso a capacidade da restrição não seja o fator que impede o atendimento da demanda de mercado, ela não é mais restrição. Neste caso esta etapa é de extrema importância uma vez que sempre haverá uma restrição, em que deve ser aplicado as etapas do processo de otimização contínua.

Esta conclusão leva a crer que o processo de otimização contínua deva ser repetido infinitamente até o balanceamento total do sistema produtivo, mas esta observação está incorreta, pois a combinação de eventos dependentes e flutuações estatísticas torna literalmente impossível o balanceamento perfeito da linha. Portanto, como sempre haverá uma restrição, a decisão de permitir que a restrição se “movimente” livremente irá criar o caos em um sistema perfeitamente balanceado.

Conclui-se então que a melhor opção é a de decidir cuidadosamente a localização desejável para a restrição. Um dos pontos que deve ser considerado, além dos descritos no item 5.3.3.1.5 é o custo no acréscimo de

capacidade do recurso. Outro ponto a ser considerado é se a posição da restrição irá facilitar ou complicar a administração da fábrica. Após a escolha deve-se controlar a produção de tal modo que a restrição não mude de lugar e que os outros recursos tenham capacidade protetiva suficiente para abastecê-la. A mudança do local da restrição deve ser uma decisão da empresa e não um acaso.

Com isso, toda a operação – investimento, *marketing*, empregos e outros serão gerenciados de acordo com a posição da restrição. Desta forma a empresa irá gerenciar as restrições para sua vantagem ao invés de ser por elas gerenciada.

Durante todo o estudo, o retorno à primeira etapa caso a restrição viesse a ser quebrada, tomando-se cuidado de não se deixar que a inércia passasse ser a restrição do sistema foi sempre considerado.

Caso as etapas 2, 3 e 4 do processo de otimização contínua fossem realizadas na prática, a capacidade do equipamento 12 seria aumentada, aumentando-se o ganho até o ponto em que este equipamento deixasse de ser a restrição. De acordo com a tabela 9, nestas condições, o equipamento 1 passaria a ser a nova restrição, uma vez que a capacidade do recurso 12 está mal explorada e o equipamento teoricamente restrição é o equipamento 1.

5.3.3.6 Gerenciamento dos recursos não restritivos

No sistema TPC, deve ser feito também o gerenciamento dos pulmões, para que se possa antecipar os problemas que poderão interromper a produção e possibilitando assim resolver estes problemas antes que eles prejudiquem o desempenho da empresa.

Os buracos no pulmão são avisos de que algum problema está surgindo. Esses buracos são causados por flutuações estatísticas nos processos. Então, toda a vez que um buraco significativo ocorrer, deve-se registrar a ocorrência e identificar o recurso que está causando esse buraco e por quê. Assim, será formado um registro dos buracos nos pulmões e das suas causas, que mostram quais recursos não restritivos são os maiores responsáveis pelo

tamanho do pulmão. Assim, estão indicados quais os recursos não restritivos a empresa deve focar seus esforços de melhoria.

Com a melhora do desempenho destes recursos, a sua flutuação estatística está sendo diminuída, reduzindo a variabilidade. Com isto, o tamanho do pulmão pode ser diminuído sem perder sua proteção e por consequência o estoque do sistema é reduzido e a empresa fica mais competitiva.

6 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS

A teoria das restrições e a metodologia OAE são estratégias de gerenciamento aplicadas nas empresas que objetivam o aumento da rentabilidade, porém os conceitos e passos a serem seguidos para que este objetivo venha a ser alcançado são distintos.

A metodologia OAE identifica um gargalo para cada linha de produção. Este gargalo, é o recurso com maior utilização e menor fluxo, ou seja, o recurso mais lento da linha para a produção de um produto. Convém atentar-se que o gargalo é identificado por linha de produção de um dado produto.

Usando-se a analogia da corrente, seria como se cada produto tivesse a sua própria corrente, e estas correntes não se relacionassem entre si. Não são consideradas as inter-relações entre estas correntes que formam uma malha, ou seja, não se leva em conta o sistema como um todo, portanto, não há uma abordagem sistêmica.

Esta metodologia advoga que para melhorar a efetividade da fábrica – melhor utilização dos ativos, com conseqüente maior rentabilidade, deve-se realizar a otimização do(s) recurso(s) gargalo. Esta otimização consiste na eliminação ou redução das perdas de utilização, fluxo e rendimento. Portanto, são realizados projetos que visam a melhoria da utilização, fluxo e rendimento para cada um destes recursos. Não se considera se estes recursos limitam a capacidade do sistema como um todo, assim uma melhoria nos mesmos não resultará em um aumento de capacidade no sistema global e por conseqüência a da empresa.

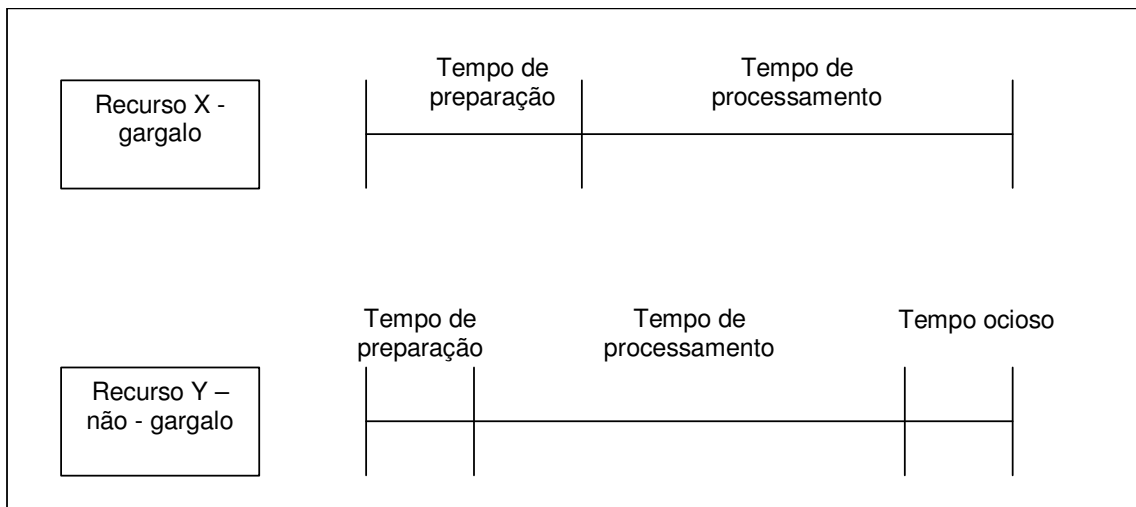
A TOC encara qualquer empresa como um sistema, isto é, um conjunto de elementos entre os quais há alguma relação de interdependência. Cada elemento afeta o desempenho global, portanto o desempenho do sistema depende dos esforços conjuntos e sincronizados de todos seus componentes. Esta metodologia, reconhece o papel crucial da restrição, pois identifica a restrição do sistema, ou seja, o que impede que o sistema atinja a sua meta – maior rentabilidade. Admitindo-se que a restrição é uma restrição de recurso,

há pelo menos um destes recursos que está impedindo a empresa de atingir a sua meta e é sobre ele que todos os esforços devem ser enfocados. Da necessidade de serem dirigidos os esforços de melhoria para a restrição é que foi desenvolvido o processo de otimização da TOC.

Como exemplo da diferença entre o OAE e TOC, será apresentado um exemplo de um projeto para redução do tempo de preparação de um recurso.

De acordo com a metodologia do OAE, reduzindo-se o tempo de preparação de um dos gargalos será reduzido o tempo que o equipamento está parado. Conforme visto no item 3.7, o indicador de utilização é calculado pela divisão do tempo real trabalhado pelo tempo total (UI) ou tempo de manufatura (UII), desta forma a redução do tempo de preparação resulta na diminuição do denominador do cálculo da utilização, aumentando-se, então, o indicador de utilização do equipamento. Como o índice OAE é calculado pelo produto da utilização, fluxo e rendimento este aumento de utilização irá resultar em um aumento de OAE, indicando que a fábrica está mais efetiva, ou seja, está utilizando seus ativos mais eficientemente e portanto está tendo maior rentabilidade na visão da metodologia OAE.

A teoria das restrições nega a existência de benefícios iguais com a redução dos tempos de preparação das várias máquinas dos recursos de produção, sem se importar se o recurso em questão é um recurso restritivo ou um recurso não restritivo. A figura 26 mostra, por definição, que o tempo disponível em um recurso não restritivo é dividido em três componentes: tempo de preparação, tempo de processamento e tempo ocioso, o que não ocorre no recurso restritivo, em que apenas existe os dois primeiros.



FONTE: CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in time, MRP II e OPT: Um enfoque estratégico**. 2.ed. São Paulo, p. 147, Atlas, 1993

FIGURA 26 – COMPONENTES DO TEMPO DISPONÍVEL DOS DOIS TIPOS DE RECURSOS – GARGALO E NÃO GARGALO

Em um recurso restritivo, se uma hora do tempo de preparação é economizada, uma hora é ganha no tempo de processamento, conforme o quarto princípio, ou seja, o recurso restritivo ganha disponibilidade para processar mais material. Além disso, uma hora ganha para processamento em um recurso restritivo não é uma hora ganha apenas no recurso em particular, mas uma hora de fluxo ganha em todo o sistema produtivo, já que o recurso restritivo é o que limita a capacidade de fluxo do sistema global. A teoria das restrições busca a manutenção dos lotes de produção tão grandes quanto possível nos RRC e, com isto, há uma elevação na capacidade de fluxo.

Portanto, a metodologia OAE erra ao não considerar o sistema como um todo - abordagem parcialmente sistêmica, buscando “ótimos locais” acreditando que desta forma uma melhoria em qualquer equipamento considerado gargalo será uma melhoria para o sistema como um todo. Esta metodologia não apresenta um processo de otimização contínua como a da TOC, que estimula o melhoramento do elo que está limitando o ganho do sistema como um todo, mas seu processo é mais eficaz que o sistema de otimização das metodologias TQM e JIT uma vez que estes dois estimulam o

melhoramento de todos os elos do sistema e processo da metodologia OAE estimula o melhoramento apenas de alguns elos.

Já a TOC utiliza uma abordagem sistêmica, identificando-se um recurso com restrição de capacidade, tornando-o foco de todos os esforços de melhoria, de modo que qualquer melhoria neste recurso refletirá uma melhoria no sistema como um todo, e conseqüentemente, resultará em um aumento do ganho, em relação à metodologia OAE.

7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

7.1 CONCLUSÕES

O método da Efetividade no Uso dos Bens de Operação – OAE define um gargalo por produto e não um (ou poucos) recursos com restrição de capacidade – RRC como é proposto pela Teoria das Restrições, portanto a metodologia atual – OAE não apresenta uma abordagem holística, pois vários sistemas são considerados, um para cada produto, gerando-se resultados locais e portanto de acordo com o mundo do custo. Isto está em oposição ao mundo do ganho que privilegia o resultado global não considerando os resultados locais. Portanto, a proposição, “como os conceitos de gargalo e recursos com restrição de capacidade têm diferentes significados para a TOC e para a metodologia OAE, trazendo conseqüências diferentes” é aceita como verdadeira.

Numa fábrica que aplica a metodologia OAE, busca-se a maximização da eficiência dos equipamentos gargalos não podendo haver ociosidade em nenhum destes recursos. Quando o resultado de OAE é baixo, recorre-se a projetos para aumento deste resultado, pois de acordo com esta metodologia, a empresa não está sendo efetiva na utilização dos seus equipamentos. Porém a busca deste aumento de eficiência localizado afasta o sistema de sua meta, pois como exemplo, pode resultar no aumento de estoque em processo.

Este aumento de estoque decorre da empresa manejar os recursos gargalos com a maior utilização, fluxo e rendimento possíveis. Para se valer destes recursos, será necessária a sua alimentação até o limite de capacidade. Como a capacidade dos recursos de uma linha são diferentes – existência de recurso gargalo e não gargalo, esta maneira de gerenciar resultará em um aumento de estoque de material em processo. Com isto, haverá um aumento do inventário da empresa, com prejuízo para o seu fluxo de caixa, aumento das despesas operacionais, aumento do *lead time* de produção e diminuição das vendas. Portanto, a mensuração das eficiências “locais” das máquinas de uma linha de produção e a busca da melhora nesta medida (“ótimos locais”), leva a

empresa em direção oposta à meta, isto é, prejudica o seu resultado final. Com isso, conclui-se que é interessante para empresa ter a maioria dos seus recursos, que são não restritivos ociosos parte do tempo, porém, esta conclusão vai contra a metodologia OAE. Portanto, as proposições, “a metodologia OAE conduz a resultados diferentes da TOC” e “a metodologia OAE, além de não subordinar as não restrições ao (s) recurso (s) com restrição de capacidade, procura altas eficiências em todos os gargalos nas várias linhas” são aceitas como verdadeiras.

Outro inconveniente ao tentar-se o aumento da eficiência de vários recursos gargalos, como preconizado pela metodologia OAE, é que além do aumento do estoque há a perda do enfoque dos esforços, uma vez que os esforços de melhoria aplicados na verdadeira restrição, serão divididos entre outros recursos do sistema. Portanto, a proposição, “a metodologia OAE conduz a sub-otimização de resultados”, é aceita verdadeira.

Do total de sete preposições elaboradas neste trabalho, quatro já foram verificadas, as demais serão verificadas posteriormente.

7.1.1 Sugestão de Implementação do Processo de Melhoria Contínua

De acordo com os resultados obtidos no item 5.3 (Aplicação da teoria das restrições), aceita-se como verdadeira a proposição, “os resultados obtidos atualmente na empresa podem ser melhorados utilizando-se uma metodologia com abordagem sistêmica”. Desta forma, sugere-se a utilização de uma abordagem sistêmica como a Teoria das Restrições uma vez que de acordo com a mesma, a abordagem ideal é a sistêmica que traz resultados em direção à meta da empresa que é aumento da rentabilidade.

Com vistas ao incremento do lucro da empresa, ou seja, fazer com que a mesma seja mais rentável agora e no futuro, constatou-se a existência de interatividade entre a Teoria das Restrições e a metodologia de melhoria contínua OAE.

Devido ao emprego da abordagem sistêmica, quando é aplicada a TOC, todos os esforços de melhoria são enfocados para restrição, porém a interatividade se dará no processo subsequente que é a otimização contínua, pois após identificada a restrição, deve-se fazer o melhor uso possível da capacidade deste recurso:

Para a realização e acompanhamento desta etapa, sugere-se a aplicação da metodologia OAE que resulta em uma forma efetiva de explorar ao máximo a restrição, ou a aplicação da metodologia da análise do valor (AV), que permite encontrar maneiras alternativas de produção descarregando parte da produção da restrição para outros equipamentos.

A metodologia OAE, conforme descrito anteriormente, consiste no incremento dos indicadores: utilização, fluxo, e rendimento com o ataque aos seguintes grupos de perdas:

- Área administrativa: falhas administrativas, falhas operacionais, desorganização da linha de produção, logística e tempo devido a medições e ajustes excessivos;
- Área de utilidades e materiais: rendimento de materiais e desperdício de energia;
- Área de produção: tempo por defeito em equipamentos – falhas, tempo de ajustes, tempo para troca ferramental, tempo no acionamento inicial (*start-up*); tempo por pequenas paradas, velocidade, defeitos e retrabalho e desligamento do equipamento.

Com o aumento do indicador de utilização, estarão sendo reduzidas/eliminadas as perdas de tempo e com isso, cada minuto da restrição antes desperdiçado – perdido passaria a ser disponível para a produção.

Com o aumento do indicador fluxo, será garantido que o recurso estará trabalhando em nível máximo, ou seja, com capacidade máxima.

Com o aumento do indicador rendimento, os produtos produzidos pelo recurso estarão dentro dos padrões estabelecidos, ou seja, nenhum minuto da restrição será perdido com retrabalho.

Com o exposto acima, a proposição, “A metodologia OAE complementa a TOC, ao ajudar nas etapas de exploração e elevação das restrições do sistema”, é aceita como verdadeira.

A análise do valor por sua vez ao procurar desenvolver maneiras alternativas de desempenhar as funções da restrição, se constitui em uma poderosa ferramenta para a elevação da restrição (CSILLAG, 1995).

Com a aplicação da sugestão de implementação do processo de melhoria contínua, a proposição, “é possível a melhorias do resultado global da empresa sem investimento” é aceita como verdadeira.

Esta sugestão deve também ser aplicada nos esforços de melhoria dos recursos não restritivos que estão afetando o tamanho do pulmão de restrição.

7.2 TRABALHOS FUTUROS ÚTEIS PARA A EMPRESA E EM TERMOS ACADÊMICOS

Sugere-se a realização do mesmo estudo para outro tipo de empresa para verificar se os resultados deste trabalho podem ser extrapolados para empresas de outro ramo de atividade.

Considerando-se a empresa em questão, recomenda-se a aplicação da teoria das restrições, englobando todas as áreas da empresa, e incluindo-se o mercado consumidor.

Levando-se em conta que a concorrência está acirrada cada vez mais, sugere-se simular o resultado da vendas de produtos com preço promocionais ainda com lucratividade. Devem-se ainda ser realizadas simulações para aumento do ganho da empresa com a exportação de produtos, bem como a parada temporária de produção de algum produto. Também devem ser realizadas simulações com projetos para redução de inventário e depois para a redução das despesas operacionais sendo que com a última deve-se tomar

cuidado com alterações na folha de pagamento que corresponde a 50% das despesas operacionais, pois cortes na mesma podem resultar em desmotivação dos funcionários remanescentes.

Também, poderá ser aplicada a teoria das restrições para conseguir um aumento de demanda de produtos até que a restrição se torne interna, para então utilizar metodologias como OAE e AV para a elevação da restrição.

Estes trabalhos futuros irão ajudar na conscientização de que para existir ganho é necessário que os produtos da empresa devam ser projetados, desenvolvidos, produzidos, distribuídos e vendidos. Todas estas atividades devem ocorrer em uma seqüência pré-determinada. Se qualquer um dos departamentos falhar, a empresa não consegue o ganho esperado.

Desta forma, tendo o ganho como medida principal, encara-se a empresa como uma corrente, formada por elos interligados, com o pressuposto de que a maior parte das melhorias na maioria dos elos não melhora o desempenho da corrente. Nessa visão os gerentes de todas as áreas da fábrica serão forçados a encarar a empresa como um sistema, resultando em uma visão holística que irá resultar em ganhos para a mesma.

Sugere-se verificar as conclusões destes trabalhos que foram obtidos em uma empresa de processos para outra do tipo “por encomenda”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

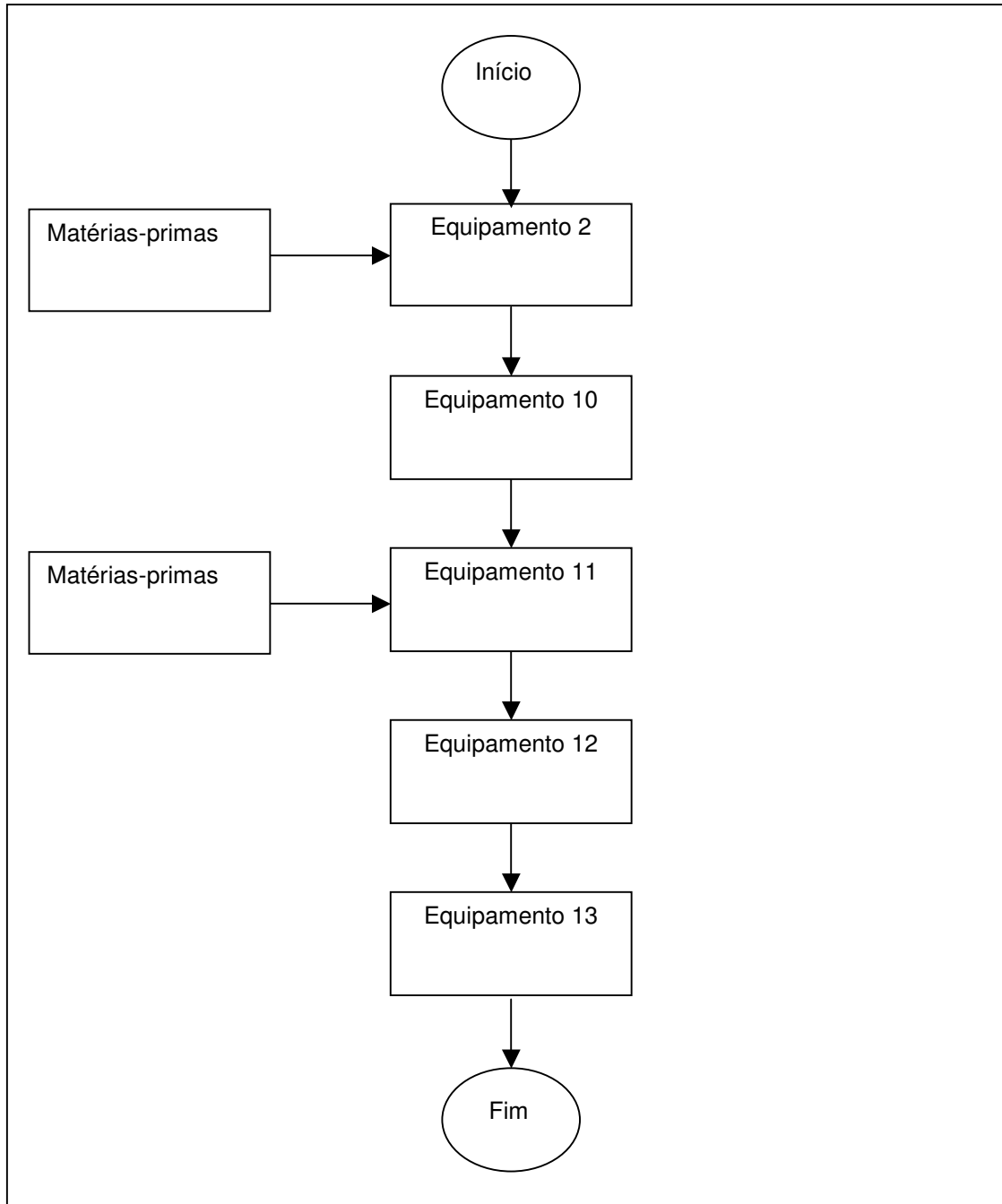
1. **AVRAHAM Y. GOLDRATT Institute.** Disponível em:
<<http://www.goldratt.com/brasil/papr1.htm>> Acesso em: 20 jun. 2001.
2. CAON, M.; CORRÊA, H.L.; GIANESI, I. G. N. **Planejamento, programação e controle da produção.** 4. ed. Amp. São Paulo, Atlas, 2001
3. CORBETT NETO, T. **Contabilidade de ganhos.** São Paulo, Nobel, 1997.
4. CORBETT, NETO, T. **Theory of constraints.** Disponível em:
<<http://www.corbett-toc.com/eng/index3.htm>> Acesso em: 20 jun. 2001.
5. CORRÊA, H.L.; GIANESI, I. G. N. **Just in time, MRP II e OPT: Um enfoque estratégico.** 2.ed. São Paulo, Atlas, 1993.
6. CSILLAG, J.M. **Análise do valor.** 4.ed. São Paulo, Atlas, 1995.
7. CSILLAG, J.M. **O significado do mundo do ganho.** RAE v. 31 n. 2, abr-jun 1991
8. CSILLAG, J.M.& CORBETT NETO, T **Utilização da TOC no ambiente de manufatura em empresas no Brasil.** NPP-EAESP-FGV, Relatório nº 17/1998.
9. ECO, U. **Como se faz uma tese.** São Paulo, Perspectiva, 1992.
10. FONTE: FLORES, J. **Explicação do OAE.** Descrição da metodologia OAE, Queretário, 2000.
11. GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo, Atlas, 1991.
12. GOLDRATT, E. M. **A corrida pela vantagem competitiva.** São Paulo, IMAM, 1989.
13. GOLDRATT, E. M. & COX, J. **A meta: Um processo de aprimoramento contínuo.** ed. amp. São Paulo, Educator, 1993.

14. GOLDRATT, E. M. **A Síndrome do Palheiro, garimpando informação num oceano de dados.** São Paulo, IMAM e Educator, 1992.
15. GOLDRATT, E. M. **Corrente Crítica.** São Paulo, Nobel, 1998.
16. GOLDRATT, E. M. **Mais que sorte, um processo de raciocínio.** São Paulo, Educator, 1994.
17. GOLDRATT, E. M. **What is this thing called Theory of Constraints, and how should it be implemented.** Croton on Hudson, North River Press, 1990.
18. LAKATOS, E. M.; Marconi, M. A. **Metodologia científica.** 2. ed. amp. São Paulo, ATLAS, 1991.
19. LAKATOS, E. M.; Marconi, M. A. **Técnicas de pesquisa.** 3. ed. São Paulo, ATLAS, 1996.
17. MACMULLEN, T. B. **Introduction to the theory of constraints (TOC) Management system.** Florida, St. Lucie Press, 1998.
18. NGUYEN, T. **Tu Nguyen's Theory of constraints.** Disponível em: <<http://www.saigon.com/~nguyent/toc.html>> Acesso em: 20 jun. 2001.
19. NOREEN, E.; SMITH, D. & MACKEY, J. T. **A teoria das restrições e suas implicações na contabilidade gerencial.** São Paulo, Educator, 1996.
20. OSADA, T.; TAKAHASHI, Y. **TPM/MPT: manutenção produtiva total.** São Paulo, Instituto IMAM, 1993.
21. PHELPS, K.; WRIGHT, B.; KHANFAR, A. & PHOLSANE, M. **Theory of Constraints Page.** Disponível em: <<http://www.sytsma.com/htm/theory.htm>> Acesso em: 20 jun. 2001.
22. SENGE, P. **A quinta disciplina.** São Paulo, Best Seller, 1990.
23. SHUCAVAGE, D. **Crazy about constraints!** Disponível em: <<http://www.rogo.com/cac/>> Acesso em: 20 jun. 2001.

- 24 SULLIVAN, T. **Applying the Theory of Constraints**. Disponível em:
<<http://www.ciras.iastate.edu/toc/>> Acesso em: 20 jun. 2001.
- 25 THE PRODUCTIVITY DEVELOPMENT TEAM. **OEE for operators: Overall Equipment Effectiveness**. Oregon, 1999.
- 26 THE PRODUCTIVITY DEVELOPMENT TEAM. **TPM for every operator**. Oregon, 1999.
- 27 THE PRODUCTIVITY DEVELOPMENT TEAM. **TPM for supervisors**. Oregon, 1999.
- 28 UMBLE, M. & SRIKANTH, M. L. **Synchronous Manufacturing. Principles for world class excellence**. Cincinnati, South –Western Publishing Co., 1990.
- 29 WOEPPEL, M. J. **Manufacture's guide to implementing the theory of constraints**. Florida, St. Lucie Press, 2001.
- 30 YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre, Bookman, 2001.
- 31 **A Meta**. Produção American media. Distribuição: Siamar, 1 filme (45 min): son., color.; 16mm

ANEXOS

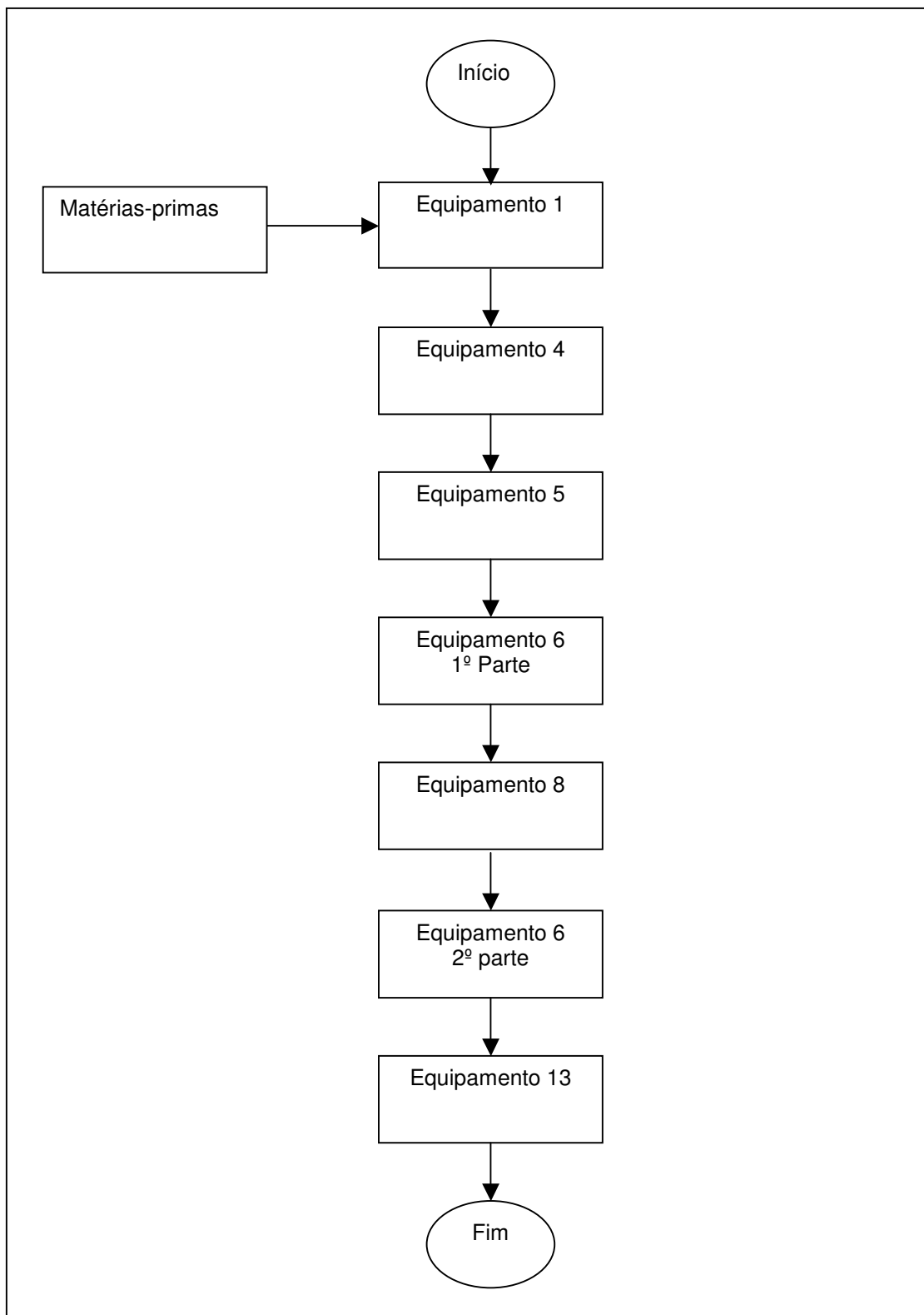
Fluxograma de Processo do Produto 7, 5 e 12



FONTE: Elaborado pelo autor

FIGURA – FLUXOGRAMA DE PROCESSO PARA OS PRODUTOS 7,5 e 12

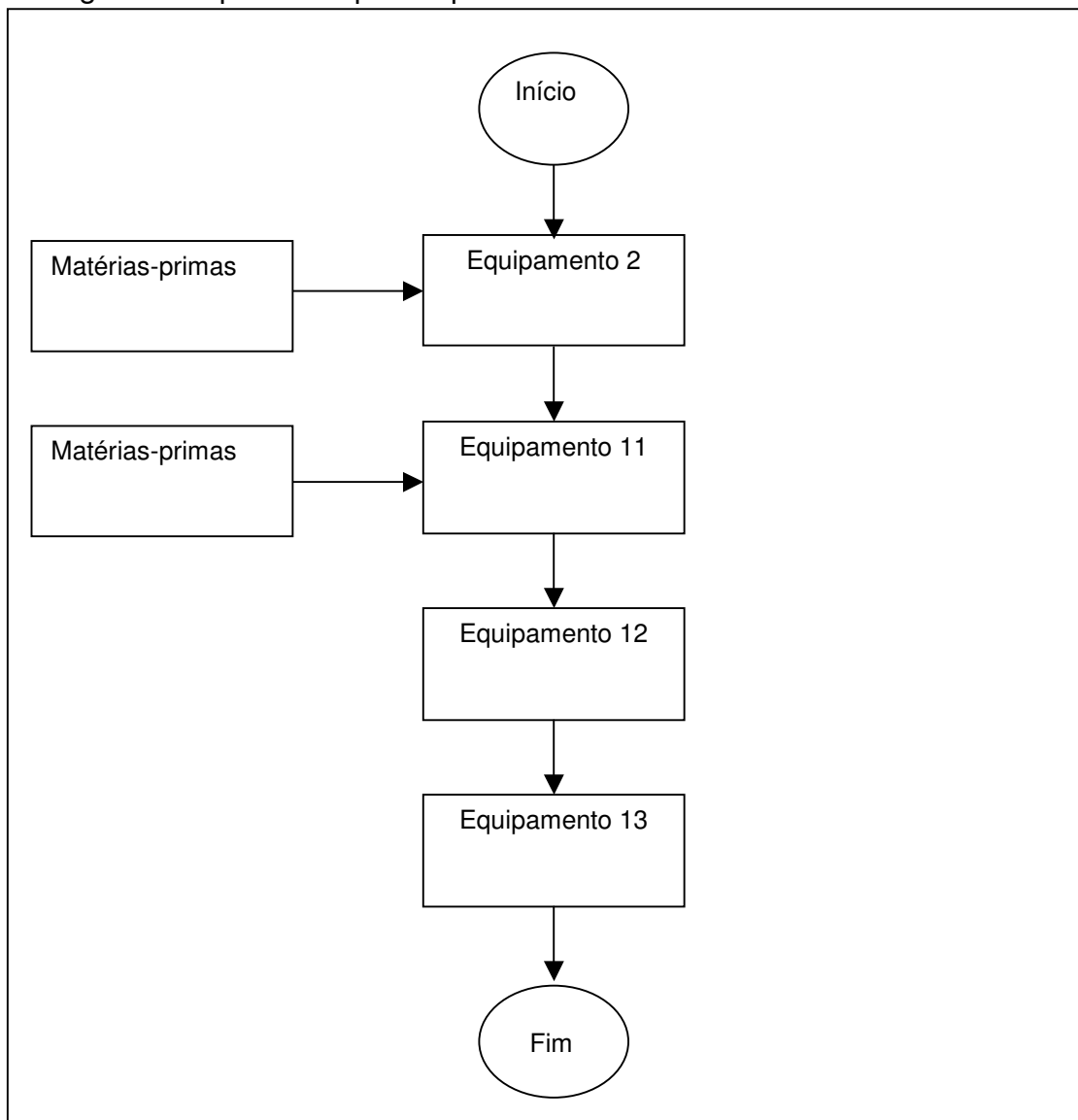
Fluxograma de processo do produto 1



FONTE: Elaborado pelo autor

FIGURA – FLUXOGRAMA DE PROCESSO PARA O PRODUTO 1

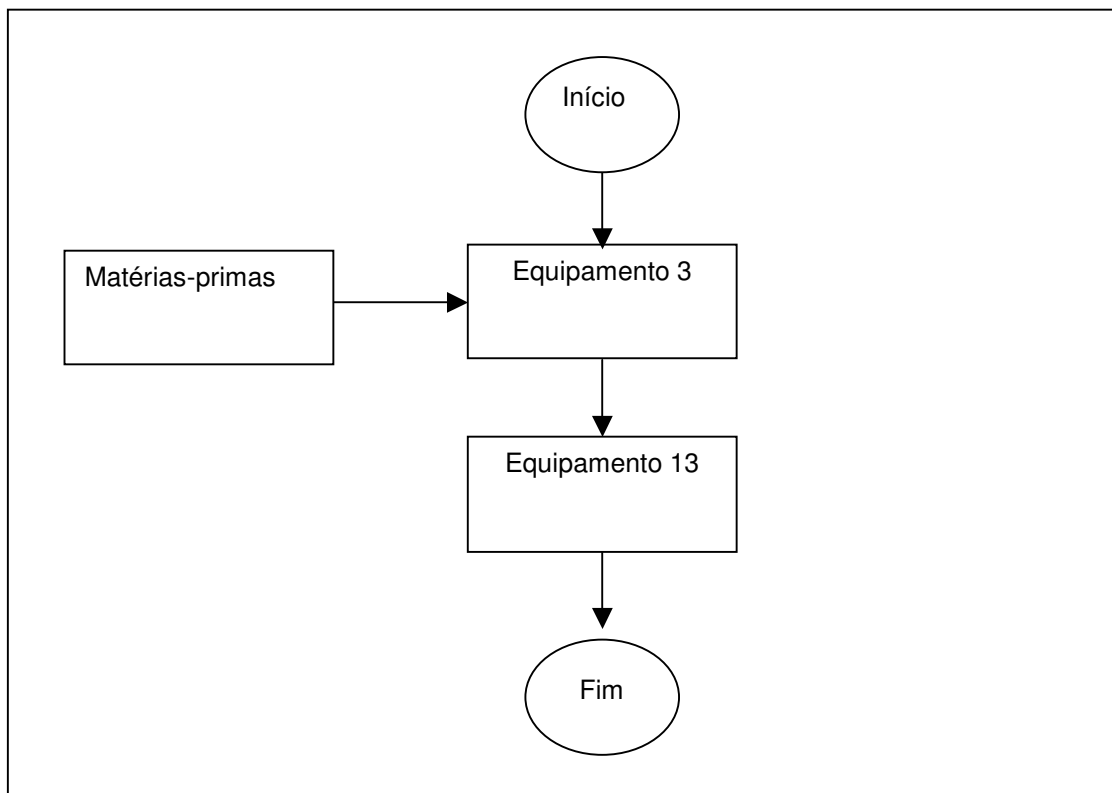
Fluxograma de processo para o produto 9



FONTE: Elaborado pelo autor

FIGURA – FLUXOGRAMA DE PROCESSO PARA O PRODUTO 9

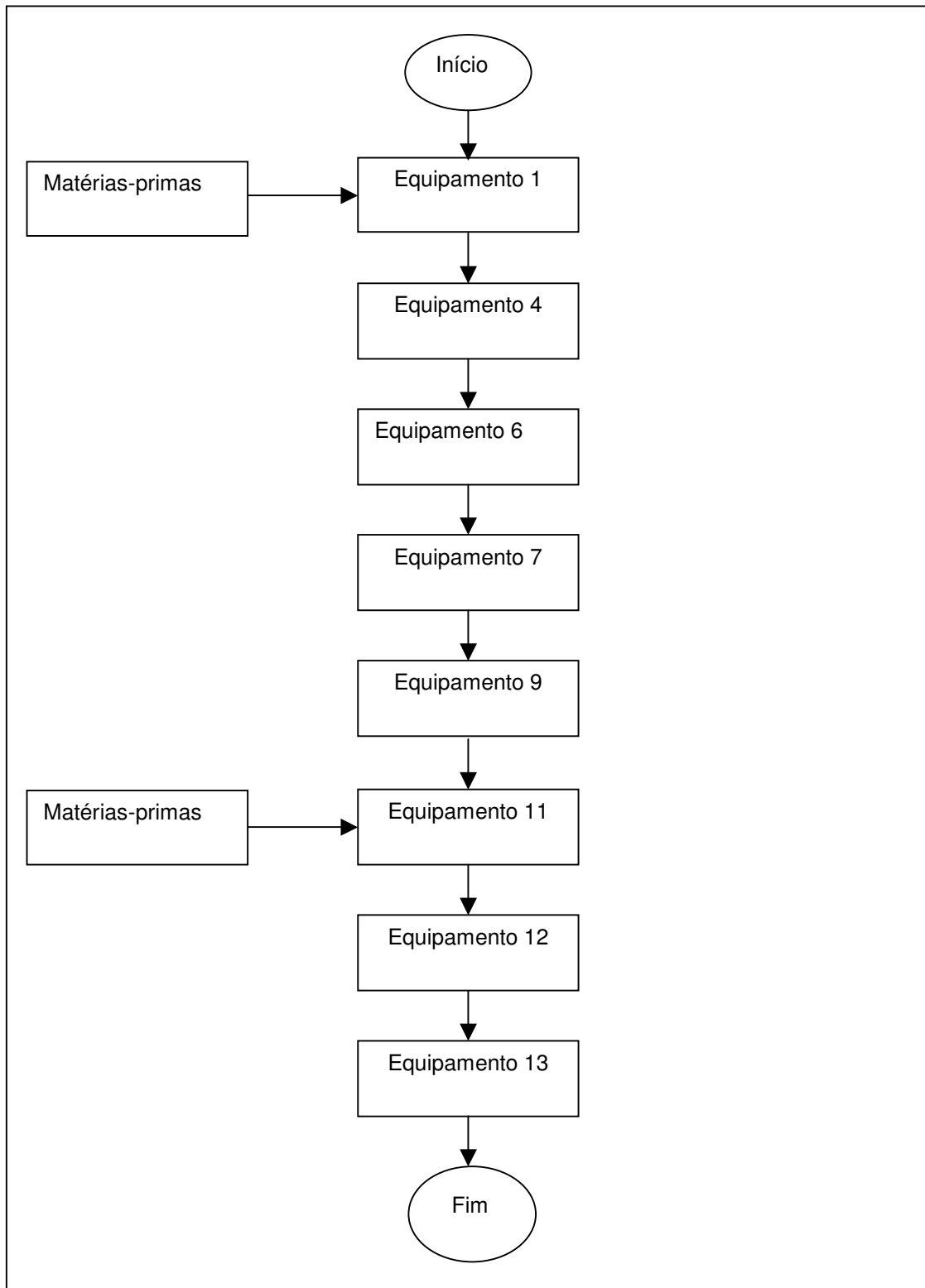
Fluxograma de Processo para os produtos 13 e 14



FONTE: Elaborado pelo autor

FIGURA – FLUXOGRAMA DE PROCESSO PARA OS PRODUTO 13 E 14

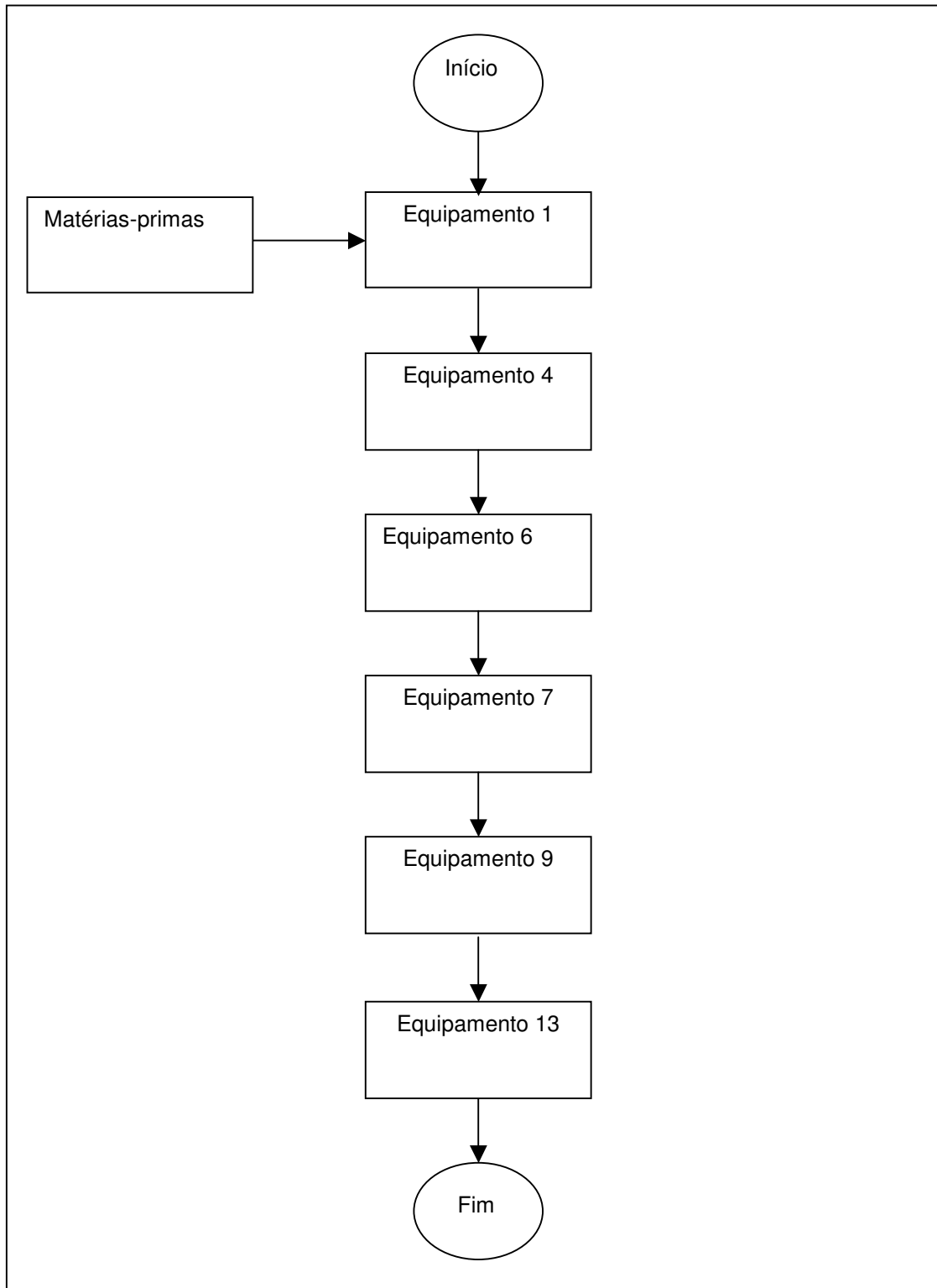
Fluxograma de processo para os produtos 15, 16, 17, 18, 19 e 21



FONTE: Elaborado pelo autor

FIGURA – FLUXOGRAMA DE PROCESSO PARA OS PRODUTOS 15, 16, 17, 18, 19 E 21

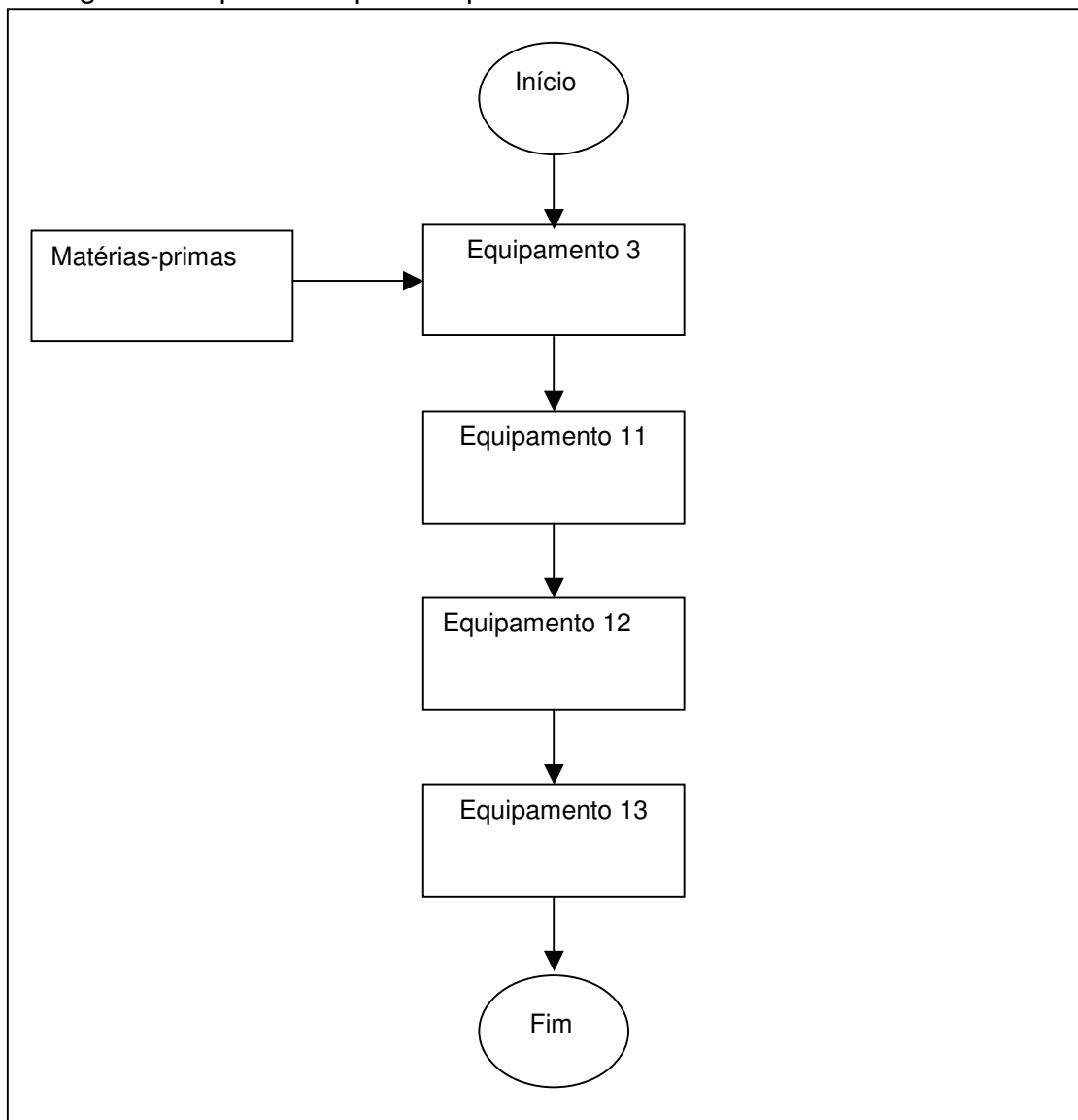
Fluxograma de Processo para os produtos 8 e 20



FONTE: Elaborado pelo autor

FIGURA – FLUXOGRAMA DE PROCESSO PARA OS PRODUTOS 8 E 20

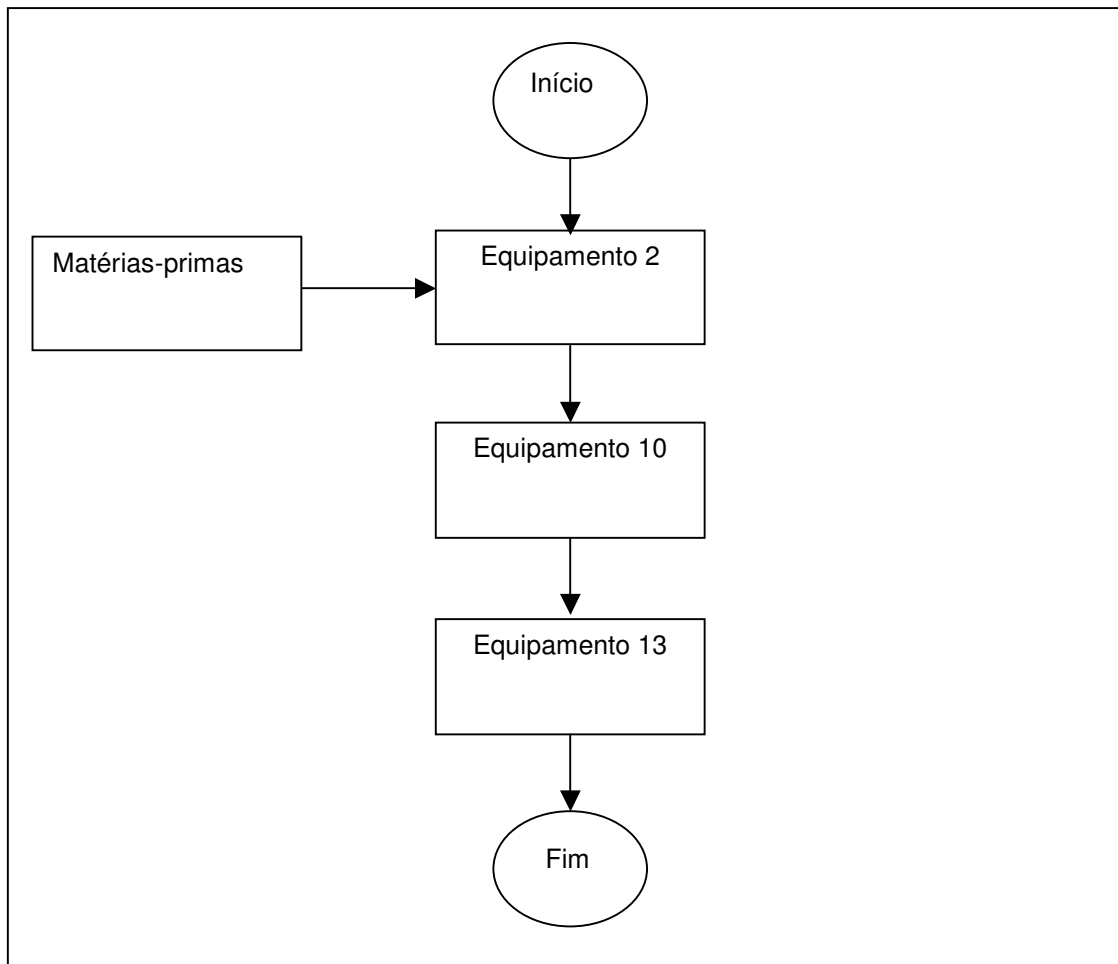
Fluxograma de processo para os produtos 10 e 11



FONTE: Elaborado pelo autor

FIGURA – FLUXOGRAMA DE PROCESSO PARA OS PRODUTOS 10 E 11

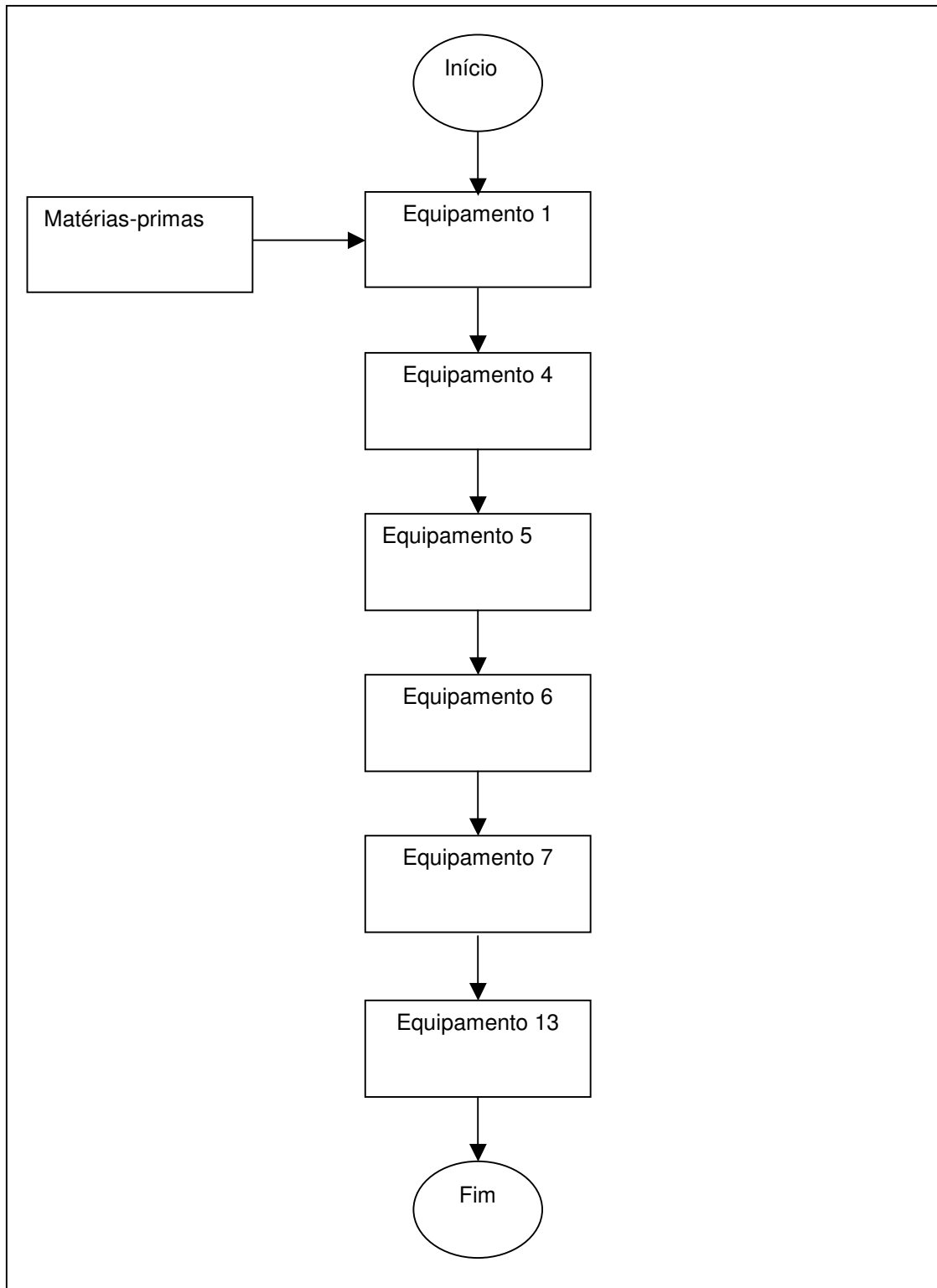
Fluxograma de processo para o produto 2



FONTE: Elaborado pelo autor

FIGURA – FLUXOGRAMA DE PROCESSO PARA O PRODUTO 2

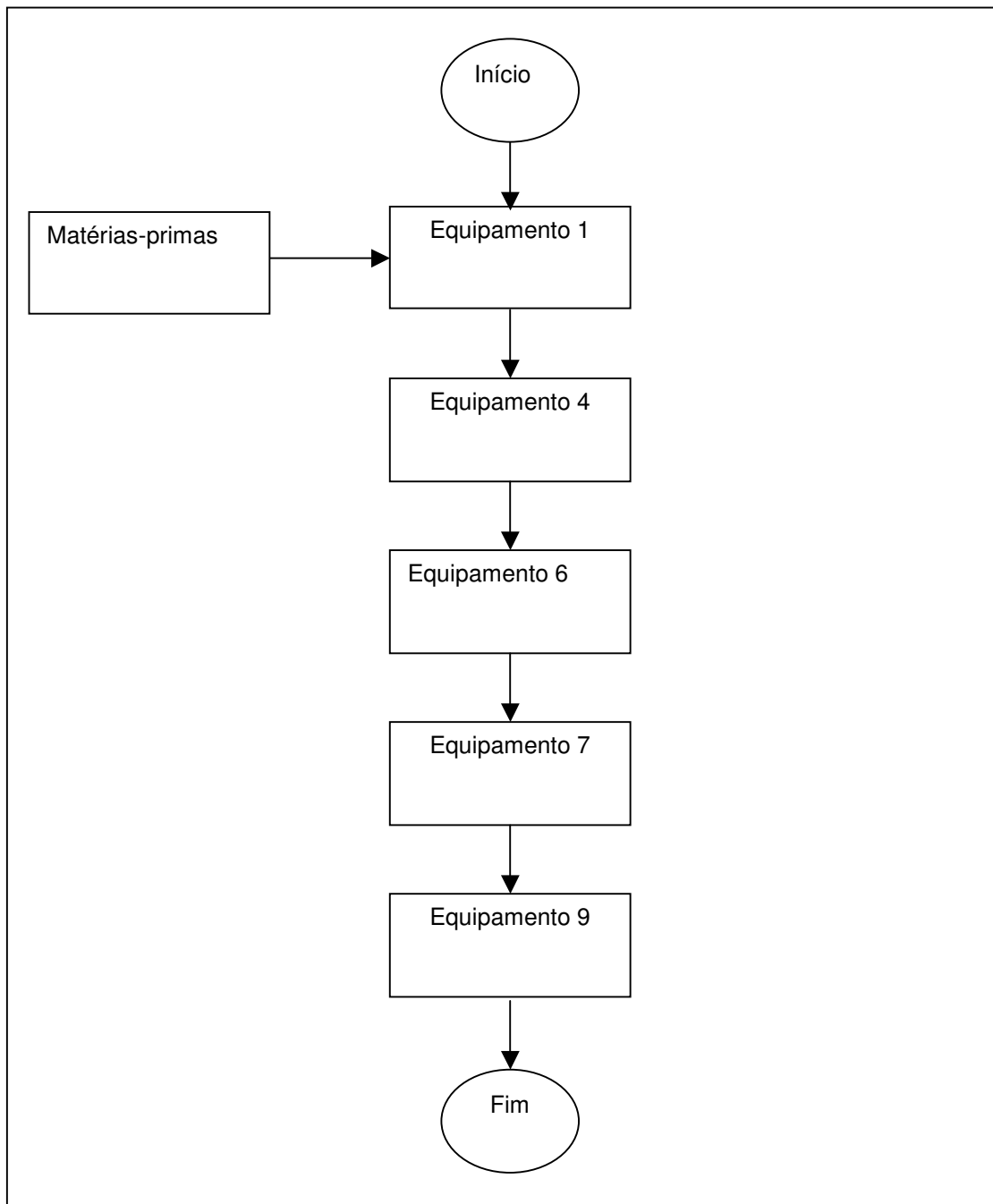
Fluxograma de processo para o produto 3



FONTE: Elaborado pelo autor

FIGURA – FLUXOGRAMA DE PROCESSO PARA O PRODUTO 3

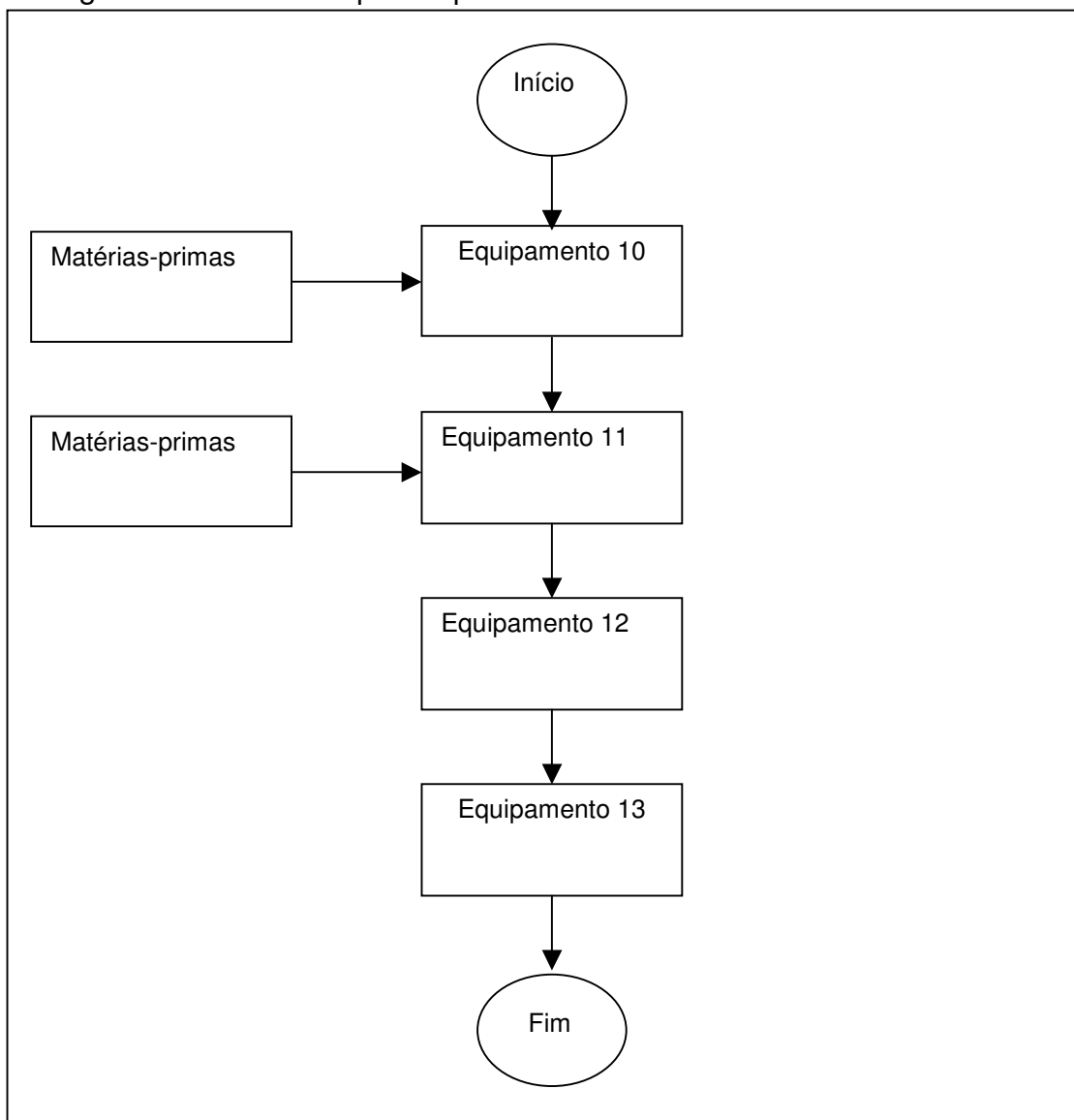
Fluxograma de processo para o produto 4



FONTE: Elaborado pelo autor

FIGURA – FLUXOGRAMA DE PROCESSO PARA O PRODUTO 4

Fluxograma de Processo para o produto 6



FONTE: Elaborado pelo autor

FIGURA – FLUXOGRAMA DE PROCESSO PARA O PRODUTO 6