

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Edgar Telles de Proença

**MÉTODO PARA MONITORAMENTO DO OEE EM TEMPO  
REAL E A CADEIA DE AJUDA COMO APOIO A ESTRATÉGIA  
DA MANUFATURA ENXUTA**

Florianópolis  
2011



Edgar Telles de Proença

**MÉTODO PARA MONITORAMENTO DO OEE EM TEMPO  
REAL E A CADEIA DE AJUDA COMO APOIO A ESTRATÉGIA  
DA MANUFATURA ENXUTA**

Dissertação submetida ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Produção da  
Universidade Federal de Santa  
Catarina para a obtenção do Grau  
de Mestre em Engenharia de  
Produção.

Orientador: Prof. Dalvio Ferrari  
Tubino, Dr.

Florianópolis  
2011

Catálogo na fonte elaborada pela Biblioteca Universitária da  
Universidade Federal de Santa Catarina

P964m Proença, Edgar Telles de

Método para monitoramento do OEE em tempo real e a cadeia de ajuda como apoio a estratégia da manufatura enxuta [dissertação] / Edgar Telles de Proença ; orientador, Dalvio Ferrari Tubino. – Florianópolis, SC, 2011.

144 p.: il., graf.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Inclui referências

1. Engenharia de produção. 2. Controle de produção. 3. Processos de fabricação. 4. Planejamento da produção. I. Tubino, Dalvio Ferrari. II. Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. III. Título.

CDU 658 5

Edgar Telles De Proença

**MÉTODO PARA MONITORAMENTO DO OEE EM TEMPO  
REAL E A CADEIA DE AJUDA COMO APOIO A ESTRATÉGIA  
DA MANUFATURA ENXUTA**

Esta dissertação foi submetida para aprovação como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Área de Concentração: Sistemas de Produção, do Departamento de Pesquisa e Pós-Graduação, da Unidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 5 de dezembro de 2011.

---

Prof. Antônio Cezar Bornia, Dr.  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dalvio Ferrari Tubino, DR.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Profa. Silene Seibel, Dra.  
Universidade do Estado de Santa Catarina

---

Prof. Gilberto José Pereira Onofre de Andrade, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. João Carlos Espídola Ferreira, PhD.  
Universidade Federal de Santa Catarina



*Dedico este trabalho a minha esposa Elizabeth  
e a minha filha Luiza.*





## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida.

Aos meus pais, Joaquim e Maria, por terem me apoiado desde cedo em meus estudos e me ensinado a lutar pelos meus sonhos.

Ao Professor Dalvio Tubino, pela orientação, por todo o conhecimento passado e também pela paciência.

A Professora Silene, pela coorientação e ajuda.

Ao colega Glauco, pela ajuda ao longo do curso.

Aos professores do programa, pelo conhecimento.

Aos colegas da empresa onde trabalho, que ajudaram na implantação do projeto descrito nesta dissertação.



## RESUMO

O cenário altamente competitivo tem imposto novos padrões de desempenho, ao mercado, gerando para as empresas uma série de desafios, como a necessidade de mudanças de paradigma em relação a muitas coisas, mas principalmente ao sistema de produção. A sobrevivência neste cenário está ligada à flexibilização da produção, ao aproveitamento máximo da capacidade instalada evitando, ao mesmo tempo, a superprodução. Exige, ainda, grande variedade de produtos, prazo de entrega ao cliente cada vez mais curto, lotes pequenos e de alta qualidade, e uma busca incessante pela melhoria dos processos. A estratégia da Manufatura Enxuta tem ajudado muito nesta batalha, porém, algumas das ferramentas propostas, tais como os métodos de controle de produção baseados no autocontrole pelos próprios operadores, em geral empregando quadros de gestão à vista nos postos de trabalho, muitas vezes não são suficientes para garantir a precisão da informação para identificação das causas raiz dos problemas em empresas onde a prática da melhoria contínua via identificação, análise e solução de problemas não é tão forte como na Toyota. Este trabalho propõe um método de implantação do monitoramento da eficácia global do equipamento (OEE) em tempo real de células concebidas dentro da estratégia da ME que, com a criação de uma Cadeia de Ajuda, acionada de maneira efetiva por uma “torre de controle”, impulsiona a solução rápida dos problemas. O monitoramento em tempo real do OEE cria condições favoráveis à verificação da eficácia de qualquer melhoria implantada e ao acompanhamento permanente dos resultados. Será relatado o estudo de caso da implantação do método proposto de monitoramento do OEE em tempo real em quatro células de manufatura de uma empresa fabricante de metais sanitários.

**Palavras-chave:** Manufatura Enxuta. OEE. Monitoramento em Tempo Real.



## ABSTRACT

The highly competitive scenario has imposed to the market new performance standards, generating a series of challenges to the companies, in particular, as regards the production system. Surviving in this scenario depends on the flexibilization of production and maximum leveraging of the installed capacity, while avoiding superproduction. This means a large variety of products, increasingly shorter customer delivery terms, high quality small batches, and a continuous search for improvement in processes. The Downsized Manufacture strategy has helped a lot in this matter, however, some of the tools proposed, such as the production control methods based on the own operators' self-control, in general employing on-demand management staff on work positions, are many times insufficient to assure the accuracy of information to identify the root causes of problems, above all in companies where the practice of continuous improvement through the identification, analysis and solution of problems is not as strong as in Toyota. This work proposes a method for implementation of the real-time monitoring of Overall Equipment Efficacy (OEE) of cells conceived within the ME strategy, which, with the creation of an assistance chain, effectively triggered by a "control tower" drives the fast solution of problems. The real-time monitoring of OEE creates conditions that favor the verification of efficacy of any improvement implemented and the permanent follow-up of results. A case study is reported regarding the implementation of the proposed method for real-time monitoring of OEE in four manufacture cells of a manufacturer of bathroom accessories.

**Keywords:** Lean, OEE, Real-Time Monitoring.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Nivelamento da produção pela demanda.....	37
Figura 2.2 – Ciclo Virtuoso da Manufatura Enxuta .....	39
Figura 2.3 – Visão resumida da TRF .....	42
Figura 2.4 – Resumo das ferramentas de análise e resolução de problemas.....	48
Figura 2.5 – Exemplo de mapeamento do estado atual (A) e mapeamento do estado futuro (B) .....	50
Figura 2.6 – Representação gráfica do OEE – 1ª parte .....	54
Figura 2.7 – Representação Gráfica OEE – 2ª parte .....	55
Figura 2.8 – Representação gráfica OEE – 3ª Parte .....	56
Figura 2.9 – Representação gráfica do OEE.....	57
Figura 2.10 – As seis grandes perdas, sua influência no OEE .....	58
Figura 2.11 – Andon dentro da Fábrica da Toyota .....	62
Figura 2.12 – Sequência de típica de ações em uma cadeia de ajuda .....	63
Figura 3.1 – Visão macro do método de monitoramento Online do OEE.....	75
Figura 3.2 – Etapa 1 – Planejamento e preparação para implantação .....	76
Figura 3.3 – Gant dos tempos de ciclo (TC) das operações da Célula A mostrando o TC de cada operação e o TC da célula .....	80
Figura 3.4 – Exemplo de cálculo de horas reportadas .....	81
Figura 3.5 – Etapa 3 – Definição do SMATR e torre de controle.....	83
Figura 3.6 – Etapa 3 – Aplicação do Sistema de Monitoramento Automático em Tempo Real (SMATR) e Torre de Controle .....	89
Figura 4.1 – Sequência de processos da empresa em estudo .....	97
Figura 4.2 – Formulário de apoio à implantação do SMATR Etapa 1, preenchido .....	100
Figura 4.3 – Formulário de apoio a implementação do SMATR preenchido com as providências do passo b.....	101
Figura 4.4 – Formulário de apoio à implantação do SMATR, Etapa 1, passo c.....	102

Figura 4.5 – Cálculo de horas reportadas para a produção fluxo 2 .....	103
Figura 4.6 – Cálculo de horas reportadas para a produção fluxo 3 .....	103
Figura 4.7 – Cálculo de horas reportadas para a produção fluxo 4 .....	104
Figura 4.8 – Cálculo de horas reportadas para a produção fluxo 6 .....	105
Figura 4.9 – Formulário de apoio à implantação do SMATR – Etapa 1 .....	106
Figura 4.10 – Formulário de apoio à implantação SMATR – Etapa 2 – Passo a preenchido.....	109
Figura 4.11 – Esquema conexão Ethernet máquinas monitoradas e mestre e banco de dados .....	110
Figura 4.12 – Natureza do sinal que deverá ser adquirido na máquina.....	111
Figura 4.13 – Relé usado para aquisição de sinal de produção.....	112
Figura 4.14 – Padrão do sinal de parada manual exigido pelo software escolhido.....	113
Figura 4.15 – Passo b do formulário de apoio da etapa 2 preenchido.....	113
Figura 4.16 – Código de paradas padronizadas para o monitoramento em tempo real .....	114
Figura 4.17 – Tempos considerados na parametrização do sistema de monitoramento em tempo real (MTR). .....	115
Figura 4.18 – CLP do SMATR instalado ao lado da máquina monitorada para a aquisição de sinais .....	116
Figura 4.19 – Passo c do formulário de apoio da etapa 2 preenchido.....	117
Figura 4.20 – Passo d do formulário de apoio da etapa 2 preenchido.....	118
Figura 4.21 – Formulário de apoio da etapa 3 preenchido.....	119
Figura 4.22 – Primeiro relatório mensal gerado pelo SMATR após a implantação – FULP-003.....	121
Figura 4.23 – relatório de acompanhamento relativo ao último mês de acompanhamento desta dissertação. ....	122
Figura 4.24 – Evolução do OEE médio nas células monitoradas.....	124



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIL – Airbags International Ltd  
CEP – Controle Estatístico do Processo  
CCQ – Círculo de Controle da Qualidade  
CLP – Controlador Lógico Programável  
GCS – Gestão da Cadeia de Suprimentos  
GUT – Gravidade, urgência e tendência  
JIT – (Just in Time) Justo a tempo  
ME – Manufatura Enxuta  
MFV – Mapeamento do Fluxo de Valor  
MIT – Massachusetts Institute of Technology  
MTBF – (Mean time between failures) tempo médio entre as falhas  
MTTF – (Mean time to failures) tempo médio para falhar ou quebrar  
MTTR – (Mean time to repair) Tempo médio para reparar  
OEE – Overall Equipment Effectiveness (Eficácia Global do equipamento)  
OEEML – OEE de uma linha de manufatura  
ERP – Enterprise Resource Planning  
OFE – (Overall Fab effectiveness) Eficácia Global da Fábrica  
OLE – (Overall Line Effectiveness) Eficácia Global da Linha  
OP – Ordem de produção  
PC – (Process Capability) Capabilidade do Processo  
PCP – Planejamento e Controle da Produção  
PCPM – Planejamento e Controle da Produção e Materiais  
PDCA – (Plan, Do, Control, Act) Planejar, Fazer, Controlar, Agir  
PMP – Planejamento Mestre de Produção  
PR – Prática  
ROP – Rotina de operação padrão  
SCM – (Supply Chain Management) Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos  
SMATR- Sistema de Monitoramento Automático em Tempo Real  
SMED – (Single Minute Exchange of Die) Troca de Ferramenta com tempo de um dígito  
SPMI – Sistema Produtivo de Manufatura Integrada  
STP – Sistema Toyota de Produção  
TC – Tempo de ciclo

TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação

TPM – (Total Productive Maintenance) Manutenção Produtiva Total

TQC – (Total Quality Control) Controle de Qualidade Total

TRF – Troca Rápida de Ferramentas

TX – Taxa de produção

VDC – (Volt Direct Current) tensão corrente contínua

WIP – (Work in Progress) Estoque em processo

5W2H – (What? Why? Who? Where? When? How? e How much?) O que?, Por quê?, Quem?, Onde?, Quando?, Como? E Quanto custa?

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>23</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	23
1.2 QUESTÃO DE PESQUISA E HIPÓTESE .....	24
1.3 OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	26
1.4 MÉTODO DE PESQUISA.....	26
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	27
<b>2 REVISÃO TEÓRICA .....</b>	<b>29</b>
2.1 MANUFATURA ENXUTA: HISTÓRICO E PRINCÍPIOS.....	29
2.2 PRÁTICAS E FERRAMENTAS ME .....	35
<b>2.2.1 Parcerias na cadeia produtiva e previsão de demanda.....</b>	<b>35</b>
<b>2.2.2 Planejamento-mestre e nivelamento da produção à demanda.....</b>	<b>36</b>
2.3 PRODUÇÃO EM FLUXO CONTÍNUO.....	39
2.4 REDUÇÃO DO TAMANHO DOS LOTES.....	41
2.5 PRODUÇÃO PUXADA.....	43
<b>2.5.1 Sistema Puxado com Supermercado.....</b>	<b>44</b>
<b>2.5.2 Sistema Puxado Seqüencial .....</b>	<b>44</b>
<b>2.5.3 Sistema Puxado Misto .....</b>	<b>45</b>
2.6 AUTONOMAÇÃO E PREVENÇÃO DE PROBLEMAS.....	46
2.7 MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR (MFV) .....	49
2.8 EFICÁCIA GLOBAL DOS EQUIPAMENTOS (OEE).....	51
<b>2.8.1 Introdução .....</b>	<b>51</b>
<b>2.8.2 Definição e aplicação.....</b>	<b>52</b>
<b>2.8.3 Variáveis do OEE e representação gráfica.....</b>	<b>53</b>
2.9 TEMPO DE CICLO (TC) E CAPACIDADE PRODUTIVA.....	58
2.10 CADEIA DE AJUDA .....	60
2.11 TRABALHOS RELACIONADOS.....	65
2.12 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO.....	70

<b>3 MÉTODO MONITORAMENTO DO OEE EM TEMPO REAL E A CRIAÇÃO DE UMA CADEIA DE AJUDA.....</b>	<b>73</b>
3.1 VISÃO MACRO DO MÉTODO .....	73
3.2 ETAPA 1 – PLANEJAMENTO E PREPARAÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO.....	76
<b>3.2.1 Passo a – Escolha do Líder do Projeto e da Equipe....</b>	<b>77</b>
<b>3.2.2 Passo b – Treinamento sobre OEE e Cadeia de Ajuda no contexto da Manufatura Enxuta.....</b>	<b>78</b>
<b>3.2.3 Passo c – Definição do local de Aplicação e do ponto de controle no interior da célula .....</b>	<b>79</b>
<b>3.2.4 Passo d – Definição de Indicadores e Metas .....</b>	<b>81</b>
3.3 ETAPA 2 – DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO AUTOMÁTICO EM TEMPO REAL (SMATR) E TORRE DE CONTROLE .....	82
<b>3.3.1 Passo a – Escolha do software do SMATR.....</b>	<b>83</b>
<b>3.3.2 Passo b – Definição da forma de aquisição dos sinais do SMATR.....</b>	<b>84</b>
<b>3.3.3 Passo c – Definição da estrutura da Torre de Controle.....</b>	<b>86</b>
<b>3.3.4 Passo d – Definição dos procedimentos da Cadeia de Ajuda .....</b>	<b>87</b>
3.4 ETAPA 3 – APLICAÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO AUTOMÁTICO EM TEMPO REAL (SMATR) E TORRE DE CONTROLE .....	88
<b>3.4.1 Passo a – Treinamento Operacional do SMATR .....</b>	<b>89</b>
<b>3.4.2 Passo b – Processamento de sinais e obtenção das informações gerenciais.....</b>	<b>90</b>
<b>3.4.3 Passo c – Montagem da Memória industrial.....</b>	<b>91</b>
<b>3.4.4 Passo d – Detecção dos Problemas e acionamento da Cadeia de Ajuda .....</b>	<b>91</b>
3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO .....	93
<b>4 APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO.....</b>	<b>95</b>
4.1 A EMPRESA E O SEU SISTEMA PRODUTIVO.....	95
4.2 ETAPA 1 – PLANEJAMENTO E PREPARAÇÃO DA EQUIPE .....	99

<b>4.2.1 Passo a – Escolha do Líder do Projeto e da Equipe</b>	<b>99</b>
<b>4.2.2 Passo b – Treinamento sobre OEE e Cadeia de Ajuda no contexto da Manufatura Enxuta</b>	<b>100</b>
<b>4.2.3 Passo c – Definição do Local de Aplicação e do ponto de controle no interior da célula</b>	<b>101</b>
<b>4.2.4 Passo d – Definição de Indicadores e das Metas</b>	<b>102</b>
<b>4.3 ETAPA 2 – DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO AUTOMÁTICO EM TEMPO REAL (SMATR) E TORRE DE CONTROLE</b>	<b>107</b>
<b>4.3.1 Passo a – Escolha do software do SMATR</b>	<b>107</b>
<b>4.3.2 Passo b – Definição da forma de aquisição dos sinais do SMATR</b>	<b>110</b>
<b>4.3.3 Passo c – Definição da estrutura da Torre de Controle</b>	<b>117</b>
<b>4.3.4 Passo d – Definição dos procedimentos da Cadeia de Ajuda</b>	<b>117</b>
<b>4.4 ETAPA 3 – APLICAÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO AUTOMÁTICO EM TEMPO REAL (SMATR) E TORRE DE CONTROLE</b>	<b>118</b>
<b>4.5 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO</b>	<b>124</b>
<b>5 CONCLUSÃO</b>	<b>127</b>
<b>5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES</b>	<b>128</b>
<b>5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>130</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>131</b>
<b>APÊNDICE A – FORMULÁRIOS DE APOIO A IMPLEMENTAÇÃO DO SMATR</b>	<b>139</b>
<b>APÊNDICE B – TREINAMENTO PADRONIZADO OEE</b>	<b>143</b>



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A consolidação das zonas de livre comércio, como Mercosul, Nafta e União Européia, sinaliza a extinção das reservas de mercado, resultando em um cenário de competição jamais visto na indústria. As reduções das barreiras alfandegárias, o aprimoramento da logística e o desenvolvimento da Tecnologia da Informação e Comunicação rompem as barreiras geográficas e tornam a concorrência entre empresas mundial.

Neste cenário, o aprimoramento dos processos vem a ser uma questão de sobrevivência, fazendo com que as empresas busquem técnicas e ferramentas de produção e as utilizem de forma eficiente, objetivando sempre a melhoria contínua.

Atualmente existe a necessidade de flexibilização da produção, de aproveitamento máximo da capacidade instalada e, ao mesmo tempo, de evitar a superprodução. Isso significa oferecer grande variedade de produtos, prazos cada vez mais curtos de entrega ao cliente, lotes pequenos e de alta qualidade, e uma busca incessante pela melhoria dos processos. Esta evolução da indústria preconiza evitar ao máximo o trabalho improdutivo e as atividades que não agregam valor ao produto.

Segundo Brown e Eisenhardt (2004), o “fator de mudança” é uma das características mais marcantes da indústria contemporânea. E para lidar com estas mudanças, a solução é melhorar o gerenciamento do negócio.

Nesse contexto, surgiu a necessidade de se ter um modelo de gestão da produção que obtivesse reduções de custos e melhora da qualidade e dos prazos de entrega, trazendo maior flexibilidade às empresas.

Após a quase destruição do Japão, na Segunda Guerra Mundial, a Toyota começou a desenvolver o que ficou conhecido como Sistema Toyota de Produção (STP). Este sistema se consolidou, sendo conhecido atualmente como Manufatura Enxuta (ME) ou *Lean Manufacturing* e aplicado em todos os

segmentos da indústria, surgindo como uma alternativa quase perfeita para enfrentar o cenário descrito acima.

A Manufatura Enxuta tem como base a redução dos desperdícios existentes no fluxo de materiais e informações com base em melhorias. Os princípios da ME permitem aos sistemas produtivos a possibilidade concreta de uma maior eficiência a custos mais baixos, impactando também em flexibilidade, agilidade e qualidade de produtos e processos, desde o desenvolvimento dos produtos até a entrega para o cliente.

Para ter flexibilidade, um dos maiores desafios de uma grande empresa é comportar-se como uma empresa média ou pequena. Ou seja, ela deverá criar fluxo contínuo entre os seus vários processos, visando ter um tempo de resposta menor, usando ao máximo sua capacidade produtiva com o objetivo de atender a alta variedade demandada pelo mercado, sem aumentar ou até mesmo reduzindo os seus custos. Dessa forma, manter-se-á saudável financeiramente e apta a competir em qualquer cenário.

## 1.2 QUESTÃO DE PESQUISA E HIPÓTESE

Segundo Tubino (2000), os critérios de desempenho que a produção deve trabalhar são divididos em quatro grupos que compreendem: o custo, a qualidade, o desempenho de entregas e a flexibilidade, sendo que flexibilidade é a capacidade de reação rápida a eventos repentinos e inesperados.

A alta verticalização das empresas resulta em plantas complexas de manufatura, com grande variedade de processos organizados em leiaute funcional. Com fluxos de materiais e informações extremamente complicados por conta disto, os desperdícios em estoques e transporte, a falta de fluxo e os ativos não utilizados acabam aumentando os custos e o tempo de resposta ao mercado. Como consequência, reduzem a flexibilidade destas empresas.

Para tentar assegurar o atendimento ao cliente, muitos esforços são despendidos na criação de estoques intermediários entre os setores ou departamentos, sistema de movimentação de materiais e investimentos em mais capacidade. Embora algumas



empresas tenham um atendimento razoável, o *lead time* de seus processos é sempre longo, haja vista o acúmulo de desperdícios no fluxo produtivo.

Buscando formas de melhorar a flexibilidade através da redução de seus desperdícios, as Empresas vêm aplicando a estratégia da Manufatura Enxuta (ME) com bons resultados. Com leiaute celular conseguem resolver parte de seus problemas, porém, têm-se ainda altos WIP e um autocontrole deficiente, que levam a critérios fracos (custo-qualidade-entrega-flexibilidade).

Há a necessidade de evoluir na gestão a vista das células que estão com desempenho ainda baixos. Nestas células as perdas por paradas e por tempos de ciclos mais longos são significativos, e o monitoramento das paradas através do autocontrole dos operadores não garante a precisão necessária para a tomada de ações eficazes. Assim, muitas vezes, os problemas anotados nos quadros ficam sem solução, ora porque a informação não está confiável, ora porque chegou atrasada às pessoas que poderiam ter ajudado, visto que a forma pela qual tem sido repassada (o quadro de gestão à vista e *andon* tradicional) não foi eficaz.

Dado o contexto, a questão de pesquisa a ser explorada no presente trabalho é a seguinte: como fazer evoluir o sistema de gestão à vista do autocontrole feito pelos operadores de maneira que mostre as informações reais, com a precisão necessária, a fim de que estas informações cheguem a tempo para a tomada de ações de seus líderes no sentido de aumentar a utilização da capacidade de suas células?

Para responder a esta questão, parti-se, neste trabalho, da hipótese de que a aplicação de um método para o monitoramento do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) em tempo real e a criação de uma Cadeia de Ajuda, bem como de um mecanismo para acioná-la, aprimoram a gestão a vista, o autocontrole pelos operadores e potencializam o *Andon*, fazendo com que as informações e/ou problemas anotados nos quadros, pelos operadores, cheguem rapidamente às pessoas que podem ajudá-los, de forma que os recursos fiquem menos tempo parados e aumentem sua utilização.

### 1.3 OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O objetivo geral do trabalho consiste em:

Propor um método para o monitoramento do OEE em tempo real, a criação de uma Cadeia de Ajuda e um mecanismo eficaz de acionamento da mesma;

Para atingir o objetivo geral, estruturou-se um conjunto de objetivos específicos que devem ser atingidos à medida que se evolui no desenvolvimento do trabalho. Os objetivos específicos são:

- Identificar, na literatura, alternativas para o monitoramento do OEE e da implantação de cadeias de ajuda;
- Aprimorar a gestão a vista do autocontrole pelos operadores e o *andon* de células concebidas segundo a estratégia da ME;
- Aplicar o método proposto a células de fabricação concebidas segundo a estratégia da ME;
- Buscar responder à pergunta de pesquisa formulada, apontando vantagens e desvantagens da aplicação do método.

### 1.4 MÉTODO DE PESQUISA

Segundo a metodologia de classificação proposta por Silva (2001), esta dissertação pode ser classificada, do ponto de vista de sua natureza, como uma pesquisa aplicada, visto que objetiva gerar conhecimentos para a aplicação prática na solução de um problema.

Do ponto de vista da abordagem do problema, caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, visto que buscará explicar as relações entre o método de monitoramento online de OEE proposto e o tradicional, não utilizando ferramentas estatísticas, mas a partir da explicação do que ocorre no ambiente de chão de fábrica da empresa analisada.

Do ponto de vista de seus objetivos, classifica-se como exploratória, tendo sido realizada através de uma pesquisa-ação.

E pode ser ainda considerada como descritiva pelo fato de estabelecer a relação entre os dois métodos estudados.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho compõe-se de cinco capítulos. No capítulo 1 faz-se uma contextualização, mostrando um cenário competitivo como motivação para os sistemas de melhoria contínua das empresas. Apresentam-se ainda o problema, a questão de pesquisa, a hipótese e os objetivos do trabalho, bem como o método de pesquisa utilizado.

No segundo capítulo é apresentado um referencial teórico sobre Manufatura Enxuta, produção em fluxo, método de solução de problemas, OEE e Cadeia de Ajuda, e capacidade produtiva.

O terceiro capítulo refere-se ao desenvolvimento do método proposto na pesquisa ação.

No quarto capítulo apresenta-se a aplicação do método, definindo o ambiente, a Empresa onde o método foi aplicado, a análise da eficiência, a aplicação e as conclusões.

O quinto capítulo apresenta a conclusão do trabalho. Discutem-se os resultados alcançados com a aplicação do método e os aspectos restritivos do uso do mesmo, além de se sugerir trabalhos futuros.



## 2 REVISÃO TEÓRICA

Neste capítulo é feita uma revisão bibliográfica dos temas envolvidos na pesquisa ação. No primeiro tópico, apresenta-se a definição, outros termos, o histórico da Manufatura Enxuta (ME) e sua origem no Sistema Toyota de Produção (STP), abordando objetivos e resultados alcançados pelo sistema produtivo com a implantação de seus conceitos e ferramentas. Na sequência, aborda-se o tema dos sete desperdícios e da busca da melhoria contínua através do kaizen.

São apresentadas também as principais práticas, ferramentas e algumas técnicas herdadas do Controle de Qualidade Total (TQC), que foram incorporadas pela ME para análise e solução de problemas, fomentando a melhoria contínua.

Na sequência, define-se o indicador da Eficácia Global dos Equipamentos, capacidade produtiva e Cadeia de Ajuda.

Por último, são apresentados trabalhos relacionados com o tema desta dissertação. Já que não foi encontrado, na literatura pesquisada, nenhum trabalho que propusesse o uso do monitoramento em tempo real do OEE como apoio a ME, tentou-se relacionar os trabalhos pesquisados que abordam os dois temas ou somente o OEE.

### 2.1 MANUFATURA ENXUTA: HISTÓRICO E PRINCÍPIOS

A expressão Manufatura Enxuta (ME), originalmente *lean manufacturing*, foi cunhada após uma pesquisa de *benchmarking* em empresas do ramo automobilístico, para denominar aquelas que, no desempenho de suas atividades, procuravam sempre “fazer cada vez mais com cada vez menos”. Esta pesquisa, realizada pelo *Massachusetts Institute of Technology (MIT)*, resultou, em 1992, no livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (WOMACK; JONES; ROOS, 1992), que relata as práticas encontradas nas organizações de origem japonesa que vinham apresentando um desempenho superior no mercado mundial. A

este conjunto de práticas os autores chamaram Manufatura Enxuta e às empresas que as aplicavam, empresas enxutas.

A organização tida como referência neste trabalho, pioneira no uso desta abordagem, e também criadora de grande parte das práticas enxutas, foi a Toyota Motors Company, cuja lógica de operacionalização é conhecida como Sistema Toyota de Produção (STP), segundo Monden (1984).

A ME pode ser definida, de uma forma mais ampla, como uma estratégia de produção baseada em um conjunto de práticas, oriundas do Sistema Toyota de Produção, cujo objetivo é melhorar continuamente o sistema produtivo por meio da eliminação dos desperdícios de todas as atividades que não agregam valor ao cliente.

Melhorar continuamente significa, por um lado, que nenhum dia deve passar sem que a empresa melhore sua posição competitiva, e por outro, que todos dentro da empresa são responsáveis por trabalhar para que um problema ou erro acontecido seja visto como uma oportunidade de melhoria para o sistema produtivo (TUBINO, 2000).

Em seu trabalho, Pereira (2009) menciona vários termos utilizados por diversos autores como sinônimos de Manufatura Enxuta. Dessa forma, a expressão Sistema Toyota de Produção (STP) é utilizada por Moden (1984), Schonberger (1992) e Dennis (2008). Schonberger (1992) usa também o termo Fabricação Classe Universal e Dennis (2008) faz uso do termo Sistema Lean de Produção. Hall (1988) fala em Excelência em Manufatura enquanto Harmon (1991) o descreve como Fabricação Superior. Já Black (1988) fala do Sistema Produtivo de Manufatura Integrada (SPMI). Todos estes nomes têm sua origem comum no Sistema Toyota de Produção. Neste trabalho, serão utilizados os termos ME e STP.

O STP surgiu quando Ohno, que havia ingressado na empresa, em 1932, foi para a divisão automotiva (1943). Sem experiência na fabricação de automóveis, portanto, sem nenhum paradigma estabelecido, criou o pensamento Just In Time (CUSUMANO, 1985).

De acordo com Ohno (1997, p. 26) Just-in-Time “[...] significa que, em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha no momento em que são necessárias e na quantidade necessária.” Em 1956, baseado

na forma como os supermercados americanos tratavam seus estoques, Ohno implantou as idéias do supermercado kanban no STP (OHNO apud TUBINO, 1999, p. 44-45). Isto viabilizaria a produção JIT.

Ohno pensou em um sistema produtivo puxado, olhando o fluxo de materiais de forma inversa: um processo final (cliente) vai para um processo inicial (fornecedor), pega apenas o item necessário, na quantidade necessária, exatamente quando necessário. O processo fornecedor produz, então, o número de itens consumidos, sendo suficiente para isso apenas um “sinal” claro da quantidade e do quê produzir. Estoques devem ser eliminados e, quando necessários, devem ser usados estrategicamente para balancear o fluxo Just-in-Time.

Em 1948, nasceu o conceito de jidoka ou máquinas autônomas. A autonomia, conhecida como a automação como o toque humano, consiste em equipar os postos de trabalho com dispositivos que são capazes de identificar erros ou anormalidades, parar automaticamente a atividade naquele posto e avisar ao operador a ocorrência do problema. Isso impede que “unidades defeituosas de um processo precedente sigam o fluxo e atrapalhem um processo subsequente” (MONDEN, 1984, p. 1).

OHNO (1997) cita o conceito da autonomia, junto com o JIT, como os dois pilares do STP. Por sua vez, Shingo desenvolveu, em 1955, o sistema de Troca Rápida de Ferramentas (TRF), batizando-a de SMED – *Single-minute Exchange Die* ou Troca de Ferramentas em um Dígito (SHINGO, 2000).

O resultado do uso destes conceitos (JIT, *jidoka*, *kanban* e TRF), foi o desenvolvimento da habilidade em produzir uma considerável variedade de produtos em baixo volume a um custo competitivo, contrapondo o conceito da lógica de produção em massa. Segundo Pereira (2009), o conceito-chave para que isso pudesse acontecer foi o desenvolvimento da “capacidade de aprendizagem dinâmica”, considerado o coração do STP.

Em 1965, o sistema kanban foi adotado nos fornecedores. De acordo com Ohno (1997), o sistema somente começou a atrair atenções durante a primeira crise de petróleo, em 1973, quando se renovaram os interesses sobre a pesquisa na indústria automobilística, promovendo o início do Programa Internacional dos Veículos Automotores, do *Massachusetts*

*Institute of Technology* (MIT), como já foi dito, que resultou, em 1992, no livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

Segundo Womack, Jones e Roos (1992), a ME é composta por um conjunto de recomendações, princípios e técnicas que as empresas devem seguir com o objetivo de se tornarem mais enxutas e ágeis e, desta forma, se potencializarem no tempo diante da atual dinâmica do mercado.

A adoção da Manufatura Enxuta, além da redução de custos, resulta em flexibilidade do sistema para adaptar-se às variações da demanda, ao atendimento rápido ao cliente, em decorrência da redução do lead-time, e também à produção de produtos com qualidade superior, haja vista que, em decorrência da produção em fluxo de uma peça, detectam-se rapidamente possíveis defeitos.

Uma vez que estes requisitos se tornaram os critérios conquistadores de clientes, inúmeras organizações vêm buscando a adoção de tal filosofia em seus ambientes produtivos.

Womack e Jones (2004) elencaram cinco princípios que, segundo eles, servem como um guia confiável para implantar a Manufatura Enxuta. São eles:

- Valor: a partir da ótica do cliente. Por que o cliente está disposto a pagar? A resposta a esta pergunta pode ser: prazos de entrega menores, menores preços, etc.
- Identificar o fluxo de valor: consiste em identificar o que agrega valor, o que não agrega, porém, é necessário, e o que não agrega valor ao cliente e pode ser eliminado imediatamente.
- Fazer o valor fluir: consiste em dar fluxo às atividades que restaram, reorganizar as atividades de forma que elas aconteçam sem interrupções.
- Puxar a produção: significa fazer de acordo com a demanda do cliente.
- Buscar a perfeição: significa melhorar sempre.

A partir da aplicação de um conjunto de técnicas provenientes do STP, a Manufatura Enxuta busca aumentar a eficácia dos sistemas produtivos pela eliminação dos desperdícios identificados na cadeia de valor (TUBINO, 2007). E assim estabelece os cinco princípios já citados.



Para Shingo (1996) e Ohno (1997), estes desperdícios classificam-se em sete categorias:

- Por superprodução: referem-se à produção de itens acima do realmente demandado ou ainda antecipadamente que, por resultarem na formação de estoques, mascaram outras ineficiências do processo. É considerado o pior dos desperdícios, pois acaba gerando todos os outros.
- Por espera: quando operadores e máquinas estão parados. Constata-se aí um desperdício por ociosidade, geralmente decorrente de elevados tempos de gastos em preparação, falta de sincronização e paralisações por falhas não previstas.
- Por transporte: movimentação de materiais que não adicionam valor ao produto, devendo, sempre que possível, serem eliminadas pela reorganização física da fábrica. Como regra geral, o transporte não agrega valor ao produto.
- Por processamento impróprio: corresponde àquelas atividades de transformação desnecessárias ou à confecção de partes dispensáveis para que o produto adquira suas características básicas de qualidade.
- Por movimentação: corresponde à movimentação ineficiente durante a execução da operação propriamente dita, que pode ser eliminada pela determinação de padrões eficientes de trabalho.
- Por produção de produtos defeituosos: origina-se da fabricação de itens fora das especificações de qualidade. É o desperdício mais facilmente identificável, cujas origens devem ser descobertas e eliminadas.
- Por estoques: relacionado aos custos financeiros de manutenção dos estoques, como a obsolescência, ou custos de oportunidade pela perda de mercado para a concorrência com menor lead-time.

Além da eliminação dos desperdícios, outro objetivo da Manufatura Enxuta é a melhoria contínua. Melhoria contínua significa o envolvimento de todas as pessoas da organização no sentido de buscar, de forma constante e sistemática, o aperfeiçoamento dos produtos e processos empresariais, e pressupõe mudanças, como hábito da organização, e grandes

mudanças com maior planejamento. Cabe salientar que, quando a empresa evolui dentro de um processo de melhoria contínua, os ganhos associados às mudanças de origem tecnológicas, sejam gerenciais ou operacionais, são mais rápidos e mais facilmente incorporados ao processo (MORAES et al., 2003).

A busca pela melhoria contínua nas empresas tem sido efetivada aplicando-se metodologias Kaizen. A palavra Kaizen tem origem japonesa e significa “mudar para melhor” (IMAI, 1996). Na prática das empresas significa que nenhum dia deve passar sem que sejam feitas melhorias. O Kaizen também pode ser definido como a promoção de melhoramentos sucessivos e constantes, ou seja, mais e menores passos de melhoramento incremental (SLACK et al., 2002).

Para Silva (2005), a implantação da ME nas empresas deve ser realizada de uma maneira bem coordenada e estruturada. Nesse sentido, tem sido muito comum a adoção de métodos de Kaizen como uma forma sistemática para introdução dos conceitos e das práticas enxutas, a fim de garantir um bom planejamento, a execução, o acompanhamento e o aprimoramento dos mesmos.

O método para a realização de Kaizens nas empresas tem sido chamado de “Gemba Kaizen”. A palavra gemba é um termo japonês que significa “lugar verdadeiro”, ou seja, lugar onde ocorre o trabalho que agrega valor (IMAI, 1996). Para os processos de produção, o gemba seria considerado o chão de fábrica, local onde se trabalha para a transformação do produto.

Os métodos de Gemba Kaizen para melhoramento contínuo têm por finalidade desenvolver um trabalho em grupo para identificar os problemas e suas causas raízes utilizando ferramentas adequadas, propor soluções, aplicar as melhorias, padronizar os processos e acompanhar os resultados para garantir as metas estabelecidas. Normalmente, estes métodos são embasados no ciclo de Deming ou PDCA, que compreende: planejar, fazer, verificar e agir, tornando-se uma abordagem sistemática para a melhoria contínua (LIKER; MEIER, 2007), onde:

- Planejar (*Plan*) – é estabelecer metas sobre os itens de controle e estabelecer a maneira (caminho, método) para atingi-las;

- Executar/desempenhar (*Do*) – é a execução das tarefas como prevista no plano e coleta de dados para verificação do processo, além do treinamento decorrente da fase de planejamento;
- Verificar (*Check*) – é comparar o resultado alcançado com a meta proposta;
- Atuar corretivamente (*Action*) – é a etapa em que o usuário, ao detectar desvios, atuará no sentido de fazer correções definitivas, de forma que o problema nunca mais volte a ocorrer.

Na execução, compara-se o resultado alcançado com a meta planejada.

## 2.2 PRÁTICAS E FERRAMENTAS ME

Não há consenso na literatura sobre a terminologia usada para os elementos (princípios, práticas, ferramentas) da ME. Nesta dissertação, são adotados os termos: princípios e práticas, para fazer referência a elementos da ME em diferentes níveis. Os princípios citados anteriormente determinam os alicerces do sistema. São as regras que o sistema produtivo deve seguir. Já as práticas e ferramentas, que serão apresentadas a seguir, viabilizam a implementação dos princípios.

### 2.2.1 Parcerias na cadeia produtiva e previsão de demanda

De acordo com Silva (2009), esta prática tem como intuito obter informações, com maior precisão, sobre as quantidades e os prazos de entrega, visando um melhor planejamento do sistema produtivo e de sua capacidade de produção, orientando os tomadores de decisão para a expansão, redução de capacidade, ou ainda substituição dos recursos existentes, na busca de um sistema flexível capaz de atender a demanda de uma forma nivelada. Para Ohno (1997, p. 77), uma visão clara da demanda futura é um passo fundamental para a obtenção de um sistema produtivo enxuto. No médio prazo, a capacidade do

sistema produtivo é mais bem administrada, evitando surpresas. E no curto prazo, a demanda é utilizada para permitir a programação da produção puxada e o fluxo contínuo através da determinação dos ritmos de produção (TUBINO, 2007).

A ME utiliza duas práticas para o melhor conhecimento da demanda, quais sejam:

- Gestão da Cadeia de Suprimentos (GCS), ou *Supply Chain Management* (SCM). Diz respeito ao relacionamento entre clientes e fornecedores externos, e consiste em obter as informações diretamente dos clientes, através de parcerias na cadeia produtiva. Trata-se da integração dos processos de negócio, desde o usuário final até os fornecedores originais, que proporcionam produtos, serviços e informações que agregam valor para o cliente (COOPER; LAM-BERT; PAGH, 1997).
- A previsão da demanda: quando não é possível obter a informação das quantidades necessárias diretamente com clientes parceiros, utiliza-se esta prática. É possível obter uma estimativa das quantidades que serão demandadas pela aplicação de métodos de previsão adequados, reduzindo as incertezas e possibilitando um melhor planejamento do sistema produtivo no médio prazo e sua utilização no curto prazo (HILL, 1994; TOMPKINS et al., 1996).

## **2.2.2 Planejamento-mestre e nivelamento da produção à demanda**

Através do Planejamento-mestre da produção (PMP) e com as informações de demanda é possível realizar um planejamento mais eficaz da utilização dos recursos da empresa. O PMP tem a função tática e de médio prazo de interligar atividades estratégicas de produção da empresa, como montar o sistema produtivo (longo prazo), com atividades de programação da produção no curto prazo (TUBINO, 2007).

No PMP é verificado se as quantidades estão de acordo com a capacidade da empresa, possibilitando ajustes. Já no

curto prazo, as quantidades são programadas, seqüenciadas e congeladas com base em informações mais precisas de pedidos confirmados, possibilitando que todos os setores envolvidos da empresa se organizem a fim de cumprir a programação determinada, como pode ser observado na Figura 2.1.

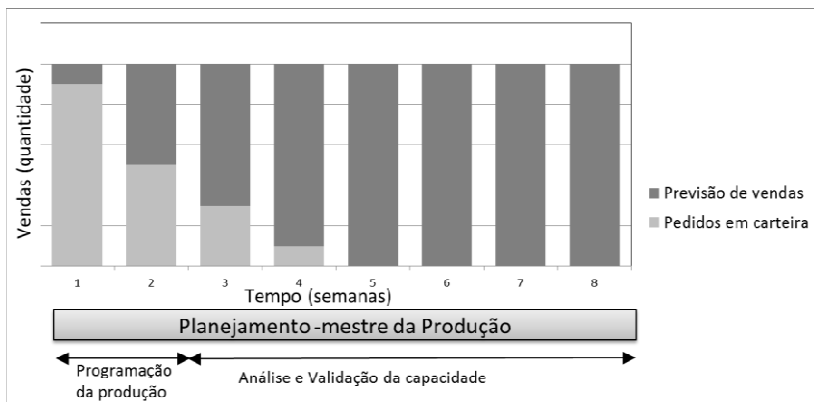


Figura 2.1 – Nivelamento da produção pela demanda

Fonte: Adaptado de Tubino (2007).

O nivelamento da produção, como toda ferramenta enxuta, tem sua origem na eliminação de excessos, na não permissão de que recursos além daqueles extremamente necessários sejam envolvidos no processo de produção. Isso significa, dentre outras coisas, que a quantidade de produtos que serão fabricados deverá ser, sempre que possível, a quantidade dos produtos vendidos (SILVA, 2009).

O atendimento instantâneo do cliente é praticamente impossível de ser atingido em uma situação real. As empresas são obrigadas a adaptar previamente sua capacidade à previsão de demanda futura. Esta adaptação será mais ou menos eficaz em decorrência de duas variáveis, que são:

- A confiabilidade das informações de demanda (parceria com fornecedores ou previsão);
- A rapidez com que o sistema tem capacidade de responder aos pedidos.

O leiaute departamental, os operadores monofuncionais e a baixa integração com clientes e fornecedores são alguns dos

aspectos que enrijecem estes sistemas convencionais, que elaboram sua programação com uma seqüência de distribuição homogênea de produção agregada mensal a cada dia ao longo do mês (SILVA, 2009).

Assim, adaptar a produção para atender a demanda e reduzir os estoques é, segundo Monden (1984), a função do nivelamento da produção, ferramenta utilizada pela Manufatura Enxuta.

Para Tubino (2000), nivelar a produção significa programar pequenos lotes para a montagem em sincronia com o *mix* de produtos demandados pelos clientes, garantindo a rápida resposta às variações de curto prazo nas necessidades dos clientes.

O autor citado entende que o nivelamento da produção permite a flexibilidade do sistema de produção à medida que, em vez de fabricar grandes lotes de um único produto, produz muitas variedades de pequenos lotes, a cada dia, respondendo adequadamente à demanda do mercado, efetivando a pronta entrega de produtos e reduzindo os inventários no processo.

Em seus estudos, Tubino (2007) propôs o chamado ciclo virtuoso da Manufatura Enxuta, mostrado na Figura 2.2, cuja descrição seria a seguinte: a partir do nivelamento do PMP à demanda de curto prazo, é possível reduzir o tamanho dos lotes de programação para alimentar supermercados através da programação puxada que, por sua vez, torna o sistema mais flexível e reduz o *lead time*, o que permite um maior nivelamento do PMP à demanda e assim por diante. Isso significa que, uma vez entrando nele, por qualquer uma das práticas, a tendência é que as melhorias apareçam e gerem novas oportunidades de melhorias, em um ciclo fechado que representa a idéia de melhoria contínua ou Kaizen, conforme mostrado na Figura 2.2.



Figura 2.2 – Ciclo Virtuoso da Manufatura Enxuta

Fonte: Adaptado de Tubino (2007)

## 2.3 PRODUÇÃO EM FLUXO CONTÍNUO

Segundo Piatkowski (2004), “fluxo contínuo é onde todo o conhecimento sobre as ferramentas, os processos e metodologia enxuta são colocados em prática para redução de custos e melhorias em qualidade, eficiência e desempenho”.

A idéia básica da ME é a manufatura em fluxo contínuo através da produção no momento exato, passando peça por peça entre os processos ou em pequenos lotes, obtendo-se, como resultado, o aumento da produtividade e a redução de custos (MODEM, 1984).

Na concepção de Silva (2009), para se obter o fluxo contínuo é preciso desenvolver um sistema produtivo flexível e confiável, que torne possível trocar a produção em grandes lotes pela produção de lotes reduzidos e, se possível, unitários, reduzindo, assim, os *lead times* de produção e a necessidade de estoques entre as etapas produtivas. Segundo Shingo (1996), a sincronização do fluxo de peças unitárias pode acabar com as esperas interprocessos. Também reduz os desperdícios de transporte de materiais pela fábrica e de superprodução, normalmente originados dos grandes lotes de produção.

O sistema tradicional, organizado em leiaute funcional ou departamental, é um dos motivos que levam as empresas a praticarem grandes lotes. Neste tipo de leiaute as máquinas são agrupadas conforme o tipo de processo que desempenham, alocando-se um operador dedicado a uma ou mais máquinas, que desempenham a mesma função. A capacidade do setor é calculada segundo uma taxa de produção (TX) das máquinas que podem produzir todos os produtos que necessitam passar pelo departamento.

O leiaute funcional leva a uma grande centralização da produção, trazendo dificuldades para o PCP planejar e controlar a produção, emitir as ordens de produção dos lotes (OP's) e seqüenciá-las nos diversos recursos existentes no setor. O controle se dá, normalmente, através de relatórios que são emitidos periodicamente e acompanhados à distância pelos diversos níveis hierárquicos existentes (TUBINO, 2007). Os lotes são produzidos e seguem para o próximo departamento, tendo que percorrer grandes distâncias (transporte) e aguardar até sofrerem novo processamento na etapa seguinte (espera). Para garantir a produção na etapa seguinte, existe elevado nível de estoques entre um setor e outro.

A alternativa da ME para reduzir desperdícios através do arranjo físico é o leiaute celular. Nas palavras de Wilson (2010, p. 195.): “produção em célula é o elemento chave do *lean*.” Para Rother e Harris (2001), o principal objetivo da ME é o fluxo contínuo, buscado geralmente por células de manufatura, que consiste em um arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos em que as operações estão próximas e ocorrem em ordem seqüencial, sendo que as peças são processadas em fluxo contínuo ou de forma consistente, em pequenos lotes mantidos entre todas as operações. O leiaute pode variar. O mais usado é o de formato em U.

Nos casos em que é possível a integração dos recursos de forma seqüencial, através das células de manufatura, torna-se viável a prática do lote unitário e, dessa forma, reduzem-se drasticamente os desperdícios na produção, como espera para o lote ser concluído e na fila para processamento, transporte entre um setor e outro, superprodução, etc. No leiaute celular trabalha-se com operadores polivalentes que seguem rotinas de operação



padrão (ROP) baseadas nos ritmos dados pelo tempo de ciclo do cliente ou *takt time*.

O leiaute em U facilita a “interajuda” dos operadores, criando uma sinergia para que os objetivos da célula sejam atingidos. Os operadores podem ser facilmente treinados em todos os postos da célula, possibilitando a aplicação do conceito *Shojinka*, que consiste em ter uma célula capaz de adaptar a produção ao tempo Takt mudando o número de operadores. Ou seja, para uma demanda mínima pode-se trabalhar com apenas um operador; se a demanda aumenta, podem-se alocar mais operadores, balanceando-se as operações entre eles ou trabalhando em circuito.

Melhoria de qualidade é outra vantagem da produção em fluxo contínuo. Conforme Piatkowski (2004), para a obtenção do fluxo contínuo, torna-se necessário melhorar a qualidade e a entrega das peças, obter células de manufatura mais eficientes e identificar necessidade de mão-de-obra baseado na capacidade do processo e na necessidade do cliente.

Erros ocorridos no processo são identificados rapidamente no fluxo unitário que é interrompido imediatamente, sem a produção de grandes lotes com problema. As pessoas são envolvidas na busca das causas e na solução definitiva para o problema ocorrido, impedindo que ele volte a ocorrer.

O conceito de focalização da produção aplicado nas células permite dedicar recursos específicos a alguns produtos, reduzindo o número de *setups* entre os diferentes lotes a serem produzidos, aumentando, assim, a produtividade.

## 2.4 REDUÇÃO DO TAMANHO DOS LOTES

Como já foi visto neste trabalho, o fluxo contínuo só é viável no chão de fábrica, com a redução máxima do tamanho dos lotes de produção, se possível, produzindo lotes de uma só peça. Quanto menores os lotes de produção, menores serão os desperdícios de superprodução e outros tipos decorrentes. Torna-se viável também um melhor nivelamento da produção à demanda, através da implantação do sistema de puxar a

produção com supermercados dimensionados para girar mais rapidamente.

Em seus estudos, Silva (2009) verificou que, com a aplicação da Manufatura Enxuta, a redução dos tempos de *setup* torna-se uma estratégia fundamental, pois, para reduzir os desperdícios e, conseqüentemente, o tamanho dos lotes, é necessário ter *setups* mais ágeis, a fim de que seja realizado maior número de ocorrências em menor tempo, viabilizando o fluxo contínuo e o nivelamento da produção à demanda. Hay (1992) afirma que a redução do *setup* traz como resultado um processo de fabricação dinâmico, que se torna uma arma estratégica.

Por sua vez, Shingo (2000) relata que as atividades de fixação e remoção de matrizes (atividades que realmente agregam valor), nos *setups* convencionais, representam apenas 5% do tempo total de troca. Para sanar este problema, o autor desenvolveu a troca rápida de ferramentas (TRF), uma das práticas básicas da ME. Ela foi desenvolvida na década de 70 do século passado, após vários anos de experiências em empresas japonesas, em especial, na *Toyota Motor Company*, onde conseguiu transformar *setups* de prensas que consumiam duas horas para três minutos. Esta experiência gerou o conceito de TRF que está descrito no livro “*A Revolution in Manufacturing: the S.M.E.D. System*” (SHINGO, 1983).

Tubino (2000) resume a teoria da TRF em quatro estágios seqüenciais, cada um contendo um conjunto de técnicas específicas, apresentados na Figura 2.3.

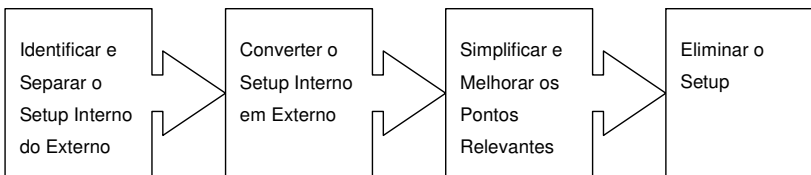


Figura 2.3 – Visão resumida da TRF

Fonte: Tubino (2000).

O primeiro passo da TRF consiste em identificar como as atividades de *setup* estão sendo feitas atualmente, buscando detalhar, dentro dos conceitos de tempos e movimentos, cada

uma dessas atividades. A melhor forma de se fazer isso consiste em filmar várias trocas de ferramentas e fazer uma classificação das atividades. No entendimento de Barnes (1977), este é o método mais adequado para o estudo de tempos e movimentos nos processos de manufatura, em que a variabilidade na duração das atividades é baixa.

Classifica-se como atividade de *setup* interna aquela executada enquanto a máquina está parada, e de *setup* externa aquela executada enquanto a máquina está operando. Já uma atividade desnecessária, é uma atividade que não faz parte das atividades necessárias para a realização do *setup* da máquina e que erroneamente está sendo realizada. Shingo (2000) ressalta que a correta distinção entre *setup* interno e externo é muito importante na implantação da TRF. Ou seja, o primeiro passo, nesse estágio inicial da TRF, consiste em eliminar as atividades desnecessárias e separar claramente o que é externo do que é interno.

Depois de organizadas as atividades internas e externas do *setup* e eliminadas as desnecessárias, para se chegar a uma redução maior do tempo de máquina parada, deve-se relizar uma análise criteriosa das atividades inicialmente classificadas como internas, no sentido de verificar se realmente essa é uma atividade que só pode ser executada com a máquina parada, bem como, se não existe uma alternativa melhor que permita transferi-la, total ou parcialmente, para a atividade externa.

## 2.5 PRODUÇÃO PUXADA

Visando evitar desperdício por superprodução, a Manufatura Enxuta opera de tal forma que os produtos finais sejam produzidos apenas na quantidade e no momento demandado, e que os itens componentes cheguem às estações de trabalho na quantidade e no momento em que são necessários. Evita-se, desse modo, não só a superprodução como também a formação de estoque e o tempo de espera na fila (SEIBEL, 2004).

A lógica de funcionamento é a seguinte: o processo posterior vai ao processo anterior a fim de buscar apenas os itens que necessitam ser processados e somente no momento

exato. O ciclo é iniciado na linha de montagem final, que é aonde chega a informação do tempo e das quantidades necessárias de peças para satisfazer as demandas e para onde é emitida a programação da produção.

Em um sistema puxado, o passo e as especificações do que é feito são estabelecidos pela estação de trabalho do “consumidor” que puxa o trabalho da estação de trabalho fornecedora. Nada é produzido pelo processo fornecedor sem que o processo consumidor tenha apontado a necessidade.

Conforme descrito no LEI (2003), existem três formas básicas de sistemas puxados de produção:

### **2.5.1 Sistema Puxado com Supermercado**

Neste tipo de sistema, cada processo armazena sua produção em um supermercado determinado. Quando os itens deste supermercado forem consumidos pelo processo subsequente, o processo precedente é autorizado a produzir a quantidade exata de itens necessários para repor naquele supermercado. Em um ambiente em que a variedade de itens é muito alta, este tipo de sistema pode não ser vantajoso, pois a necessidade de se manter um supermercado de todos os itens pode tornar o nível de estoques impraticável.

### **2.5.2 Sistema Puxado Seqüencial**

Apropriado para ambientes com alta variedade de itens, no sistema puxado seqüencial os produtos são basicamente feitos sob encomenda e o estoque total é minimizado. Neste sistema, o PCP elabora o mix e a quantidade de produtos a ser produzida normalmente na forma de uma lista seqüencial que é enviada ao processo inicial do fluxo de valor. Através do fluxo FIFO (*first-in-first-out*), cada um dos processos seguintes produz em seqüência os itens que chegam até ele pelo processo anterior.

### 2.5.3 Sistema Puxado Misto

Apropriado para ambientes onde se aplica a classificação ABC de produtos, ou seja, onde grande parte da produção vem de uma pequena variedade de itens. Este sistema permite a aplicação adequada de dois métodos, conseguindo-se os benefícios proporcionados por cada um deles, mesmo em ambientes em que a demanda é complexa e variada.

Com a aplicação de qualquer um dos sistemas puxado, o PCP não é mais responsável por programar cada processo, mas cada processo consumidor deve solicitar ao seu processo fornecedor. Surge, dessa forma, a necessidade de um sistema capaz de controlar este fluxo de informações ao longo da cadeia produtiva. Taiichi Ohno desenvolve o Kanban para preencher esta lacuna.

Conforme Monden (1984, p. 3), uma das funções do Kanban é a de se apresentar como um “sistema de informação para controlar harmoniosamente as quantidades de produção em todos os processos.”

Manifestando-se sobre o assunto, Silva (2009) destaca que outra função exercida pela ferramenta é a de controle da produção. Também Moura (1994) e Russomano (1995) destacam esta capacidade do Kanban, uma vez que ele tem a função de um pedido de produção no processo de fabricação e a função de instruções de retirada no processo subsequente, controlando toda a movimentação de ordens e materiais do fluxo *just-in-time*.

O Kanban contribui igualmente para melhorar a produtividade, visto que permite visualizar os atrasos decorrentes dos problemas que ocorrem diariamente na produção.. Dessa forma,

[...] o sistema se torna mais do que um método de controlar a produção nas estações de trabalho. Ele se torna uma diretriz na dinamização e aperfeiçoamento da produção porque é um indicador do comportamento do sistema de produção, o que é fácil para qualquer um observar. (MOURA, 1994, p.107).

## 2.6 AUTONOMAÇÃO E PREVENÇÃO DE PROBLEMAS

Autonomação (ou *jidoka*) significa automação com toque humano. Trata-se de um dos conceitos da Manufatura Enxuta, voltado para a garantia da qualidade nos processos, e busca desenvolver dispositivos que permitam que a máquina identifique a ocorrência de defeitos e pare o processo, chamando a atenção para a anormalidade. Como enfatiza Shingo (1996, p. 262.), “havia necessidade de uma transferência a um nível mais alto – das funções mentais humanas às máquinas...”. A autonomação também é conhecida como pré-automação, uma vez que só a correção do problema é deixada para o operador (GHINATO, 1996).

A implantação da autonomação no sistema produtivo visa produzir com 100% de qualidade, torna os processos confiáveis e viabiliza o fluxo contínuo, com produção em pequenos lotes e níveis reduzidos de estoques entre os processos. Também potencializa a prática da polivalência nos processos, liberando o operador para atuar em diferentes recursos, simultaneamente, nas células de manufatura.

Os dispositivos à prova de erros ou *pokayokes* são recursos muito utilizados dentro do conceito de autonomação. Eles são elementos instalados no processo que verificam a qualidade do item produzido e acusam o erro parando o processo.

De acordo com Silva (2009), o processo de melhoria contínua está diretamente ligado à solução dos problemas, e segundo Liker (2005), só ocorre quando o processo estiver estabilizado e padronizado. Ohno (1997) mostra a solução de problemas, desenvolvida para o STP, caracterizada como a parte do sistema da Manufatura Enxuta responsável por eliminar os problemas, ou desperdícios identificados pela aplicação da metodologia JIT. Estas técnicas estão ligadas à aplicação de ferramentas originadas no conceito de Controle Total da Qualidade (TQC) e aplicadas nos Círculos de Controle da Qualidade (CCQ's).

Para a solução de um problema, de uma forma eficaz, garantindo que não vá ocorrer novamente, é necessário focar, entender suas causas potenciais e encontrar a causa raiz. As

técnicas de solução de problemas utilizadas são aquelas voltadas para a qualidade dentro do conceito do TQC, já bastante conhecidas.

Manifestando-se sobre este tema, Liker e Meier (2007) enfocam a importância da identificação e solução dos problemas em suas causas raízes para que sejam solucionados de forma definitiva. Conforme Silva (2009), para que isso aconteça é necessário conhecer o processo, identificar claramente o problema e suas causas para que seja focada em sua causa raiz.

Assim sendo, para análise do problema e identificação da causa raiz é necessária a utilização de ferramentas adequadas. Na Figura 2.4 apresenta-se um resumo das principais ferramentas utilizadas.

Ferramenta	O que é?	Para que serve?
Cinco Por Quês	Ferramenta que auxilia na identificação das causas raiz do problema através da pergunta “Por quê?” realizada cinco vezes	Para identificar as causas raiz de um problema direcionando as tomadas de decisão
Diagrama de Causa e Efeito	Diagrama que auxilia na identificação das causas que contribuem para o problema, categorizando-as nos 4M (Máquina, Material, Mão de Obra, Método)	Para identificar as causas de um problema direcionando as tomadas de decisão
Matriz GUT	Matriz que atribui pesos à uma lista de itens (causas ou problemas) no que se refere a Gravidade, Urgência e Tendência	Para priorizar as ações em atacar problemas ou causas de problemas de acordo com a importância do momento
Gráfico de Barras	Gráfico que demonstra de forma clara e objetiva a situação atual de um processo, setor e etc.	Para facilitar a análise e priorização dos problemas ou causas de um problema
Análise de Pareto	Análise que ordena por problemas ou causas da maior frequência para a menor	Para facilitar a análise e priorização dos problemas ou causas de um problema dividindo em fragmentos menores
Gráfico de Correlação	Gráfico que relaciona de forma gráfica diferentes parâmetros	Para facilitar a análise e priorização dos problemas ou causas de um problema
Histograma	Gráfico de barras que mostra a distribuição de frequência de um conjunto de dados	Para facilitar a análise e priorização dos problemas ou causas de um problema
Brainstorming	Ferramenta que estimula a geração de idéias através do trabalho em grupo	Para levantar as causas de um problema ou encontrar soluções para um problema
5W2H	Ferramenta de planejamento para ações de melhoria encontradas	Para garantir que o plano de ação de melhoria seja realizado de uma forma eficaz

Figura 2.4 – Resumo das ferramentas de análise e resolução de problemas.

Fonte: Silva (2009)



## 2.7 MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR (MFV)

O MFV é descrito como uma técnica utilizada para diagnóstico, implantação e manutenção do STP. Sua função principal é identificar oportunidades de melhoria e eliminar desperdícios, atividades que devem ser executadas com o apoio da equipe do nível Operacional. Esta é a descrição de contínua (LIKER; MEIER, 2007, p. 51 apud OHNO,1988) sobre o MFV: “Tudo o que estamos fazendo é olhar para a linha do tempo desde o momento em que o cliente nos faz um pedido até o ponto quanto coletamos o pagamento. E estamos reduzindo essa linha do tempo, removendo as perdas sem valor agregado”.

O objetivo do MFV é observar o fluxo de material no tempo, desde o consumidor final até a matéria-prima, a fim de identificar perdas no processo. Na Figura 2.5, está representada a aplicação do MFV desenvolvida por Rother e Shook (2003), representada por dois tipos de mapeamento: o mapa do estado atual (A), que levanta dados sobre como está o processo, e o mapa do estado futuro (B), utilizado para planejar melhorias após a identificação de desperdícios no processo.

Muitos autores recomendam que a implantação de ME deva ser iniciada com a aplicação do MFV, entre eles, Keyte e Locher (2004, p. 1) para quem o “gerenciamento do Fluxo de Valor envolve um processo para medição, compreensão, e melhoria do fluxo e interações de todas as tarefas para manter o custo, serviço, e qualidade dos produtos e serviços da companhia tão competitivos quanto possível”.

A pesquisa e a ação que serão mostradas neste trabalho envolvem o conceito de Manufatura Enxuta e suas práticas, que foram revisados nos itens anteriores, usados em conjunto com o conceito de Eficácia global dos equipamentos (OEE), que será abordado a seguir.

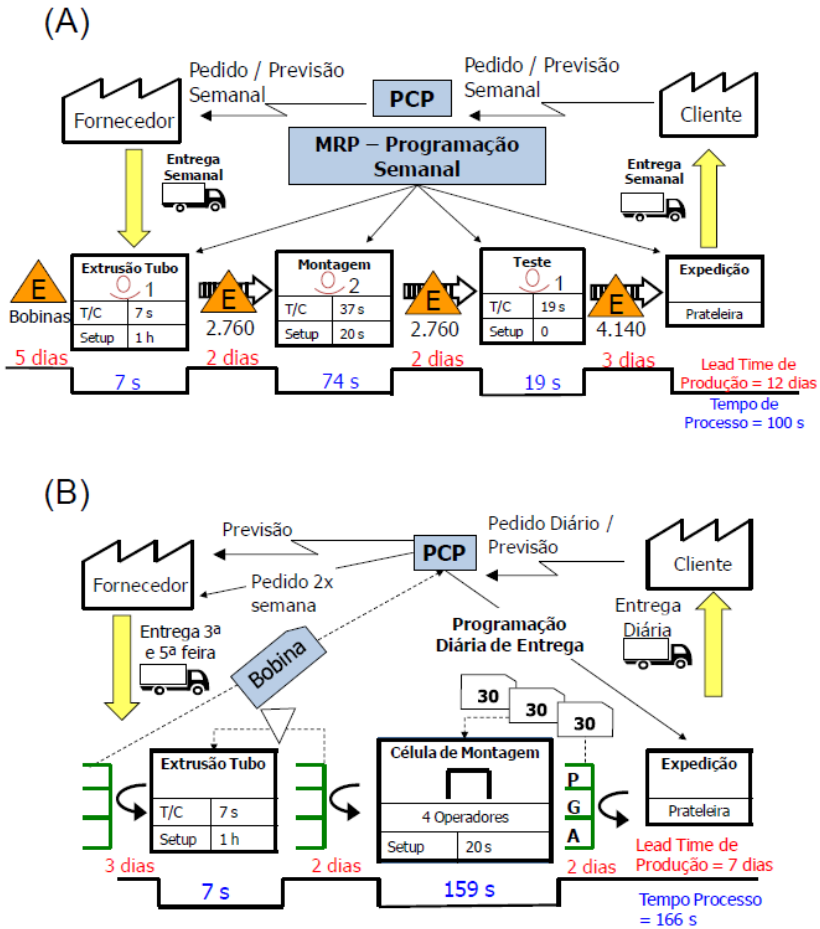


Figura 2.5 – Exemplo de mapeamento do estado atual (A) e mapeamento do estado futuro (B)

Fonte: Rother e Shook (2003).

## 2.8 EFICÁCIA GLOBAL DOS EQUIPAMENTOS (OEE)

Neste tópico, faz-se uma pequena introdução, contextualizando o OEE. Em seguida, apresenta-se a definição de OEE, as variáveis que influenciam o indicador e as componentes normalmente usadas para seu cálculo.

### 2.8.1 Introdução

As empresas de manufatura obtêm seus produtos e conseqüente lucro pela adição de valor às suas matérias-primas, transformando-as em produtos acabados. Partindo-se do pressuposto de que a maioria das empresas usa máquinas para produzir seus produtos, é importante que estas máquinas trabalhem efetivamente com o menor desperdício possível.

A necessidade de produzir efetivamente produtos de qualidade superior com baixos custos é extremamente necessária no ambiente em que os consumidores demandam produtos com alto nível de qualidade a custos mais baixos. Porém, poucas empresas conseguem manter alto nível de produtividade e custos baixos.

Para Hansen (2002), empresas com manufaturas de classe mundial têm em comum duas características básicas:

- a) São gerenciadas ou guiadas segundo dados confiáveis.
- b) Beneficiam-se da sinergia resultante da liderança de times multifuncionais.

Para a primeira característica, o autor aponta a necessidade de indicadores chaves e a precisão de medição destes indicadores com forte contribuição para o aumento da produtividade, tanto de áreas isoladas como da empresa em geral. Então, o autor sugere o OEE como um método para ajudar a entender melhor como a manufatura está se comportando e também a identificar o que está impedindo o alcance de melhores níveis de eficácia.

## 2.8.2 Definição e aplicação

Originalmente *Overall Equipment Effectiveness*, o OEE é um indicador que mostra a diferença entre o ideal e o real, considerando três aspectos ou, segundo alguns autores, três componentes:

- a) Perdas de tempo (paradas) – que se refere à disponibilidade. É a comparação entre o tempo de operação potencial e o tempo de operação real.
- b) Perdas de velocidade (máquina operando abaixo do ideal) – que se
- c) refere à performance. Comparação entre a produção real e a produção que deveria ter sido feita no mesmo tempo.
- d) Perdas de qualidade (máquina produzindo peças com defeito) – que se refere à qualidade. Comparação entre o número total de produtos feitos e o número que realmente esteja dentro das especificações.

O OEE é o produto dos três componentes ou índices.

$OEE = \text{Disponibilidade} * \text{Performance} * \text{Qualidade}$

O objetivo do OEE é monitorar a máquina ou processo, não os operadores. Quando se opta por sua implantação, o resultado esperado deve ser saber como o equipamento ou processo está trabalhando. Ele fornece uma foto imparcial do equipamento.

Geralmente é o indicador utilizado para medir as melhorias implementadas pela manutenção produtiva total (TPM), porém, sua utilização não está condicionada à aplicação da TPM. A utilização do OEE permite que as empresas analisem as reais condições de seus equipamentos, e o indicador pode ser aplicado com diferentes focos.

Para Jonsson e Lesshmmar (1999), com a utilização deste indicador é possível identificar, por um lado, onde devem ser desenvolvidas melhorias, e por outro, quais as áreas que podem ser utilizadas como *benchmark*.

Esta medição também permite quantificar as melhorias implantadas em equipamentos, células ou linhas de produção ao

longo do tempo. A análise do OEE e o *output* de um grupo de máquinas de uma linha de produção ou de uma célula de manufatura permitem identificar o recurso gargalo, possibilitando focar esforços nesse recurso.

Segundo Nakajima (1989), o OEE é uma medição que procura revelar os custos escondidos na empresa. E como salienta Ljungberg (1998), antes do advento desse indicador, somente a disponibilidade era considerada na utilização dos equipamentos, o que resultava no superdimensionamento de capacidade.

Ainda no entender de Nakajima (1989), deve-se buscar como meta um OEE de 85% para os equipamentos. Empresas que obtiveram OEE superior a 85% ganharam o prêmio TPM Award. Para se obter esse valor de OEE é necessário que seus índices sejam de: 90% para disponibilidade, 95% para performance e 99% para qualidade.

### 2.8.3 Variáveis do OEE e representação gráfica

Neste item estão definidas, inicialmente, as variáveis utilizadas no cálculo do OEE, segundo Hansen (2002), e o passo-a-passo da representação gráfica mais comum encontrada na literatura, bem como o cálculo de suas componentes em função do tempo.

**Tempo Total:** vem a ser todos os minutos do relógio. Para um ano, trata-se do tempo do calendário total (60 minutos x 24 horas x 365 dias). A representação gráfica do OEE geralmente não mostra este tempo.

A partir deste tempo, subtraem-se os tempos excluídos.

**Tempos excluídos:** trata-se de tempo não disponível para produção, devido a paradas planejadas. São exemplos deste tipo de paradas: a manutenção preventiva e as paradas planejadas pelo menos com uma semana de antecedência; reuniões planejadas, tempos para testes e introdução de novos produtos (se o lote produzido não for vendido); finais de semana, feriados, tempos parados devido ao fato do supermercado estar completo; e demais tempos não planejados para se trabalhar (de acordo

com a regra de cada empresa). Embora os tempos de *setup* possam estar planejados, estes não devem ser excluídos.

**Tempo de Operação:** Resulta da seguinte operação matemática:

$$\text{Tempo de Operação} = \text{Tempo total} - \text{Tempos excluídos} \quad (\text{I})$$

É a parcela do tempo total do calendário em que o equipamento trabalha, sendo também chamado de tempo de produção planejado.

Trata-se do tempo em que as operações devem acontecer normalmente. Ou então, é o tempo que normalmente se tem para produzir. Inclui todos os tempos comumente encontrados em um planejamento de produção, tais como: tempo total de produção, tempos para *setup*, paradas não planejadas, etc. Representando as componentes definidas de forma gráfica, inicia-se a construção da figura do OEE conforme mostrado na Figura 2.6. Nesta construção mostrar-se-á o tempo total.

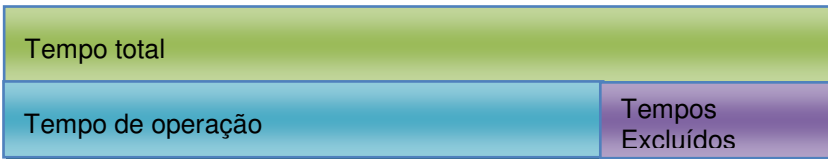


Figura 2.6 – Representação gráfica do OEE – 1ª parte

**Paradas de máquinas:** são todas as paradas não planejadas. Estas paradas devem ser estratificadas pelos seus motivos visando facilitar a geração de ações de melhorias. Normalmente, as paradas por quebra de máquina e paradas por *setup* e ajustes são as mais relevantes, porém, qualquer parada deve ser apontada.

**Tempo trabalhado:** é a porção do tempo de operação usado efetivamente para produzir. Ou seja, matematicamente:

$$\text{Tempo Trabalhado} = \text{tempo de operação} - \text{Paradas de máquinas} \quad (\text{II})$$

Dessa forma, constrói-se a segunda parte da representação gráfica do OEE, conforme a Figura 2.7.

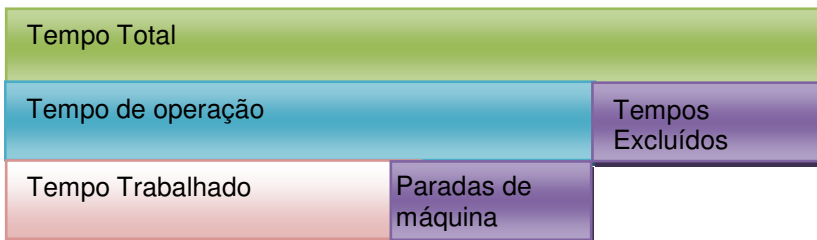


Figura 2.7 – Representação Gráfica OEE – 2ª parte

Com esta informação, pode-se calcular a primeira componente do OEE:

$$\text{Disponibilidade (\%)} = \frac{\text{TempoTrabalhado}}{\text{Tempo de operação}} * 100$$

**Tempo de ciclo ideal ou teórico:** trata-se do melhor tempo de ciclo que o equipamento, a célula, ou a linha de produção pode ter para um determinado produto ou item. A partir deste tempo é possível calcular o tempo perdido por ciclos abaixo do ideal, a perda por velocidade ou ainda a perda por performance.

$$\text{Perda por velocidade} = \frac{\text{Tempo trabalhado} - \text{ciclo ideal} * \text{qtde produzida}}{\text{ciclo ideal}} * 100 \quad (\text{III})$$

**Perda de velocidade:** trata-se da redução do OEE correspondente ao tempo em que o equipamento trabalhou a uma velocidade abaixo da velocidade ideal para um produto ou uma família de produtos. Representa a diferença entre a velocidade teórica ou ciclo de tempo teórico para a dada operação e a velocidade ou ciclo real para a mesma operação.

A partir deste cálculo, é possível continuar a construção gráfica do OEE, conforme a Figura 2.8, com o tempo líquido de operação.

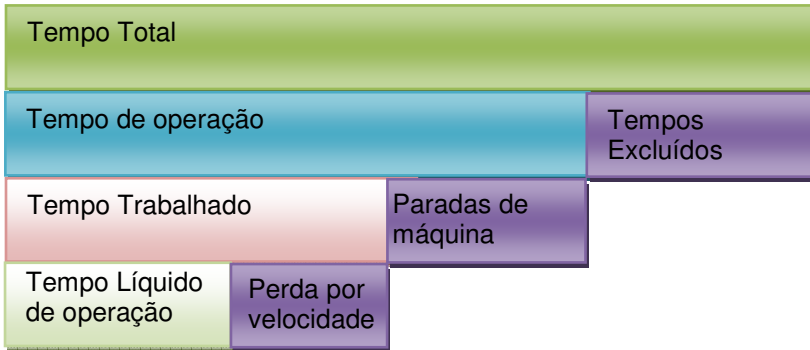


Figura 2.8 – Representação gráfica OEE – 3ª Parte

A segunda componente do OEE pode ser calculada em função do tempo:

$$\text{Performance} = \text{Tempo líquido de operação} / \text{Tempo trabalhado}$$

Índice de qualidade:

$$\text{Índice de qualidade} = \text{Quantidade de itens produzidos (dentro das especificações de qualidade)} / \text{Quantidade total produzida (peças boas mais peças ruins)} \quad (\text{IV})$$

Para a representação gráfica, esta perda deve ser calculada em tempo:

$$\text{Tempo produtivo} = \text{Ciclo ideal} * \text{qtde de pçs boas produzidas} \quad (\text{V})$$

ou

$$\text{Perdas por produção de peças defeituosas} = \text{qtde de refugos} * \text{ciclo ideal} \quad (\text{VI})$$

Assim, completa-se a representação gráfica do OEE com sua última linha, conforme a Figura 2.9.



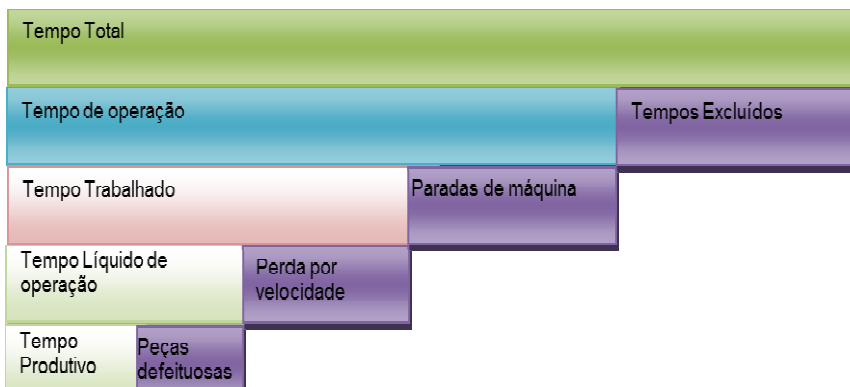


Figura 2.9 – Representação gráfica do OEE

A terceira componente do OEE é calculada em função do tempo.

Qualidade = tempo produtivo/tempo líquido de operação

Gotoh e Tajiri (1992) mostram, na Figura 2.10, as fórmulas de cálculo do OEE, as seis grandes perdas do TPM e as metas para cada uma das componentes para se atingir o OEE de 85%, citado por Nakajima (1989).

Embora as empresas possam acrescentar outras perdas relevantes ao seu processo, as seis grandes perdas do TPM constituem um excelente ponto de partida.

A análise do OEE é uma excelente forma de visualização das oportunidades de melhorias e também de verificação das melhorias implementadas.

Trata-se de um indicador que ajuda a promover o uso da ferramenta correta da ME, já que sua análise mostra exatamente qual o problema a ser resolvido, levando à busca das ferramentas da ME por necessidade real e não pela implementação da ferramenta (geralmente leva ao uso de outras ferramentas da ME como *setup* rápido, padronização de operações, TPM, eventos kaizens, etc.).

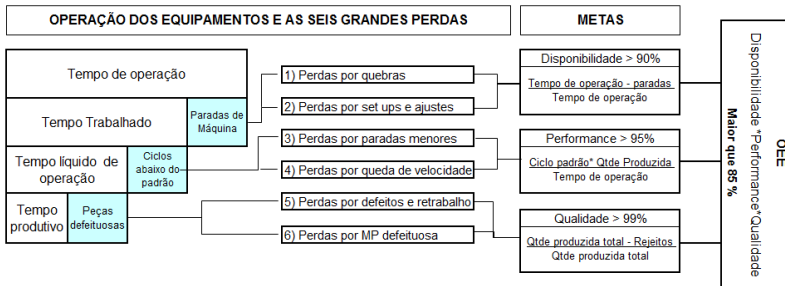


Figura 2.10 – As seis grandes perdas, sua influência no OEE

Fonte: Adaptada Gotoh e Tajiri (1992)

Com o entendimento do conceito do OEE encerrado, no parágrafo anterior, sua aplicação na pesquisa-ação que será apresentada neste trabalho será baseada na coleta de dados. É fundamental o entendimento dos dados que serão coletados. A seguir, define-se tempo de ciclo, que é um dos dados chaves nesta coleta.

## 2.9 TEMPO DE CICLO (TC) E CAPACIDADE PRODUTIVA

O TC foi inicialmente estudado para avaliar o tempo para a realização do trabalho e a produção diária esperada.

A maioria das empresas estabelece seus custos de mão-de-obra, a energia e a depreciação por produtos baseada nos tempos de ciclo dos mesmos.

O tempo de ciclo usado neste trabalho será restrito às atividades da célula, sendo definido como a porção de tempo entre o ato de iniciar e o ato de acabar a produção de um item dentro da célula.

Vale salientar que, dentro de uma célula, cada posto de trabalho ou operação tem um tempo de ciclo diferente; o primeiro posto pode demorar um minuto, o segundo três minutos, o terceiro 30 segundos e assim por diante. O tempo de ciclo total poderá ser o somatório de todos os tempos, caso as operações sejam manuais e uma única pessoa opere todo o sistema, ou o tempo correspondente à operação mais longa caso as operações

possam ser executadas simultaneamente por mais pessoas ou por equipamentos automáticos.

Seja qual for a situação, a precisão de sua medição influenciará em pontos-chaves, tais como custos e, principalmente, no cálculo da capacidade produtiva.

O tempo de ciclo das células envolvidas neste trabalho equivale aos tempos das operações gargalo ou das operações mais demoradas da célula. Ou seja, o controle da saída será feito pelo controle deste tempo de ciclo especificamente. Portanto, o tempo de ciclo do gargalo define a capacidade da célula.

Para Yu-Lee (2002), a capacidade de uma organização representa sua capacidade de realizar trabalho, envolvendo não só a capacidade produtiva, mas toda a capacidade relacionada, por exemplo, à compra antecipada dos insumos, à venda do trabalho processado e a todas as atividades envolvidas.

A decisão de adequar o “tamanho” da fábrica ou instalação é discutida desde que existe manufatura. Efetivamente, “[...] uma tarefa importante nas organizações inclui tomar o estoque de recursos e sob o comando de alguém planejar a utilização total de todos eles.” (WHITMORE, 1907 apud MATA; SEMERARO, 2005).

Para uma melhor compreensão do assunto, Mata & Semeraro (2005) afirmam que a capacidade pode ser definida como o conjunto de todos os recursos que podem ser usados para criar valor para o cliente. Assim, capacidade de manufatura é definida como o conjunto de recursos humanos e equipamentos que a empresa pode usar para produzir bens e serviços para seu mercado. Sem capacidade não é possível criar valor para o cliente. Para esses autores citados, a capacidade tem três dimensões:

- Tipo: na prática, existem muitos sistemas de manufatura que diferem em termos de suas características e várias chaves podem ser usadas para sua classificação: automatizado ou manual, padrão ou avançado, rígido ou flexível, etc.
- Quantidade: refere-se à quantidade de capacidade adquirida para criar valor para o cliente. Como a capacidade não pode ser totalmente explorada, a literatura especializada usa os termos “capacidade teórica ou nominal” para definir a capacidade comprada,

que pode ser expressa em tempo de máquina disponível em um período (horas por dia ou horas por semana) ou em número de peças por período.

A porção de capacidade que é efetivamente usada é chamada de “capacidade utilizada”. A capacidade utilizada pode variar dia a dia por várias razões. Assim, os termos: média e desvio padrão são usados para representar a capacidade utilizada por certo tempo. Deve-se considerar também que a capacidade não pode ser armazenada.

- Custo: vem a ser o valor econômico total gasto para adquirir, colocar em marcha, manter e descartar um sistema de manufatura.

Este trabalho será focado apenas na área produtiva, considerando, assim, que todas as demais áreas suportam a célula produzindo o seu *output* máximo.

No que diz respeito à capacidade produtiva, será focada, neste trabalho, a dimensão da quantidade. A quantidade de capacidade utilizada para a realização da produção prevista será expressa em horas de máquinas e o OEE mostrará o percentual utilizado desta capacidade.

Em seguida, abordar-se o conceito de cadeia de ajuda, que trata da rotina de suporte do apoio externo para que qualquer mudança funcione no chão de fábrica.

Mais adiante, se estuda a cadeia de ajuda tradicional, e na pesquisa-ação, a implantação de uma cadeia com o mesmo conceito, porém, com uma adaptação específica.

## 2.10 CADEIA DE AJUDA

O sucesso e a sustentabilidade de qualquer mudança no chão de fábrica, estão diretamente ligados ao suporte ou apoio que se dá a mesma. O conceito de cadeia de ajuda está basicamente ligado ao suporte que se dá para a resolução dos problemas que aparecem no dia-a-dia do chão de fábrica.

Manifestando-se sobre o tema, Campos et AL. (2010) consideram que se trata de uma rotina de interação e envolvimento entre vários níveis da organização, iniciando-se

com o operador e chegando às lideranças imediatas, que objetiva resolver rapidamente e conter um problema assim que ele surge, para restabelecer o fluxo produtivo.

Em suas reflexões, Kamada (2008) aponta a importância de todas as pessoas serem intolerantes com os problemas, vendo-os como uma oportunidade de ganho. Isto resulta em uma mudança do modelo mental tradicional: “quem é o responsável?” para um novo modelo: “qual é o problema?”, sendo este último o modelo predominante na Toyota.

O conceito de cadeia de ajuda está ligado à ideia de que exista uma sistemática definida para a resolução dos problemas que aparecem constantemente no dia-a-dia da fábrica, evitando que tais problemas sejam ignorados e muito menos escondidos.

Para Campos et al. (2010), os objetivos da cadeia de ajuda são:

- a) Manter/restabelecer o fluxo produtivo;
- b) Estruturar, na rotina diária, a identificação, o registro e a solução dos problemas;
- c) Tornar prática diária o senso de urgência e a disciplina.

Tradicionalmente, a cadeia de ajuda é feita através de sinais luminosos e/ou sonoros instalados na fábrica, denominados *ANDON*. Segundo Baudin (2007), o *ANDON*, instalado sobre o equipamento, serve para comunicar a situação do mesmo para os supervisores e profissionais de manutenção. Este equipamento de sinalização funciona do mesmo modo que um semáforo de trânsito. Assim, a luz verde do *ANDON* significa que o equipamento está operando corretamente; a luz amarela indica que o equipamento está ocioso; e a luz vermelha sinaliza que o mesmo não está em funcionamento. Ao longo do tempo, o *ANDON* foi ganhando novas formas. As empresas foram construindo *ANDONS* adaptados às suas necessidades. Um formato comum atualmente, conforme se vê na Figura 2.11, é a concentração de todas as luzes em um painel luminoso colocado em locais visíveis dentro da fábrica. Cada célula ou linha de produção tem seu número e a indicação do sinal luminoso pode ser definida e adaptada para cada empresa.



Figura 2.11 – Andon dentro da Fábrica da Toyota

Fonte: Blog Wheels – New York Times – Setembro 2009 – <http://wheels.blogs.nytimes.com/2009/09/04/toyota-quality-control-includes-greensleeves-and-popeye/>

A rotina da cadeia de ajuda é iniciada pela detecção de um problema. Ao se detectar o problema, se o operador não consegue resolvê-lo rapidamente, o *ANDON* é acionado e o Líder deve apoiá-lo imediatamente. A Figura 2.12 mostra a sequência das ações de uma Cadeia de Ajuda tradicional.

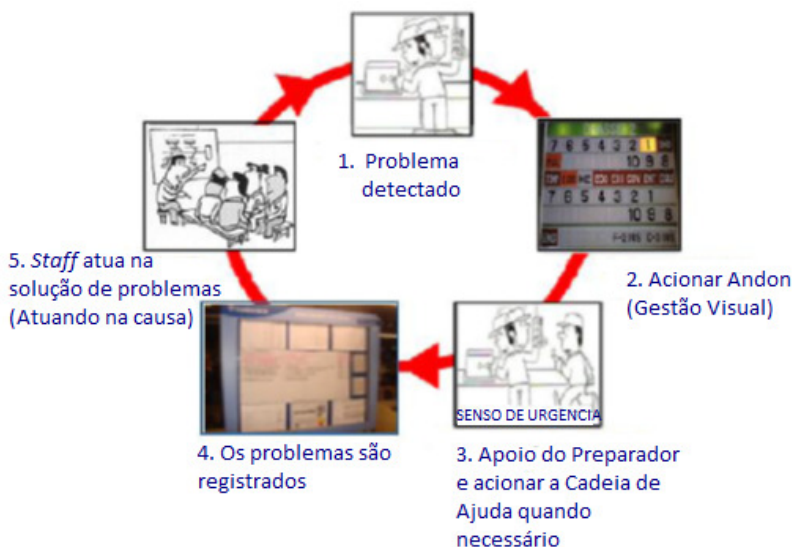


Figura 2.12 – Sequência de típica de ações em uma cadeia de ajuda

Fonte: Campos et al. (2010)

Com o apoio do Líder e usando ferramentas simples e bem definidas neste nível (5 “porquês”, diagrama causa efeito, etc.), o problema deve ser atacado e resolvido. E deve ser anotado no quadro de controle de produção hora-a-hora, utilizando a gestão à vista. Neste ponto, a produção ainda não parou. Caso o Líder e o operador não consigam encontrar uma solução, a produção será paralisada e o próximo nível da cadeia de ajuda será acionado (supervisores, gerentes, equipe multifuncional).

Cabe destacar que o apoio atua de maneira sistematizada de acordo com ações preestabelecidas formalmente na empresa.

Dando sua contribuição sobre o assunto, Campos et al (2010) explicam que os problemas são registrados para posterior análise, com a priorização da ação de correção quando não são solucionados imediatamente, independentemente se o fluxo produtivo parou ou não. Nesta fase, tem-se o “Terceiro nível da Cadeia de Ajuda”.

Com frequência diária, em uma reunião breve com o seu *staff*, o Líder deve:

- a) avaliar os desvios anotados no quadro de acompanhamento da produção;
- b) direcionar ações que não foram resolvidas na rotina do dia-a-dia quando necessário;
- c) registrar comentários;
- d) observar, no fluxo produtivo, os problemas e as melhorias realizadas.

Por fim, existe a rotina de análise dos problemas ocorridos, acompanhamento das ações de solução para os problemas priorizados. Nas demais etapas, o que se busca é a solução total dos problemas, fazendo com que os problemas priorizados anteriormente sejam solucionados e retirados da lista para dar espaços a novos e mais recentes problemas do processo produtivo. O cuidado que se deve ter é não dedicar ações em demasia para simplesmente conter o problema. O foco sempre deve ser a busca pela solução do problema atuando na causa raiz.

O último acontecimento da Cadeia de Ajuda é a intervenção do time de apoio, o qual dará uma tratativa mais adequada, com os métodos científicos existentes. Esse grupo é formado conforme a necessidade e por pessoas das mais variadas áreas de apoio: da Qualidade, Planejamento, Engenharia, Manutenção, Facilitadores, Logística, Gestão de Pessoas e outras, e seu objetivo é promover as melhorias que não puderam ser realizadas.

Portanto, pode-se dizer que a estabilidade da manufatura somente é alcançada através da identificação e resolução dos problemas, com métodos e responsabilidades definidas, e a Cadeia de Ajuda é fundamental como rotina (padrão) de trabalho das pessoas, atuando sempre que surgem anormalidades (KAMADA, 2008).

A abordagem sobre o acionamento da Cadeia de Ajuda, neste trabalho, é diferente da tradicional revisada anteriormente. Embora ainda não encontradas em literaturas, no meio acadêmico, surgiram mudanças na indústria, propondo novas idéias para a forma de acionamento da Cadeia de Ajuda.

De fato, foi publicado, em fevereiro de 2011, na Revista *Industry Week*, um artigo escrito por Jill Jusko, com o título "O fim do andon tradicional?". Neste artigo, o autor cita o depoimento do diretor geral da consultoria Getzler Henrich & Associates, o Sr.



Fred Langer, sobre a tendência, nas empresas, de supervisores e gerentes comandarem áreas maiores e sobre o fato de que nem sempre será possível visualizar luzes sobre as máquinas ou painéis luminosos em algumas áreas da fábrica, causando, assim, atrasos na tomada de ação e, conseqüentemente, na solução dos problemas.

Em seu depoimento, Langer diz que o objetivo é que a solicitação de ajuda chegue à pessoa certa para solucionar o problema e que seja possível passar mais informação do que simplesmente a de que existe um problema. Ele sugere, para resolver isso, o uso de uma ferramenta pouco convencional para o chão de fábrica, que é a ferramenta de mídia social Twitter.

O artigo não explica como usar esta ferramenta. Para Langer, trata-se de uma nova ferramenta em sua caixa.

Explorados os conceitos e principais práticas da Manufatura Enxuta, OEE, Cadeia de Ajuda e demais conceitos envolvidos, buscou-se, na literatura, publicações que dessem embasamento teórico para a abordagem deste trabalho, que são apresentadas no tópico a seguir.

## 2.11 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste tópico serão apresentados trabalhos relacionados com o tema desta dissertação. Como não foi encontrada, na bibliografia pesquisada, nenhuma publicação que propusesse o uso do OEE com o mesmo foco proposto nesta dissertação, procurou-se destacar alguns trabalhos que sugerem diferentes abordagens para o uso deste indicador e que inspiraram a abordagem que será proposta no capítulo seguinte.

O primeiro trabalho, publicado por Lee-Mortimer (2006), intitulado “Rota Lean para sobrevivência da manufatura”, relata o estudo da implantação da Manufatura Enxuta na produção de produtos eletrônicos no Reino Unido. Este trabalho relaciona OEE à Manufatura Enxuta, porém, focaliza os temas de maneira inversa a esta dissertação. Descreve a manufatura que começa pela implantação pura do OEE, criando ilhas de excelência, resultando em altos estoques intermediários e longas filas.

O autor relata que um programa anterior de melhoria contínua da eficiência da operação trouxe melhorias significantes de OEE e qualidade; a introdução da Manufatura Enxuta teria destacado que as melhorias de qualidade e OEE teriam criado “ilhas de excelência”, resultando em altos níveis de estoques intermediários e, conseqüentemente, longos *lead times*.

A implantação da Manufatura Enxuta está possibilitando, para estes fabricantes de produtos eletrônicos, construir sobre seus excelentes fundamentos de melhoria contínua do programa anterior e iniciar a substituição da produção em lotes e filas. E também iniciar a criação de fluxo contínuo por toda a fábrica, resultando em uma redução dos estoques intermediários, *lead times* e melhorando a produtividade, sem comprometer os ganhos anteriores.

O autor chama a atenção ainda para o fato de que existe desperdício, inclusive em operações que parecem estar altamente eficientes e organizadas. Confirma a importância de mudar da produção em lotes e filas para fluxo contínuo e conclui que, mesmo em manufaturas que já estavam bem organizadas, a mudança é trabalhosa.

Outro trabalho publicado sobre o assunto chama-se “Times multidisciplinares trabalhando para o OEE” e foi escrito por Bamber et al em 2003.

Este trabalho fala do crescimento do uso do OEE na indústria. Define OEE e explora o propósito do conceito nas operações modernas. O trabalho discute OEE como medida de performance total que relaciona disponibilidade do processo com a produtividade e a qualidade do produto. Assim, mostra que o OEE é apropriado para qualquer processo de uma fábrica contendo máquinas.

Em sua pesquisa, Bamber et al. mostram que o indicador trará melhores resultados quando forem usados times multidisciplinares para melhorá-lo, ou seja, para se resolver os problemas descobertos com o seu uso, e desta forma, melhora a performance de todo o negócio.

O artigo “O papel do OEE na Avaliação e Melhoria dos sistemas de medição de performance de manufatura”, publicado por Jonsson and Lesshammar, em 1999, também serviu de embasamento para o presente trabalho.

O trabalho dos autores aponta seis requisitos: quatro dimensões críticas (o que medir) e duas características (como medir) de um sistema de medição performance global da manufatura. A medida do OEE, nesse sistema, é avaliada com estes requisitos ideais. Os sistemas de medições atuais e o potencial de OEE de três organizações de manufatura são avaliados com as dimensões e características como dados de comparação. Uma fraqueza comum dos sistemas é que eles não medem a orientação por fluxo ou eficiência externa para nenhuma grande extensão. Outra fraqueza é o alto grau de complexidade e falta de melhoria contínua. Experimentos nas organizações estudadas mostraram que o uso do OEE em combinação com um desenho de organização descentralizada poderia melhorar várias destas fraquezas.

O quarto trabalho analisado tem por título “Avaliação da eficácia global de linhas em sistema de manufatura de produtos em linhas contínuas” e foi publicado em 2005, por Nachiappan and Anantharaman.

O trabalho mostra o OEE como um indicador quantitativo fornecido pelo conceito de manutenção produtiva total (TPM), para medição de equipamentos individuais em uma fábrica. Segundo os autores, o OEE é significativo, porém insuficiente para um sistema de manufatura de classe mundial que se foca em linhas de produto envolvendo máquinas em série. O trabalho ainda apresenta uma abordagem para medir a eficiência global da linha (*Overall Line Effectiveness* – OLE) em um sistema de manufatura de linha contínua.

Complementando sua pesquisa, os autores desenvolvem uma metodologia, baseada no OEE, para modelar a produtividade de um sistema de manufatura em linha em termos de OLE. Eles explicam, passo-a-passo, o método da medição do OLE em uma linha composta de  $n$  número de processos usando um fluxograma.

Também se utilizou o artigo “Do OEE para OFE” – (*Overall Fab Effectiveness*) Eficácia global Fábrica, publicado por Oechsner et al (2003), para fundamentar as questões aqui formuladas.

Este trabalho dá exemplos de métodos de modelamento, modelos e também de ferramentas de software para cálculo e monitoramento do OEE. Porém, análises do OEE apenas não

são suficientes, visto que nenhuma máquina é isolada em uma fábrica, mas opera em um ambiente complexo. Uma abordagem mais ampla tem como foco também a performance da fábrica em sua totalidade. A caracterização de uma fábrica de semicondutor por métricas qualificadas é um pouco complicada. Até agora, nenhum método padronizado ou métrica estão disponíveis. Diferentes métricas e métodos introduzidos na literatura são apresentados no trabalho. Todos os métodos têm em comum o fato de que eles não consideram custos diretamente. Isso porque incluir análises de custos exigiria o uso de métricas para caracterização da eficácia global da fábrica (OFE), visando obter um resultado para o custo por peça.

Mais um autor a quem se recorreu foi Gibbons, que publicou o artigo “Introduzindo OEE como medida capacidade do Lean seis sigma”, em 2010.

Nesse trabalho, o autor parte do pressuposto de que o atual paradigma de medição do OEE está deslocado da necessidade do negócio, que atualmente exige um indicador mais holístico, da planta e da eficácia do processo. O propósito do trabalho é introduzir uma nova base, que expanda a forma original de medição do OEE para informar a performance do negócio em níveis múltiplos, focando na adição de indicadores passíveis de “*benchmark*” de avaliação da eficácia do gerenciamento e capacidade do processo. A habilidade de comparar a performance interna com a competição externa e vice-versa é apresentada como sendo um atributo crítico de qualquer sistema de medição de performance.

O mesmo estudo sugere uma visão mais ampla do OEE, que engloba: a aplicação do conceito *Lean* dentro de cada uma das componentes do OEE, através da indicação do que agrega valor e do que não agrega valor; a aplicação do conceito do seis sigma através do desdobramento da disponibilidade nos indicadores MTTR (*mean time to repair*); tempo médio para reparar MTTF (*mean time to failures*); tempo médio para falhar ou quebrar, MTBF (*mean time between failures*); tempo médio entre as falhas, visando verificar a capacidade do processo e comparando com os níveis dos seis sigma.

Mais um artigo, desta vez, de Garza-Reyes et al (2009), que tem por título “Medida do OEE e capacidade do processo”, serviu de embasamento para esta dissertação.

Neste trabalho, os autores falam do uso comum e da boa aceitação do OEE e da capacidade do processo como indicadores de performance na indústria, porém, aplicados separadamente e com propósitos diferentes. O objetivo do trabalho foi investigar a relação entre OEE e capacidade de processo, como eles interagem e impactam entre si e o possível efeito que esta relação pode ter na tomada de decisão.

O trabalho revisa os conceitos de OEE e capacidade de processo. Então, é desenvolvido um modelo de simulação discreta de uma linha de engarrafamento. Usando o modelo, alguns experimentos são feitos e os resultados interpretados usando gráfico de tendências e análises de impacto.

Os autores ainda estabelecem a relação entre os dois indicadores, fornecendo uma perspectiva e guia para entender a interação de diferentes elementos de performance, e ajudam gerentes a tomarem melhores decisões sobre como melhorar seus processos de forma mais eficiente e efetiva.

Nas buscas realizadas, encontrou-se ainda os autores Dal et al, que publicaram, em 2000, o artigo “OEE como indicador da melhoria operacional”.

O trabalho apresenta uma análise prática da medição da performance operacional na Airbags International Ltd (AIL), um fornecedor de Airbags da indústria automobilística.

Primeiro, os autores descrevem o indicador OEE. Depois, descrevem e analisam sua implantação e seu uso dentro do ambiente operacional da AIL. Finalmente, apresentam os benefícios de desenvolver OEE como um indicador operacional e comparam a performance da AIL com outras aplicações de OEE encontradas com a pesquisa da literatura.

No artigo “OEE de uma linha de manufatura uma abordagem integrada para medir a performance do sistema”, publicado por Braglia et al (2009), os autores apontam o OEE como uma métrica chave na medição de equipamentos individuais. Contudo, quando máquinas operam em conjunto em uma linha de manufatura, o OEE sozinho não é suficiente para melhorar a performance do sistema integral. O propósito deste artigo foi mostrar como superar esta limitação, apresentando uma nova métrica (OEE de uma linha de manufatura – OEEML) e uma abordagem integrada para medir a performance de uma linha.

O método foi aplicado em uma linha automática de produção de blocos de motores. Os resultados mostraram que OEEML destaca, com sucesso, a progressiva degradação do tempo de ciclo, explicando em termos de ineficiência de gargalo, taxa de qualidade e problemas de sincronização de transporte.

Para finalizar, Ron and Rooda (2005) publicaram o artigo “Eficácia do Equipamento: Retorno ao OEE”.

Neste artigo, os autores reafirmam o OEE como uma métrica completamente aceita na indústria de semicondutores, tratando-se de um indicador simples e claro. Porém, apontam que literatura indica imperfeições na aplicação do OEE em relação à base de tempo e à taxa de eficiência. Como a literatura carece de uma estrutura básica para OEE, a eficácia foi abordada sistematicamente no trabalho, o que resultou em uma nova eficácia de equipamento:  $\underline{E}$ . A principal diferença entre OEE e esta nova abordagem  $\underline{E}$  está na escolha da base de tempo.

OEE inclui condições ou problemas que independem do equipamento, tal como falha na entrada de itens para processo. Este problema não é causado pelo equipamento, suas causas são externas.

Os autores definem  $\underline{E}$  como uma medida de performance relacionada apenas com problemas dependentes do equipamento. Na condição de utilização isolada, a eficácia expressa perdas internas do equipamento, ao passo que a utilização (do OEE) expressa também causas externas. Os autores concluem que a vantagem do  $\underline{E}$  sobre o OEE é que a eficácia do equipamento é medida, visto que as condições que não dependem do equipamento são eliminadas.

## 2.12 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Neste capítulo apresentou-se o referencial teórico que dá o suporte necessário para o desenvolvimento deste trabalho. Inicialmente, foi tratado o tema da Manufatura Enxuta, através de uma pesquisa sobre suas origens, princípios e conceitos. Em seguida, foram apresentadas as principais práticas da Manufatura Enxuta e também as ferramentas da qualidade utilizadas para a análise e solução de problemas, incorporadas

na ME para a redução dos desperdícios. Na sequência, foi revisado o conceito de OEE e de Cadeia de Ajuda.

Como o objetivo geral desta dissertação é o desenvolvimento e a proposição de um método de monitoramento automático em tempo real do OEE como apoio à implantação da Manufatura Enxuta, procurou-se estudos relacionados com o tema. Porém, não foi encontrado, na literatura pesquisada, algum estudo que propusesse um método estruturado com este foco. Os trabalhos encontrados abordam experiências no uso do OEE e fazem várias abordagens do indicador, das quais algumas em conjunto com a Manufatura Enxuta, porém, com foco diferente do que se pretende com o presente trabalho. Na maioria das pesquisas, os autores tentam criar novos indicadores baseados no OEE ou apontam falhas do OEE no sentido de monitorar apenas um equipamento. O método que será proposto vem justamente completar esta lacuna.

No próximo capítulo será apresentado o método de monitoramento em tempo real do OEE como apoio à implantação da Manufatura Enxuta, sendo que as falhas apontadas nos trabalhos pesquisados são superadas com a integração do OEE ao conceito da Manufatura Enxuta (principalmente ao conceito de criação de fluxo). O uso do OEE, da forma padrão, no lugar certo, permite controlar a performance de um fluxo inteiro. E em conjunto com outros mecanismos propostos no método, propõe uma potencialização do processo de melhoria contínua previsto pela Manufatura Enxuta.





### **3 MÉTODO MONITORAMENTO DO OEE EM TEMPO REAL E A CRIAÇÃO DE UMA CADEIA DE AJUDA**

Neste capítulo é apresentado um método para o monitoramento do OEE em tempo real e a criação de uma Cadeia de Ajuda para aprimorar a gestão a vista e o autocontrole pelos operadores de células de fabricação concebidas segundo a estratégia da ME.

Conforme observado, não se encontraram, na literatura pesquisada, trabalhos sobre métodos para o monitoramento do OEE em tempo real e a criação de uma Cadeia de Ajuda, ou seja, nenhum trabalho com o mesmo foco que será apresentado a seguir. Portanto, o método que será proposto neste capítulo busca preencher esta lacuna e é detalhado na sequência.

#### **3.1 VISÃO MACRO DO MÉTODO**

Uma visão macro do método de monitoramento do OEE em tempo real e a criação de uma Cadeia de Ajuda aparecem na Figura 3.1. Como pode ser observado, o método consiste em três etapas bem definidas:

- Planejamento e preparação da equipe: nesta etapa se planeja, a partir da montagem de uma equipe e de um treinamento do método a ser implantado, o local (célula) onde se dará o monitoramento e a definição dos indicadores de controle e das metas a serem alcançadas. Esta etapa propõe a realização de quatro passos: escolha do Líder de projeto e da equipe, treinamento sobre OEE no contexto da Manufatura Enxuta, definição do local de aplicação e do ponto de controle no interior da célula, definição dos indicadores e metas.
- Definição do sistema de monitoramento automático em tempo real (SMATR) e torre de controle: uma vez montada a equipe e planejada a implantação, nesta etapa define-se o sistema de monitoramento que será usado em função das necessidades de cada empresa e

a forma de aquisição dos sinais, bem como a estrutura que se usará na torre de controle e os procedimentos da Cadeia de Ajuda. Logo, esta etapa propõe a realização de quatro passos: escolha do software do SMATR, definição da forma de aquisição de sinais do SMATR, definição da estrutura da torre de controle e definição dos procedimentos da Cadeia de Ajuda.

- Aplicação do SMATR e Torre de Controle: planejado o sistema, montada a estrutura física e definidas as rotinas para a utilização do SMATR e da Torre de Controle, a terceira etapa tem por objetivo aplicar o SMATR com a Torre de Controle. Inicia-se com um treinamento operacional para os colaboradores que irão usar e interagir com o sistema, passa-se ao processamento dos sinais enquanto as máquinas estão em operação e à transferência destes sinais em informações gerenciais para a Torre de Controle. Os dados coletados vão se transformar na memória industrial da célula e, a partir da detecção de problemas, a Torre de Controle aciona a Cadeia de Ajuda, seguindo os procedimentos operacionais definidos na etapa anterior. À medida que a ME propõe o melhoramento contínuo, a aplicação do SMATR e da Torre de Controle irá interagir com as etapas de planejamento e de definição do sistema para prover as melhorias necessárias para evolução do método.

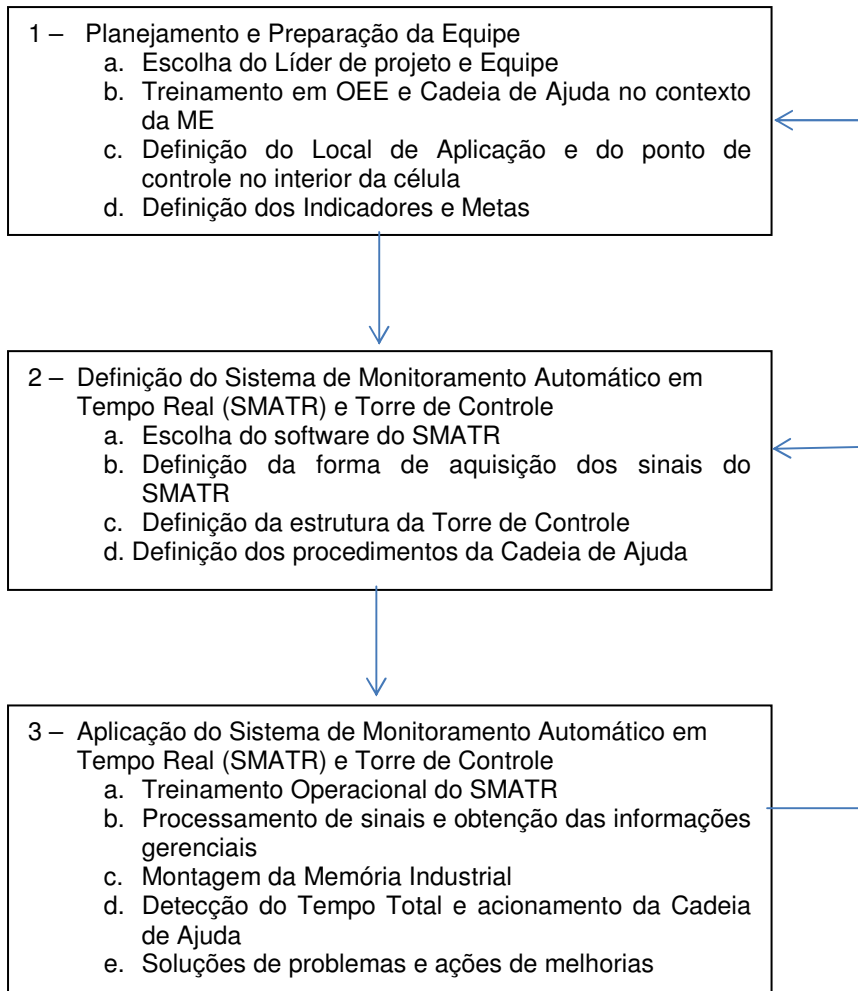


Figura 2.1 – Visão macro do método de monitoramento Online do OEE

Na sequência do capítulo, são apresentadas as três etapas com seus respectivos passos.

### 3.2 ETAPA 1 – PLANEJAMENTO E PREPARAÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO

A primeira etapa do método proposto tem por função perceber a realidade da empresa com foco na área onde se deseja implantar o monitoramento. Devem-se avaliar as alternativas, projetando-se um referencial futuro com objetivos e metas a serem alcançadas e estruturando o projeto para as demais etapas, de forma a prover um controle e acompanhamento do processo de implantação. No caso de a empresa ainda não trabalhar com células de manufatura, deve-se, através do MFV, identificar a oportunidade de implementá-las. A Figura 3.2 apresenta um resumo dos passos propostos para esta primeira etapa, que são detalhados na seqüência.

Passo	O que	Quem	Como
a	Escolha do Líder de projeto e equipe	Gerente + coordenador Lean (se houver)	Verificar a abrangência do que se deseja. A equipe deverá ser composta por pelo menos uma pessoa de PCPM, Manutenção e Engenharia e o restante de Produção (Operadores, facilitadores e supervisor)
b	Treinamento sobre OEE e cadeia de ajuda no contexto da Manufatura Enxuta	Coordenador Lean	Treinamento padronizado conforme apêndice B
c	Definição do Local de Aplicação e do ponto de controle no interior da célula	Equipe	Definir qual célula se deseja controlar. É importante que a opção seja feita por uma célula que tenha problemas de falta de capacidade. Dentro da célula escolhida, verificar qual a máquina com maior tempo de ciclo, esta máquina deverá ser o ponto de controle.
d	Definição dos Indicadores e Metas	Equipe	Levantar informações de capacidade atual do equipamento e produtividade (quantidade de peças entregues/horas totais do turno) e consensar uma meta para pelo menos um destes dois indicadores.

Figura 3.2 – Etapa 1 – Planejamento e preparação para implantação

### **3.2.1 Passo a – Escolha do Líder do Projeto e da Equipe**

O primeiro passo desta etapa consiste na escolha do Líder do Projeto e da Equipe. Tendo em vista que o SMATR do OEE a ser aplicado deve se inserir na realidade da empresa, é importante que se reconheçam os interesses e expectativas dos diversos setores envolvidos, pois seu desconhecimento pode levar a uma série de dificuldades futuras. Tais como a não aceitação ou o descrédito no indicador e/ou no método como um todo.

O Líder de Projeto deve ser indicado pelo Gerente da área e é aconselhável que seja alguém da própria área onde será implantada a mudança. O envolvimento dos setores e das pessoas que serão afetadas pela aplicação do método facilita a sustentação dos resultados nas etapas posteriores, desta forma, especial cuidado deve ser tomado nesta etapa, no sentido de escolher as pessoas certas. É importante, nesta primeira etapa, promover uma reunião e expor os objetivos ao gerente e ao supervisor, responsáveis pela área onde será implantado o sistema, para que a equipe seja formada pela indicação das chefias. Isto gera na equipe uma responsabilidade maior e conseqüentemente maior motivação, o que impacta positivamente no resultado do trabalho.

Para este tipo de trabalho, é necessário que se tenha na equipe, além das pessoas da própria área, indicadas pelo gerente ou pelo supervisor, pelo menos uma pessoa de cada uma das seguintes áreas: PCPM, Engenharia de Processos e Manutenção, uma vez que essas áreas também são afetadas pela implantação do método.

O segundo passo consiste no entendimento do OEE, por parte da equipe, por meio de um treinamento.

### **3.2.2 Passo b – Treinamento sobre OEE e Cadeia de Ajuda no contexto da Manufatura Enxuta.**

Uma vez definido o Líder do Projeto e a equipe de implantação, o segundo passo da etapa de planejamento consiste no treinamento inicial de todo o grupo sobre OEE no contexto da Manufatura Enxuta. Este treinamento deve reforçar os conceitos de ME envolvidos no trabalho, tais como o trabalho em fluxo, além de aguçar o senso crítico dos envolvidos para questionarem o que agrega ou não agrega valor para o cliente, e para terem percepção dos desperdícios que ainda estão na célula.

Considera-se fundamental que todos entendam o conceito do OEE e os cálculos envolvidos. Neste treinamento, deve ser deixado claro que OEE refere-se apenas a máquinas e que a busca pelo indicador refere-se ao fato da empresa usar melhor os equipamentos que estão disponíveis. O número de OEE deve refletir o uso do equipamento e deve mostrar o que fazer para obter a produção que se deseja tirando o máximo da célula que se tem em mãos. Em último caso, e depois de se ter certeza do aproveitamento máximo, pode-se partir para a alternativa de compra de novos equipamentos para instalação de novas células.

Por isso, deve-se ter especial cuidado ao definiros códigos de paradas que não “pesam” no OEE. Quando se definem estas bases, está se dizendo que o tempo gasto nestas bases simplesmente não existe para a produção, o que eleva o número de OEE, muitas vezes dificultando a tomada de ações para melhores resultados no que se refere ao aproveitamento máximo dos equipamentos.

A equipe estando apta para aplicar o conhecimento adquirido, o próximo passo será justamente esta aplicação.

### **3.2.3 Passo c – Definição do local de Aplicação e do ponto de controle no interior da célula**

Tendo realizado a revisão dos conceitos da ME e OEE, no passo anterior, a equipe, agora, deve definir onde o SMATR deve ser aplicado. Aconselha-se escolher um lugar onde exista falta de capacidade de equipamento, visto que melhorar o OEE significa, em poucas palavras, aumentar a capacidade instalada.

Escolhida a célula, a equipe deve analisar os postos desta célula e definir o ponto de controle ou o ponto de coleta dos sinais para o monitoramento. O ponto de controle deve ser o gargalo da célula, ou seja, a máquina que realiza a operação com o maior tempo de ciclo. Esta máquina ditará o ritmo da célula e, portanto, a medição neste ponto garante que o que está se medindo é exatamente o que está saindo, já que as demais operações são mais rápidas e estão trabalhando em fluxo contínuo.

Para Rother (2001) tempo de ciclo corresponde a frequência em unidade de tempo em que uma unidade acabada sai no final da célula. Trazendo este conceito para cada operação dentro da célula, o tempo de ciclo de cada operação corresponde à frequência em unidade de tempo em que uma peça acabada por esta operação é disponibilizada para a operação subsequente. Com a observação do processo e o uso de um cronometro pode-se obter estes tempos. Basta observar a operação, fixar um elemento repetitivo desta operação (exemplo: operador pega a peça em uma caixa e inicia a operação ou a máquina libera uma peça etc.) e cronometrar o intervalo de tempo até este elemento se repetir.

Exemplo: Suponha uma célula A onde são realizadas as operações de usinagem, lixa, polimento e engancheamento. Todas as operações tem seu tempo de ciclo individual que é dado como o intervalo de tempo em que a operação volta a se repetir. No caso da operação de usinagem realizada por um torno automático: o ciclo pode ser obtido pela cronometragem do tempo entre a abertura da pinça até a próxima abertura. Este tempo compreende o tempo da própria abertura, o

avanço da barra, fechamento da pinça, toda a operação de usinagem, corte da peça. Após o corte a pinça se abre novamente e o ciclo se finaliza. E assim sucessivamente com as demais operações.

Na Figura 3.3 mostra-se um gráfico de Gant com os tempos de ciclo das operações da célula A. Como pode-se notar algumas operações são automáticas (realizadas exclusivamente pela máquina) e portanto poderão ocorrer simultaneamente com operações manuais (realizadas exclusivamente pelo homem). Assim, o tempo de ciclo da célula não é o somatório dos tempos de ciclo das operações, mas sim o tempo de ciclo da operação gargalo. (neste caso a usinagem).

O próximo passo será definir aonde se quer chegar através de Metas e dos Indicadores.

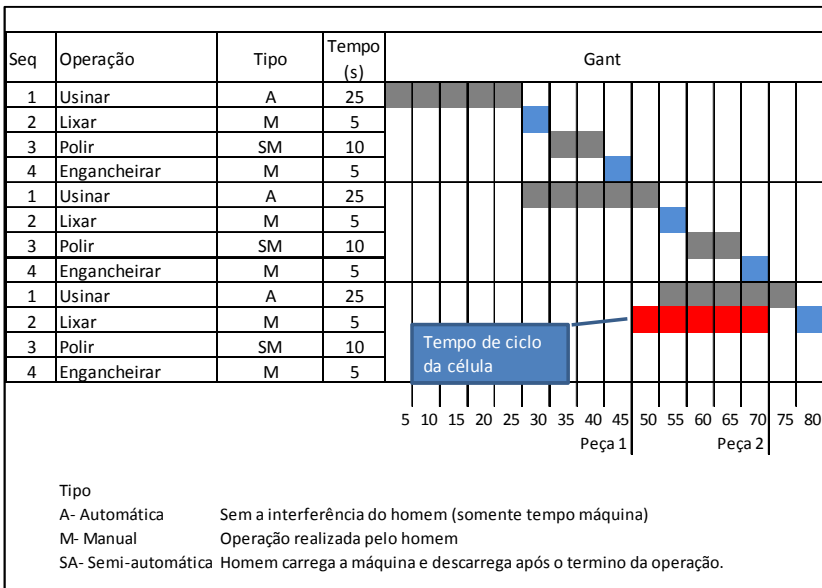


Figura 3.3 – Gant dos tempos de ciclo (TC) das operações da Célula A mostrando o TC de cada operação e o TC da célula



### 3.2.4 Passo d – Definição de Indicadores e Metas

Como, em geral, aquilo que não se mede não se gerencia, é fundamental que se acompanhe os resultados do projeto. Assim, com a definição do local de aplicação, no passo anterior, a equipe terá condições de levantar, junto à área de PCPM, informações de capacidade atual da célula ou/e produtividade (quantidade de peças entregues/horas totais do turno) e consensuar uma meta para, pelo menos, um destes dois indicadores. As metas devem ser estabelecidas considerando que, se a empresa não tem nenhum método de controle implantado, somente o fato de começar a controlar de forma transparente, ou seja, de que os operadores saibam que seus equipamentos estão sendo monitorados, já eleva o número atual em torno de 5%.

O indicador mais importante do projeto é o próprio OEE, caso a empresa não tenha nenhum sistema de cálculo do OEE anterior. Uma forma de se calcular aproximadamente o OEE atual é calcular inicialmente as horas reportadas da célula em questão, através da listagem da quantidade itens produzidos na célula divididos por sua taxa de produção horária, conforme mostra a Figura 3.4 a seguir:

Produto	Demanda Mensal [peças boas]	Taxa [Produção/hora]	Horas reportadas por item [Produção Mensal/Taxa]
A	1000	68	14,71
B	3000	70	42,86
C	6000	75	80,00
Total Horas Reportadas			137,56

Figura 3.4 – Exemplo de cálculo de horas reportadas

Supondo-se que a célula em questão trabalhe somente um turno e, portanto, tenha disponível mensalmente (8 horas/dia\*22 dias úteis/mês= 176 horas) 176 horas, então:

$$\text{OEE} = 137,56/176 = 0,7816 = 78,16\%$$

As taxas de produção devem ser calculadas considerando o ciclo real, ou seja, sem nenhuma concessão dada por fadiga ou outros motivos (normalmente considerado por cronoanalistas). Isto porque o SMATR considera o ciclo desta forma, qualquer parada será registrada separadamente. Se as taxas de produção estiverem corretas, o número oferecerá uma boa aproximação do OEE que o sistema calculará. Vale lembrar que não é possível identificar, neste cálculo, o que levou ao número. E, portanto, mais difícil ainda se torna realizar alguma ação de melhoria efetiva somente com esta informação. Mas para uma comparação inicial o cálculo pode ser usado.

Julga-se importante que se definam indicadores aceitos por todos. Por exemplo, no caso de indicadores financeiros, estes devem ser validados pela controladoria da empresa ou pela área responsável. No caso de indicadores relativos à produção, devem ser validados pelo PCPM. Isto dará credibilidade aos resultados alcançados pela equipe.

Com as metas e os indicadores definidos, a equipe deve definir, no próximo passo, o software e a torre de controle.

### 3.3 ETAPA 2 – DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO AUTOMÁTICO EM TEMPO REAL (SMATR) E TORRE DE CONTROLE

Neste ponto, a equipe já tem o conhecimento nivelado sobre ME e OEE, o ponto de controle já foi definido, assim como os indicadores e as metas. O foco da equipe de projeto, agora, é escolher um sistema de monitoramento do OEE em tempo real que melhor se adapte às necessidades da empresa e possibilite alcançar as metas propostas. A Figura 3.5 mostra um resumo dos passos desta etapa.

Passo	O que	Quem	Como
a	Escolha do software do SMATR	Equipe	Análise dos softwares de mercado
b	Definição da forma de aquisição dos sinais do SMATR	Equipe	Através da definição exigida pelo software já definido no passo anterior, a equipe deve buscar formas de extrair os sinais das máquinas. No caso de máquina manuais, deve ser providenciado a instalação de relês ou outros dispositivos.  Lembrado sempre que de acordo com o que já foi visto, a máquina com maior tempo de ciclo será a máquina controlada.
c	Definição da estrutura da Torre de Controle	Gerente/ Supervisor e Equipe	Contratar ou deslocar uma pessoa por turno para esta tarefa.
d	Definição dos procedimentos da Cadeia de Ajuda	Equipe	A Equipe deve definir todos os procedimentos a serem seguidos pela Torre.

Figura 3.5 – Etapa 3 – Definição do SMATR e torre de controle

### 3.3.1 Passo a – Escolha do software do SMATR

A equipe está alinhada com os conceitos de OEE e ME e tem bem claro as metas a ser alcançadas, portanto, neste passo cabe definir os meios que serão usados para se alcançar tais metas. O primeiro deles é o SMATR.

Várias empresas no mercado fornecem software de monitoramento automático em tempo real. A busca do software mais adequado deve levar em consideração algumas questões que devem ser verificadas se são atendidos pelos softwares:

- Auxiliar na gestão de melhoria continua do processo produtivo. Através da coleta dos principais eventos das operações do processo produtivo que se deseja monitorar, em tempo real, o software deve processá-los e apresentá-los de forma analítica, em gráficos e relatórios, para avaliação de desempenho. Realizar o CEP (Controle Estatístico do Processo) do ciclo

produtivo da máquina e mostrar os gráficos de pareto dos tipos de defeitos e das paradas da máquina. Possibilitar o monitoramento de máquinas cíclicas, operando em células de produção ou isoladamente.

- Possibilitar o armazenamento de o todo histórico produtivo monitorado, criando um banco de dados que preserve a memória da empresa, possibilitando *benchmarking* interno e comparação dos resultados obtidos ao longo do tempo. Enfim, guardar o histórico de evolução da empresa.
- Apresentar uma solução de hardware compatível com a realidade e o ambiente da empresa. O hardware tem que suportar o ambiente da fábrica, ou seja, deve ser robusto o suficiente para suportar o ambiente em questão. Pode-se estar falando de ambientes hostís como, por exemplo, de fundição ou galvanoplastia. Ou a infra-estrutura de rede exigida deve estar compatível com aquela disponível na empresa (rede da empresa apta a suportar o tráfego de informações provocadas pelo software).
- Possibilidade de adquirir o software em módulos que tornem o investimento menor.
- Possibilidade de integração com ERP da empresa.
- Possibilidade de ser operado por pessoas com necessidades especiais (baixa visão, cegueira, cadeirantes, etc) visto que, atualmente, as empresas possuem uma obrigação legal de ter em seus quadros de colaboradores uma cota de pessoas com necessidades especiais.

Com a análise dos pontos apresentados, a decisão pode ser tomada com mais facilidade. Tendo-se escolhido o software, o passo seguinte é a definição da forma de aquisição de sinais.

### **3.3.2 Passo b – Definição da forma de aquisição dos sinais do SMATR**

Com o SMATR definido na etapa anterior, a equipe deve implantar a coleta automática dos sinais. Estes sinais podem variar de um software para outro e deve ser providenciada a

coleta dos sinais exigidos pelo software escolhido. Normalmente, para controle do OEE, o mínimo seria a aquisição automática do sinal de ciclo da máquina e a informação manual do motivo de possíveis paradas.

Destaca-se que o ponto de controle, conforme já comentado anteriormente, deve ser o gargalo da célula. Ou seja, a máquina que realiza a operação com o maior tempo de ciclo, visto que esta máquina dita o ritmo da célula e, portanto, a medição neste ponto, garante que o que está se medindo seja exatamente o que está saindo da célula, já que as demais operações são mais rápidas e estão em fluxo contínuo.

A cada final de ciclo a máquina (ponto de controle) deve enviar um sinal para o software. Normalmente, trata-se de um pulso elétrico fornecido pela máquina a cada final de ciclo. Caso a máquina não esteja apta a fornecer este sinal, pode-se lançar mão de dispositivos, como relés ou outros que, instalados adequadamente, podem resolver o problema. Na maioria dos casos, a leitura deste sinal é feita por um CLP (controlador lógico programável) instalado junto à máquina e este CLP se comunica, via rede, com o computador em que está instalado o software de monitoramento, informando ou atualizando, a cada intervalo de tempo (normalmente menor que um segundo), os eventos ocorridos no período.

O CLP ou outro dispositivo instalado na máquina para leitura dos sinais deve ser instalado de forma a não permitir qualquer possibilidade de burlar o sistema. Aconselha-se que a entrada de energia que alimenta o CLP se situe antes da chave geral da máquina, assim, mesmo que o operador desligue a máquina, o dispositivo de leitura continuará conectado ao sistema e informando que a máquina está parada. Ou seja, a instalação não deve permitir que o operador consiga desligar o sistema.

Nesta etapa, a equipe deve fazer também a configuração do software. Esta configuração consiste nos dados de entrada que o software usa para comparar os dados que estão sendo coletados. Normalmente se cadastra, para cada célula: a família de itens a ser produzidos, seus tempos de ciclo padrão, tempo de *setup* e outras informações, dependendo de cada software.

A equipe deve criar também uma lista de motivos de paradas, a ser usada pelos operadores quando a célula parar, ou

como alerta, para que uma ação seja realizada antes que a célula pare. Esta lista de motivos de paradas deve ser dividida por áreas de responsabilidade a ser usadas na montagem da Cadeia de Ajuda dentro de cada uma destas áreas quando necessário.

Com a aquisição automática dos sinais e as informações cadastradas o software está pronto para funcionar. A equipe, agora, deve partir para organização da torre de controle, de forma que as informações disponibilizadas pelo SMATR disparem ações também em tempo real. Isto é possibilitado pelo passo seguinte.

### **3.3.3 Passo c – Definição da estrutura da Torre de Controle**

Uma vez definida a forma de aquisição de sinais e tomadas as demais providências da etapa anterior, neste passo deve-se definir a estrutura da torre de controle.

A torre de controle aqui proposta pode ser constituída por uma pessoa ou um grupo de pessoas (cada pessoa consegue monitorar em torno de 50 células ou máquinas) que observam, via terminal, as máquinas ou células que estão sendo monitoradas e que, ao surgir qualquer problema, que é visualizado na tela do SMATR pelo apontamento de um motivo de parada ou alerta, dão início a uma ação corretiva por intermédio de algum meio de comunicação pré-definido (telefone, rádio, etc), acionando o primeiro nível da Cadeia de Ajuda, de acordo com o procedimento que será definido no próximo passo.

A equipe, juntamente com o gerente da área, deve definir uma pessoa para a torre de controle.

Não faz sentido monitorar em tempo real e não agir em tempo real. Assim, esta etapa é voltada a intensificar o processo de melhoria contínua. Ela possibilita que ações sejam tomadas enquanto os problemas estão acontecendo e, portanto, a tempo de reverter suas consequências.

A principal função da torre é verificar a sustentabilidade das melhorias e, conseqüentemente, a estabilidade do processo produtivo, através do funcionamento das células dentro dos padrões estabelecidos de velocidade, qualidade e eficiência.

Attingir a estabilidade exige um esforço estruturado para apoiar os operadores na solução de problemas. Quando o operador se depara com um problema, deve parar a sua atividade, evitando passar defeitos para o processo seguinte. Esse é o conceito de JIDOKA. Porém, não basta apenas parar a produção, é necessário criar mecanismos de sinalização (tradicionalmente são os ANDONS) que possibilitem ao operador solicitar ajuda para a solução dos problemas. O SMATR e a Torre de Controle apresentada neste método vêm justamente como a alternativa para garantir a efetividade dos ANDONS, assegurando que a ajuda necessária seja solicitada e sua efetividade verificada.

O próximo passo é justamente definir como deve funcionar esta ajuda.

### **3.3.4 Passo d – Definição dos procedimentos da Cadeia de Ajuda**

A torre de controle foi definida no passo anterior e cabe à equipe, agora, deixar claro para a torre como agir quando detectar um problema na tela do SMATR, ou seja, definir o procedimento de Cadeia de Ajuda.

Conforme descrito no Capítulo 2, o conceito de Cadeia de Ajuda está basicamente ligado ao suporte que se dá à resolução dos problemas que aparecem no dia-a-dia do chão de fábrica. Para Campos et al (2010), trata-se de uma rotina de interação e envolvimento entre vários níveis da organização, iniciando-se com o operador e chegando às lideranças imediatas, que objetiva resolver rapidamente e conter um problema quando ele surge para restabelecer o fluxo produtivo.

A criação dessa Cadeia de Ajuda exige disciplina e esforço de toda a liderança. Para que isso aconteça, é necessário definir claramente a responsabilidade de cada integrante da Cadeia de Ajuda, os tempos de referência para a solução dos problemas e o padrão dessa sistemática. Somente com essas definições é possível attingir a estabilidade para a produção, viabilizando o fluxo contínuo.

O procedimento de Cadeia de Ajuda deve estar formalizado e padronizado. Pode ser em forma de fluxograma, tabela ou outra forma que a equipe de projeto achar mais conveniente, de acordo com cada empresa. O importante é que, quando surgir um problema, a torre saiba exatamente o que fazer ou quem acionar. No procedimento descrito deve estar definido qual nível é acionado primeiro e qual a pessoa ou o grupo que deverá ser contatado neste acionamento. Deve estar definido também quanto tempo esta pessoa ou este grupo terá para realizar a ação. Caso o problema não seja solucionado no tempo pré-determinado pelo procedimento, o segundo nível deverá ser acionado pela torre de controle. Igualmente este segundo nível deverá ter um tempo para realizar a ação e resolver o problema. E assim sucessivamente podem ser criados vários níveis, de acordo com o porte e a hierarquia de cada empresa.

Com os procedimentos de cadeia de ajuda definidos, parte-se, agora, para aplicação.

### 3.4 ETAPA 3 – APLICAÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO AUTOMÁTICO EM TEMPO REAL (SMATR) E TORRE DE CONTROLE

Uma vez que já se definiu o SMATR e a Torre de Controle, o foco, agora, é a aplicação. O uso correto das duas ferramentas passa pelo aprofundamento do conhecimento sobre as mesmas por parte dos envolvidos no projeto, a fim de que todos saibam como extrair a informação necessária para a tomada de ação.

A Figura 3.6 apresenta o resumo de cada passo desta etapa.



Passo	O que	Quem	Como
a	Treinamento Operacional do SMATR	Líder do Projeto	Treinamento teórico e prático de como funciona o SMATR.
b	Processamento de sinais e obtenção das informações gerenciais	SMATR	Normalmente o SMATR no mercado. A opção escolhida deve estar apta a executar esta tarefa.
c	Montagem da Memória Industrial	SMATR	Acontecerá automaticamente sendo que as informações poderão ser usadas para analisar a evolução das células ao longo do tempo ou para comparação entre os desempenhos das células.
d	Detecção dos Problemas e acionamento da Cadeia de Ajuda	Operadores e torre de controle	Quando do aparecimento de qualquer problema que venha a atrapalhar o fluxo de materiais da célula os operadores registram um alerta (se a máquina não parou) ou a parada no caso da máquina parar. A torre percebe imediatamente e aciona a cadeia de ajuda.

Figura 3.6 – Etapa 3 – Aplicação do Sistema de Monitoramento Automático em Tempo Real (SMATR) e Torre de Controle

### 3.4.1 Passo a – Treinamento Operacional do SMATR

Com as etapas anteriores implantadas, as informações estão disponíveis. Nesse momento, os envolvidos devem saber como funcionam os procedimentos implantados. Este é o foco deste passo.

O treinamento refere-se ao funcionamento e ao modo como se opera o sistema de monitoramento escolhido. Aqui, deve-se fazer uma ponte com a teoria de OEE já explorada no

treinamento anterior, mostrando que ela está presente no software escolhido. O funcionamento da torre de controle deve estar claro. Principalmente frisando aos operadores que a torre existe para apoiá-los e não para espioná-los. Devem ser explicados, no treinamento, os cálculos realizados pelo SMATR e o conteúdo mostrado na tela do sistema onde a torre de controle faz seu acompanhamento. Deve-se também deixar claro, aqui, como funcionará a torre de controle e a Cadeia de Ajuda, quem será acionado em cada caso e quanto tempo terá para tomar uma ação. Caso o problema não seja solucionado, é preciso saber quem será acionado a seguir e assim sucessivamente para todos os níveis da cadeia de ajuda.

Após este treinamento, passa-se à aplicação propriamente dita.

### **3.4.2 Passo b – Processamento de sinais e obtenção das informações gerenciais**

De acordo com o que já foi implantado nos passos anteriores, neste momento, o SMATR e a torre de controle já estão prontos para funcionar. Assim, a idéia, agora, é que os todos os dados coletados através do monitoramento automático em tempo real sejam processados e transformados nas informações gerenciais que deverão orientar o trabalho da Torre de Controle. Essas informações devem estar disponíveis na tela do SMATR, no escritório da torre de controle ou em qualquer outro terminal para consulta.

Nesta fase, faz-se a validação do sistema. Simulam-se paradas da célula e se verifica se o sistema está monitorando corretamente.

- Quando a máquina para, o sistema acusa a parada na tela para que a torre tome providências?
- Quando os operadores registram alguma informação, esta é imediatamente recebida pela torre?
- Em períodos determinados (quando a equipe está monitorando em paralelo), o número do OEE e as paradas estão conferindo?

- A instalação realizada foi feita de maneira que o operador não possa burlar o sistema através de desligamento do CLP?

Outras verificações podem ser feitas pela equipe caso se tenha outras dúvidas.

Este passo é a uma tarefa do software escolhido no passo **a** da Etapa anterior, por isso, cabe à equipe apenas validar o seu funcionamento e a sua confiabilidade.

Se o processamento das informações estiver sendo feito corretamente, a equipe deve verificar se estão sendo armazenadas, formando a chamada memória industrial.

### **3.4.3 Passo c – Montagem da Memória industrial**

Com os dados processados no passo anterior, a formação da memória industrial se dá pela gravação dos dados coletados no banco de dados do SMATR.

Estes dados guardam toda a evolução da melhoria da empresa e servem também para usar como “*benchmarking*” interno entre as células que estão sendo monitoradas. Também poderão ser usados como dados de entrada para o PCPM na programação da capacidade da fábrica.

A equipe deve verificar se esta tarefa está sendo realizada corretamente através da conferência de relatórios e das demais funcionalidades oferecidas pelo software.

Com todos os passos anteriores garante-se que o que foi instalado está funcionando adequadamente. O sistema, agora, está apto a ser aplicado no próximo passo.

### **3.4.4 Passo d – Detecção dos Problemas e acionamento da Cadeia de Ajuda**

Conforme já visto nos passos anteriores, quando do aparecimento de qualquer problema que venha a atrapalhar o fluxo de materiais da célula, os operadores registram um alerta (se a máquina não parou) ou a parada no caso da máquina

parar. A torre percebe imediatamente e aciona a Cadeia de Ajuda.

O problema detectado pela torre de controle deve ter a tratativa mais eficiente e rápida, e por isso, deve-se determinar qual é o método que será utilizado por cada nível.

O operador Líder deve resolver aquilo que está sob sua responsabilidade, e assim, atacar os problemas mais fáceis, utilizando métodos como o dos “5 porquês”. Pode-se deixar um formulário de apoio para aplicação da ferramenta dos 5 porquês, detectar a causa raiz do problema, tomar a contra-medida e reestabelecer o fluxo.

Caso o fluxo não seja reestabelecido no tempo determinado na Cadeia de Ajuda, o segundo nível, constituído pelos Encarregados e Supervisores, é acionado. Estes devem resolver aquilo que o Líder não resolveu adotando um método mais completo, por exemplo, o Gráfico de Ishikawa com os 5 porquês ou o PDCA.

Caso o fluxo não seja restabelecido, a torre acionará o terceiro nível da cadeia de ajuda: o gerente.

Por sua vez, o gerente poderá contribuir para a solução com seu próprio conhecimento ou acionar um grupo multidepartamental para entrar em ação e fazê-lo. Este grupo poderá realizar um estudo mais aprofundado e buscar uma solução definitiva para o problema.

Os Líderes e Supervisores podem tomar contramedidas simples para restabelecer o fluxo e levar os problemas mais sérios para que sejam analisados e resolvidos definitivamente por um grupo multi-departamental ou por outras áreas, como engenharia, manutenção, etc.

A contramedida paliativa ou solução definitiva dos problemas pode ser observada, pela torre, pelo reestabelecimento do fluxo na célula. E estas ações podem ser monitoradas ao longo do tempo pela análise dos relatórios ou pelos gráficos fornecidos pelo software. Assim, se estabelece um ciclo de amplificação da melhoria contínua que não apenas sustenta o fluxo contínuo implantado pelas teorias da ME, mas também acentua a melhoria contínua dos indicadores.

### 3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste terceiro capítulo foi apresentado o método proposto para implantação do monitoramento do OEE em tempo real e a criação de uma Cadeia de Ajuda para aprimorar a gestão a vista e o autocontrole pelos operadores de células de fabricação concebidas segundo a estratégia da ME.

O método foi dividido em três etapas sequenciais a fim de garantir uma implantação alinhada com as necessidades da empresa e envolvendo as pessoas que serão afetadas pelo sistema. Cada etapa foi estruturada de modo a favorecer uma implantação sistematizada e, dentro de cada etapa, para que possa ser planejada, executada, monitorada e corrigida quando necessário.

No próximo capítulo será apresentada uma aplicação prática do método proposto em uma empresa de metais sanitários. Este capítulo descreve o desenvolvimento e a experiência obtida em cada uma das etapas do método e fornece subsídios para a discussão de sua validação como aliado na implantação da Manufatura Enxuta.



## 4 APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

No capítulo anterior foi proposto o método que visa orientar as empresas de bens de consumo para a implantação do método de monitoramento automático do OEE como apoio à Manufatura Enxuta (ME) de uma forma sistemática. Para isso, o método foi estruturado em três etapas.

Neste capítulo, será apresentada a aplicação do modelo proposto em uma empresa que aceitou introduzir o método de monitoramento em tempo real. Trata-se de uma empresa de metais sanitários de grande porte.

Inicialmente, se fará uma breve descrição da empresa na qual o método foi aplicado bem como das características principais do seu sistema produtivo. Em seguida, será apresentada a aplicação do método, que foi dividida conforme as três etapas do mesmo. No decorrer da apresentação, serão detalhados os passos de cada etapa e comentadas as adaptações e os pontos relevantes para aplicação do método, bem como suas limitações. Por fim, serão apresentadas as conclusões do autor sobre a aplicação do método, aqui relatada, de acordo com sua percepção durante o processo de aplicação.

### 4.1 A EMPRESA E O SEU SISTEMA PRODUTIVO

Fundada em 1956, em Jaraguá do Sul, Santa Catarina, transferiu-se, dois anos depois, para Joinville, tendo, hoje, renome nacional e internacional.

Desde sua fundação, a empresa em questão buscou inovar e melhorar as tecnologias disponíveis no mercado. Originalmente uma tornearia e oficina de consertos em geral, a empresa passou a desenvolver atividades industriais, como a confecção de artigos dentários (muflos, foles, articuladores, etc.). Em seguida, começou a fabricar válvulas de sucção, atendendo a uma crescente necessidade do mercado do sul do país, ampliada pela dificuldade de importação desses equipamentos no período pós-guerra. Atuando nesse mercado, intensificou a fabricação de válvulas tipo e ponteiiras (para captação de água

de poços), complementada, a seguir, por torneiras e registros de gaveta.

Em 1976, desenvolveu uma válvula de descarga com alta performance, sendo a primeira empresa a oferecer 10 anos de garantia para seu produto. Essa válvula representou um enorme avanço nos sistemas de descarga e sua tecnologia continua inigualável até hoje.

Após o sucesso alcançado com a válvula de descarga, a empresa investiu mais uma vez em tecnologia, ampliando a oferta de produtos (torneiras, misturadores, chuveiros e acessórios).

Mais tarde, associou-se ao maior fabricante de metais sanitários da Argentina, especializado em produtos de alto padrão, com tecnologia e design inéditos. Numa época em que não se dava atenção à estética de metais sanitários, no Brasil, a empresa inovou criando produtos com acabamento em ouro e oferecendo torneiras com cartucho cerâmico de alta performance.

Em fevereiro de 1997, a empresa recebeu o certificado de conformidade do Sistema da Qualidade com a ISO 9001, conferido pelo BRTÜV, da Alemanha. Esta certificação é mantida até hoje.

Com alto grau de verticalização, a empresa apresenta alta complexidade no que se refere à quantidade de itens e processos diferentes e conta atualmente com aproximadamente 1200 funcionários.

A Figura 4.1 apresenta uma sequência dos processos encontrados, exceto o processo de armazenamento do supermercado de produto acabado e o processo de expedição.



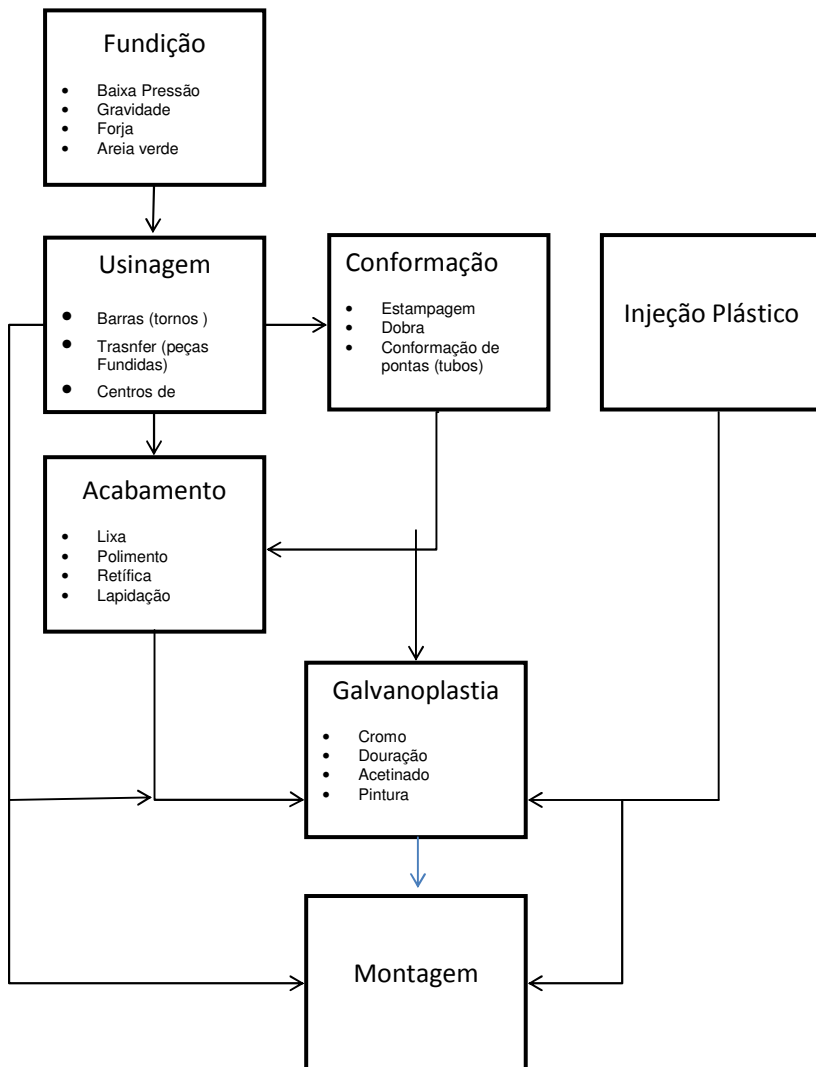


Figura 4.1 – Sequência de processos da empresa em estudo

Os processos mostrados na Figura 4.1 estão divididos em quatro pavilhões diferentes, o que exige uma logística interna complexa, visando minimizar os desperdícios em movimentação.

A implantação da ME na empresa iniciou em 2004. O início do processo de implantação foi marcado pela criação de fluxo

nos processos de montagem, com uma célula piloto pronta em junho de 2005. Em uma situação anterior, era composto de pré-montagens e estoques intermediários, e atualmente os processos estão em células de onde se parte dos componentes e se chega ao produto final em fluxo contínuo.

Posteriormente, o conceito de célula e fluxo foi estendido ao restante da fábrica. Cerca de 70% da fábrica já tiveram mudanças no que se refere à criação de fluxo. Este trabalho foca as células resultantes da criação de fluxo entre os processos de usinagem, acabamento e engancheamento.

As células foco deste trabalho já usavam o sistema de ANDON tradicional com lâmpadas sinalizadoras de status. Esta característica é propícia para a implantação deste método, visto que já existiam os ANDON, porém, o suporte de ajuda deixava a desejar.

A empresa também adotava o controle de produtividade baseado nas anotações dos operadores em cartões e na digitação dos dados em um software que calculava produtividade, rendimento e eficiência, porém, com baixa confiabilidade dos dados, já que existiam fortes indícios de que as anotações não refletiam a realidade.

O problema era mais sério ainda porque a informação chegava às mãos dos responsáveis, para tomada de ação, com atraso de pelo menos um dia. Uma vez que os cartões eram sempre recolhidos para digitação no dia seguinte ao da anotação, este sistema com cartões não havia nem sido implantado nas novas células. Assim, todos estavam abertos a uma ação que eliminasse os problemas citados.

Realizada a breve contextualização da empresa, fica evidente que existia uma lacuna com relação à melhoria que poderia ser alavancada pela implantação do método proposto por este trabalho. Essa medida poderia resultar em um melhor aproveitamento da capacidade das células já implantadas pela ME, contribuindo para o crescimento do negócio. Na seqüência, será detalhado como se deu a aplicação do SMATR proposto.

## 4.2 ETAPA 1 – PLANEJAMENTO E PREPARAÇÃO DA EQUIPE

O início da aplicação do método proposto se deu mediante uma reunião entre os gerentes de produção, manutenção, PCPM, Engenharia, Informática e o coordenador Lean. Conforme o primeiro passo desta etapa, o objetivo desta reunião era escolher o Líder do projeto e a equipe. A reunião foi conduzida pelo coordenador Lean que fez, inicialmente, uma exposição geral do método, aprofundando-se mais na etapa 1. O treinamento padronizado sobre OEE, que consta no apêndice B, foi repassado ao grupo para nivelamento das informações.

Depois da exposição sobre OEE, abriu-se um espaço para debate e reflexão sobre a aplicação do método na empresa. Concluiu-se que era pertinente e necessário, e o gerente de PCPM sugeriu onde deveria ser implantado o piloto do projeto. Dando sequência à implantação, partiu-se para o primeiro passo desta etapa.

### 4.2.1 Passo a – Escolha do Líder do Projeto e da Equipe

Com a equipe de gerentes alinhada sobre o método, com a ajuda do formulário de apoio (ver Apêndice A), neste momento, deveriam ser indicados o Líder do projeto e a equipe.

A equipe de gerentes concluiu que o Líder de projeto deveria ser o próprio coordenador Lean, que acumulava, nesta época, a função de coordenador de processos de Fábrica. Esta decisão foi tomada pelo fato das células sugeridas terem sido resultado de um projeto coordenado por esta pessoa. Imediatamente a sugestão do nome do Líder foi aceita por todos.

Posteriormente, seguiu-se a indicação dos demais membros da equipe, de acordo com a orientação do capítulo 3 deste trabalho, mesclando as diversas áreas afetadas pela implantação.

Nesta primeira reunião com a equipe de gerentes, além da definição do Líder de projeto e da equipe, definiu-se também onde o método deveria ser implantado. Assim, a Figura 4.2 mostra o formulário de apoio preenchido no **passo a**.

IMPLANTAÇÃO DO SMATR - FORMULÁRIO DE APOIO - ETAPA 1

1- Planejamento e Preparação da Equipe

a. Escolha do Líder de projeto e Equipe

	Equipe	Área
Líder do Projeto:	Edgar	Engenharia/Lean
	Natalício	Facilitador - Produção
	Laurentino	Produção
	Roberto	Operador - célula
	Jackson	Manutenção
	Leo	TI
	João	TI
	Vilson	PCPM
	Anderson	Manutenção

Figura 4.2 – Formulário de apoio à implantação do SMATR Etapa 1, preenchido

Realizado o primeiro passo, a implantação teve sequência com uma segunda reunião, para a qual foram convocados todos os membros da equipe recém-definida e, juntos, organizaram os passos seguintes.

Do mesmo modo que foi feito na primeira reunião, com os gerentes, também se fez uma explanação sobre o método em geral para a equipe, expondo todas as etapas e todos os passos. Em seguida, partiu-se para a organização do passo b, que é o treinamento. Com uma rápida discussão e consenso de agenda, o Líder saiu desta segunda reunião já com possíveis datas para a realização do passo b.

#### 4.2.2 Passo b – Treinamento sobre OEE e Cadeia de Ajuda no contexto da Manufatura Enxuta.

Uma vez que a equipe e o Líder foram definidos e com as possíveis datas para realização do treinamento já consensadas no passo anterior, coube ao Líder do projeto dar encaminhamento à realização deste passo. Seguindo as orientações do formulário de apoio, o Líder do projeto estava apto a tomar todas as providências para a realização deste passo. A Figura 4.3 mostra o formulário de apoio preenchido em relação às providências deste passo.

**b. Treinamento em OEE e Cadeia de Ajuda no contexto da ME**

Local de realização:	Sala Treinamento - Unidade III	
Data:	10/12/2007	
Instrutor:	Edgar	
<b>Itens a serem checados:</b>		
Preparação do material de Treinamento	OK	(OK/NOK)
Convocação dos participantes	OK	(OK/NOK)
Registro do treinamento RH	OK	(OK/NOK)

Figura 4.3 – Formulário de apoio a implementação do SMATR preenchido com as providências do passo b.

Com as providências burocráticas tomadas, havia chegado a hora do treinamento propriamente dito. Este treinamento teve uma duração de aproximadamente um dia (oito horas) e englobou os passos C e D.

Utilizando o treinamento padrão, que consta do Apêndice B, o conhecimento sobre OEE e Cadeia de Ajuda no contexto da Manufatura Enxuta foi revisado com os integrantes da equipe. Após o treinamento, o líder fomentou a discussão sobre o local onde deveria ser implantado o método. Partiu-se, então, para a realização do próximo passo, ainda durante este treinamento.

### 4.2.3 Passo c – Definição do Local de Aplicação e do ponto de controle no interior da célula

O objetivo dessa discussão foi o convencimento de todos da necessidade do SMATR nas células indicadas pelos gerentes. Esta discussão foi de grande importância para que todos se alinhassem em relação a esta necessidade, facilitando a realização deste passo e, principalmente, do passo d.

Com a equipe alinhada e convencida da necessidade do SMATR nas células indicadas, partiu-se para as providências em relação à realização desta etapa.

A seguir, a Figura 4.4 ilustra as definições deste passo.



Fluxo	Item	Descrição	Produção Mensal	Taxa (produção/hora)	Horas
FLUXO 2 (TB 60-LXMA-PSA-ENG)	0010751	BOTAQ (0)45,5X16	549	46,00	11,94
FLUXO 2 (TB 60-LXMA-PSA-ENG)	0034351	CAN DESL (0)58,5X(0)27,8X18,5	54	72,74	0,74
FLUXO 2 (TB 60-LXMA-PSA-ENG)	0088551	ANEL (0)60X(0)45X10	52	72,74	0,72
FLUXO 2 (TB 60-LXMA-PSA-ENG)	0355651	ANEL (0)70X(0)58X11	3	32,10	0,09
FLUXO 2 (TB 60-LXMA-PSA-ENG)	0358751	ANEL (0)60X7	3	80,27	0,04
FLUXO 2 (TB 60-LXMA-PSA-ENG)	0671451	ANEL (0)60X(0)44,6X8,2	5	48,15	0,10
FLUXO 2 (TB 60-LXMA-PSA-ENG)	0696151	PORCA FIXACAO (0)21X27,5	40	96,31	0,41
FLUXO 2 (TB 60-LXMA-PSA-ENG)	0948551	BOTAQ (0)35 X 9	48	85,60	0,56
FLUXO 2 (TB 60-LXMA-PSA-ENG)	1233551	CAPA (0)1.1/2"X72	72	85,60	0,84
FLUXO 2 (TB 60-LXMA-PSA-ENG)	1256651	CAN ESP PRESIDIO	36	75,99	0,47
FLUXO 2 (TB 60-LXMA-PSA-ENG)	1309151	CAN (0)55X16	3	87,70	0,04
FLUXO 2 (TB 60-LXMA-PSA-ENG)	1316651	CAN (0)60X15 QUYRON	3	72,79	0,04
FLUXO 2 (TB 60-LXMA-PSA-ENG)	1459251	BOTAQ PRESS SARACEN	720	53,50	13,46
FLUXO 2 (TB 60-LXMA-PSA-ENG)	1647851	CAN (0)60X15.5	5958	85,60	69,61
FLUXO 2 (TB 60-LXMA-PSA-ENG)	1925151	PORCA (0) 29 X 15	7372	128,45	57,39
FLUXO 2 (TB 60-LXMA-PSA-ENG)	1979951	CAPA W23,5X19FX17	3009	96,31	31,25
FLUXO 2 (TB 60-LXMA-PSA-ENG)	2006351	PORCA 3/4" X 14	48	53,50	0,89
FLUXO 2 (TB 60-LXMA-PSA-ENG)	2340451	ANEL (0)42X11,5	146	74,93	1,95
FLUXO 2 (TB 60-LXMA-PSA-ENG)	2364151	CAN (0)60X14	19	82,43	0,22
FLUXO 2 (TB 60-LXMA-PSA-ENG)	2364551	CAN (0)59,6X14	6	55,64	0,12
FLUXO 2 (TB 60-LXMA-PSA-ENG)	2369651	HASTE CABIDE (0)19X(0)18	9	58,86	0,15
FLUXO 2 (TB 60-LXMA-PSA-ENG)	2385651	ANEL (0)43 X 10	96	69,57	1,38
<b>TOTAL</b>					<b>192,40</b>

Figura 4.5 – Cálculo de horas reportadas para a produção fluxo 2

Considerando que este fluxo estava trabalhando, nesta época, em três turnos, perfazendo um total de 450 horas úteis por mês, tem-se que o OEE deste fluxo era de 42%.

Fluxo	Item	Descrição	Demanda Mensal	Taxa (produção/hora)	Horas
FLUXO 3 (TBF - LXMA - POSA - ENG)	0026351	CAPA (0)15/16XM20X1	4	94	0,05
FLUXO 3 (TBF - LXMA - POSA - ENG)	0358351	ANEL (0)23X14,5X16	120	94	1,27
FLUXO 3 (TBF - LXMA - POSA - ENG)	0359751	ARTICULADOR (0)24,5 X 21,5	507	94	5,39
FLUXO 3 (TBF - LXMA - POSA - ENG)	1251751	CAPA (0)20,6X17,7	9982	94	105,97
FLUXO 3 (TBF - LXMA - POSA - ENG)	1328851	CAPA(0)29,8X21,8	4231	94	44,92
FLUXO 3 (TBF - LXMA - POSA - ENG)	1368151	PORCA M24 X 16	3920	94	41,62
FLUXO 3 (TBF - LXMA - POSA - ENG)	1451551	ANEL (0)28,6x5	4786	257	18,61
FLUXO 3 (TBF - LXMA - POSA - ENG)	1845451	ANEL ACABAMENTO Ø35,7	1243	94	13,20
FLUXO 3 (TBF - LXMA - POSA - ENG)	2030751	PORCA (0)33 X 15	109	94	1,16
FLUXO 3 (TBF - LXMA - POSA - ENG)	2360851	PORTA LETRA (0)18X9	570	73	7,83
FLUXO 3 (TBF - LXMA - POSA - ENG)	2363751	ANEL (0)39X10	4	55	0,06
FLUXO 3 (TBF - LXMA - POSA - ENG)	2369151	TAMPAO (0)20X(0)13	8	55	0,15
FLUXO 3 (TBF - LXMA - POSA - ENG)	2416351	ANEL ACAB (0) 40,3 X 8	3	94	0,03
<b>TOTAL</b>					<b>240,26</b>

Figura 4.6 – Cálculo de horas reportadas para a produção fluxo 3

O Fluxo 3 trabalhava 3 turnos, com 450 horas uteis mensais. Logo:

$$OEE = 240,26 / 450 = 53,39$$

Fluxo	Item	Descrição	Produção Mensal	Taxa (produção/hora)	Horas
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	0026251	CAPA (0)7/8X M20 X 1	6	92	0,07
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	0281451	BOTAO (0)1/2XM6X13,8	46	92	0,50
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	0380051	CAPA (0)32,4XW23,5X19FX25 DUCHA MAN	153	94	1,63
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	0386051	ESFERA (0)19X24,5	85	62	1,37
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	0396151	PONTEIRA M28X1,5X10	5	60	0,08
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	0405151	TAMPAO (0)29XM8	1	92	0,01
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	0405251	TAMPAO (0)26,5	6158	94	65,38
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	0470751	PORTA LETRA (0)15X11	2	92	0,02
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	0612651	CAPA (0)32,4XW23,5X19FX25	7	94	0,07
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	0692051	PORTA CAN (0)41X20	1	52	0,01
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	0847651	TAMPAO (0)34XM8	214	94	2,27
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	0917151	BOTAO (0)20x12,4	769	128	5,99
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	0948751	TAMPAO (0)25 X 13	13	82	0,16
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	1012951	BOTAO (0)16,5X18	30	94	0,31
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	1264551	TAMPAO (0)20X11,6	91	73	1,25
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	1336951	TAMPAO (0)30 X 14,5	42	73	0,58
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	1460151	PORCA (0)41 x 15.3 X M37	3993	82	48,47
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	1465951	BOTAO (0)35	92	94	0,97
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	1585251	TUBO G1/2"X50	107	94	1,14
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	2023351	ANEL (0) 38 X 10	610	94	6,48
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	2074951	TAMPAO (0) 25,4 X 9,5	2378	94	25,25
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	8021151	FLANGE (0)30X14,5	11	81	0,13
FLUXO 4 (TBF - LXMA - PSA - ENG)	8022251	PORTA LETRA (0)5/18"X12	31	92	0,33
<b>TOTAL</b>					<b>162,46</b>

Figura 4.7 – Cálculo de horas reportadas para a produção fluxo 4

O fluxo 4 também trabalhava 2 turnos com 340 horas úteis mensais. Portanto:

$$OEE = 162,46 / 340 = 47,78\%$$



Fluxo	Item	Descrição	Produção Mensal	Taxa (produção/hora)	Horas
FLUXO 6 (TB 60 - LXMA-PSA-ENG)	0393751	PORCA M28X15	1673	94	17,76
FLUXO 6 (TB 60 - LXMA-PSA-ENG)	0394951	PORCA SEXT M8X1X11	645	94	6,85
FLUXO 6 (TB 60 - LXMA-PSA-ENG)	0415951	PORCA M24X1X16	1	81	0,01
FLUXO 6 (TB 60 - LXMA-PSA-ENG)	0452951	ANEL (0)17X(0)12,5X2	5	128	0,04
FLUXO 6 (TB 60 - LXMA-PSA-ENG)	0851851	BUJAO (0)W7/16"X27	50	83	0,60
FLUXO 6 (TB 60 - LXMA-PSA-ENG)	0918251	BOTAO (0)20x4	2572	128	20,02
FLUXO 6 (TB 60 - LXMA-PSA-ENG)	0940051	CAPA M22X1X12	451	94	4,79
FLUXO 6 (TB 60 - LXMA-PSA-ENG)	0949751	PINO (0)10 X 16,4	39	94	0,41
FLUXO 6 (TB 60 - LXMA-PSA-ENG)	1098651	ARRUELA (0)20X3,9	6254	128	48,69
FLUXO 6 (TB 60 - LXMA-PSA-ENG)	1098751	SUPORTE (0)20X3,9	6254	128	48,69
FLUXO 6 (TB 60 - LXMA-PSA-ENG)	1336751	PORCA (0)5/8" X 7	126	82	1,53
FLUXO 6 (TB 60 - LXMA-PSA-ENG)	1368651	NIPLE M16 X M24	1130	82	13,72
FLUXO 6 (TB 60 - LXMA-PSA-ENG)	1466051	DISTANCIADOR (0)20X5,4	264	128	2,06
FLUXO 6 (TB 60 - LXMA-PSA-ENG)	1466251	PORCA FIX (0)18X12	27	82	0,33
FLUXO 6 (TB 60 - LXMA-PSA-ENG)	2291951	CAPA (0)24X10	107	86	1,25
<b>TOTAL</b>					<b>166,76</b>

Figura 4.8 – Cálculo de horas reportadas para a produção fluxo 6

O fluxo 6 trabalhava igualmente 2 turnos com 340 horas úteis mensais. Assim:

$$OEE = 166,76 / 340 = 49,05\%$$

Com OEE médio dos 4 fluxos de produção  $(42+54,07+47,78+49,05)/4 = 48,22\%$ , a equipe decidiu estabelecer a meta de 60% em 6 meses. E esta ficou sendo a única meta do projeto.

A equipe estava consciente de que poderia ter surpresas com os números calculados, visto que as horas extras de cada fluxo não estavam apontadas como úteis e alguns números não batiam com a realidade. O Fluxo 2, por exemplo, tinha tido longas paradas, por problemas elétricos, e não estava aparecendo. Apesar do número de OEE ser mais baixo que os outros, a equipe tinha a impressão de que o número deveria ser muito menor. O método proposto apresentava uma limitação de uso, haja vista que, para esta empresa, as horas extras não eram apropriadas por células onde eram feitas e sim por centro de custo das pessoas que as realizavam e que nem sempre estavam alocadas nas células onde trabalhavam durante as horas extras.

A Figura 4.9 mostra o formulário de apoio à implantação do SMATR Etapa 1 totalmente preenchido.

### IMPLANTAÇÃO DO SMATR - FORMULÁRIO DE APOIO - ETAPA 1

#### 1- Planejamento e Preparação da Equipe

##### a. Escolha do Líder de projeto e Equipe

Líder do Projeto:	Equipe	Área
Edgar		Engenharia/Lean
Natalicio		Facilitador - Produção
Laurentino		Produção
Roberto		Operador - célula
Jackson		Manutenção
Leo		TI
João		TI
Vilson		PCPM
Anderson		Manutenção

##### b. Treinamento em OEE e Cadeia de Ajuda no contexto da ME

Local de realização:	Sala Treinamento - Unidade III
Data:	10/12/2007
Instrutor:	Edgar

##### Itens a serem checados:

Preparação do material de Treinamento	OK	(OK/NOK)
Convocação dos participantes	OK	(OK/NOK)
Registro do treinamento RH	OK	(OK/NOK)

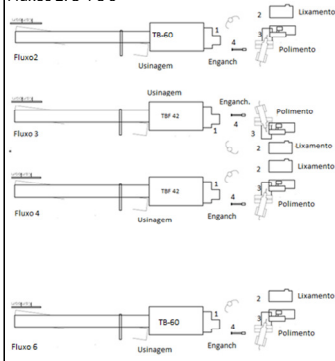
##### c. Definição do Local de Aplicação e do ponto de controle no interior da célula

Célula onde será implantado:

Layout da célula indicando a máquina que será monitorada pelo sistema

Desenhe o layout da célula que será controlada e sinalize qual máquina receberá o monitoramento

Fluxos 2, 3 e 4 e 6



##### Monitoramento no maior TC

Máquina	T. Ciclo (segundos)
	FLUXO 2 e 6
1 (TB-60)	Ponto mais lento
2 (Lx)	
3 (Pol)	
4 (Eng)	
	FLUXO 3 e 4
1 (TBF-42)	Ponto mais lento
2 (Lx)	
3 (Pol)	
4 (Eng)	

##### d. Definição dos Indicadores e Metas

Indicador	Atual	Meta
1. OEE ( % )	48,22	60
2.		
3.		

Figura 4.9 – Formulário de apoio à implantação do SMATR – Etapa 1

Nesse momento, a primeira etapa da implantação do SMATR estava concluída. Cabia à equipe buscar, agora, o software que seria usado para realizar o monitoramento. Com este objetivo, partiu-se para etapa 2 do método.

#### 4.3 ETAPA 2 – DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO AUTOMÁTICO EM TEMPO REAL (SMATR) E TORRE DE CONTROLE

A equipe, neste momento, estava com o conhecimento nivelado sobre OEE, Cadeia de Ajuda e também sabia como o conjunto deveria funcionar no contexto da Manufatura Enxuta. O local de aplicação (os fluxos) e o ponto de controle no interior de cada fluxo já tinham sido definidos, assim como os indicadores e a meta. O foco da equipe de projeto, agora, era escolher um sistema de monitoramento do OEE em tempo real que melhor se adaptasse às necessidades da empresa e possibilitasse alcançar as metas propostas.

Usando o formulário de apoio, partiu-se, então, para segunda etapa do método.

##### **4.3.1 Passo a – Escolha do software do SMATR**

O objetivo da equipe foi discutir sobre as opções de mercado e escolher aquela que mais se adaptasse às necessidades da empresa. Os fornecedores disponíveis para participar do processo de escolha de software foram denominados, neste trabalho, de A, B e C.

Analisando cada um dos fornecedores de acordo com os critérios comentados no capítulo 3 deste trabalho e com os pontos, no formulário de apoio, comentados a seguir, a equipe comparou e pontuou cada um dos quesitos depois de uma demonstração de cada software feita por seus fornecedores. Os pontos do formulário de apoio que foram analisados são os seguintes:

- Apresentação gráfica das informações: a torre de controle trabalhará visualizando a tela do sistema e disparando as ações. Quanto mais fácil de ler as informações, mais fácil será o trabalho da torre ou de qualquer pessoa que busque a informação no sistema.
- Comparar a forma como o software mostra uma máquina parada; esta ação do software é que dispara a ação da torre. Quando a máquina para ou quando o operador deseja somente alertar sobre algum problema, deve ser de fácil visualização para que não passe despercebido.
- Armazenar o histórico produtivo monitorado, criando um banco de dados que preserve a memória da empresa: as informações devem estar disponíveis para efeito de consulta ao histórico de desempenho.
- Apresentar uma solução de hardware compatível com a realidade e ambiente da empresa. A equipe solicitou um apoio “extra” da manutenção para julgamento deste item. Como a escolha do software seria para toda a empresa, o hardware deveria suportar qualquer ambiente onde pudesse ser instalado, assim, nesse momento, convocaram-se técnicos em manutenção de todas as áreas para pontuar os equipamentos.
- Possibilidade de adquirir o software em módulos que tornem o investimento menor: julgada normalmente sem maiores problemas para a equipe.
- Possibilidade de integração com ERP da empresa: não era foco da empresa, nesse momento, promover esta integração, então, foi verificada somente a possibilidade de integração, não se aprofundando muito no tema.
- Possibilidade de ser operado por pessoas com necessidades especiais (baixa visão, cegueira, cadeirantes, etc). Atualmente, existe a obrigatoriedade das empresas de empregarem pessoas com necessidades especiais, dessa forma, todos os cargos devem responder a esta pergunta. Um dos fornecedores oferecia esta possibilidade para pessoas portadora de cegueira, oferecendo alerta por voz.
- Custo por célula monitorada: julgamento direto pela proposta comercial.

- Informações de outras empresas que utilizam o software. Neste caso, a equipe procurou visitar empresas que já estivessem usando os softwares que estavam sendo avaliados. O objetivo foi ouvir uma avaliação dos usuários.

A equipe consensuou uma pontuação para cada uma das opções de software em cada um dos quesitos citados. Esta pontuação foi preenchida no formulário de apoio à implantação do SMATR, mostrado na Figura 4.10, em que, segundo a pontuação dada em cada um dos quesitos anteriores, decidiu-se pela opção A.

#### IMPLANTAÇÃO DO SMATR - FORMULÁRIO DE APOIO - ETAPA 2

##### 2- Definição do Sistema de Monitoramento Automático em Tempo Real (SMATR) e Torre de Controle

Abaixo é apresentada uma matriz de pontuação das principais características do software de monitoramento Pontue com 5 para parâmetro completamente satisfeito e 1 para parâmetro não preenchido.

##### a. Escolha do software do SMATR

Opções de software ----->	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4
A	B	C		
Apresentação gráfica das informações	5	4	3	
Comparar a forma como o software mostra uma máquina parada	5	3	3	
Armazena o histórico produtivo monitorado, criando um banco de	5	5	5	
Apresenta uma solução de hardware compatível com a realidade e ambiente da empresa.	4	4	4	
É possível adquirir o software em módulos que tornem o investimento menor	5	3	3	
Possibilidade de integração com ERP da empresa	3	3	3	
Possibilidade de ser operado por pessoas com necessidades especiais(baixa visão,cegueira, cadeirantes etc).	5	2	2	
Custo por célula monitorada	4	3	3	
Informações de outras empresas que utilizam o software.	4	2	1	
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>29</b>	<b>27</b>	

<b>Demais considerações para decisão.</b>	De acordo com o comparativo acima a opção A mostrou ser a mais viável visto com os seguintes pontos fortes.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acesso aos dados históricos mais facilitado através de relatórios e gráficos (o que facilitaria o trabalho da equipe técnica.</li> <li>- Totalmente modularizado, baixando o investimento inicial. Ainda apresentado por este fornecedor a possibilidade de testar o software e equipamentos de coleta por um período de 90 dias sem nenhum investimento.</li> <li>- Informações de outras empresas - Opção A recomendado por empresa da região , Opção B software em desenvolvimento ainda sendo testado, opção C sem informações.</li> </ul>
<b>Software escolhido-----&gt;</b>	<b>A</b>

Figura 4.10 – Formulário de apoio à implantação SMATR – Etapa 2 – Passo a preenchido.

Com o software escolhido, o foco da equipe passou a ser o seguinte: providenciar os sinais necessários.

### 4.3.2 Passo b – Definição da forma de aquisição dos sinais do SMATR

Tendo definido o software, a equipe focou, neste momento, a aquisição de sinais requeridos pelo software em questão. O primeiro passo foi entender como o sistema funcionaria (qual a arquitetura de ligação) e que sinais seriam necessários. De acordo com o manual do software, dois sinais seriam necessários.

A Figura 4.11 mostra o esquema de ligação em que todos os fluxos a serem monitorados deveriam ser conectados ao sistema de monitoramento definido no passo anterior através da rede corporativa da empresa.

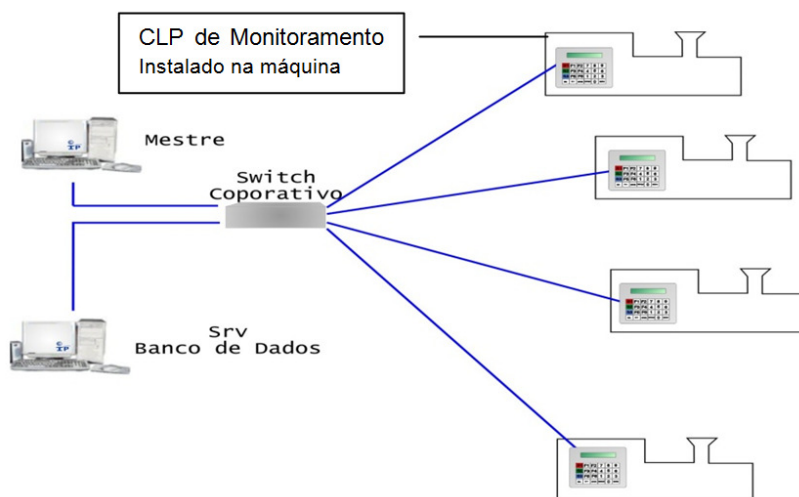


Figura 4.11 – Esquema conexão Ethernet máquinas monitoradas e mestre e banco de dados

Fonte adaptada Manual implantação IP64.

O sistema deveria funcionar, basicamente, pela instalação de um CLP (controlador lógico programável) com uma interface (teclado e display) em cada máquina monitorada no interior de cada fluxo, conforme a Figura 4.11.

Tendo a visão geral de como funcionaria a ligação do software, a equipe focou o esquema de ligação, detalhando

como seria a comunicação entre o CLP do software e a máquina monitorada. Os sinais que o CLP deveria coletar da máquina, segundo o manual, seriam dois:

- sinal de produção: este sinal é referente ao ciclo da peça que está sendo produzida. Através de cadastros iniciais no sistema, cada peça terá um tempo de ciclo padrão. Durante o monitoramento, este tempo padrão cadastrado é comparado com o tempo real coletado da máquina. Através deste sinal, o sistema mede a “velocidade da máquina” em relação ao ciclo padrão cadastrado (a dimensão performance do indicador OEE) e conta a quantidade de peças produzidas. A Figura 4.12 mostra o tipo de sinal que será lido pelo sistema. Coube à equipe buscar uma forma de fazer esta aquisição.

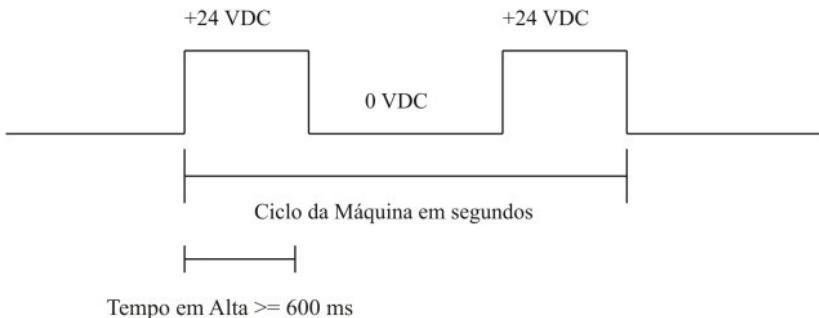


Figura 4.12 – Natureza do sinal que deverá ser adquirido na máquina

A pergunta, agora, era a seguinte: como obter este sinal da máquina que deveria ser monitorada no interior da célula? Como identificar, nesta máquina, um sinal que ocorresse ao final/início de cada peça processada? A sugestão foi obter o sinal de abertura e fechamento da pinça que prende o material para usinagem.

Os tornos TBF/TB são tornos usados normalmente para usinagem de peças originadas de barras metálicas. Após o término de uma peça, a pinça abre, a barra metálica avança até um batente mecânico da máquina, a pinça fecha e a usinagem inicia. Este sinal era perfeito para o sinal de produção. Bastava moldá-lo no padrão exigido pelo sistema. Para isso, o pessoal de

manutenção usou um relé eletromecânico com tensão de alimentação de 24Vcc e um contato NA mais um contato NF instalado no painel da máquina que resolveu este problema. Tal operação é mostrada na Figura 4.13, circulada em amarelo. E assim, um dos sinais exigidos estava resolvido.



Figura 4.13 – Relé usado para aquisição de sinal de produção.

Porém, o software precisava de mais um sinal:

- sinal de parada manual: é o sinal decorrente da seleção do modo manual da máquina que está sendo monitorada. Através desse sinal, o sistema entende que a máquina não está trabalhando em modo automático e, portanto, a produção não deve ser contada, ou seja, os sinais de ciclo recebidos serão ignorados. Neste momento, na tela do CLP, será solicitado o motivo da parada. Caso o operador não informe o motivo, o sistema assume automaticamente como parada não informada.

A Figura 4.14 mostra o padrão exigido pelo software. No caso desse sinal, o software poderia ser configurado para trabalhar sem o mesmo, entendendo que, depois de esperar



certo tempo (em relação ao tempo de ciclo) sem receber o sinal de ciclo, a máquina estaria parada.

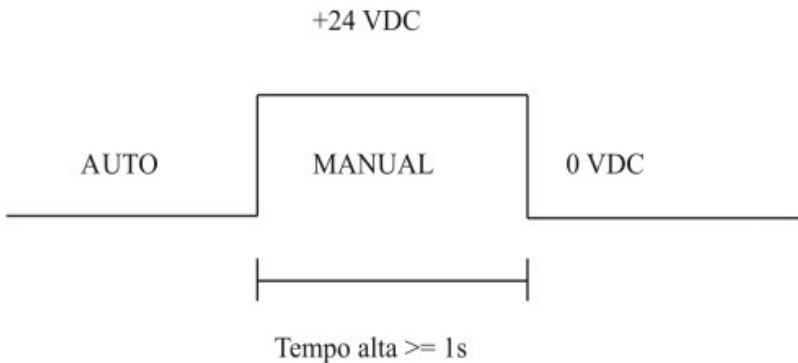


Figura 4.14 – Padrão do sinal de parada manual exigido pelo software escolhido

No caso dessa máquina, ela já possuía uma chave seletora de automático e manual. Então, o sinal já existia no equipamento. O problema foi novamente moldá-lo no padrão exigido pelo software, usando a mesma solução do sinal anterior.

Assim, a equipe preencheu o passo B do formulário, mostrado na Figura 4.15.

**b. Definição da forma de aquisição dos sinais do SMATR**

Liste as máquinas definidas como ponto de controle, da etapa anterior e consulte um especialista (manutenção) de como retirar dela o sinal necessário para o monitoramento de acordo com o especificado pelo software de monitoramento definido.

De acordo com o software definido serão necessários dois sinais:

**Sinal de produção ou ciclo:** A cada peça produzida a máquina deverá enviar para o sistema um sinal que será um pulso elétrico da figura a esquerda.



**Sinal de par:** É o sinal decorrente da seleção do modo manual da máquina que está sendo monitorada. Através deste sinal o contada, ou seja, os sinais de ciclo recebidos serão ignorados. O sistema entende que a máquina não está trabalhando em modo automático e, portanto, a produção não deve ser. Padrão de sinal de parada conforme figura abaixo:



As máquinas onde deverão ser coletados os sinais:

**TBF 42 e T860**

**Sinal de Produção:** Através de rele eletromecânico instalado na máquina o sinal foi retirado do painel elétrico usando o mesmo sinal de abertura e fechamento da pinça da máquina.

**Sinal de Parada:** Também através de um rele eletromecânico instalado na máquina, o sinal foi tomado da chave de Manual/ Automático presente nesta máquina.

Figura 4.15 – Passo b do formulário de apoio da etapa 2 preenchido

Ainda nesse passo a equipe procurou definir a lista dos motivos de paradas que seriam usados pelos operadores para acionar a torre.

Na Figura 4.16 estão os motivos listados pela equipe dentro das áreas de responsabilidade dos mesmos.

<b>100</b>	<b>Produção</b>	<b>290</b>	<b>Manutenção Preventiva</b>
101	Setup (preparação de máquina) Entrada	291	Manutenção elétrica
102	Sem operador	292	Manutenção mecânica
103	Regulagem de ferramenta		
104	Limpeza diária	<b>300</b>	<b>Ferramentaria</b>
105	Limpeza Planejada	301	Manutenção de ferramenta
106	Repasse	302	Falta de Ferramenta
107	Rosca não Calibra (Macho/Cossinete)		
108	Quebra de Ferramenta	<b>400</b>	<b>Processos</b>
109		401	Tryout
110	Falta de Gancheira	402	Ferramenta em desacordo c/ produto
111	Setup (saída de ferramenta)		
112	Alimentação de barra (Tornos Automáticos)	<b>500</b>	<b>PCPM</b>
113	Falta operador	501	Falta de Matéria Prima
114	Esperando Preparador	502	Falta de Programação
115	Calibração/verificação da peça	<b>600</b>	<b>Paradas especiais</b>
116	Apontamento Produção/refugo/preencher	601	Reunião
117	Troca de discos pol/alimentação massa pol.	602	Treinamento/palestra
		603	Falta de energia
122	Produção Fabrica II -Atraso entrega material	604	Kanban cheio
123	Produção Fabrica III -Atraso entrega material	605	Banheiro
124	Produção Fabrica IV -Atraso entrega material	606	Refeição
125	Produção Fabrica V -Atraso entrega material	607	Ginastica
		609	Ambulatório
<b>200</b>	<b>Manutenção Corretiva</b>	610	Parada final de semana
201	Manutenção elétrica	611	Banco
202	Manutenção mecânica		
<b>280</b>	<b>Manutenção Corretiva Planejada</b>	<b>700</b>	<b>Almoxarifado</b>
281	Manutenção elétrica	701	Atraso na entrega (rota)
282	Manutenção mecânica		
			<b>Códigos de Ajuda ( Fluxos )</b>
		1111111	Ajuda Fabrica IV
		2222222	Ajudo Fluxo Fabrica III

Figura 4.16 – Código de paradas padronizadas para o monitoramento em tempo real

Para enxergar a capacidade real das células, a equipe de projeto optou por considerar o período integral (incluindo os 43 minutos de refeição) dos dois turnos, totalizando 18,76 horas, como mostrado na Figura 4.17 para o caso das células que trabalhavam em dois turnos.

<b>1º Turno:</b>	8,80	+ 43 min	(almoço)	= 9,51 hrs
<b>2º Turno:</b>	8,53	+ 43 min	(janta)	= 9,24 hrs
	<b>17,33</b>	<b>1,43 hrs</b>		<b>18,76</b>
	92,38%	7,62%		100,00%

Figura 4.17 – Tempos considerados na parametrização do sistema de monitoramento em tempo real (MTR).

Dessa forma, o OEE medido pelo SMATR seria em torno de 7,62% menor se comparado com um sistema que considerasse os horários de refeição como tempo indisponível, já que esta parametrização resultaria em 17,33 horas disponíveis. A equipe entendeu que seria possível, em caso de demanda crescente, fazer o revezamento no horário de refeição e obter 7,62% de aumento da produção. Todos estavam cientes, nesse momento, que o cálculo de OEE feito para estabelecer a meta na etapa 1, quando medido pelo software, seria, no mínimo, 7,62% menor, já que as horas disponíveis consideradas para aquele cálculo eram somente as 17,33 h.

Assim, as únicas paradas configuradas para não pesar no OEE seriam:

- Tryout (401) – a equipe entendeu que o lançamento de novos produtos e a melhoria de processo garantiria, no médio e no longo prazo, a sobrevivência do negócio, por isso, esta parada não deveria penalizar o indicador uma vez que isto poderia causar barreiras a esta parada.
- Parada de final de semana (610) – visto que, se não há ninguém na fábrica, não se pode penalizar o indicador.

A Figura 4.18 mostra o CLP instalado pela equipe de projeto em um pedestal ao lado da máquina, para a aquisição dos sinais exigidos pelo SMATR.



Figura 4.18 – CLP do SMATR instalado ao lado da máquina monitorada para a aquisição de sinais

O SMATR entende que a máquina está parada quando não recebe o sinal de ciclo dentro dos limites estabelecidos no cadastro. Exemplo: para peças com ciclos curtos (até 30 segundos), normalmente, se espera mais um tempo de ciclo. Se o sinal não chegou, o sistema entende que a máquina está parada. A partir deste momento, o CLP solicita o motivo da parada em sua tela. E todo o tempo entre o último ciclo recebido e o próximo sinal de ciclo será considerado como parada. Caso o operador não registre o motivo da parada, o sistema assume automaticamente como parada não informada.

E assim a configuração do software foi concluída. Seguindo o roteiro do formulário, a equipe iniciou o próximo passo.

### 4.3.3 Passo c – Definição da estrutura da Torre de Controle

Uma vez que o software foi definido e configurado e a aquisição dos sinais exigidos pelo mesmo foi resolvida, a equipe precisava, agora, definir a estrutura da torre de controle.

Esta definição foi feita em conjunto com o gerente da área e se chegou aos nomes (um para cada turno) de duas pessoas que já faziam o trabalho de digitação dos apontamentos de produção de um software antigo usado para medir a produtividade na empresa. Com a instalação do SMATR, este software seria desativado.

Segue, na Figura 4.19, o formulário de apoio preenchido com o resultado desse passo.

#### c. Definição da estrutura da Torre de Controle

Quem fará o controle?

Nome:	Luciane (1º Turno) e Ivone (2º Turno)
Cargo atual	Montadora II
Providências para transferência:	OK
Definido pelo gerente:	Luciano

Figura 4.19 – Passo c do formulário de apoio da etapa 2 preenchido

Seguindo o roteiro de implantação do formulário de apoio, a equipe passou para o próximo passo.

### 4.3.4 Passo d – Definição dos procedimentos da Cadeia de Ajuda

Com a torre definida, surgia, agora, a necessidade de definir os procedimentos de trabalho que deveriam ser seguidos pela torre.

Seguindo o formulário de apoio, foi montada a Cadeia de Ajuda (Figura 4.20), que suportaria as ações para reestabelecer o fluxo de produção quando da parada do mesmo, de acordo com a definição do método.

**d. Definição dos procedimentos da Cadeia de Ajuda**

Cadeia de ajuda						
No.	Área de Responsabilidade	Primeiro Nível /ramal	Tempo de atuação	Segundo nível/ramal	Tempo de Atuação:	Terceiro nível/ramal
1	Produção	Códigos :102, 110, 113, 114, 122, 123,124 e 125 espera 15 min. Demais liga imediatamente 1º T: Natalício R1227 2º T: Marcos R1227	1 hora	1º T: Lauro – R: 1465 2º T: José L. – R: 1465	1 Hora	Gerente R1457
2	Manutenção Elétrica	Eletricista 1º T: Maycon – R: 80712 2º T: Marcos – R: 80712 Setor Manutenção: 1290	20 min	Supervisor de Manutenção Turno Normal - R1455 Outros horários – 80739	1 Hora	Gerente R1457
3	Manutenção Mecânica	1º T: Claudemir R: 80709 2º T: Rogério R: 80709 Setor Manutenção: 1290	20 min	Supervisor de Manutenção Turno Normal - R1455 Outros horários – 80739	1 Hora	Gerente R1457
4	PCPM	Vilson - R:1209 ou 1462 ou Luis - R:1337 ou	20 min	Gerente R1453	1 hora	
5	Logística	1º T: Marcio G. R: 1353 2º T: Marcio E. R: 1353	20 min	Supervisor R.1	1 Hora	Gerente R1233
6	Processos	Turno: Normal Guilherme R: 1232 Valmir R: 1273 Bernard R: 1336	20 min	Coordenador: Edgar R:1270	1 Hora	Gerente: R1457
7	Ferramentaria	1º T: Rodrigo R: 1241 2º T: J. Leandro R: 1241 Normal: Gilberto R: 1241	20 min	Supervisor: Geovani R: 1240	1 Hora	Gerente: R1307

Figura 4.20 – Passo d do formulário de apoio da etapa 2 preenchido

O sistema SMATR estava pronto para funcionar, então, o próximo passo seria treinar as pessoas para seu uso e checar se os propósitos segundo os quais ele foi instalado estavam realmente sendo alcançados.

Usando o formulário de apoio, a equipe partiu para a próxima etapa.

#### 4.4 ETAPA 3 – APLICAÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO AUTOMÁTICO EM TEMPO REAL (SMATR) E TORRE DE CONTROLE

Com a definição do SMATR e da torre de controle, o foco da equipe, agora, era a aplicação. O uso correto das duas

ferramentas passa pelo aprofundamento do conhecimento sobre as mesmas, por parte de todos os envolvidos no projeto. Para que todos saibam como extrair toda a informação, é necessária a tomada de ação.

Seguindo o formulário de apoio, a equipe cuidou de cada passo, considerando toda a teoria do método correspondente exposta no capítulo 3 referente a essa etapa.

Segue, na Figura 4.21, o resultado dessas providências preenchidas no formulário de apoio.

IMPLANTAÇÃO DO SMATR - FORMULÁRIO DE APOIO - ETAPA 3		
<b>3- Aplicação do Sistema de Monitoramento Automático em Tempo Real (SMATR) e Torre de Controle</b>		
<b>a. Treinamento Operacional do SMATR</b>		
Local de realização:	Sala treinamento Unidade 3	
Data:	03/02/2008	
Instrutor:	Edgar	
<b>Itens a serem checados:</b>		
Preparação do material de Treinamento	<input checked="" type="checkbox"/> OK	(OK/NOK)
Convocação dos participantes	<input checked="" type="checkbox"/> OK	(OK/NOK)
Registro do treinamento RH	<input checked="" type="checkbox"/> OK	(OK/NOK)
<b>b. Processamento de sinais e obtenção das informações gerenciais</b>		
<b>Itens a serem checados:</b>		
Simular paradas e verificar se o sistema está registrando <input checked="" type="checkbox"/> OK		
Checar número do OEE <input checked="" type="checkbox"/> OK		
Verificar se os alertas estão funcionando <input checked="" type="checkbox"/> OK		
<b>c. Montagem da Memória Industrial</b>		
<b>Itens a serem checados:</b>		
Dados estão sendo gravados corretamente? Tirar relatórios e conferir. <input checked="" type="checkbox"/> OK		
<b>d. Detecção dos Problemas e acionamento da Cadeia de Ajuda</b>		
As pessoas estão sendo encontradas nos ramais listados no procedimento <input checked="" type="checkbox"/> OK		
A cadeia de ajuda está agindo rapidamente quando solicitada <input checked="" type="checkbox"/> OK		

Figura 4.21 – Formulário de apoio da etapa 3 preenchido

Concluída esta etapa, o SMATR passou a funcionar conforme planejado. E iniciou-se o processo de melhoria proposto pelo método e acompanhado pela evolução do OEE mostrado ao final deste capítulo.

A seguir relata-se alguns pontos sobre a implantação. A célula FULP-003 será citada, porém, os problemas encontrados

nesta célula eram similares aos das outras e ações corretivas foram basicamente às mesmas.

O primeiro relatório de paradas (Figura 4.22), gerados ao final do primeiro mês de funcionamento do SMATR, foi uma surpresa. Como somente a equipe de projeto acompanhava o sistema até momento, somente a equipe sabia da real situação até então. As anotações de paradas e a soma das horas paradas foi realmente uma surpresa para todos, Gerencia e Diretoria da empresa, visto que sabia-se que a situação não era boa, porém até aquele momento “os problemas não tinham sido tão expostos”.

Vale esclarecer um ponto sobre os códigos de paradas de *setup* do SMATR. Existiam dois códigos de paradas para *setup* no SMATR. Um para saída de ferramenta e outro para entrada. Percebeu-se que isto não atendia, porque por muitas vezes acontecia outras falhas durante o *setup* e operador finalizava a código de de parada de *setup* para apontar a outro código. Isto distorcia o tempo. Ou seja, havia, na realidade, menos *setup* do que o sistema mostrava. Foi solicitado uma customização do sistema para resolver este problema. A customização seria disponibilizada quando da ampliação do sistema.

A equipe de projeto se motivou ainda mais por se certificar que estava se trilhando o caminho certo, já que o relatório mostrava muitas oportunidades de melhoria e este era um dos objetivos iniciais (os quadros de gestão a vista não mostravam isto tão detalhadamente). A quantidade de paradas não informada sinalizava duas coisas:

- Operador desatento ao SMATR, não anotando as paradas menores.
- As pequenas paradas nunca foram anotadas no sistema anterior, e aqui esta se mostrando que eram significativas (122 hrs.).

Por outro lado a Equipe se frustrou ao saber que os treinamentos dados não tinham tido a eficácia que se esperava. Nem para os operadores, que deveriam ter registrado todas as paradas e portanto o motivo de parada não informada deveria ser mínimo. Nem pelas chefias que deveriam ter acompanhado os números durante o mês.

A cadeia de ajuda estava sendo acionada, porém, as pessoas ainda não tinham velocidade de reação. Os operadores



ainda não tinham se acostumados a registrar todas as paradas, nem as chefias tinham o hábito de verificar os resultados consolidados diariamente. Ações deveriam ser tomadas para corrigir este dois pontos.

As ações tomadas foram treinar um técnico e deixa-lo responsável pelo treinamento dos operadores diretamente no ponto de trabalho. Ficando uma semana em cada turno ao final de três semanas os operadores tinham recebido uma carga significativa de treinamento.

Para os supervisores e gerentes foi introduzido na pauta da reunião diária de produção a discussão dos resultados de OEE e paradas de máquina. Diariamente a torre imprime estes resultados e encaminha para o gerente de produção. Esta rotina foi incorporada e atualmente esta discussão é feita diariamente.

#### ÍNDICE DE PARADAS DE MÁQUINAS (R029)

MÁQUINA: FULP03		Pg. 1	
HORÁRIO:TODOS OS HORÁRIOS		03/03/2008 - 11:45:07	
PERÍODO:01/02/2008 - 29/02/2008		v3.093.03	
MÁQUINA	TEMPO ATIVO (A) PARADA	QUANT.	TEMPO (B)ÍNDICE(B)/(A)
FULP03	00623:25:41	999999	PARADA NÃO INFORMADA 663 00122:04:30 19,58%
		000114	ESPERANDO PREPARADOR 6 00044:38:49 7,16%
		000101	FINALIZAR SETUP 51 00037:01:17 5,94%
		000111	SETUP ( PREPAÇÃO DE MÁQUINA) SAÍD. 48 00031:37:21 5,07%
		000102	SEM OPERADOR 4 00017:18:18 2,78%
		000606	REFEIÇÃO 25 00016:58:36 2,72%
		000112	ALIMENTAÇÃO DE BARRA OU PROLONG 207 00011:32:23 1,85%
		000607	GINÁSTICA 36 00009:47:11 1,57%
		000103	REGULAGEM DE FERRAMENTA 86 00009:20:09 1,50%
		000201	MANUTENÇÃO ELÉTRICA 6 00005:22:21 0,86%
		000110	FALTA DE GANCHEIRA 1 00004:49:27 0,77%
		000601	REUNIÃO 3 00002:40:46 0,43%
		000104	LIMPEZA DIÁRIA 8 00002:25:41 0,39%
		000105	LIMPEZA PLANEJADA 2 00002:08:34 0,34%
		000113	FALTA OPERADOR 2 00001:53:46 0,30%
		000108	QUEBRA DE FERRAMENTA 10 00001:50:57 0,30%
		000604	KANBAN CHEIO 6 00001:37:27 0,26%
		000202	MANUTENÇÃO MECÂNICA 2 00001:07:53 0,18%
		000115	CALIBRAÇÃO/VERIFICAÇÃO DA PEÇA 2 00000:42:02 0,11%
		000301	MANUTENÇÃO DE FERRAMENTAS 2 00000:38:52 0,10%
		000107	ROSCA NÃO CALIBRA ( MACHO/COSSINI 3 00000:28:26 0,08%
		000302	FALTA DE FERRAMENTA 1 00000:08:39 0,02%
		000602	TREINAMENTO/PALESTRA 1 00000:08:28 0,02%
		000401	TRYOUT 1 00000:00:42 0,00%
		000701	ATRASSO NA ENTREGA ( ROTA ) 1 00000:00:02 0,00%
<b>TEMPO DE PARADAS DA MÁQUINA(C)</b> 00326:22:37		<b>QTDE OCORR. PPE:</b> 1177	
<b>HORAS PRODUTIVAS:</b> 00320:20:29			
<b>ÍNDICE(C)/(A)</b>	52,33%		
<b>ÍNDICE(C)/(D)</b>	52,35%		

Figura 4.22 – Primeiro relatório mensal gerado pelo SMATR após a implantação – FULP-003

Outra surpresa deste relatório foi o tempo dedicado a ginástica laboral. Deveria ser de 10 minutos por turno/dia exceto o terceiro turno. O tempo anotado pelo SMATR para ginástica dava mais que o dobro do especificado.

Os resultados destas ações e de outras tais como PDCA's em grupos foram surtindo efeito lentamente apresenta-se na Figura 4.23 o mesmo relatório do último mês de acompanhamento.

- Pode-se notar grandes diferenças entre estes relatórios.
- A produção no segundo relatório já trabalha somente em dois turnos.
- A quantidade de horas paradas caiu consideravelmente – cerca de 70%
- A parada de final de semana é o maior motivo de parada, porém esta parada não pesa na eficiência. Esta parada refere-se também ao terceiro turno que está inativo.

#### ÍNDICE DE PARADAS DE MÁQUINAS (R029)

MÁQUINA: FULP03

HORÁRIO: TODOS OS HORÁRIOS

PERÍODO: 01/09/2009 - 30/09/2009

MÁQUIN. TEMPO ATIVO (A) PARADA

MÁQUIN	TEMPO ATIVO (A)	PARADA	QUANT.	TEMPO (B)	ÍNDICE(B)/(A)
FULP03	00390:13:15	000610 parada final de semana	24	00327:01:06	*****
		000606 REFEIÇÃO	41	00029:26:38	7,55%
		000100 SETUP	48	00019:07:42	4,90%
		000103 REGULAGEM DE FERRAMENTA	159	00011:06:33	2,85%
		000607 GINÁSTICA	39	00009:20:31	2,39%
		000202 MANUTENÇÃO MECÂNICA	7	00007:31:56	1,93%
		000112 ALIMENTAÇÃO DE BARRA OU PROLONGADOR	214	00006:53:23	1,77%
		000105 LIMPEZA PLANEJADA	8	00004:57:07	1,27%
		999999 PARADA NÃO INFORMADA	325	00003:00:21	0,77%
		000104 LIMPEZA DIÁRIA	17	00002:38:29	0,68%
		000201 MANUTENÇÃO ELÉTRICA	4	00001:36:41	0,41%
		000601 REUNIÃO	3	00000:59:21	0,25%
		000301 MANUTENÇÃO DE FERRAMENTAS	1	00000:43:47	0,19%
		009999 ENTRADA FERRAMENTAL	33	00000:29:50	0,13%
		000107 ROSCA NÃO CALIBRA ( MACHO/COSSINETE)	5	00000:22:38	0,10%
		000111 SETUP ( PREPARAÇÃO DE MÁQUINA) SAÍDA	37	00000:09:16	0,04%
		000113 FALTA OPERADOR	1	00000:07:21	0,03%
		000108 QUEBRA DE FERRAMENTA	2	00000:06:27	0,03%
		000102 SEM OPERADOR	2	00000:02:34	0,01%
		000106 REPASSE	1	00000:02:07	0,01%
		000110 FALTA DE GANÇHEIRA	1	00000:01:44	0,01%
		000117 TROCA DE DISCO	1	00000:01:13	0,01%
		000115 CALIBRAÇÃO/VERIFICAÇÃO DA PEÇA	4	00000:00:58	0,00%
		TEMPO DE PARADAS DA MÁQUINA(C)		00098:46:37	
		HORAS PRODUTIVAS:		00303:46:52	
		ÍNDICE(C)/(A)		25,33%	
		ÍNDICE(C)/(D)		25,31%	
		QTDE OCORR. PPE:		953	

Pg. 1

01/10/2011 - 12:00:29

v3.093.03

Figura 4.23 – relatório de acompanhamento relativo ao último mês de acompanhamento desta dissertação.

- O código de parada não informada ainda aparece, porém, com paradas muito curtas (30 a 40 segundos)
- A ginástica laboral já está bem menor, somente 20% a mais do que o tempo de ginástica efetiva. Se considerarmos que os operadoras vão ao banheiro lavar as mãos antes e mais o deslocamento está dentro de uma faixa aceitável.

A Figura 4.23 mostra os resultados de monitoramento em tempo real das quatro células escolhidas como piloto da implantação. Embora tenham sido concebidas dentro da estratégia da ME, conforme já dito, a implantação do monitoramento em tempo real nestas células mostrou que o OEE, no início do processo, estava em torno de 39% no mês de fevereiro de 2008. Esse índice é considerado baixo e está abaixo do número calculado pela equipe em quase 10 pontos percentuais, justificados pelo fato do cálculo teórico não considerar horas extras e também pela configuração do sistema para considerar como úteis as horas de refeições.

Mesmo com a parametrização mais severa e partindo de um número mais baixo de OEE, a Figura 4.24 revela que houve um progresso contínuo no OEE, chegando à meta prevista de 60% entre julho e agosto de 2008, quando oscilou por alguns meses, superando-a em definitivo a partir maio de 2009 e chegando a 71,93% em setembro de 2009. Para atingir tais resultados, ações de melhoria foram implantadas pela Cadeia de Ajuda com base nas causas dos problemas identificados pelo sistema de SMATR.

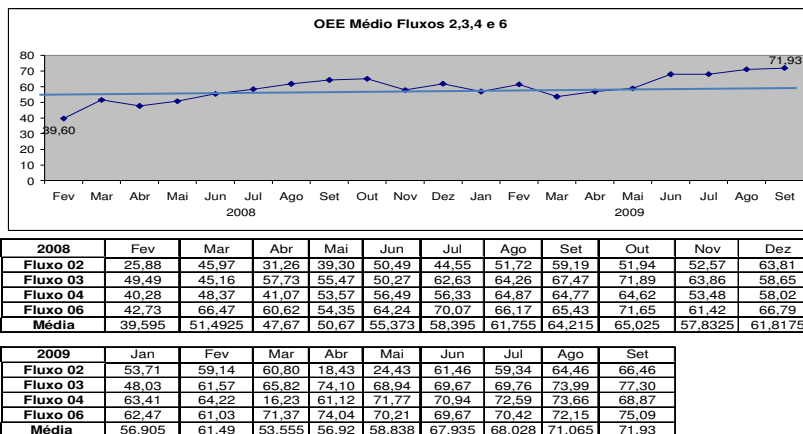


Figura 4.24 – Evolução do OEE médio nas células monitoradas

## 4.5 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

O capítulo 4 teve como objetivo apresentar a aplicação prática do SMATR proposto no capítulo anterior. Ele foi estruturado conforme as etapas do método e relata de forma simples e objetiva as ações realizadas. Procurou-se enfatizar a dinâmica de implantação e não os problemas da empresa.

Primeiramente, a empresa na qual se deu a aplicação do método foi apresentada. Ela apresentava condições propícias à implantação, visto que as células já tinham sido implantadas e já estavam fazendo uso de ANDONS tradicionais, ou seja, a idéia de Cadeia de Ajuda já existia, era necessário apenas estruturá-la e oficializá-la, o que veio facilitar o trabalho da equipe de projeto.

Na seqüência, iniciou-se explicação da aplicação do método propriamente dita com a etapa 1 de planejamento e preparação da equipe. Através de uma reunião com gerentes das áreas de produção, manutenção, PCPM, Engenharia, Informática, onde foi apresentada, pelo coordenador Lean, uma visão geral do método e em seguida, foi feito um nivelamento sobre OEE. Nessa reunião foi definida a equipe de projeto e seu Líder. Foram indicadas também as células que deveriam ser monitoradas. Essa reunião foi de suma importância, visto que

resultou no apoio unânime do grupo de gerentes para a aplicação do método proposto.

Em seguida, o Líder do projeto, neste caso, o próprio coordenador Lean, convocou a equipe de projeto e fez a exposição geral do método que deveria ser implantado. E com a ajuda do formulário de apoio da implantação agendou uma segunda etapa, que seria o treinamento sobre OEE e a continuidade do projeto.

Neste segundo encontro com a equipe de projeto foi possível nivelar o conhecimento sobre OEE. Foi possível também estudar as células sugeridas, definindo onde seria o ponto de controle no interior das mesmas. Fez-se também o cálculo do OEE inicial das células que seriam piloto e fixou-se a meta do projeto. O exercício de cálculo teórico do OEE serviu para que todos percebessem o desperdício de capacidade que ainda existia nas células e, com os conceitos de OEE e Manufatura Enxuta mencionados no treinamento avivados na memória, a equipe de projeto se motivou a mergulhar na implantação do método e buscar melhorias através da sequência de atividades proposta pelo método.

Partiu-se, então, para a segunda etapa do método, que foi a definição do sistema de monitoramento em tempo real e da torre de controle. Novamente com o uso do formulário de apoio decidiu-se entre três opções disponíveis. Após a definição do software e com sua arquitetura de ligação em mãos, partiu-se para a definição da forma de aquisição dos sinais necessários para o monitoramento. Também foi elaborada uma lista de motivos de paradas com áreas de responsabilidades que seriam usadas na Cadeia de Ajuda e feita a configuração do software. Definiu-se ainda a estrutura (pessoas) da torre de controle e os procedimentos de Cadeia de Ajuda que deveriam ser usados pela torre de controle.

A terceira e última etapa do método proposto foi a aplicação do SMATR e da torre de controle. Iniciou-se pelo treinamento operacional do SMATR, seguido pela checagem do sistema, ambos previstos pelos passos b, c e d registrados no formulário de apoio.

Finalmente, foram mostrados os dados que comprovaram a eficácia do método pela melhoria do OEE ao longo de vinte meses na empresa estudada, comprovando o pleno alcance da meta proposta e, inclusive, a superação da mesma.



## 5 CONCLUSÃO

Com um mercado consumidor exigente, aliado a uma competição globalizada dos mercados e às incertezas econômicas presentes no mundo, atualmente, as empresas estão sendo obrigadas a se tornar cada vez mais eficazes, a fim de satisfazer às necessidades de seus clientes da forma mais econômica possível. Neste sentido, a forma de gestão originada na Toyota, baseada na redução dos desperdícios e na melhoria contínua, tem uma forte contribuição. Este sistema de gestão, hoje em dia denominado Manufatura Enxuta, já está consolidado e vem sendo adotado por empresas dos mais diversos setores ao redor do mundo, incluindo o de metais sanitários.

Embora a aplicação da ME tenha significado um grande salto no desempenho das empresas, o que se notou é que algumas das ferramentas, como gestão a vista do autocontrole hora-a-hora feito pelos operadores e o ANDON tradicional acionado por lâmpadas, não garantiam um processo de melhoria contínua consistente ao longo do tempo, ficando, dessa forma, muitos dos problemas que surgiam nas células sem uma tratativa adequada.

Visando fornecer uma contribuição para explorar essa lacuna, esta pesquisa foi desenvolvida propondo um método estruturado através do monitoramento automático em tempo real do OEE. O método foi estruturado de forma que, com as informações coletadas em tempo real, a torre de controle toma ação imediata no sentido de acionar uma Cadeia de Ajuda que, fazendo uso de ferramentas padronizadas de soluções de problemas, possibilita um processo de melhoria contínua consistente. Assim, as informações dos quadros de gestão a vista são registradas automaticamente pelo sistema de monitoramento e, quando necessário, a Cadeia de Ajuda é efetivamente acionada pela torre, não dependendo mais unicamente dos sinais luminosos dos ANDONS, que muitas vezes não eram vistos.

O método aqui detalhado foi aplicado em uma empresa fabricante de metais sanitários a fim de se validar a sua eficácia. Este capítulo aborda as conclusões do trabalho realizado e propõe sugestões e possibilidades para trabalhos futuros.

## 5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Esta pesquisa-ação foi desenvolvida e embasada nas publicações que tratam do tema Manufatura Enxuta, OEE, Cadeia de Ajuda e ANDON. A questão de pesquisa foi a seguinte:

Como evoluir o sistema de gestão a vista do autocontrole feito pelos operadores de maneira que mostrem as informações reais, com a precisão necessária, e que estas informações cheguem a tempo para a tomada de ações de seus líderes no sentido de aumentar a capacidade de suas células?

Buscando a resposta para esta questão, partiu-se da hipótese de que deveria ser desenvolvido um método para o monitoramento do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) em tempo real e criada uma Cadeia de Ajuda bem como um mecanismo para acioná-la. Dessa forma, se aprimoraria a gestão a vista do autocontrole pelos operadores, registrando, com precisão, todos os dados de produção, e gerando, inclusive, um histórico para consultas futuras. Igualmente se potencializaria o ANDON, fazendo com que as informações e/ou problemas anotados nos quadros, pelos operadores, chegassem rapidamente às pessoas que poderiam ajudá-los (através do tal mecanismo de acionamento da Cadeia de Ajuda), de forma que os recursos (equipamentos) ficassem menos tempo parados, aumentando a utilização de sua capacidade.

Os resultados foram coletados e apresentados, comprovando a eficácia do sistema.

Participando ativamente da pesquisa e ação, constatou-se, através da aplicação realizada, que o método foi eficaz em seus objetivos. Com o apoio do corpo de gerentes, desde a primeira reunião, conseguiu-se ir além do salto inicial da implantação da ME, fomentando um processo de melhoria contínua consistente.

Outras constatações ainda foram feitas, entre elas, as que seguem:

- Quando a “Torre de Controle” força o funcionamento da Cadeia de Ajuda, conforme mostrado neste trabalho, a operação da Cadeia de Ajuda leva as pessoas a buscarem soluções rápidas para os problemas, evitando desperdícios de paradas.



- A torre de controle incentiva a pró-atividade dos gestores, que podem tomar ações sobre os seus problemas a tempo de solucioná-los antes que causem maiores danos aos resultados de suas áreas.
- O SMATR ajuda no monitoramento do princípio enxuto de “fazer o valor fluir”, já que faz com que todos estejam empenhados em manter as células monitoradas operando e dentro de suas metas.
- O SMATR apóia o último princípio enxuto: “a busca pela perfeição”, já que todos estão empenhados em buscar continuamente ações de melhorias que possibilitem alcançar os maiores níveis de OEE, o que ocorreu na empresa em estudo, com a evolução de OEE de 39,59% iniciais para 71%.
- O SMATR não se chocou com os métodos de controle de produção hora-a-hora baseados no autocontrole pelos próprios operadores, utilizando a gestão à vista através de quadros nas células de manufatura. Os operadores continuam controlando sua produção nestes quadros da ME. O que mudou foi só a acurácia da anotação da causa de cada parada, que passou a ser feita no CLP de controle do sistema. Anteriormente, estas pequenas paradas não eram apontadas, e no fim do dia representavam um valor significativo, além de revelar a causa dos problemas e incentivar sua solução.
- Foi possível aumentar a quantidade produzida nas células de manufatura monitoradas proporcionalmente ao aumento do OEE (81%), principalmente através da redução das perdas por paradas e por ciclo de máquina, que eram as mais relevantes para a produtividade. A implantação da torre de controle junto com o sistema de MTR contribuiu para o ganho, já que acionava as pessoas responsáveis pela correção dos problemas que estavam causando as paradas enquanto estes estavam acontecendo. Isto não era possível pelo sistema de monitoramento anterior (através do apontamento em cartões) e nem pelos quadros de controle hora-a-hora.

O uso dos conceitos da ME e do gargalo produtivo para implantação do SMATR, conforme mostrado, foram de suma importância para o sucesso do estudo de caso.

Sobre a pesquisa realizada, concluiu-se que o trabalho teórico e prático desenvolvido nesta dissertação satisfaz aos objetivos gerais e específicos propostos, confirmando a hipótese de que a aplicação de um método para o monitoramento do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) em tempo real e a criação de uma Cadeia de Ajuda bem como um mecanismo para acioná-la (no caso, a torre de controle) aprimora a gestão a vista, o autocontrole pelos operadores e potencializa o ANDON. Isto faz com que as informações e/ou problemas anotados nos quadros pelos operadores cheguem rapidamente às pessoas que podem ajudá-los, de forma que os recursos fiquem menos tempo parados, o que aumenta a utilização da capacidade das células.

Como se trata de uma primeira abordagem sobre um método estruturado para a implantação SMATR, e como o próprio princípio de melhoria contínua sugere, existem muitas contribuições que podem ser feitas para a pesquisa apresentada, no intuito de agregar ao método. Algumas recomendações do autor estão explicitadas a seguir.

## 5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir desta pesquisa, sugere-se, para trabalhos futuros:

- Como delimitação do trabalho, foi apontada a aplicação do método proposto em apenas uma empresa de bens de consumo. Para testar o método, propõe-se como trabalho futuro a aplicação do método em outras empresas com características de processo, cultura e realidades diferentes da empresa apresentada, a fim de testar a sua eficácia em outros ambientes;
- O método sugerido foi aplicado somente para células com apenas quatro postos de trabalho, portanto, como sugestão para pesquisa, sugere-se que o método seja aplicado em células ou até linhas maiores;
- O método prevê três etapas, sendo que uma das etapas é a escolha do SMATR; para uma segunda rodada ou ampliação do sistema na mesma empresa, esta etapa perderá o sentido, já que o sistema escolhido será obviamente o mesmo; assim, uma sugestão seria estudar e reorganizar o método prevendo esta possibilidade.

## REFERÊNCIAS

- BAMBER, C. J.; CASTKA, P.; SHARP, J. M.; MOTARA, Y. Cross-functional team working for OEE. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 9, n. 3, 2003, p. 223-238.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos**: projeto e medida do trabalho. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.
- BLACK, J. T. **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: Bookman, 1998. 288p.
- BRAGLIA, M.; FROSOLINI, M.; ZAMMORI, F. Overall equipment effectiveness of a manufacturing line (OEEML) An integrated approach to assess systems performance. **Journal of Manufacturing Technology Management**. v. 20, n. 1, 2009, p. 8-29.
- BROWN, S. L.; EISENHARDT, K. M. **Estratégia Competitiva no Limiar do Caos**: uma visão dinâmica para as transformações corporativas. São Paulo: Pensamento-Cultrix, 2004.
- CAMPOS, Ticiano Bitencourt; PACHECO, Anderson Ricardo ; MAGANHOTO, Sergio Luis; GOMES FERREIRA, Marcelo Gitirana. Utilização da cadeia de ajuda no processo de desenvolvimento de produtos. Semana de Engenharia de Produção Sul-Americana – X SEPROSUL, 2010, Santiago (Chile). **Anais do X SEPROSUL**, 2010.
- COOPER, M. C.; LAMBERT, D. M.; PAGH, J. D. Supply chain management: more than a new name for logistics. **International Journal of Logistics Management**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 1997.
- CUSUMANO, M.A. **The Japanese Automobile Industry**: Technology and Management at Nissan and Toyota. Harvard East Asian Monographs, Harvard University Press, Boston, n. 122, 1985.
- D'AVENI, R. A. **Hypercompetition**: managing the dynamics of strategics maneuvering. New York: Free Press, 1994.

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

DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

GARZA-REYES, J. A.; ELDRIDGE, S.; BARBER, K. D.; SORIANO-MEIER, H. Overall equipment effectiveness (OEE) and process capability (PC) measures. A relationship analysis. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 27, n. 1, 2010, p. 48-62.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção – mais do que simplesmente Justin-time – Automação e Zero Defeitos**. Caxias do Sul: Educus, 1996. 177p.

GIBBONS, Paul M. Introducing OEE as a measure of lean Six Sigma capability. Faculty of Engineering, Industrial Doctorate Centre, Bristol University, Bristol, UK, and Stuart C. Burgess. **International Journal of Lean Six Sigma**, Emerald Group Publishing Limited. v. 1, n. 2, 2010. p. 134-156.

GOTOH, F.; TAJIRI, M. **Autonomous Maintenance in Seven Steps: Implementing TPM on the Shop Floor**. Portland: McGraw Hill, 1992.

HALL, R. W. **Excelência em produção: Just-in-time, qualidade total, envolvimento das pessoas**. 3. ed. São Paulo: Imam, 1988.

HANSEN, R. C. **Overall equipment effectiveness a powerful production/maintenance tool for increase profits**. New York: Industrial Press Inc., 2002.

HARDWARE MARKETPLACE. **Industry overview**. Disponível em: <<http://www.hardwaremarketplace.com/building-hardware/bathroom-hardware-industry-overview.html>>. Acesso: 29 ago. 2009.

HARMON, Roy L. **Reinventando a Fábrica: conceitos modernos de produtividade aplicados na prática**. Rio de Janeiro: Campus, 1991.

HARRIS, R.; HARRIS, C.; WILSON, E. **Fazendo fluir os materiais**. São Paulo. Lean Institute Brasil, 2004.

HAY, E. J. **Just in Time: Um exame dos novos conceitos de produção**. São Paulo: Maltese, 1992.

HILL, T. **Manufacturing strategy: text and cases**. 2. ed., Irwin, Boston, MA, 1994.

IMAI, M. **Kaizen**. São Paulo: MacGraw-Hill, 1989

JAYARAM, J.; DAS, A.; NICOLAE, M. Looking beyond the obvious: Unraveling the Toyota production system. **International Journal of Production Economics**, n. 128, 2010, p. 280-291.

JEONG, K.; PHILLIPS, D. T. Operational efficiency and effectiveness measurement. **International Journal of Operations & Production management**, v. 21, n. 11, 2001, p. 1404-1416.

JONSSON, P.; LESSHAMMAR, M. Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – the role of OEE. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 19, n. 1, 1999, p. 55-78.

KAMADA, S. A cadeia de ajuda para manter a estabilidade produtiva. **Lean Institute Brasil**, São Paulo, 2008. Disponível em: <[http://www.lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo\\_35.pdf](http://www.lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo_35.pdf)>. Acesso em: 23 jan. 2011.

KEYTE, B.; LOCHER, D. **The Complete Lean Enterprise: value streams mapping for administrative and office process**. New York: Productivity Press, 2004.

LEE-MORTIMER, A. A lean route to manufacturing survival. **Assembly Automation** – Emerald Group Publishing, v. 26, n. 4, 2006, p. 265-272.

- LEI - Lean Enterprise Institute. **Léxico Lean**. 2. ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2007.
- LEVITT, J. **Tpm Reloaded Total Productive Maintenance**. New York: Industrial Press Inc., 2010.
- LIKER, J. K. **The Toyota Way**, New York: McGraw-Hill, 2004.
- LIKER, J. K. **O Modelo Toyota**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- LIKER, J. K.; MEIER, D. **O modelo Toyota**: manual de aplicação. Tradução de Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- LJUNGBERG, O. Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 18, n. 5, 1998.
- MATTA, Andrea; SEMERARO, Quirico. Models for Capacity Planning in Advanced Manufacturing Systems. The Netherlands: Springer, 2005.
- MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção**. São Paulo: IMAM, 1984.
- MOURA, Reinaldo A. **Kanban: A Simplicidade do Controle da Produção**. 3. ed. São Paulo: IMAM, 1994.
- NACHIAPPAN, R. M.; ANANTHARAMAN, N. Evaluation of overall line effectiveness (OLE) in a continuous product line manufacturing system. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 17, n. 7, 2006, p. 987-1008.
- NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.
- OECHSNERA, R.; PFEFFERA, M.; PFITZNERA, L.; BINDERB, H.; ULLERB, E. M.; VONDERSTRASSB, T. From overall equipment efficiency (OEE) to overall Fab effectiveness (OFE). **Materials Science in Semiconductor Processing**, Cidade, n. 5, p. 333-339, 2003.

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

PEREIRA, F. A. **Desenvolvimento de um método para construção de MFVs apoiado por sistemas de posicionamento via satélite**. Qualificação (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2009.

PIATKOWSKI, M. **Training Recommendations for Implementing Lean**. Brookline: MA, Lean Interprise Institute, 2004.

PORTER, M. E. **Competitive strategy**: techniques for analyzing industries and competitors. New York: Free Press, 1980.

RICKETTS, J. A. **Reaching the goal** – how managers improve a service business using Goldratt's theory of constraints. Boston: IBM Press, 2007.

RON, A. J.; ROODA J. E. Equipment Effectiveness: OEE Revisited. **IEEE transactions on semiconductor manufacturing**, v. 18, n. 1, 2005.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando fluxo contínuo**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2001.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

RUSSOMANO, Victor H. **PCP, Planejamento e controle da produção**. 5. ed. rev. e ampl. São Paulo: Pioneira, c1995. 320p.

SCHONBERGER, R. J. **Técnicas Industriais Japonesas**: nove lições ocultas sobre simplicidade. 4. ed. São Paulo: Pioneira, 1992.

SEIBEL, S. **Um modelo de benchmarking baseado no sistema produtivo classe mundial para avaliação de práticas e performance da indústria exportadora brasileira**. 2004. 172f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de

Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de produção**: do ponto de vista da engenharia de produção. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996. 291p.

SHINGO, S. **A Revolution in Manufacturing**: The SMED System. Cambridge: Productivity Press, 1983.

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

SIAMFESP – Sindicato das Indústrias de Artefatos de Metais Não Ferrosos. **Caracterização da indústria de metais sanitários**, 2000. Disponível em: <<http://www.spdesign.sp.gov.br/sanita/sanita1.htm>>. Acesso em: 29 ago. 2009.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. Florianópolis: UFSC, 2001.

SILVA, G. G. M. P. **Implantando a Manufatura Enxuta**: um método estruturado. 2009. 157f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SPROULL, R. **The ultimate improvement cycle**: Maximizing profits, through the integration of lean, six sigma, and the theory of constraints. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2009.

TAN, K. H.; PLATTS, K. Operationalising strategy: Mapping manufacturing variables. **International Journal of Production Economics**, n. 89, 2004, p. 379-393.

THE PRODUCTIVITY DEVELOPMENT TEAM. **OEE for operators**. Portland: Productivity Inc., 1999. (Shopfloor Series.)



TOMPKINS, J. A. et al. **Facilities planning**. 2. ed., New York: John Wiley, 1996

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle de produção teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2007.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle de produção**. São Paulo: Atlas, 2000.

WILSON, L. **How to implement lean manufacturing**. New York: Mc Gran Hill, 2010.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade Enxuta nas Empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992. 347p.

YU-LEE, R. T. **Essentials of capacity management**. New York: John Wiley & Sons Inc, 2002.







## IMPLANTAÇÃO DO SMATR - FORMULÁRIO DE APOIO - ETAPA 3

### 3- Aplicação do Sistema de Monitoramento Automático em Tempo Real (SMATR) e Torre de Controle

#### a. Treinamento Operacional do SMATR

Local de realização:	
Data:	
Instrutor:	

#### Itens a serem checados:

Preparação do material de Treinamento		(OK/NOK)
Convocação dos participantes		(OK/NOK)
Registro do treinamento RH		(OK/NOK)

#### b. Processamento de sinais e obtenção das informações gerenciais

##### Itens a serem checados:

Simular paradas e verificar se o sistema está registrando  
 Checar número do OEE  
 Verificar se os alertas estão funcionando

#### c. Montagem da Memória Industrial

##### Itens a serem checados:

Dados estão sendo gravados corretamente? Tirar relatórios e conferir.

#### d. Detecção dos Problemas e acionamento da Cadeia de Ajuda

As pessoas estão sendo encontradas nos ramais listados no procedimento  
 A cadeia de ajuda está agindo rapidamente quando solicitada



## APÊNDICE B – Treinamento padronizado OEE

**Monitoramento em tempo real da Eficácia Global dos Equipamentos (OEE) como prática de apoio à Manufatura Enxuta**

**Cenário**

- Mercado em crescimento
- Aumento de Demanda
- Tendência em aumentar mix de produtos
- Entrada de novos concorrentes – aumento da competitividade

**Desafios**

- ↑ Produtividade
- ↓ Reduzir custos

*Combate aos desperdícios*

- Identificação dos desperdícios
- Ações eficazes para este combate

**Manufatura Enxuta - ME**

- = Lean Manufacturing
- Estratégia de produção baseada no Sistema Toyota de Produção
- Melhorar continuamente o sistema produtivo eliminando os desperdícios de todas as atividades que não agregam valor ao cliente

**OEE Eficácia Global do Equipamento (Overall Equipment Effectiveness)**

- Indicador que mostra a diferença entre o ideal e o real
- Considera três aspectos
  - Perdas de tempo (paradas) que se refere a disponibilidade
  - Perdas de velocidade (máquina operando abaixo do ideal) que se refere a performance
  - Perdas de qualidade (máquina produzindo peças com defeito) referente a qualidade

**OEE**

Perdas

- Disponibilidade
  - 1. Quantidade alta
  - 2. Setup e trocas
  - 3. Perdas Engenharia
- Performance
  - 4. Pequenas Paradas
  - 5. Queda de Velocidade
- Qualidade
  - 6. Refugo
  - 7. Retrabalho

**OEE**

Tempo Total			
Tempo Disponível			Horas não Disp.
Tempo Trabalhado 1		Horas Paradas	
Tempo Trabalhado 2			
Tempo Produtivo	Paradas	Tempo	

**Modelo Tradicional de Monitoramento**

- Dados apontados manualmente
  - Não há confiabilidade
  - Muitos recursos (humano e tempo) no levantamento de dados e informações
  - Pouco tempo para dedicar a geração de conhecimento que é o que traz resultado a empresa
  - Atraso na informação para os gestores
  - Não há como perceber perdas por ciclo

