Campus de São Carlos

**PROPOSIÇÃO DE UMA REDE DE
RELACIONAMENTO ENTRE INDICADORES DE
DESEMPENHO, A PARTIR DA INTEGRAÇÃO
ENTRE SISTEMAS DE GESTÃO DA PRODUÇÃO**

Ronaldo Mardegan

Orientador: Prof. Dr. Carlos Frederico Bremer

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

Ronaldo Mardegan

**PROPOSIÇÃO DE UMA REDE DE RELACIONAMENTO ENTRE
INDICADORES DE DESEMPENHO, A PARTIR DA INTEGRAÇÃO ENTRE
SISTEMAS DE GESTÃO DA PRODUÇÃO**

DEDALUS - Acervo - EESC

31100048840

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP
EXEMPLAR REVISADO
Data de entrada no Serviço... 17/05/04
Ass.: *Leandro Coriolo*

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia
de São Carlos da Universidade de São Paulo,
como parte dos requisitos para a obtenção do
Título de Mestre em Engenharia de Produção

ORIENTADOR: Prof. Dr. Carlos Frederico Bremer

São Carlos

2004

Class.	TESE EESC
Cott.	3476
Tombo	T144/04
Sysno	

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento da
Informação do Serviço de Biblioteca - EESC/USP

M322p Mardegan, Ronaldo
Proposição de uma rede de relacionamento entre indicadores de desempenho, a partir da integração entre sistemas de gestão da produção / Ronaldo Mardegan. -- São Carlos, 2004.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2004.
Área : Engenharia de Produção.
Orientador: Prof. Dr. Carlos Frederico Bremer.

1. ERP. 2. MES. 3. SCADA. 4. Sistemas de medição de desempenho. 5. Dimensões competitivas de manufatura.
I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **RONALDO MARDEGAN**

Dissertação defendida e julgada em 16-02-2004 perante a Comissão Julgadora:

Dr. **CARLOS FREDERICO BREMER (Orientador)**
(AXIA Consulting)

APROVADO

Prof. Tit. **JOÃO FERNANDO GOMES DE OLIVEIRA**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADO

Prof. Dr. **PAULO ROGÉRIO POLITANO**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

APROVADO

Prof. Doutor **EDMUNDO ESCRIVÃO FILHO**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Produção

Profa. Assoc. **MARIA DO CARMO CALIJURI**
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

À meu pai Alfeu e minha mãe Maria Helena,
por terem me dado todas as condições
para que eu chegasse até aqui.

Primeiramente, agradeço à Deus por tudo;

Agradeço à toda a minha família, pelo apoio incondicional ao meu desenvolvimento pessoal;

À FAPESP pela bolsa concedida;

Ao Prof. Dr. Carlos Bremer, pela ajuda na elaboração e finalização desse trabalho;

Aos Profs. João Fernando e Reginaldo, pela orientação durante a fase de desenvolvimento da dissertação;

Ao Prof. Antônio Rentes, pelas dicas úteis dadas no fim desse trabalho;

Agradeço à Raquel, por me dar estabilidade emocional para eu seguir sempre em frente;

Aos amigos do NUMA e do laboratório de engenharia de produção, que contribuíram com opiniões para a realização do mesmo;

Aos amigos Mateus, Kleber e Leandro, pelas dicas úteis na fase de desenvolvimento do trabalho;

Ao Giancarlo, pelas valiosas discussões;

Aos amigos Cesar e Ricardo que juntos, durante o período de mestrado, transformamos muitas idéias em realizações.

“No meio do caminho tinha uma pedra
Tinha uma pedra no meio do caminho”
(*Carlos Drummond de Andrade*)

RESUMO

MARDEGAN, R. (2003). *Proposição de uma rede de relacionamento entre indicadores de desempenho, a partir da integração entre sistemas de gestão da produção*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

Mostra a importância da integração dos sistemas de gestão da produção (ERP, MES e SCADA), a fim de se integrar todos os processos de negócios de uma organização, desde o nível operacional até o nível estratégico.

Relata a relevância de se ter, aliado aos sistemas de gestão da produção, sistemas de medição de desempenho, que possam auxiliar no processo de tomada de decisão.

Desenvolve, utilizando uma relação de causa e efeito, uma rede de relacionamento entre indicadores de desempenho, a partir de dados coletados automaticamente do chão de fábrica em empresas de manufatura discreta que utilizam processos de usinagem, apontando o impacto de cada indicador nas cinco dimensões competitivas de manufatura.

Define a fórmula de cada indicador de desempenho a partir da análise conceitual destes indicadores, e identifica quais dos sistemas (ERP, MES ou SCADA) seriam mais adequados para fornecer tais indicadores.

Palavras – chave: ERP, MES, SCADA, Sistemas de Medição de Desempenho, Dimensões Competitivas de Manufatura

ABSTRACT

MARDEGAN, R. (2003). Proposition of a performance measures relationship net, by the integration between production planning and control systems. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

Shows the importance of the integration of production planning and control systems (ERP, MES and SCADA), in order to integrate all the business process of an organization from the operational level to the strategic level.

Mention the significance of having performance measurement systems associated with production planning and control systems in order to help the decision process.

Develop, using a cause and effect analysis, a performance measures relationship net from automatic shop floor data collection in discrete manufacturing enterprise, pointing out the impact of each indicator, in the five manufacturing competitive strategy.

Define the formula of each performance measures from the conceptual analysis of this measures, and identify which of this systems (ERP, MES and SCADA) would be suitable to provide such measures.

Key Words: ERP, MES, SCADA, Performance Measurement Systems, Manufacturing Competitive Strategy.

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Relacionamento entre estratégias organizacionais e indicadores de desempenho.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 2: Fases da Pesquisa.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 3: Planejamento e Controle da Manufatura.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 4 – Níveis de Tratamento de Capacidade.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 5- Volume de produção x variedade de produtos</i>	<i>19</i>
<i>Figura 6: Tipologias de Produção e lead time.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 7: Ciclo fechado MRP.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 8 – Estrutura típica de um sistema ERP.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 9: Possíveis fluxos de dados do MRP II para o MES.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 10: Arquitetura de Integração.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 11: Modelo Acumulativo ou “Cone de Areia”</i>	<i>43</i>
<i>Figura 12: Custos como consequência das demais dimensões competitivas.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 13: Visão Sistêmica da Medição de Desempenho.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 14: O processo de gestão do desempenho.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 15: O processo de gestão do desempenho e o sistema de medição de desempenho.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 16: As quatro perspectivas do Balanced Scorecard –.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 17: Relacionamento genérico entre medidas de um Balanced Scorecard.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 18: Ilustração de Indicadores variando de acordo com os níveis organizacionais.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 19: Exemplo de uma tela de um sistema SCADA.....</i>	<i>80</i>

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Módulos e Funcionalidades dos Principais ERPs.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabela 2: Informações Gerenciais.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabela 3: Informações Tecnológicas.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabela 4: Diferenças entre os SMDs Tradicionais e Atuais.....</i>	<i>51</i>

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APICS	<i>American Production and Inventory Control Society</i>
BSC	<i>Balanced Scorecard</i>
ERP	Enterprise Resource Planning
MES	<i>Manufacturing Execution System</i>
MTS	<i>Make to Stock</i>
NUMA	<i>Núcleo de Manufatura Avançada</i>
SAP	<i>Systems, Applications and Products in Data Processing</i>
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SMD	Sistema de Medição de Desempenho
S&OP	<i>Sales and Operations Planning</i>
TI	Tecnologia da Informação

SUMÁRIO

RESUMO.....	IV
ABSTRACT.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE TABELAS.....	VII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	VIII
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 DEFINIÇÕES DO TRABALHO	2
1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVAS DO TEMA DE PESQUISA.....	2
1.3 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA.....	5
1.4 PROBLEMA ABORDADO NA PESQUISA	6
1.5 OBJETIVOS DO TRABALHO.....	7
1.6 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	8
1.7 MÉTODO DE PESQUISA	8
1.7.1 Escolha do Método de Pesquisa e das Técnicas de Coleta de Dados.....	8
1.7.2 Programação do Trabalho.....	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 GESTÃO DA PRODUÇÃO.....	12
2.1.1 Classificação dos Sistemas Produtivos.....	16
2.2 HISTÓRIA DO SISTEMA MRP, MRP II E ERP	20
2.3 SISTEMAS DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO.....	22
2.4 SISTEMAS ERP	23
2.4.1 As Principais Funcionalidades de um sistema ERP	24
2.4.2 Estrutura de um Sistema ERP	27
2.4.3 Aspectos Negativos dos Sistemas ERP.....	28
2.5 MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM (MES).....	28
2.5.1 Benefícios do MES.....	30
2.5.2 Funcionalidades do MES.....	31
2.6 SISTEMA DE SUPERVISÃO, AQUISIÇÃO E CONTROLE DE DADOS.....	33
2.6.1 Introdução.....	33
2.6.2 Níveis do Sistema SCADA.....	34
2.6.3 Funcionalidades do Sistema SCADA.....	34

2.6.4	<i>Benefícios do Sistema SCADA</i>	35
2.7	COLETA DE DADOS	35
2.7.1	<i>Sensores</i>	37
2.8	ARQUITETURA DE INTEGRAÇÃO.....	37
2.9	INFORMAÇÕES DO CHÃO DE FÁBRICA	39
2.9.1	<i>Informações Gerenciais</i>	39
2.9.2	<i>Informações Tecnológicas</i>	39
2.10	IMPORTÂNCIA DA INTEGRAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS DE GESTÃO DA PRODUÇÃO E COLETA AUTOMÁTICA DE DADOS	40
2.11	ESTRATÉGIA DE MANUFATURA	42
2.11.1	<i>Qualidade</i>	44
2.11.2	<i>Dimensão Velocidade de Entrega</i>	45
2.11.3	<i>Dimensão Confiabilidade de Entrega</i>	46
2.11.4	<i>Flexibilidade</i>	46
2.11.5	<i>Custos</i>	47
2.12	MEDIÇÃO DE DESEMPENHO.....	48
2.12.1	<i>O que é Medição de Desempenho</i>	48
2.12.2	<i>Sistemas de Medição de Desempenho</i>	49
2.12.3	<i>Comparação entre os sistemas de Medição de Desempenho Atuais e Tradicionais</i>	50
2.12.4	<i>A Gestão de Desempenho</i>	53
2.12.5	<i>Modelos de Sistemas de Medição de Desempenho</i>	55
2.12.6	<i>Balanced Scorecard</i>	56
2.12.7	<i>Relações de Causa e Efeito no Balanced Scorecard</i>	58
3	DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA	60
3.1	ESTRUTURA DE UM SISTEMA DE MEDIÇÃO DE DESEMPENHO	61
3.2	DESENVOLVIMENTO DA REDE DE RELACIONAMENTO ENTRE INDICADORES DE DESEMPENHO ..	63
3.2.1	<i>Relação de causa e efeito dos indicadores de desempenho relacionados com a dimensão competitiva custo</i>	63
3.2.2	<i>Relação de causa e efeito dos indicadores de desempenho relacionados com a dimensão competitiva flexibilidade</i>	66
3.2.3	<i>Relação de causa e efeito dos indicadores de desempenho relacionados com a dimensão competitiva qualidade</i>	68
3.2.4	<i>Relação de causa e efeito dos indicadores de desempenho relacionados com a dimensão competitiva velocidade de entrega</i>	70
3.2.5	<i>Relação de causa e efeito dos indicadores de desempenho relacionados com a dimensão competitiva confiabilidade de entrega</i>	73
3.3	COMENTÁRIOS SOBRE A REDE DE RELACIONAMENTO ENTRE INDICADORES DE DESEMPENHO ..	75
3.4	QUEM IRÁ SE UTILIZAR ESSES INDICADORES	75
3.5	CONTRIBUIÇÃO DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO PARA A AQUISIÇÃO DOS DADOS RELACIONADOS AOS INDICADORES	75

3.5.1	Sistemas SCADA:	76
3.5.2	Sistemas MES:	77
3.5.3	Sistemas ERP:	78
3.6	DESENVOLVIMENTO DE UMA PROPOSTA DE USO DO SISTEMA SCADA COMO MEIO DE AUXILIAR O PROCESSO DE MEDIÇÃO DE DESEMPENHO	79
4	CONCLUSÕES FINAIS	81
4.1	PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS	82
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
	ANEXO A	89
	ANEXO B	100
	APÊNDICE	104

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho está dividido em quatro partes principais. O capítulo 1, onde é relatado as definições do trabalho; o capítulo 2, onde é feita a revisão bibliográfica dos conceitos relativos à gestão da produção, sistemas ERP, MES e SCADA; sistemas de medição de desempenho e estratégias de manufatura.

A terceira parte se refere ao desenvolvimento da proposta em si, com a descrição da rede de relacionamento entre indicadores de desempenho, construída com base nas cinco dimensões competitivas da manufatura.

E por fim, tem-se o capítulo 4, onde são feitas as conclusões finais.

1.1 Definições do trabalho

Esse capítulo relata o contexto no qual se insere esse trabalho, as justificativas do tema de pesquisa, suas contribuições, o problema de pesquisa, os objetivos, suas limitações, e o método de pesquisa.

1.2 Contextualização e Justificativas do Tema de Pesquisa

Tradicionalmente, as empresas são organizadas em estruturas departamentais, as quais são responsáveis por atividades específicas.

Com a evolução e a crescente utilização dos sistemas ERP, as empresas começam a ter uma forte tendência em deixar a visão departamental, passando para uma visão mais focada em processos de negócios.

Segundo Rozenfeld (2000), um processo de negócio compreende um conjunto de atividades que utiliza os recursos e as informações da empresa. Para Agostinho (1997) tais atividades devem ser encadeadas e logicamente ordenadas, respeitando-se as regras de precedência.

Os sistemas ERP são sistemas de gestão empresarial caracterizados principalmente por abranger um amplo escopo de funcionalidades, pela integração de seus dados e pela capacidade de adaptação a vários tipos de organização (ZANCUL, 2000).

Tais sistemas melhoram o fluxo de dados nas empresas e facilitam o acesso às informações gerenciais, resultando, por vezes, em enormes ganhos de produtividade e em maior velocidade de resposta (DAVENPORT, 1998). Porém, nesses sistemas há vários problemas identificados pelos usuários e, parte desses problemas, se refere à qualidade dos dados de entrada e a pouca abrangência que esses sistemas têm nos processos de negócios envolvidos com o chão de fábrica.

Paralelamente à implantação de sistemas ERP, as empresas têm buscado outras alternativas para melhorar tanto a eficiência quanto a eficácia dos seus processos de negócios.

Entre essas alternativas, a coleta automática de dados do chão de fábrica surge como uma ferramenta importante na tentativa de se ter uma maior exatidão nos dados que fazem parte do processo produtivo. Segundo Caetano (2000), essa coleta de dados é caracterizada pelo uso de sensores no monitoramento da máquina (desempenho e diagnósticos), da ferramenta (desgaste, alinhamento, lubrificação), da peça (dimensões e

geometria, rugosidade, tolerância) e do próprio processo (formação de cavaco, temperatura, energia consumida, número de peças).

Usualmente, os próprios operadores dos equipamentos envolvidos nos processos produtivos fazem os apontamentos relativos à produtividade; tempos de set-up e manutenção, horários de início e término das operações, entre outros. Segundo Favaretto (2000), esses apontamentos podem apresentar imperfeições e imprecisões devido à falta de habilidade ou atenção do operador; falta de equipamentos de medição adequados (contadores, cronômetros e outros) e falta de procedimentos e sistemática adequada para a realização dos apontamentos.

Como no ERP os dados são integrados, as informações do chão de fábrica não são usadas somente no processo produtivo, mas também por outras áreas funcionais da empresa, tais como Desenvolvimento de Produtos, Finanças, Controladoria, Vendas, Planejamento, entre outras.

Se esses apontamentos forem feitos de forma imprecisa ou incorreta, todos os processos de negócios que se utilizam desses dados serão prejudicados, tendo-se informações não reais do chão de fábrica e uma seqüência de erros (FAVARETTO, 2000).

Apesar dos sistemas ERPs serem vistos como uma forma de integração dos processos de negócios envolvidos numa empresa, como supracitado, nem sempre eles conseguem abranger todos esses processos. Nesse contexto, podemos destacar a lacuna existente entre os sistemas ERP e o chão de fábrica, ou seja, os sistemas ERP não possuem funcionalidades que suportem com detalhes os eventos ocorridos nesse ambiente. Segundo Brown (2001) o objetivo inicial dos sistemas ERPs não era de melhorar as operações de manufatura, e sim de reduzir os esforços na gestão do fluxo de dados e de papéis. Sistemas mais antigos como o R/2 (SAP), simplesmente integraram dados operacionais e financeiros em uma única base de dados. Eles foram projetados por pessoas da área financeira e contábil com a ajuda de pessoas da área computacional.

Porém, já existem no mercado sistemas que preenchem essas lacunas, que são os chamados sistemas SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) e MES (*Manufacturing Execution Systems*). Os sistemas MES são voltados fundamentalmente para a gestão e o controle do chão de fábrica. Já os sistemas SCADA são utilizados como uma ferramenta de monitoramento e controle, num horizonte de tempo bem mais curto se comparado com o MES.

É inegável a grande contribuição que a integração desses sistemas trazem para as empresas. Apesar disso, o potencial integrador desses sistemas poderia ser melhor explorado, gerando vantagens competitivas ainda maiores para as empresas.

Segundo Baretta (2002), apesar dos amplos investimentos realizados em sistemas de gestão empresarial, tais como os ERPs, muitas empresas estão começando a admitir que o real impacto desses sistemas nas práticas de gestão está bem abaixo das expectativas, especialmente no que se refere à integração da organização.

Argumenta-se que os ERPs possuem um amplo potencial para a integração, porém a sua simples implementação não é suficiente para ativar as suas potencialidades.

Apesar da integração entre os sistemas ERP, MES e SCADA serem extremamente necessários para as empresas, eles, por si só, não conseguem direcionar ações para um aumento de vantagem competitiva de acordo com a estratégia adotada pela empresa.

Nesse sentido, um sistema de medição de desempenho poderia ser uma ferramenta extremamente valiosa para expandir e explorar de maneira mais ampla as potencialidades desses sistemas.

Medidas de desempenho são relevantes tanto para a tomada de decisões internas, fornecendo informações que facilitam e motivam ações e comportamentos, quanto para a organização como um todo, direcionando os esforços das pessoas de maneira que promova a eficiência da organização (BELKAOUI, 1980). Além disso, tais medidas promovem a integração facilitando a comunicação dentro da organização (JOHANSON & OSTMAN, 1995).

Os sistemas de medição de desempenho atuais, têm como algumas de suas características: estar alinhado com a estratégia competitiva da empresa, ter medidas financeiras e não-financeiras, facilitar o entendimento das relações de causa e efeito e, suportar o processo de melhoria contínua.

Segundo Neely (1999), o direcionador final na revolução dos sistemas de medição de desempenho é, sem dúvida, a força da tecnologia de informação. Não só porque tornou a captura e a análise dos dados mais fácil, mas também abriu novas oportunidades para a revisão dos dados e uma ação subsequente.

Ainda Neely (1999) diz que está havendo um rápido crescimento na demanda por sistemas de informações gerenciais nos últimos anos. De fato, muitos vendedores de pacotes de softwares estão agora unindo os seus produtos com estruturas de medição de desempenho. Um exemplo disso é o *Balanced Scorecard*.

É dentro desse contexto que se insere essa pesquisa, ou seja, será proposta uma rede de relacionamento entre indicadores de desempenho que possa auxiliar as empresas no seu processo de tomada de decisão, a partir da integração entre os sistemas ERP, MES e SCADA.

1.3 Contribuições da Pesquisa

Atualmente, é bem ampla a utilização de sistemas de gestão empresarial no dia a dia das empresas a fim de se ter a integração de seus processos de negócios. Apesar desses sistemas serem extremamente úteis nessa integração, percebeu-se que eles podem ter seu uso melhorado se forem utilizados conjuntamente com um sistema de medição de desempenho que esteja alinhado com a estratégia da organização.

Por outro lado, o uso de sistemas de coleta automática de dados do chão de fábrica parece ser uma tendência crescente nas indústrias de manufatura discreta. Segundo Dickinson et al. (1997), os gestores que possuírem o entendimento dos objetivos de uma coleta de dados, serão capazes de decidirem mais adequadamente o que medir e como a informação será utilizada.

O estudo das relações entre a coleta automática de dados do chão de fábrica e os sistemas de medição de desempenho parece ser algo incipiente, visto que não foi encontrado na literatura ou em *softwarehouses* algo que relatasse essa integração.

Nesse sentido, o trabalho irá contribuir para um maior entendimento das relações supracitadas, através do desenvolvimento de uma rede de relacionamento entre indicadores de desempenho, levando-se em consideração os dados coletados automaticamente do chão de fábrica de empresas que utilizam processos de usinagem até o nível das dimensões competitivas da manufatura.

Essa rede poderá ser utilizada como um modelo estrutural inicial que auxiliará as empresas no desenvolvimento de um sistema de medição de desempenho que contemple indicadores no nível operacional.

Além disso, ela poderá ser utilizada conjuntamente com os sistemas de informação voltados à gestão, controle e supervisão da produção, auxiliando e melhorando o processo de tomada de decisão das empresas, além de potencializar o uso desses sistemas.

Em relação ao setor acadêmico espera-se contribuir com o levantamento de outras questões que servirão como base para pesquisas futuras, além da divulgação de fontes bibliográficas e dados para tais pesquisas.

1.4 Problema Abordado na Pesquisa

Segundo Cervo & Bervian (1983), a pesquisa é uma atividade voltada para a solução de problemas por meio do emprego de processos científicos. A pesquisa parte de uma dúvida ou problema e, com o uso do método científico, busca uma resposta ou solução. Ainda, segundo Cervo & Bervian (1996), nem sempre são encontradas soluções imediatas para os problemas, mas cabe o mérito ao pesquisador de ter aberto o caminho. Para Silva & Menezes (2000), a pesquisa científica depende da formulação adequada do problema de pesquisa, uma vez que ela objetiva buscar a solução do mesmo. Logo, todo o processo de pesquisa irá girar em torno dessa solução.

Almejando atender os aspectos acima citados, o problema de pesquisa desse trabalho é apresentado na forma de uma pergunta:

Como seria uma rede de relacionamento entre indicadores de desempenho, desenvolvida a partir da integração entre os sistemas de gestão da produção e das dimensões competitivas de manufatura, em empresas de manufatura discreta que utilizam processos de usinagem ?

Os fatores que motivaram a formulação desse problema de pesquisa foram:

- O potencial de integração dos sistemas de informação voltados à gestão da produção poderá ser melhorado se for utilizado conjuntamente com os modelos de sistemas de medição de desempenho atuais;
- A coleta automática de dados do chão de fábrica ser uma tecnologia recente em empresas de manufatura discreta que utilizam processos de usinagem;
- Não foi encontrado na literatura, em documentos ou em *softwarehouses* algo que mostrasse uma relação entre os sistemas de gestão da produção, sistemas de medição de desempenho atuais e a coleta automática de dados do chão de fábrica;
- Até o presente momento não foi encontrado nenhum material que relatasse uma possível rede de relacionamento entre indicadores de desempenho nos níveis operacional e tático, a partir de dados coletados automaticamente do chão de fábrica.

Portanto, diante do problema de pesquisa e dos itens expostos acima, definiram-se os objetivos desse trabalho.

1.5 Objetivos do Trabalho

O objetivo principal desse projeto foi criar condições para uma maior integração da empresa como um todo, através do uso conjunto de sistemas de gestão, controle e monitoramento da produção e de sistemas de medição de desempenho.

Para que o objetivo do trabalho fosse atingido, foi criada uma rede de indicadores de desempenho que obedeceram a uma relação de causa e efeito, alinhados nos níveis operacional, tático e estratégico da empresa. Vale lembrar que esses indicadores foram desenvolvidos a partir dos dados coletados automaticamente do chão de fábrica, e a ênfase foi dada nos níveis operacional e tático.

A pesquisa propiciou uma visão geral do relacionamento entre esses indicadores nos cinco critérios competitivos da manufatura que são: velocidade de entrega, confiabilidade de entrega, custo, qualidade e flexibilidade.

A Figura 1 mostra o relacionamento entre as estratégias de uma organização nos seus diferentes níveis e tipos de indicadores de desempenho relacionados com cada nível.

Figura 1: Relacionamento entre estratégias organizacionais e indicadores de desempenho

Adaptado de MARTIN (1997)

Não se pretende com essa pesquisa criar um modelo de indicadores de desempenho e sim, propor de uma rede de relacionamento entre indicadores de chão de fábrica, os quais poderão ser utilizados para se atingir as 5 (cinco) dimensões competitivas da manufatura.

1.6 Limitações da Pesquisa

Esse trabalho não tem como objetivo abordar todos os possíveis indicadores de desempenho relacionados com as cinco dimensões competitivas de manufatura. A rede de indicadores desenvolvida tem como foco principal indicadores que estejam relacionados com dados que podem ser coletados automaticamente de empresas de manufatura discreta que utilizam processos de usinagem.

Além disso, a rede de relacionamento desenvolvida é apenas um modelo inicial, um exemplo a ser seguido, mas que poderá ser adaptado de acordo com as necessidades e características de uma determinada empresa.

1.7 Método de Pesquisa

1.7.1 Escolha do Método de Pesquisa e das Técnicas de Coleta de Dados

De acordo com Silva & Menezes ¹ apud Santa Eulália (2001), pode-se definir e classificar a pesquisa quanto à forma de abordagem do problema em duas opções: a pesquisa quantitativa e a qualitativa. No caso, essa pesquisa foi classificada como qualitativa, visto que não foi possível traduzir em números esse trabalho.

Ainda, segundo Cervo & Bervian (1996) a pesquisa pode ser dividida em três tipos principais: a pesquisa bibliográfica, a descritiva e a experimental. Para os fins desse trabalho, utilizamos a pesquisa bibliográfica e a descritiva como forma de coleta de dados e solução dos problemas propostos.

A primeira forma de coleta de dados foi a pesquisa bibliográfica, buscando-se materiais e documentos que abordaram os conceitos relacionados com os assuntos tratados, tais como gestão da produção e do chão de fábrica, sistemas ERP, MES, SCADA, sistemas de medição de desempenho, entre outros.

¹ SILVA, E. L.; MENEZES, E.M. : *Metodologia de pesquisa e elaboração de dissertação*. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2000.

A pesquisa bibliográfica procura explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em documentos, buscando-se conhecer e analisar as contribuições culturais ou científicas existentes no passado sobre um determinado assunto, tema ou problema.

Em relação à pesquisa descritiva, essa observa, registra, analisa e correlaciona fatos, fenômenos ou variáveis sem manipulá-los. A pesquisa descritiva pode assumir diversas formas, dentre as quais podemos destacar os estudos de caso e os estudos exploratórios. No caso dessa pesquisa, utilizamos apenas o estudo exploratório. Segundo Cervo & Bervian (1996), os estudos exploratórios restringem-se a buscar maiores informações sobre determinado assunto de estudo. Tem por objetivo familiarizar-se com o fenômeno ou obter nova percepção do mesmo e descobrir novas idéias. O estudo exploratório é recomendado quando há poucos conhecimentos sobre o problema a ser estudado. No caso, ele se encaixou nessa pesquisa, visto que não foi encontrado na literatura algo que contemplasse uma rede de indicadores de desempenho desde o nível de chão de fábrica até as estratégias competitivas da manufatura.

Ainda em relação a segunda forma de coleta de dados, uma entrevista não estruturada foi aplicada. Segundo Eulália (2001), as entrevistas podem ser divididas em duas classes básicas: as estruturadas e as não estruturadas. A estruturada desenvolve-se a partir de uma relação fixa de perguntas; enquanto que a não estruturada tem como objetivo principal ter uma visão geral do problema pesquisado, bem como alguns aspectos mais específicos.

Para os fins desse trabalho, foi aplicada uma entrevista não estruturada em uma empresa do setor metal mecânico de auto peças, a qual recentemente implementou um software SCADA em uma de suas células de manufatura. Essa empresa é uma das maiores fornecedoras de peças e sistemas automotivos do mundo e líder na fabricação de componentes e sistemas de direção e suspensão.

Decidiu-se por aplicar o questionário nessa empresa, visto que ela é uma das poucas empresas de manufatura discreta que possuem softwares SCADA monitorando uma linha de produção que realiza processos de usinagem.

1.7.2 Programação do Trabalho

Segundo Cervo & Bervian (1983), é importante ter uma programação da pesquisa científica a fim de se atingir com maior precisão os objetivos propostos dentro de um cronograma preestabelecido. Nesse sentido, foi definido um seqüenciamento macro de atividades, que chamamos de fases da pesquisa.

1.7.2.1 Fases da Pesquisa

A Figura 2 mostra esquematicamente as fases da pesquisa que foram realizadas nesse projeto, de acordo com a sua duração e a sua seqüência.

Figura 2: Fases da Pesquisa

A. Definições do Trabalho

Essa fase corresponde à formulação inicial da pesquisa realizada, tais como o problema a ser abordado, os objetivos da pesquisa, a metodologia utilizada, e as etapas de planejamento e programação da pesquisa.

B. Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica, como citado no item 1.7.1, é a revisão de toda a literatura correspondente ao tema que está sendo estudado. Ela é importante para se evitar duplicidade de pesquisa e inteirar o pesquisador sobre os conceitos dentro do tema abordado. Segundo Cervo & Bervian (1996), geralmente constitui o primeiro passo de qualquer pesquisa científica. As etapas referentes à pesquisa bibliográfica são a descrição dos conceitos relativos à gestão da produção, sistemas ERP, MES e SCADA; além dos sistemas de medição de desempenho e das estratégias competitivas de manufatura.

C. Entrevistas

Como mencionado no item 1.7.1, uma das formas de coleta de dados foi através de entrevistas não estruturadas, procurando-se obter maiores informações sobre os

indicadores de desempenho utilizados em uma empresa de manufatura discreta que coleta dados automaticamente dos seus processos de usinagem.

D. Desenvolvimento da Rede de Indicadores

As etapas dessa fase foi o desenvolvimento de uma rede de indicadores de desempenho, levando-se em consideração relações de causa e efeito entre esses indicadores e, tendo-se como foco os processos de negócios relacionados com os níveis operacional e tático.

E. Descrição Final dos Resultados

Nessa etapa, serão realizadas a discussão dos resultados e as conclusões finais dessa pesquisa e a proposição de trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Gestão da Produção

As principais atividades do processo de gestão da produção são o planejamento, a programação e o controle da produção (CORRÊA et al., 1997). O termo Planejamento e Controle da Produção (PCP) pode ser definido como sendo um conjunto de atividades gerenciais a serem executadas para que se concretize a produção de um produto (PIRES, 1995).

A integração dessas atividades determina quão bem a empresa irá atender os seus clientes e ganhar uma posição competitiva no mercado (VOLLMANN et al., 1993). Além disso, essa integração pode introduzir melhorias significativas para a eficiência das condições de produção, através da redução de conflitos de programação, redução do tempo de fluxo e dos materiais em processo, aumento da utilização dos recursos da produção e adaptação a eventos irregulares do chão de fábrica (KIM et al., 1997).

Para VOLLMANN et al. (1997), um sistema de PCP fornece informações para um gerenciamento eficiente do fluxo de materiais, uma utilização eficaz de recursos, uma coordenação interna das atividades com fornecedores e uma comunicação com os clientes sobre os requisitos de mercado.

Vários termos são freqüentemente utilizados na língua portuguesa para tratar o mesmo assunto, tais como: gestão da produção, gerenciamento da produção, administração da produção e, planejamento e controle da produção (PIRES, 1995).

Segundo ARNOLD et al., (2001) um sistema de planejamento e controle da produção deve responder a quatro perguntas:

1. O que produzir ?
2. Quais recursos serão necessários ?
3. Quais já possuímos ?
4. Do que precisamos?

Essas quatro perguntas dependem de prioridades estabelecidas pelo mercado, relacionadas com quais produtos, em que quantidade e para quando o mercado os quer; e da capacidade (máquinas, mão-de-obra, materiais e recursos financeiros) disponível para produção de bens e serviços.

Independentemente do sistema produtivo e abordagem utilizada pelo PCP, existem algumas atividades que são tradicionalmente inerentes à sua realização (PIRES, 1995).

Segundo ARNOLD et al., (2001), as 5 (cinco) atividades principais realizadas pelo planejamento e controle da produção são as seguintes: (Figura 3).

- Planejamento Estratégico do Negócio;
- Plano de Vendas e Operações;
- Plano Mestre de Produção;
- Planejamento das Necessidades de Materiais;
- Compras e Controle das Atividades de Produção.

PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DO NEGÓCIO: Responsabilidade da alta cúpula da empresa e estabelece os objetivos da empresa para os próximos dois a dez anos ou mais e define o tipo de negócio da empresa (linhas de produtos, mercado no qual atuar, concorrentes, etc.). O plano promove direções gerais sobre como a empresa espera atingir seus objetivos, baseado em previsão de longo prazo, incluindo a participação dos departamentos de marketing, finanças, produção e engenharia.

PLANO DE VENDAS E OPERAÇÕES (S&OP): O processo todo se inicia com os departamentos de vendas e marketing que comparam a demanda real com os planos de vendas, avaliam o mercado potencial e fazem a previsão de demanda futura. O plano atualizado de marketing é comunicado à produção, engenharia e finanças que ajustam seus planos para suportar o novo plano de marketing. Se esses departamentos acharem que não podem se adaptar ao novo plano, então o planejamento de marketing deverá ser reajustado. O resultado do S&OP é a geração de um plano de produção e um plano de vendas agregado.

PLANO DE PRODUÇÃO: O plano de produção é responsável por definir as quantidades de cada família de produtos que devem ser produzidas em cada período e os níveis de estoque. Define também quais serão os recursos necessários para a produção no período e a disponibilidade desses recursos. O nível de detalhamento também não é alto, ou seja, os produtos são encarados por famílias.

Juntamente com os planos de marketing e finanças, o plano de produção está envolvido com a implementação do plano estratégico. O horizonte de planejamento é normalmente de 6 a 18 meses, sendo revisado todo mês.

PLANO MESTRE DE PRODUÇÃO: Plano para a produção de itens finais individuais mostrando, para cada período, a quantidade de cada item final a ser produzida. Os inputs para o MPS são o plano de produção, a previsão para cada item final, pedidos dos clientes, estoque e capacidade existente. O nível de detalhamento é

alto, o horizonte de planejamento se estende de 3 a 18 meses, dependendo dos tempos de compra e produção. O plano é revisado e alterado semanalmente ou mensalmente.

PLANEJAMENTO DAS NECESSIDADES DE MATERIAIS: Plano para a produção e compra dos componentes necessários para produzir os itens do MPS, mostrando as quantidades necessárias e estabelecendo quando os componentes serão necessários para produzir cada item. Os setores de compras e atividades de controle da produção utilizam o MRP para decidir entre comprar ou produzir itens específicos. O nível de detalhamento é elevado e o horizonte de planejamento é, no mínimo, a combinação dos tempos de compra e produção. A revisão do MRP se estende de 3 a 18 meses, como no MPS.

Figura 3: Planejamento e Controle da Manufatura

Adaptado de ARNOLD et al. (2001)

COMPRAS E CONTROLE DAS ATIVIDADES DE PRODUÇÃO: Representam a implementação e as fases de controle do sistema de planejamento e controle da produção. O setor de compras é responsável por estabelecer e controlar o fluxo de matéria-prima pela fábrica, enquanto as atividades de controle são responsáveis por planejar e controlar o fluxo de trabalho dentro da fábrica. O horizonte de planejamento é muito curto, de um dia a um mês, o nível de detalhamento é elevado, pois está relacionado aos componentes individuais, estações de trabalho e pedidos. Os planos são revisados diariamente.

Além das atividades supracitadas, existe o planejamento de capacidade que, segundo COX & BLACKSTONE JR. (1998) pode ser definido como a capacidade de um trabalhador, uma máquina, um centro de trabalho, um plano ou uma organização produzir “saídas” em um dado período de tempo. Sem a provisão da capacidade necessária ou a identificação da existência de excesso de capacidade, não podemos obter todos os benefícios de um sistema de planejamento MRP II (CORRÊA et al., 1997). O sistema MRP II será discutido futuramente no item 2.2.

O planejamento de capacidade é feito em níveis, de acordo com o horizonte de planejamento desejado. Ele pode ser de longo, médio, curto e curtíssimo prazo (Figura 4).

O planejamento de capacidade de longo prazo (*Resource Requirements Planning* - RRP) serve como suporte às decisões do S&OP, e visa antecipar as necessidades de capacidade de recursos que requeiram um prazo relativamente longo para a sua obtenção, além de subsidiar as decisões de quanto produzir para cada família de produtos.

Seguindo-se o mesmo raciocínio, o planejamento de capacidade de médio prazo (*Rough Cut Capacity Planning* - RCCP) serve como suporte às decisões do MPS e o planejamento de capacidade de curto prazo (*Capacity Requirements Planning* - CRP) visa subsidiar as decisões do planejamento das necessidades de materiais (MRP).

Tanto o RCCP quanto o CRP devem antecipar as necessidades de capacidade, o primeiro num horizonte de meses e o segundo num horizonte de semanas.

Apesar do CRP analisar a capacidade no curto prazo, inúmeros problemas podem ocorrer no chão de fábrica. Nesses casos, são utilizados sistemas de programação fina da produção, a qual consiste em decidir quais atividades produtivas devem ser realizadas, quando e com que recursos. Ela define também a sequência de operações que serão realizadas para produzir determinado item.

Figura 4 – Níveis de Tratamento de Capacidade

Adaptado de CORRÊA *et al.* (1997).

2.1.1 Classificação dos Sistemas Produtivos

Um sistema produtivo pode ser definido genericamente como sendo um elemento capaz de transformar alguns recursos de entrada em produtos e/ou serviços como saídas (PIRES, 1995). A característica de cada sistema produtivo é fundamental para a definição estratégica de qual sistema de gestão da produção deve ser implementado. Dentro dessa visão, diversos autores propõem diferentes classificações, que permitem identificar as características similares dos processos produtivos. Duas das possíveis formas de classificação são apresentadas a seguir.

A primeira classificação considera os volumes de produção e a variedade com que os produtos são fabricados, dividindo inicialmente os sistemas produtivos em três categorias: manufatura em fluxo, manufatura intermitente e manufatura por projeto (ARNOLD *et al.*, 2001) e (SLACK *et al.*, 1999).

A manufatura em fluxo caracteriza-se pela produção de alto volume de produtos padronizados. Se os lotes forem grandes e se os produtos forem familiares a operação

(ex. carros), o processo é usualmente chamado manufatura repetitiva ou produção em massa, e se os produtos forem produzidos em quantidades ainda maiores e terem variedade ainda mais baixa do que a produção em massa (ex. gasolina), o processo é chamado de manufatura contínua. Existem 4 características principais da manufatura em fluxo.

1. As rotas são fixas, mas os centros de trabalho são organizados de acordo com as rotas;
2. Os centros de trabalho são dedicados para produzir uma quantidade limitada de produtos. Máquinas e ferramentas são especialmente designadas para produzir os produtos específicos.
3. O fluxo de material de uma estação de trabalho para outra usa alguma forma de transferência mecânica. Há um pequeno inventário de trabalho em processo, e os tempos de atravessamento são baixos;
4. A capacidade é fixada pela linha de produção.

A manufatura discreta ou intermitente é caracterizada por muitas variações no projeto do produto, processos e quantidades de produção. Este tipo de manufatura é caracterizado por:

1. O fluxo de trabalho através do chão de fábrica é variado e depende do projeto de um produto em particular. Como os pedidos são processados, eles levarão mais tempo de uma estação de trabalho para outra. Logo, o fluxo de trabalho não é balanceado;
2. Máquinas e trabalhadores devem ser flexíveis o bastante para fazer a variedade de trabalho. Máquinas e equipamentos são geralmente agrupados de acordo com suas funções (ex. todos os tornos em um departamento);
3. Tempos de atravessamento são geralmente longos. Programar trabalhos para chegar somente quando necessário é difícil, o tempo gasto de uma ordem para cada centro de trabalho varia, e as filas antes dos centros de trabalho causam longas demoras no processamento. Os estoques em processo são geralmente grandes;
4. A capacidade necessária depende geralmente do mix de produtos e é difícil de se estimar.

Segundo SLACK et al. (1999), a produção intermitente pode ser produção em jobbing e em lotes ou bateladas. Os processos em jobbing lidam com variedades muito altas e baixos volumes de produtos. Os processos em lote podem parecer-se com os de jobbing, mas os processos em lotes não têm o mesmo grau de variedade do que os de jobbing.

Segundo PORTER et al. (1999), os lotes podem ainda ser classificados em pequenos, médios e grandes, não existindo porém, um critério genérico para se fazer essa classificação, ou seja, o que é considerado pequeno lote numa indústria pode ser considerado grande em outra.

O PAC (Production Activity Control) na manufatura intermitente é muito complexo. Devido ao número de produtos, a variedade de rotas e problemas de processamento, o PAC é uma atividade fundamental neste tipo de manufatura. Planejamento e controle são tipicamente exercidos usando ordens de produção para cada lote produzido.

Em relação a manufatura por projeto essa usualmente envolve a criação de um pequeno número de unidades. A construção de grandes navios é um exemplo. Devido ao projeto de um produto ser frequentemente modificado ao longo do seu desenvolvimento, há um maior relacionamento entre a manufatura, marketing, compras e engenharia.

A diferença entre manufatura por projeto e processos em jobbing é que na primeira um recurso é quase que exclusivamente dedicado ao produto que está sendo transformado, enquanto que nos processos em jobbing cada produto deve compartilhar os recursos da operação com muitos outros.

A produção discreta é a produção de itens distintos em um sistema produtivo, que pode ser dividida em produção em massa ou repetitiva, produção em lotes ou bateladas, produção em jobbing, produção por projeto ou individual. Nessa classificação pode ser relacionado o volume de produção e a variedade de produtos, tal como na Figura 5 (PORTER et al., 1999).

Um mecanismo alternativo para classificação é identificar e diferenciar os sistemas produtivos entre os direcionados a estoque ou a ordens/encomendas. PIRES (1995) complementa que o primeiro grupo engloba os sistemas onde a venda do produto geralmente é feita após a sua produção, enquanto que no segundo grupo ela é feita antes de sua produção. Essa classificação representa a forma de interação dos sistemas produtivos com os clientes, ou seja, o nível de interferência que o cliente tem no produto final.

Figura 5- Volume de produção x variedade de produtos

Adaptado de PORTER et al., (1999)

PIRES (1995) e ARNOLD (2001) apresentam quatro tipos básicos dessa classificação, que são descritos a seguir e representados na Figura 6.

- Engenharia sob Encomenda (ETO - Engineering to Order): é praticamente uma extensão do MTO, com o projeto do produto sendo feito quase que totalmente baseado nas especificações do cliente. Os produtos são altamente customizados e o nível de interação com o cliente é muito grande. O lead time de entrega é longo, pois inclui o tempo de compra de material, assim como o tempo de desenvolvimento do produto.
- Produção sob Encomenda (MTO - Make to Order): o projeto básico pode ser desenvolvido a partir dos contatos iniciais com o cliente, mas a etapa de produção só se inicia após o recebimento formal do pedido. A interação com o cliente costuma ser extensiva e o produto está sujeito a algumas modificações mesmo durante a fase de produção. Num sistema MTO, os produtos geralmente não são um de cada tipo, porque usualmente os produtos são projetados a partir de especificações básicas. O lead time de entrega é menor se comparado com o ETO, pois requer pouco tempo em desenvolvimento de produto e há estoque de matéria-prima.
- Montagem sob Encomenda (ATO - Assemble to Order): caracteriza os sistemas onde os subconjuntos são armazenados até o recebimento dos pedidos dos clientes contendo as especificações dos produtos finais. A interação dos clientes com o projeto do produto é limitada. O lead time de

entrega é mais reduzido do que em estratégias make-to-order, pois não inclui o tempo de desenvolvimento de produto e há estoque de componentes para a montagem.

- Produção para Estoque (MTS - Make to Stock): caracteriza os sistemas que produzem produtos padronizados, baseados principalmente em previsões de demanda. Nesse caso, nenhum produto é customizado, porque o pedido é feito com base no estoque de produtos acabados. Essa estratégia possui o menor lead time de entrega dos produtos, mas os custos com estoques tendem a ser grandes.

Essas quatro tipologias básicas de produção definem ou direcionam grande parte das características do processo de gestão da produção de uma empresa, independente do seu setor de negócio.

Figura 6: Tipologias de Produção e *lead time*

Adaptado de ARNOLD (2001)

2.2 História do sistema MRP, MRP II e ERP

Historicamente, o sistema MRP surgiu como um sistema computacional nos anos 60, baseando-se na idéia de que, se são conhecidos todos os componentes de determinado produto e os tempos de obtenção de cada um deles, podemos calcular os momentos e as quantidades que devem ser obtidos cada um dos componentes no suprimento das necessidades de produção (CORRÊA et al., 1997).

Para que os programas de produção gerados pelo MRP fossem viáveis, tanto do ponto de vista de fluxo de materiais quanto da disponibilidade de recursos, foram desenvolvidos procedimentos para verificação da capacidade de produção. Surge então o conceito de “MRP *closed loop*” (Figura 7), procedimento iterativo que visa a obtenção de um programa de produção viável, através da verificação de capacidade no nível de RCCP e CRP (LAURINDO et al., 2000).

Mesmo assim, o novo modelo “MRP revisado” apresentava algumas deficiências em relação ao uso de capacidade, tais como: não proposição de ações corretivas para eventuais limitações de capacidade; não sequenciamento das ordens nos centros de produção em empresas de produção intermitente, entre outros (LAURINDO et al., 2000).

Figura 7: Ciclo fechado MRP

Adaptado de LAURINDO et al. (2000).

Com o passar do tempo, novos módulos foram sendo incorporados ao sistema MRP, tais como o controle do chão de fábrica (Shop Floor Control) e o módulo de Planejamento de Vendas e Operações (Sales and Operation Planning).

Devido ao aumento de sua abrangência, os sistemas MRP passaram a ser chamados de Planejamento dos Recursos da Manufatura (Manufacturing Resource Planning) ou simplesmente de MRP II.

Existem vários tipos de sistemas MRP II, os quais podem variar em alguns módulos específicos. Porém, os principais módulos dos sistemas MRP II encontrados no mercado são aqueles apresentados na Figura 3, apresentada no tópico planejamento e controle da produção.

Os sistemas MRP II, apesar dos benefícios potenciais que podiam trazer, não satisfaziam plenamente às necessidades das empresas. Isto se devia à limitação da abrangência e as dificuldades de integração com outros sistemas em outras áreas da empresa (LAURINDO et al., 2000).

No início da década de 90, em evolução aos sistemas MRP II, surgiram então os sistemas ERP, com uma abrangência expandida para além da produção, atingindo, entre outras, a área contábil, financeira, comercial, de recursos humanos, engenharia, gerenciamento de projetos, englobando uma completa gama de atividades dentro do cenário de negócios das empresas.

2.3 Sistemas de Administração da Produção

Os sistemas de administração da produção (SAP) têm o objetivo principal de planejar e controlar o processo de manufatura em todos os seus níveis (CORRÊA et al., 1997).

Segundo PORTER et al. (1996), um aumento considerável na pressão competitiva para empresas de manufatura, expresso por lead times reduzidos, menores tamanhos de lote, estoques baixos e clientes mais exigentes, tem empurrado os tradicionais sistemas de cálculo das necessidades de materiais (Material Requirements Planning – MRP) para os seus limites, e também gerado uma demanda por sistemas de controle de curto prazo, entre outros. Isto pode ser obtido através do uso de sistemas de programação com capacidade finita, muitos dos quais não necessitam trabalhar com as saídas de um sistema MRP. Posteriormente, é provável que sejam implantadas funções especiais de controle, particularmente no chão de fábrica, onde o nível de controle local, integrado com o servidor de PCP será comum.

Um problema associado à utilização de sistemas de informação é a qualidade das informações de entrada. Vários autores apontam estes problemas, associado ao tempo necessário para que uma informação seja disponibilizada e também ao processo de geração e coleta dos dados. A maior fraqueza encontrada nos SAP é a falta de alguma

forma de integração entre ferramentas de controle e os dados operacionais dos equipamentos. Neste sentido, se os dados do chão de fábrica não puderem ser coletados automaticamente, então facilidades especiais devem ser instaladas, caso contrário corre-se o risco de utilizar informações incorretas e atrasadas para alimentação dos sistemas. Outro fator relacionado à utilização dos SAP é o tempo de resposta. Devido à isso, sistemas com suporte à consultas em tempo real são atualmente os mais procurados e utilizados (MAHALIK, 1997; EXON-TAYLOR, 1997; PORTER, 1996; SMITH, 1998; YUSUF, 1998)

WESTON (1999) apresenta uma classificação hierárquica de sistemas, de uso comum: ERP, MES (*Manufacturing Execution Systems*), LCS (*Line Control Systems*), SCADA (*System Control & Data Access*) e *Equipment Systems*. Esta classificação parte dos sistemas mais abrangentes até sistemas dedicados aos equipamentos produtivos.

A seguir, serão apresentados os sistemas ERP, MES e SCADA, os quais serão estudados nesse trabalho.

2.4 – Sistemas ERP

Os sistemas ERP apresentam-se, simplificada e, como sendo uma ferramenta de tecnologia da informação para integrar os processos empresariais e as atividades dos vários departamentos, podendo também integrar todas as empresas da cadeia produtiva. A sigla ERP, traduzida literalmente, significa algo como "Planejamento dos Recursos da Empresa", o que pode não refletir o que realmente um sistema ERP se propõe a fazer. Estes sistemas, também chamados no Brasil de Sistemas Integrados de Gestão Empresarial, não atuam somente no planejamento. Eles controlam e fornecem suporte a processos operacionais, produtivos, administrativos e comerciais da empresa. Todas as transações realizadas pela empresa devem ser registradas, para que as consultas extraídas do sistema possam refletir ao máximo possível sua realidade operacional.

Segundo COX & BLACKSTONE JR. (1998) o ERP é um sistema de informação orientado para identificar e planejar todos os recursos da empresa necessários para atender aos pedidos dos clientes em termos de manufatura, distribuição e serviços. Essencialmente, o ERP tenta englobar toda a empresa.

Na sua concepção fundamental, o ERP é um sistema aplicativo que serve como uma infra-estrutura básica (*backbone*) para toda a empresa. Ele integra processos de

negócios, proporcionando uma visão geral da organização (SILVA & PESSOA² apud LAURINDO, 2000). Traz o grande benefício da possibilidade de haver um único banco de dados, uma única aplicação e uma interface unificada ao longo de toda a empresa (BINGI et al.³, apud LAURINDO, 2000).

Uma das grandes vantagens dos sistemas ERP é a consistência das informações, ou seja, o sistema acaba com as divergências entre dados relativos ao um mesmo assunto fornecido por departamentos diferentes.

Os casos de sucesso de implantação dos sistemas ERP, segundo DAVENPORT (1998), estão associados à uma visão de empresa e de negócio e não a uma visão puramente de sistemas, ou seja, quando a implantação é tratada como uma questão estratégica e não puramente técnica.

A implantação de um sistema ERP exige que a empresa se reorganize, tendo como foco o processo do negócio como um todo, e não mais os limites departamentais, uma vez que o sistema é integrado e as informações que são geradas por um departamento são compartilhadas por outros.

2.4.1 As Principais Funcionalidades de um sistema ERP

Os sistemas ERP abrangem uma grande gama de funcionalidades e processos empresariais. Dependendo do fornecedor do software ERP, existe variação no número de atividades e processos contemplados pelo sistema e no grau de especificidade e flexibilidade com que trata um determinado processo.

A seguir, na Tabela 1, serão apresentados alguns dos módulos e suas respectivas funcionalidades existentes nos sistemas ERP, relacionados à Operações e Supply Chain Management segundo CORRÊA et al. (1997).

MÓDULOS	FUNCIONALIDADES
Previsões e Análises de Vendas	Modelos matemáticos e levantamentos estatísticos de vendas históricas por período.

² SILVA, L.G. & PESSÓA, M.S.P.: Gestão da Informação: uma visão dos sistemas ERP. In.: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 6, Anais, Nov. 1999.

³ BINGI, P.; SHARMA, M.K. & GODLA, J.K.: "Critical Issues Affecting an ERP Implementation". *Information Systems Management*, v.16, i.5, p. 7-14, Summer 1999.

Listas de Materiais	Substituição em massa de componentes, geração de estruturas de produto baseada em outra já existente.
Programação mestre da produção/capacidade aproximada	Programa detalhado de produção de produtos finais e análise de capacidade de grosso modo
Planejamento de materiais (MRP)	Cálculo das Quantidades de componentes necessários para um determinado momento.
Planejamento detalhado de capacidade	Análise da capacidade para se produzir os componentes
Compras	Cotações, emissão e gestão de pedidos de compra, follow-up de compras, manutenção de cadastro de fornecedores, acompanhamento de desempenho de fornecedores e compradores
Controle de Estoques	Posições de níveis de estoque, transações de recebimento, transferências, baixas, alocações de materiais, entre outros.
Engenharia	Controle das mudanças da engenharia, controle de números de desenhos, controle de mudanças de processos produtivos e roteiros de fabricação, tempos referentes aos processos produtivos, entre outros.
Distribuição Física	Planejamento das necessidades de distribuição; planejamento dos recursos de distribuição.
Gerenciamento de Transporte	Cadastramento e controle de transportadoras; alocação de veículos a rotas; montagens de cargas em veículos.
Gerenciamento de Projetos	Gestão da rede de atividades (PERT/CPM).
Apoio à produção repetitiva	Gestão da manufatura por taxas para produções de alto volumes.
Apoio à gestão da produção em processos	Gestão da produção em fluxo contínuo; tratamento de co-products e by-products.
Configuração de produtos	Gerenciamento de estruturas de produtos modulares genéricas; geração de estruturas

	específicas baseadas na estrutura modular.
Apoio à programação com capacidade infinita de produção	Decidir quais as atividades produtivas devem ser realizadas, em que momento e com quais recursos.

Tabela 1: Módulos e Funcionalidades dos Principais ERPs

Adaptado de CORRÊA et. al. (1997)

Atualmente, os fornecedores de sistemas ERP continuam expandindo seus sistemas com novos desenvolvimentos, aquisições de sistemas especializados em determinadas funcionalidades e parcerias com fornecedores de soluções complementares (CHAUDHRY, 1998).

Os principais grupos de funcionalidades recentemente incluídos em alguns sistemas ERP são listados a seguir:

Advanced Planning and Scheduling (APS) – possibilita a utilização de métodos e algoritmos sofisticados na programação detalhada da produção ao longo da cadeia de suprimentos (CHAUDHRY, 1998).

Customer Relationship Management (CRM) – agrupa uma série de funcionalidades de apoio a vendas, marketing e serviços aos clientes (STOODER, 1999).

Product Data Management (PDM) – compreende um conjunto de funções para o gerenciamento de dados de produtos (CHAUDHRY, 1998).

Product Lifecycle Management (PLM) – gerencia o ciclo de vida de produtos ao longo da cadeia de suprimentos, desde o projeto até o descarte, englobando as funções de PDM e de gerenciamento de projetos (SAP, 2002 a).

Business Intelligence (BI) - é uma solução de análise de informações, planejamento estratégico e financeiro, gerência e compartilhamento do conhecimento. Coloca informações provenientes de diferentes sistemas, plataformas e aplicações - dentro e fora da empresa - e as utiliza para aumentar a riqueza da companhia (SAP 2002 b).

Supply Chain Management (SCM) - oferece à empresa, aos seus parceiros e aos clientes a visibilidade de dados vitais para os negócios. Por meio da internet, dá acesso a informações sobre pedidos, previsões, planos de produção e importantes indicadores de desempenho como níveis de inventário e índices de abastecimento (SAP 2002 c).

Pode-se observar que os sistemas ERP, até então aplicativos genéricos voltados para o apoio operacional de atividades de back office, estão se tornando um conjunto de

aplicativos especializados por segmentos verticais, englobando também funcionalidades de front office e recursos analíticos.

Segundo DAVENPORT (1998) as funções de back-office são compostas por recursos humanos, manufatura e finanças, e as de front-office são compostas por vendas e serviços, além da tecnologia e do chamado supply chain management ou gestão da cadeia de suprimentos.

Com relação à aplicação dos sistemas ERP, CORRÊA et al. (1997) identificaram que as estruturas dos ERPs estão sendo utilizadas pelas organizações como a grande base de dados corporativa dos sistemas de informação das empresas. Tal tendência significa, de acordo com CARUSO (1998) que os sistemas ERP estão se tornando a “espinha dorsal” dos sistemas de informação das empresas. Conseqüentemente, esses sistemas estão estabelecendo uma plataforma comum para as várias tecnologias atualmente empregadas pelas organizações.

2.4.2 Estrutura de um Sistema ERP

Pode-se dizer, simplificadaamente, que os sistemas ERP são compostos por uma base de dados central e um conjunto de módulos aplicativos.

A Figura 8 apresenta a estrutura típica de funcionamento de um sistema ERP, segundo DAVENPORT (1998).

Figura 8 – Estrutura típica de um sistema ERP

Adaptado de DAVENPORT (1998)

2.4.3 Aspectos Negativos dos Sistemas ERP

Apesar da promessa de tantos benefícios, há alguns entraves na implantação de sistemas ERP. Segundo DAVENPORT (1998), ao invés da aquisição de um sistema que seja adequado à empresa, é a empresa que necessita se adaptar às características do sistema ERP adotado.

Ainda segundo DAVENPORT (1998), a empresa adquire uma solução genérica, que embute as melhores práticas de gerenciamento na ótica do fornecedor de software. Em muitos casos, isto significa uma forma mais eficiente de trabalho, mas há ocasiões em que a empresa pode perder importantes características diferenciadoras que a tornam mais competitiva perante seus concorrentes. Apesar disso, há a possibilidade do sistema ser, em parte, adaptado às necessidades do cliente (customização), porém isso significa custos mais elevados e tempo mais longo para a implantação (LAURINDO et al., 2000). Em relação à implantação de um sistema ERP, de acordo com BINGI et al. apud LAURINDO et al., (2000), os fatores considerados críticos são: comprometimento da alta direção, “reengenharia” dos processos existentes, integração do ERP com outros sistemas de informação do negócio, seleção e gestão de consultores e funcionários e, treinamento do usuários no novo sistema.

2.5 Manufacturing Execution System (MES)

Segundo a MESA (2002), o sistema MES possibilita a otimização das atividades da produção desde o lançamento da ordem até os produtos finais, através do uso de informações. Com a utilização de dados acurados, o MES planeja e controla as atividades do chão de fábrica na medida em que elas ocorrem. O resultado é a rápida resposta às mudanças, foco na redução de atividades que não agregam valor e o direcionamento de forma efetiva das operações e dos processos do chão de fábrica.

A aceleração do mercado de MES surgiu da necessidade de se constituir um nível intermediário entre os sistemas ERP e o chão de fábrica. Este conceito, segundo FILHO (2000) é falacioso, porque dá a entender que só tem necessidade de MES quem está implantando um ERP.

Ainda, segundo CORRÊA et al. (1997), os sistemas MES destinam-se a aumentar a dinâmica dos sistemas de planejamento da produção (MRP II) que não seriam capazes de lidar com aspectos tais como o andamento de uma ordem enquanto essa está em progresso e com restrições de capacidade de curtíssimo prazo.

Segundo a MESA (2002), esse sistema deu a oportunidade para que as empresas de manufatura pudessem gerenciar as atividades produtivas do chão de fábrica, auxiliando dessa forma os sistemas MRP II.

Além do MES e do MRP II poderem trabalhar juntos, o MES ajuda na melhor utilização das funcionalidades existentes no MRP II.

Segundo CORRÊA et al.(1997) um MES coleta e acumula informações do realizado no chão de fábrica e as realimenta para o sistema de planejamento. Essencialmente, o MES faz a ligação entre o planejamento e a fábrica. O MES cumpre dois papéis: um é o de controlar a produção, ou seja, considera o que foi efetivamente produzido e como foi produzido e permite comparações com o que estava planejado para, em caso de não coincidência, permitir o disparo de ações corretivas. O outro papel é de liberar as ordens de produção, tendo a preocupação de detalhar a decisão de programação da produção definida pelo MRP, ou seja, garantir que o plano definido pelo MRP seja cumprido. O MES cumpre a tarefa de detalhar os planos do MRP II em programas de produção tendo, muitas vezes, que considerar variáveis em quantidades muito maiores que aquelas consideradas pelo MRP II, tal como detalhes referentes à alocação de recursos.

Segundo a MESA (2002) algumas funcionalidades foram incrementadas aos sistemas MRP, tais como controle do chão de fábrica e planejamento da capacidade. Porém, sem uma programação fina da produção e informações em tempo real, as listas de despacho geradas são pouco úteis

Independente de quão bom é o planejamento feito, a realidade nem sempre ocorre conforme o que foi planejado. De fato, o foco principal dos sistemas atuais de MRP II / ERP é o planejamento e a contabilização – adquirir e manufaturar os materiais necessários na fábrica quando necessário, nas quantidades necessárias, baseado em previsões de demanda. Erros de previsão, problemas de qualidade, gargalos de capacidade, quebras, falhas de comunicação e ineficiências várias podem prejudicar os melhores planos, fazendo a produção perder em seu desempenho. Os ERPs em geral, não conseguem “enxergar” esses problemas antes que eles já tenham ocorrido e nem sempre suprem as necessidades da organização quanto a informações de prevenção e correção (CORRÊA et al., 1997).

Figura 9: Possíveis fluxos de dados do MRP II para o MES

Adaptado de MESA (2002)

Segundo a MESA (2002) a aplicação do MES fornece às empresas a possibilidade de rastreamento das atividades do chão de fábrica com grande precisão (horas/minutos), o qual, integrado com a programação fina da produção, nos fornece rápidas reações às mudanças.

Segundo CORRÊA et al. (1997), o nível de decisão do MES é de fato o mais baixo do processo do MRP II. Isso significa que a programação mais detalhada, aquela feita no âmbito das operações, seqüências de ordens dentro de um período de planejamento é de responsabilidade do MES. De fato, o MES é responsável pela interface entre o sistema de planejamento e a fábrica (Figura 9).

2.5.1 Benefícios do MES

Segundo a MESA (2002), os reais benefícios do MES, que foram verificados em uma grande variedade de empresas de manufatura que se utilizaram do sistema foram:

Redução do tempo de ciclo: 66 % das empresas entrevistadas informaram que o tempo de ciclo reduziu em 45% ou mais. Segundo o dicionário COX & BLACKSTONE JR.

(1998) o tempo de ciclo refere-se ao tempo decorrido entre a entrada do material no recurso produtivo até a sua saída desse recurso;

Redução de estoque em processo: 57% das empresas entrevistadas observaram uma redução de estoque em processo de 25% ou mais. Segundo o dicionário COX & BLACKSTONE JR. (1998), estoque em processo são os componentes nos vários estágios da fábrica, incluindo todas as matérias primas que foram lançadas no chão de fábrica para serem produzidas e os materiais completamente produzidos que esperam uma inspeção de qualidade e aprovação para se inserirem no estoque de produtos acabados;

Redução do Lead Time: 63% das empresas verificaram uma redução no lead time de 35% ou mais;

Outros benefícios apontados foram:

- melhorias na qualidade dos produtos e redução de defeitos;
- Redução ou eliminação de fluxo de papéis no chão de fábrica;
- Retorno médio sobre investimento de aproximadamente 14 meses.

2.5.2 Funcionalidades do MES

Segundo a MESA (2002) as principais funcionalidades de um MES são:

- Alocação dos Recursos e seu Status

Essa funcionalidade faz o gerenciamento de máquinas, ferramentas, materiais, documentos, os quais devem estar disponíveis para que a operação possa ser iniciada. Propicia histórico detalhado dos recursos, garante que o equipamento está devidamente preparado e fornece sua situação em tempo real.

- Seqüenciamento Detalhado das Operações

Propicia uma seqüência de operações baseada em prioridades, atributos, características, associadas a uma unidade de produção específica. Trabalha com capacidade finita e tenta seqüenciar operações a fim de se reduzir tempo de set-up, atender o pedido dentro do prazo estabelecido, etc.

- Despacho nas Unidades de Produção

Gerencia o fluxo de produção na forma de ordens ou lotes. Envia informações na seqüência em que as ordens necessitam ser feitas e as altera em tempo real à medida que os eventos ocorrem no chão de fábrica.

- Controle de Documentos

Controla relatórios e formulários que devem ser guardados junto à unidade de produção, tais como instruções de trabalho, desenhos, procedimentos padrões de produção, notas de modificações de engenharia, comunicação entre turnos, além de editar informações “como planejada” e “como realizada”. Controla documentações referentes a normas ambientais, saúde, segurança e informações ISO, e também realiza procedimentos para ações corretivas. Também faz o arquivamento de dados históricos.

- Coleta/Aquisição de Dados de Chão de Fábrica

Os dados podem ser coletados no chão de fábrica tanto manualmente como automaticamente do equipamento para se ter um supervisionamento em tempo real.

- Gerenciamento do trabalho

Propicia “status” do time de funcionários em tempo real. Controla e faz relatórios de presença dos funcionários, propicia o rastreamento de atividades indiretas como preparação de materiais e ferramentas. Pode interagir com a funcionalidade alocação dos recursos para otimizar tarefas.

- Gerenciamento da Qualidade

Propicia análise em tempo real de medidas coletadas do chão de fábrica para realizar o controle de qualidade e para identificar problemas que necessitem atenção. O sistema pode também recomendar ações corretivas, correlacionar ações e resultados determinando a causa.

- Gerenciamento do Processo

Monitora a produção e automaticamente corrige ou propicia um apoio à decisão aos operários, a fim de se corrigir e melhorar as atividades produtivas. Essas atividades podem ser intra-operacionais, focando especificamente em máquinas ou equipamentos a serem monitorados e controlados, como também podem ser atividades interoperacionais, ou seja, na qual pode existir um rastreamento do processo de uma operação para outra. Pode-se incluir também alarmes para assegurar que o pessoal está informado sobre mudanças de processo que estão fora das tolerâncias aceitáveis.

- Gerenciamento da Manutenção

Rastreia e direciona atividades para garantir que máquinas e ferramentas estejam disponíveis para a produção, além de assegurar um seqüenciamento periódico para manutenção preventiva e acionar alarmes para problemas imediatos. Mantém histórico de eventos ou problemas para diagnósticos futuros.

- Rastreabilidade de Produtos e Genealogia

Dá a visibilidade da localização do trabalho naquele momento e qual a sua disponibilidade. Além disso, inclui quem está fazendo aquele trabalho, lista de componentes por fornecedor, lote, número de série, condições atuais de produção, além de qualquer alarme, retrabalho ou outras exceções relacionadas ao produto. O rastreamento on-line gera um histórico de registros que propicia rastreabilidade de cada componente e o uso de cada produto final.

A genealogia do produto final é mantida para questões de garantia ou recall. Se foi encontrada uma falha em um lote de arruelas, o fabricante deve estar apto a determinar o produto final no qual as arruelas foram montadas e responder aos clientes prontamente.

Os sistemas MRP II e ERP são feitos para informar que uma quantidade de material saiu de algum lugar e foi para outro lugar, informando que lugar é esse. O que aconteceu com o material enquanto ele estava alocado a uma ordem não é acompanhado pelo MRP. Às vezes, uma ordem de produção passa por numerosas operações, em numerosos centros produtivos. Quando uma empresa tem interesse em saber, em detalhes, o que ocorreu com os materiais envolvidos enquanto uma ordem de produção estava aberta, terá de usar um módulo de SFC (CORRÊA et al., 1997).

- Análise de Performance

Fornece relatórios da situação atual das operações de manufatura através da comparação com dados históricos e resultados esperados. Resultados da performance incluem algumas medidas tais como: utilização de recursos, disponibilidade de recursos, tempo de ciclo do produto, conformidade com o seqüenciamento e com os padrões. Os resultados podem ser mostrados via relatório ou "on line" como uma avaliação da performance atual.

2.6 Sistema de Supervisão, Aquisição e Controle de Dados

2.6.1 Introdução

O termo SCADA significa "Supervisory Control and Data Acquisition". É um sistema composto por um conjunto de ferramentas avançadas para atender às necessidades de gerenciamento de processos, possibilitando a comunicação com diversos sistemas.

Através de um ou mais computadores ligados a uma rede de equipamentos eletrônicos de chão de fábrica, o sistema é capaz de fornecer informações instantâneas do processo

monitorado, tais como: peças produzidas, tempo de máquina parada, motivos de parada, tempo de ciclo, etc., além de poder realizar o controle do processo em questão.

O sistema SCADA é utilizado desde plantas industriais até automação predial. Porém, a utilização destes sistemas se dá, na sua maior parte, em indústrias de processo contínuo, devido à própria natureza desses processos que exigem monitoramento e controle em tempo real e também, devido à facilidade de obter dados dos equipamentos do chão de fábrica dessas indústrias.

O sistema SCADA roda no ambiente DOS, VMS e UNIX, e nos últimos anos todos os vendedores desse software mudaram para NT e alguns para o Linux.

Os produtos SCADA são multi-tarefas e são baseados numa base de dados em tempo real (RTDB - real-time database) situadas em um ou mais servidores. Os servidores são responsáveis pela aquisição e manipulação dos dados (alarmes, cálculos, entrada de dados, armazenamento de dados) através de um conjunto de parâmetros aos quais estão conectados. Entretanto, é possível ter servidores dedicados para tarefas particulares.

2.6.2 Níveis do Sistema SCADA

A estrutura lógica do sistema SCADA está dividida em 3 níveis:

1. Nível de Máquina: consiste em todos os hardwares do chão de fábrica, tais como sensores, dispositivos e equipamentos motorizados. Geralmente não existem softwares implementados neste nível;
2. Nível de controle de movimentação de equipamentos: consiste do controlador de equipamentos (PLC) no controle dos equipamentos mecânicos. Esse sistema preocupa-se com o envio de comandos de máquina para o equipamento correto através de PLC. Estado atual dos equipamentos, relatórios de falhas e histórico de "logins" são manipulados nesse nível. Ainda, este nível é usado para capturar e enviar dados e comandos do nível de máquina.
3. Nível de Controle Logístico: tem como objetivo gerar ordens de manutenção e executá-las. Com base na locação atual de cada item, na urgência do pedido e na disponibilidade de equipamentos, o sistema determina a mais rápida e eficiente rota para serviços de manutenção.

2.6.3 Funcionalidades do Sistema SCADA

Mostraremos a seguir, algumas das funcionalidades dos sistemas SCADA.

Alarmes: Os alarmes são usados para indicar quaisquer condições anormais, como o status de um equipamento. Os alarmes, normalmente, possuem diferentes prioridades

para cada tipo de condição, que podem variar desde baixa (somente para informação) até muito alta (emergência).

Aquisição de dados: aquisição de dados das estações remotas de I/O via drivers de comunicação;

Controle: controle automático em malha fechada ou controle via atuação do operador;

Displays de Processo: representações gráficas dos equipamentos de campo atualizadas automaticamente para retratar uma situação atual;

Stand by: sistemas duplicados em espera com a capacidade de tomar o controle no caso de uma falta do sistema operacional;

Interfaces com outros sistemas: transferência de dados para sistemas corporativos;

Segurança: controle de acesso por usuário aos vários componentes do sistema;

Gerenciamento da Rede: monitoramento das condições de comunicação da rede;

Gerenciamento de base de dados: comunicação com base de dados via ODBC (*open data base connectivity*).

Históricos: permitem armazenar dados de processos para análises futuras.

Controle Estatístico do Processo (CEP): permite uma análise estatística do processo monitorado. É uma poderosa ferramenta para que se possa verificar se o processo está executando de acordo com as suas necessidades, e então controlar suas variáveis para um melhor resultado.

2.6.4 Benefícios do Sistema SCADA

Podemos citar alguns dos benefícios do sistema SCADA, tais como:

- Informações instantâneas;
- Redução no tempo de produção;
- Redução de custos de produção;
- Precisão das informações;
- Detecção de falhas;
- Aumento da qualidade dos produtos;
- Aumento da produtividade.

2.7 Coleta de Dados

O sistema de aquisição de dados é dividido, basicamente, em duas partes: coleta de dados e comunicação. A primeira pode ser subdividida em três modos: CNCs e CLPs, sensores e sistemas de monitoramento dedicado (MEIRELES, 2000), enquanto que a

comunicação é a responsável pelo envio dos dados coletados das máquinas para os softwares de supervisão.

O próprio programa CNC de uma máquina de usinagem, através dos relés existentes nos painéis elétricos, e o CLP, podem fornecer alguns dados relevantes. Os sensores fazem a ligação entre o processo e os sinais elétricos que serão analisados, em última instância, por um sistema de supervisão (KÖNIG)⁴ apud (MEIRELES, 2000), possibilitando monitorar o funcionamento das máquinas no chão de fábrica. Segundo (CAETANO, 2000), os sensores mais comuns são: Força, Potência, Aceleração e Emissão Acústica.

O sistema de monitoramento dedicado é um equipamento responsável por aumentar a inteligência das máquinas. Ele é composto por um sensor e um circuito eletrônico que faz o tratamento do sinal de sensores. Ele fornece, então, um sinal tratado que pode ser lido por algum sistema externo ou ligado diretamente no CNC da máquina (MEIRELES, 2000).

Para que o monitoramento realmente ocorra, deve-se definir quais informações do chão de fábrica serão úteis para a empresa. A partir daí escolhe-se, adequadamente, quais dados fornecerão as informações requisitadas e qual o melhor modo de coletar esses dados.

Alguns dados não podem ser obtidos automaticamente, seja por CNC, CLP, sensor ou pelo sistema de monitoramento dedicado. Será necessário o auxílio do operador para que algumas informações sejam adquiridas diretamente do chão de fábrica. Nesses casos, usa-se um coletor de dados, que pode estar na forma de uma botoeira, através do qual o operador entrará com a informação desejada (MEIRELES, 2000).

Algumas informações de ocorrência, tais como início e fim de ciclo, podem ser obtidas diretamente do programa CNC da máquina. Porém, essas informações não são suficientes para a realização, por exemplo, da contagem de peças, uma vez que a máquina pode executar o programa sem peça (ciclo em vazio). Para uma peça ser usinada, é preciso remover sobremetal. Quando isto acontece, há um aumento na potência consumida pelo motor e um aumento na emissão acústica, gerados pelo contato da ferramenta de corte com a peça e que são detectados pelos sensores de potência e de emissão acústica respectivamente. Assim, uma análise conjunta dos sinais de início de

⁴ KÖNIG, W.; KLUMPER, T.. Monitoring and sensor concepts for higher process reliability. In: INTERNATIONAL GRINDING, 5., Cincinnati, p. 26-28, 1993.

ciclo com o aumento da potência e da emissão acústica é capaz de determinar automaticamente se houve ou não remoção de sobremetal. (MEIRELES, 2000).

2.7.1 Sensores

O uso de sensores para a realização do monitoramento das máquinas e processos tem se tornado cada vez mais comum nas indústrias que buscam um aumento da qualidade e produtividade, uma vez que eles fornecem informações mais precisas e confiáveis. Essas informações, se forem utilizadas para, por exemplo, realizar o diagnóstico preciso dos problemas das máquinas e dos processos e; analisar a produtividade real e o status da produção, farão dos sensores um importante alicerce na construção de um sistema de informação da manufatura (MEIRELES, 2000).

O uso de múltiplos sensores (combinação de diferentes sensores) tende a se tornar uma prática comum nas empresas. Praticamente todas as empresas que oferecem sistemas de monitoramento têm pelo menos dois tipos de sensores no mercado. Eles combinam, por exemplo, medição de potência com informações dos sinais de emissão acústica. Isto pode trazer vantagens, pois aproveita as diferentes características de cada um dos sensores, aumentando a faixa de aplicação e confiabilidade do sistema (KRISHNAMURTHY)⁵ apud (MEIRELES, 2000).

O monitoramento dos sistemas de usinagem é necessário para assegurar um ótimo desempenho dos processos e das máquinas. O foco do monitoramento pode ser tanto a máquina (monitoramento do desempenho e diagnósticos), a ferramenta (desgaste, alinhamento, lubrificação), a peça (dimensões e geometria, rugosidade, tolerâncias) e o próprio processo (formação de cavaco, temperatura, energia consumida).

2.8 Arquitetura de Integração

A Figura 10 mostra uma arquitetura entre os sensores ou dispositivos responsáveis por coletar os dados, a rede de campo, o software de supervisão (SCADA), o software MES e o sistema ERP.

⁵ KRISHNAMURTHY, R.: Sensor-fusion for identification of process performance in deep hole drilling. In: INTERNATIONAL MANUFACTURING ENGINEERING CONFERENCE, University of Connecticut. *Proceedings*. London, Freund. p. 454-456, 1996.

Segundo CAETANO (2000), a rede de campo é o componente do sistema de supervisão que coleta os sinais provenientes dos sensores e os transmite para os softwares de supervisão.

O software de supervisão (SCADA) tem como objetivo principal o monitoramento do chão de fábrica, através de uma base de dados em tempo real (real time database), ou seja, a função principal do SCADA é mostrar o que está ocorrendo no chão de fábrica naquele exato momento.

Já os sistemas MES possuem funcionalidades que auxiliam no processo de tomada de decisões baseado em fatos históricos, num horizonte de planejamento mais longo, se comparado com os sistemas SCADA.

Por fim, foi colocado nessa arquitetura o sistema ERP, o qual possui funcionalidades para a integração entre todos os departamentos da empresa.

Figura 10: Arquitetura de Integração

Adaptado de CAETANO (2000).

2.9 Informações do Chão de Fábrica

Segundo CAETANO (2000), existem dois tipos de informações. As informações gerenciais, como aquelas relacionadas ao lead time, peças produzidas, etc.; e as informações de caráter tecnológico, ou seja, relacionadas ao funcionamento da máquina, auxiliando no direcionamento de ações a fim de se aumentar o desempenho da máquina e talvez do chão de fábrica.

2.9.1 Informações Gerenciais

As informações gerenciais serão usadas nos processos relacionados com o planejamento, a programação e o controle da produção. A Tabela 2 mostra grande parte das informações gerenciais que poderão ser obtidas a partir da coleta automática de dados do chão de fábrica.

Quantidade de peças produzidas por OF	Tempo de Fila
Quantidade produzida por turno	Tempo de espera
Número de peças defeituosas	Tempo de set-up
Tempo de máquina parada	Tempo de processamento
Tempo de ciclo	Identificação de máquinas gargalo
Rastreabilidade do lote	Capacidade utilizada
Tempo de movimentação	Capacidade das máquinas

Tabela 2: Informações Gerenciais

2.9.2 Informações Tecnológicas

As informações que dizem respeito ao funcionamento e operação das máquinas são chamadas de informações tecnológicas. Essas informações auxiliam na tomada de decisões, visando na melhoria do desempenho dos equipamentos.

As informações tecnológicas mais comuns nas operações de usinagem são mostradas na Tabela 3.

Tempo de aproximação da ferramenta
Tempo de afastamento da ferramenta
Situação da ferramenta
Confiabilidade da máquina
Motivos de parada para manutenção

Paradas por vazamento
Informações relativas ao fluido de corte
Peças por dressagem

Tabela 3: Informações Tecnológicas

As informações tecnológicas variam em virtude do equipamento, pois as variáveis de interesse estão relacionadas, muitas vezes, a características muito particulares de operação de uma máquina em específico e/ou de um determinado processo.

A opção de leitura de algumas informações deve estar vinculada a uma finalidade pré-determinada, pois existe o custo de se obter essas informações.

2.10 Importância da Integração entre os Sistemas de Gestão da Produção e Coleta Automática de Dados

Uma das diferenças entre o planejamento e a programação da produção é o horizonte de planejamento.

O planejamento de longo e médio prazo age na maior parte do tempo preventivamente, ou seja, tentando reduzir ao máximo as inconstâncias que poderão surgir no chão de fábrica.

Já o planejamento de curto prazo tem um papel tanto preventivo, que é o de detalhar o que foi planejado no médio e longo prazo mas, fundamentalmente, ele possui um papel corretivo, ou seja, verificar o planejado com o que está sendo realmente realizado e se houver diferenças, agir corretivamente e reajustar os planos.

É no nível de chão de fábrica, onde a programação da produção é realizada, que o monitoramento dos recursos e do status dos pedidos é necessário, para que sejam detectados desvios e que sejam tomadas ações corretivas.

Ações corretivas são feitas geralmente realizando-se reprogramações, a qual ocorre fazendo-se alterações na lista de despacho. A lista de despacho é uma ferramenta que determina a sequência de trabalhos no curto prazo. O maior problema da programação da produção é saber como realizar as reprogramações.

Tal como os módulos do nível tático, a função de sequenciamento depende de dados acurados e em tempo real, para criar uma lista de despacho de acordo com a realidade do chão de fábrica e dos prazos de entrega ajustados pelo nível tático (LINDAU, 1997).

É nesse contexto que a coleta automática de dados, realizada de forma rápida e precisa tem fundamental importância para o planejamento de curto prazo e, conseqüentemente para o médio e longo prazo.

Muitas empresas de manufatura usam sistemas de planejamento e controle da produção para planejar e controlar o fluxo de materiais eficientemente. Muitos desses sistemas produziram poucos resultados devido à falta de informações acuradas e em tempo real (VOLLMANN et al., 1993).

Atualmente, o tempo entre um evento ocorrido no chão de fábrica e seu registro em um sistema é demasiadamente longo.

Para suprir essa lacuna temporal existente entre o chão de fábrica e os sistemas de controle, as empresas utilizam-se de estoques e lead time de segurança. Tomando essas ações, os níveis de estoque aumentam e o problema em si não fica resolvido (LINDAU, 1997). Altos níveis de estoque, conseqüentemente, resultam no encobrimento de falhas e em uma má visibilidade daquilo que está ocorrendo no chão de fábrica.

Um outro problema são as informações erradas, ou seja, os dados coletados do chão de fábrica contém erros, os quais variam desde a quantidade de peças produzidas até o número da ordem de produção que determinado lote ou peça se refere. Isso dá espaço para uma pobre acurácia dos registros. A acurácia dos registros de estoque é vital para qualquer empresa, principalmente quando ela for se utilizar do MRP. Um registro de estoque, por exemplo, que indica uma quantidade menor do que a existente, pode resultar numa liberação de uma ordem de produção desnecessária, fazendo com que se aumente os estoques e se perca capacidade. Do contrário, ou seja, registro indicando uma quantidade maior que a existente, seria uma diminuição de estoques e até uma interrupção dos trabalhos.

Não há dúvidas de que existem uma série de distúrbios no chão de fábrica. Os sistemas de planejamento e controle da produção existem justamente para tentar diminuir as incertezas que ocorrem nesse ambiente.

O ambiente no nível operacional é extremamente dinâmico, em função dos vários eventos imprevisíveis. Com informações acuradas e em tempo real, fornecidas à função de programação da produção, a união entre recursos e seqüenciamento da produção é melhorada e as reprogramações da produção são realizadas de forma mais rápida e precisa.

Outro fato importante a ser levado em consideração é a confiabilidade e veracidade dos dados e informações coletados no chão de fábrica a serem utilizados pelos níveis

estratégicos de alguns processos tais como o de gestão da demanda e o plano de vendas e produção, processos esses de relevância indiscutível no atual cenário competitivo das empresas de manufatura.

O que se tem amplamente observado é que as necessidades das empresas em relação à obtenção de informações confiáveis do chão de fábrica para auxílio na tomada de decisão em níveis gerenciais são muitas vezes deixadas de lado em função da ausência de uma arquitetura baseada em software e hardware de coleta e aquisição de dados que considere a integração dos processos de gestão da produção com os de gestão do chão de fábrica (FAVARETTO, 2001).

Portanto, aumento da produtividade, maior vantagem competitiva e aquisição de um segmento de mercado cada vez mais amplo poderão ser alguns dos bons resultados obtidos do trabalho conjunto entre sistemas de gestão da produção e a coleta automática de dados.

Além disso, considerando-se também que esses sistemas possam utilizar-se de indicadores de desempenho para a melhoria dos processos vitais de uma empresa, necessários para se atingir os objetivos estratégicos da organização, ganhos ainda maiores poderão ser adquiridos.

2.11 Estratégia de Manufatura

O principal objetivo de uma estratégia de manufatura é suportar a organização no atingimento de vantagem competitiva sustentada de longo prazo. Nesse sentido, há cinco dimensões competitivas principais nas quais a manufatura pode contribuir para a competitividade da organização (CORRÊA & GIANESI, 1993).

Segundo PIRES (1995), as dimensões competitivas também costumam ser chamadas de prioridades competitivas, objetivos da manufatura e missões da manufatura. Elas podem ser definidas como um conjunto de prioridades que a indústria terá para competir no mercado.

WHEELWRIGHT (1978), sugere que as medidas de desempenho devem estar em consonância com a estratégia da organização e, conseqüentemente, com suas dimensões competitivas.

Uma das formas de se representar as dimensões competitivas é através do modelo acumulativo ou “cone de areia” (Figura 11). Esse modelo sugere que uma pré condição para um melhoramento duradouro é a melhoria no desempenho da qualidade (SLACK, 2002).

Figura 11: Modelo Acumulativo ou "Cone de Areia"

Adaptado de FERDOWS & DE MAYER (1990)

Os outros desempenhos serão consequência do desenvolvimento contínuo da qualidade. Somente quando a qualidade tiver um nível minimamente aceitável, a próxima dimensão (confiabilidade) deverá ser atacada.

Atingindo-se um nível adequado de confiabilidade, o próximo passo seria foco na velocidade das entregas e assim sucessivamente, até que se atingisse a dimensão custos. Esta última dimensão seria então, consequência do bom funcionamento das demais. Seria então nesse estágio, onde as empresas obteriam seus maiores ganhos. A Figura 12 mostra que todas as dimensões competitivas se apóiam e se reforçam umas às outras.

Figura 12: Custos como consequência das demais dimensões competitivas

Adaptado de SLACK (2002)

Abaixo, detalharemos as 5 (cinco) dimensões competitivas de manufatura: qualidade, velocidade de entrega, confiabilidade de entrega, flexibilidade e custo.

2.11.1 Qualidade

As definições para o que significa qualidade variam, mas a que contém a maioria das idéias aceitas nos negócios atualmente tratam a qualidade como a medida da satisfação do usuário, no que se refere a bens e serviços que satisfaçam as expectativas do mesmo (ARNOLD, 2001).

Para o usuário, a qualidade depende da expectativa formada sobre o desempenho do produto. O cliente não se importa sobre o porque de um defeito, mas sim se ele existe.

GARVIN (1987), define oito dimensões que compõem a prioridade competitiva qualidade. São elas:

Desempenho (Performance): É a característica operacional primária de um produto, envolvendo valores quantitativos. Ex.: a potência de um motor.

Característica: características secundárias, que diferenciam um produto de seus concorrentes. Por exemplo, um controle remoto associado a um vídeo cassete.

Conformidade: atendimento aos padrões e especificações estabelecidas, sendo essa a responsabilidade da manufatura.

Confiabilidade: refere-se a capacidade de um produto ter um funcionamento adequado durante um certo período de tempo.

Durabilidade: é a capacidade de um produto permanecer funcionando mesmo quando sujeito a condições adversas ou a um uso frequente.

Serviço ou Assistência Técnica: característica intangível, como disponibilidade, velocidade, cortesias e competência de pessoal.

Estética: aspectos relacionados à estética do produto, aparência.

Qualidade Percebida: relativa a aspectos intangíveis, como a reputação da empresa ou performance no passado e não somente ao produto em si, essa dimensão especifica a imagem do produto perante o cliente.

Além da satisfação dos clientes externos, a qualidade também busca a satisfação dos clientes internos, que são as pessoas envolvidas nos processos produtivos dentro da própria empresa.

Mais uma vez, percebemos a forte relação existente entre as dimensões competitivas. De acordo com Slack (2002), a qualidade acarreta mais do que apenas essa virtude em

si. Sem erros no processo de manufatura o fluxo de materiais pela fábrica pode ser acelerado (dimensão velocidade). A baixa qualidade não apenas prejudica o fluxo de produção como também o torna menos confiável, comprometendo-se o fornecimento entre os estágios do processo. Quando um estágio seguinte não tem confiança em seu predecessor em entregar no prazo estipulado, usar-se-á estoques em processo a fim de suprir essa desconfiança, gerando-se os custos não só dos materiais em processo como do uso ineficiente dos recursos.

2.11.2 Dimensão Velocidade de Entrega

Segundo Slack et al. (1995), velocidade de entrega significa [...] “quanto tempo os consumidores precisam esperar para receber determinado produto ou serviço [...]”.

A rapidez da operação interna também é importante para uma empresa. “A resposta rápida aos consumidores externos é auxiliada sobretudo pela rapidez da tomada de decisão, movimentação de materiais e das informações internas da operação”.

De acordo com NELLY *et al.* (1995), o tempo se caracteriza como uma vantagem chave. As formas como as empresas gerenciam os prazos e a pontualidade na produção, em vendas e em distribuição, representam novas fontes de vantagem competitiva.

Algumas dessas vantagens são: os clientes passam a planejar suas compras com antecedência menor, podendo postergar suas decisões até o momento em que necessite daquele bem; o cliente pode reduzir o tempo de ciclo produtivo, devido a redução do tempo de obtenção de suprimentos, melhorando assim sua previsão de vendas; diminuindo-se estoque em processo e conseqüente redução de custos (GIANESI & CORRÊA, 1993).

Segundo Slack (2002), os benefícios internos da rapidez de resposta são :

- A velocidade reduz a atividade especulativa: em ambientes com a tipologia de produção para estoque, a atividade especulativa é grande devido às incertezas da demanda. Quanto menor for o ciclo produtivo, poder-se-á postergar ao máximo a produção, diminuindo-se assim os erros ocorridos nas previsões;
- A velocidade reduz despesas indiretas: fluxos rápidos de operações precisam de menos organização e esforço internos para apoiar o pedido ou a ordem na sua jornada através da operação – menos despesas industriais e menos custos;
- A velocidade reduz o material em processo: quando um material passa rapidamente por uma operação, não pode perder tempo sob a forma de material esperando para ser processado.

- A velocidade expõe problemas: com percurso rápido do fluxo de materiais e, conseqüentemente, com baixo nível de estoque, gargalos e elos fracos são expostos e assim, podem ser melhorados.

2.11.3 Dimensão Confiabilidade de Entrega

Segundo SLACK (1995), confiabilidade de entrega significa fornecer bens e serviços aos consumidores no prazo prometido.

Segundo CORRÊA & GIANESI (1993), com a tendência generalizada de se reduzirem estoques, as empresas passam a necessitar entregas mais freqüentes e estáveis por parte de seus fornecedores, já que, com baixos níveis de estoque de segurança, o atraso no fornecimento pode repercutir em parada na produção, gerando altos custos para a empresa.

Ainda segundo CORRÊA & GIANESI (1993), além das vantagens externas de um serviço mais confiável ao cliente, as vantagens internas também são significativas, gastando-se menos tempo “apagando incêndios devido a falta de confiabilidade de um sistema (máquinas quebrando, entregas atrasando, defeitos sendo gerados, etc) e focando mais na melhoria dos processos.

Alguns autores, tais como BUFFA & SARIN (1987) *apud* PIRES (1994) ressaltam que tanto a confiabilidade quanto a velocidade nas entregas podem, dependendo dos objetivos do cliente, sobrepor dimensões como custo e qualidade.

2.11.4 Flexibilidade

A flexibilidade, segundo Neely *et al.* (1995) e Slack *et al.* (1995), é entendida como a medida da capacidade de mudar para atender variações da demanda, ou seja, como e com quanto tempo o sistema de manufatura responde às várias mudanças.

De acordo com COX JR. (1989) a flexibilidade é essencialmente uma medida de desempenho de um processo de mudança, derivando da eficiência do sistema produtivo não em produzir produtos, mas em mudar tanto a quantidade como os tipos dos mesmos.

Slack (2002) define que: “[...] uma operação flexível é aquela que mantém e melhora seu desempenho apesar do impacto e das turbulências de um ambiente incerto e de uma variedade de condições sob as quais ela tem de operar [...]”. Alguns tipos de flexibilidade são:

Flexibilidade de mix: pode ser entendido como o número de componentes manipulados por um equipamento, ou ainda, a gama de características de um componente manipulada numa máquina. Um processo de manufatura pode gerar um pequeno número de diferentes componentes, porém eles podem ser muito diferente um em relação ao outro. Uma das maneiras de se medir flexibilidade na produção de novos componentes (*changeover flexibility*) é medir a quantidade de substituição de componentes num dado período de tempo. Entretanto, precisa-se conhecer o grau de diferenciação do novo e do velho componente.

Flexibilidade de volume: a variação de volume depende como os limites de capacidade são ajustados e qual a rigidez desses limites. A flexibilidade pode ser medida em termos de flutuações médias de volume que ocorrem num dado período de tempo, dividido pelo limite de capacidade.

Flexibilidade de novos produtos: habilidade de produzir ou introduzir novos produtos ou de modificar os já existentes;

Flexibilidade de entrega: habilidade de mudar datas de entrega planejadas ou assumidas. A flexibilidade tem um papel muito especial dentro dos cinco objetivos de desempenho, pois ela é um meio para se atingir os outros objetivos e não necessariamente um fim em si mesma, ou seja, as operações precisam ser flexíveis para melhorar a confiabilidade, velocidade, qualidade e custos (SLACK, 2002).

2.11.5 Custos

Atualmente, essa tem sido considerada a dimensão competitiva mais importante das organizações, pois custos baixos de manufatura sempre terão influência estratégica, ou seja, por um lado permitem às organizações competirem por preços mais baixos e, por outro, se as condições de mercado permitirem preços maiores essa redução de custos possibilita aumento das margens de lucro (CORRÊA & GIANESI, 1993).

Segundo PIRES (1995), uma estratégia que prioriza a dimensão custo geralmente está baseada em três conceitos dentro do ambiente empresarial, que são: economia de escala, curva de experiência (aprendizado) e a produtividade.

Existem diversos custos envolvidos numa empresa. Alguns deles são: custos relacionados aos funcionários; custos de instalação, tecnologias e equipamentos; custos de materiais; custos de desperdícios, custos de subcontratação, horas extras, custos com preparação de máquinas (set-up), etc.

Slack (2002) afirma que a composição dos custos totais de uma fábrica varia consideravelmente com o tipo de indústria, porém em média os custos com mão de obra giram em torno de 15%, os materiais e componentes comprados representam cerca de 55% e os custos indiretos têm uma média de 30%. Ainda, segundo o autor, para a redução dos custos indiretos basta melhorar as outras dimensões competitivas.

Nesse sentido, fábricas produtivas tendem à:

- Ter menos material em processo;
- Ter fluxo mais rápido;
- Ter perdas e refugos menores;
- Balancear a capacidade, evitando-se gargalos no fluxo de material;
- Investir em programas de qualidade;

Sobre este último item, Slack (2002) coloca que podemos pensar nos custos de qualidade sob quatro aspectos: custos de prevenção (evitando que erros aconteçam); custos de inspeção (checando para ver se erros ocorreram); custo das falhas internas (erros que ainda estão dentro da empresa); e custos das falhas externas (falha dos produtos após chegarem às mãos do consumidor). Ainda, de acordo com Slack (2002), os custos de prevenção são os menores e os esforços nesse sentido são os que trazem os melhores resultados.

Este é mais um exemplo que vem ratificar o posicionamento dado anteriormente de que, melhorando-se progressivamente as outras dimensões competitivas, naturalmente a dimensão custo estará sendo aperfeiçoada.

2.12 Medição de Desempenho

2.12.1 O que é Medição de Desempenho

Um sistema de medição de desempenho pode ser definido sob o ponto de vista de vários autores. No entanto, é interessante apresentar as definições que compõem essa expressão, no caso, o significado dos termos "medição" e "desempenho".

Para Lebas (1995), medir significa transformar uma realidade complexa em uma sequência limitada de símbolos que podem ser comunicados e, mais ou menos, reproduzidos sob circunstâncias similares. Além disso, significa traduzir a realidade de um sistema, processo, ou atividade, em informações úteis para a tomada de decisões.

Já o desempenho pode ser definido como o conjunto de habilidades funcionais e propriedades que torna um produto ou serviço adequável (e vendável) a um determinado cliente (CSILLAG, 1995).

Segundo Lebas (1995), o desempenho deve ser impulsionado por valores futuros e não do passado, o que significa se antecipar às causas do desempenho. Além disso, é preciso entender o seu processo de geração, pois o desempenho bom ou ruim tem suas origens em critérios como treinamento dos empregados, variações de mercado, aspectos sociais, manutenção de equipamentos e relacionamento com fornecedores. Entender e controlar as causas raízes pode ser determinante para se obter bons desempenhos.

Outra definição de medição de desempenho feita por Neely et al (1995) é:

“...a técnica usada para quantificar a eficiência e a eficácia das atividades do negócio. A eficiência vai tratar da relação entre utilização econômica dos recursos, levando em consideração um determinado nível de satisfação. Por sua vez, a eficácia avalia o resultado de um processo onde as expectativas dos diversos clientes são ou não atendidas...”

Já segundo HRONEC⁶ *apud* BOND (2001), as medidas de desempenho são “...sinais vitais da organização, no sentido da quantificação de como andam as atividades dentro de um processo ou se o *output* atinge a meta específica.”

Feita a definição de medição de desempenho, o próximo passo é saber o que é um sistema de medição de desempenho.

2.12.2 Sistemas de Medição de Desempenho

Uma vez entendido o que é desempenho, como é gerado e o significado da medição, torna-se mais fácil compreender a definição de um sistema de medição de desempenho.

Atualmente, a definição mais completa para esse termo foi proposta por Neely (1998, p.05):

“um sistema de medição de desempenho permite que as decisões e ações sejam tomadas com base em informações porque ele quantifica a eficiência e a eficácia das ações passadas por meio da coleta, exame, classificação, análise, interpretação e disseminação dos dados adequados”.

⁶ HRONEC, S.M.: *Sinais vitais* – usando medidas de desempenho da qualidade, tempo e custo para traçar a rota para o futuro de sua empresa. Makron Books, São Paulo, 1994.

⁶ FRY, T.D.: Manufacturing performance and cost accounting. *Production and Inventory Management Journal*, v.33, n.3, p. 30-35, 3th quarter, 1992.

Para Jesus (2003), um SMD é composto por um conjunto de medidas individuais que devem estar relacionadas entre si e ligadas à estratégia e aos objetivos do negócio por uma lógica, de forma a constituir um sistema. Além disso, tal sistema deve dar suporte para que as decisões e ações sejam tomadas.

Para Neely, Gregory e Platts (1995), um SMD pode ser examinado sobre três níveis diferentes: as medidas de desempenho individuais; o SMD como uma entidade, isto é, um conjunto de medidas de desempenho; e o relacionamento entre o SMD e o ambiente dentro do qual ele atua.

Figura 13: Visão Sistêmica da Medição de Desempenho

Os sistemas de medição de desempenho atuais estão sendo encarados tanto pela academia quanto pelas empresas como sendo de vital importância nesse novo cenário mundial.

Alguns autores, enfatizam a relevância de um sistema de informação quando descrevem o termo SMD. Para Bititci, Carrie e McDevitt (1997), no coração de um sistema de medição de desempenho (o processo pela qual a empresa gerencia sua performance), há um sistema de informação, o qual possibilita o desenvolvimento de um ciclo fechado e um sistema de retroalimentação.

2.12.3 Comparação entre os sistemas de Medição de Desempenho Atuais e Tradicionais

Segundo Eccles (1991), os sistemas de medição de desempenho atuais devem responder às seguintes perguntas:

- “Considerando nossa estratégia, quais são os indicadores de desempenho mais importantes?”;

- “Como esses indicadores se relacionam uns com os outros?”;
- “Que indicadores efetivamente dão um prognóstico do sucesso financeiro de longo prazo nos nossos negócios?”.

Autores como Martins (1999), Bititci, Carrie e McDevitt (1997), Ghalayini & Noble (1996), Maskell (1991), Neely (1999), colocam as diferenças entre os sistemas de medição de desempenho tradicionais e os atuais. A Tabela 4 mostra algumas dessas diferenças:

	SMDs Tradicionais	SMDs Atuais
I	Somente medidas financeiras	Medidas financeiras e não financeiras
II	Visão de curto prazo	Visão de curto e longo prazo
III	Otimização do desempenho local	Otimização do desempenho global
IV	Não adoção de novos métodos de gestão	Incentiva a melhoria contínua
V	Informação disponível tardiamente	Informação disponível em tempo real para toda a organização, processando e coletando dados continuamente
VI	Não apresentam foco estratégico	Apresentam foco estratégico
VII	Não consideram as dimensões competitivas da manufatura	Apresentam dados relacionados com as dimensões competitivas de manufatura
VIII	Não fazem parte do sistema de gestão da empresa	Estão integrados aos sistemas de gestão da empresa

Tabela 4: Diferenças entre os SMDs Tradicionais e Atuais

A seguir, serão detalhados alguns aspectos ilustrados na tabela acima.

(I) Tradicionalmente as medidas de desempenho eram baseadas principalmente em indicadores financeiros. Porém, nas duas últimas décadas, chegou-se à conclusão de que somente esses indicadores não seriam suficientes para aumentar a competitividade das empresas.

Medidas de desempenho financeiras apresentam resultados das ações do passado (GHALAYINI e NOBLE, 1996); não refletem a estratégia da empresa (podendo, até mesmo, prejudicá-la); inibem, ao invés de motivar as atividades de melhoria contínua.

Estas medidas induzem a otimização de curto prazo e dificultam a avaliação de novos investimentos.

Fry ⁷ *apud* Martins (1999) demonstra como um sistema de medição de desempenho tradicional incentiva o aumento de estoque intermediário devido à transformação desses estoques em ganhos para o centro de custo que os produziu. Assim, para aumentar seus ganhos, maximizando o desempenho, o centro de custo é incentivado a produzir o máximo possível, independente da demanda.

(II) Segundo Schiemann e Lingle (1999), os melhores times gerenciais adotam uma perspectiva integrada de todo o sistema organizacional com seus objetivos estratégicos de longo prazo quando tomam ações corretivas. Isso aumenta as chances de se produzir o sucesso tanto no curto quanto no longo prazo.

(III) Como os indicadores de desempenho tradicionais não estão relacionados com a estratégia, eles têm uma forte tendência em otimizar processos locais em detrimento aos processos globais de uma organização.

(IV) Um SMD deve promover a melhoria contínua e não simplesmente ser utilizado para o controle do desempenho organizacional.

(V) Os sistemas de medição de desempenho tradicionais produzem informações baseadas unicamente em dados históricos, o que é incompatível com o ambiente dinâmico ao qual se inserem as empresas atualmente. Tais informações, muitas vezes são recebidas tardiamente, fazendo-se com que os gerentes de operações não dêem a devida importância a elas.

(VI) Uma pesquisa realizada por Schiemann e Lingle (1999) revelou que 40% dos empregados não entendem a estratégia de sua empresa. Os sistemas de medição de desempenho ajudam a refletir os pontos críticos da estratégia organizacional, além de fornecerem uma linguagem precisa para comunicar os objetivos estratégicos aos demais níveis funcionais;

(VII) Para Maskell (1991), os relatórios financeiros não apresentam relação direta com as estratégias de manufatura. Martins (1999) coloca que o novo ambiente competitivo das empresas é caracterizado por forte concorrência por nichos específicos de mercado, fazendo-se com que essas desenvolvam estratégias de diferenciação. Faz-se então necessário conhecer quais as características dos produtos que são determinadas pelos critérios qualificadores e ganhadores de pedidos em termos de estratégia de manufatura.

(VIII) As decisões gerenciais precisam ser tomadas baseadas em informações, permitindo às pessoas analisarem como uma determinada ação irá impactar no desempenho das demais áreas.

Como visto, o novo panorama mundial exigiu um novo tipo de sistema de medição de desempenho que precisava estar em sintonia com os novos padrões de produção emergentes e a estratégia competitiva da empresa.

Os modelos que representam esses novos sistemas de medição de desempenho serão apresentados no item seguinte.

2.12.4 A Gestão de Desempenho

Segundo Bititci, Carrie e McDevitt (1997) a gestão do desempenho é o meio pelo qual se administra o desempenho de acordo com as estratégias e objetivos de uma organização. A ferramenta utilizada para que isso ocorra é o sistema de medição de desempenho. Para Rentes, Van Akeen e Esposto (2001), essas ferramentas são capazes de apresentar informações sobre o desempenho de uma unidade organizacional de interesse, num conjunto balanceado e focalizado de métricas que possibilite a tomada de decisão dos gestores.

Kaydos (1991) argumenta que para entender o relacionamento entre a medição de desempenho e a gestão do desempenho é preciso ver o processo de gestão sob a perspectiva da informação. A **Figura 14** ilustra tal argumento.

Resumidamente, o processo de gestão de desempenho pode ser resumido em um processo de ciclo fechado, contendo os seguintes passos:(KAYDOS, 1991).

1. o processo de produção através de suas atividades gera dados;
2. os sistemas de informação convertem esses dados em informações úteis;
3. o sistema de tomada de decisões analisa as informações recebidas e toma decisões para alocar recursos e definir ações; e
4. a organização executa as decisões realizando as ações e utilizando os recursos.

Logo, o uso de dados confiáveis torna as medidas de desempenho mais precisas e, conseqüentemente, enriquece o processo de tomada de decisão.

Figura 14: O processo de gestão do desempenho

Adaptado de KAYDOS (1991)

Segundo Jesus (2003), a Figura 15 enquadra o posicionamento do sistema de medição do desempenho dentro do processo de gestão do desempenho. Na essência desse processo de gestão do desempenho encontra-se um sistema de informação que é, para Bititci, Carrie e McDevitt (1997a), o próprio sistema de medição de desempenho. Na visão desses autores, um sistema de medição de desempenho bem projetado e bem implementado fornece um suporte eficaz ao sistema de gerenciamento.

Figura 15: O processo de gestão do desempenho e o sistema de medição de desempenho
Bititci, Carrie e McDevitt, (1997a).

2.12.5 Modelos de Sistemas de Medição de Desempenho

Após a publicação dos primeiros artigos e livros alertando para a inadequação dos sistemas de medição de desempenho tradicionais, novos modelos começaram a ser propostos na literatura. Os modelos existentes citados por MARTINS (1999), até a época de sua pesquisa foram os seguintes:

1. SMART – “Performance Pyramid”;
2. Sistema de Medição de Desempenho para Competição Baseada no Tempo;
3. Sistema de Feedback de Gestão do Desempenho;
4. Balanced Scorecard;
5. Modelo para Medição do Valor Adicionado;
6. Estruturas de Indicadores de Gestão;
7. Sete Critérios do Desempenho;
8. Medição do Progresso da TQM;
9. Matriz do Objetivo de Desempenho;
10. Desempenho Quantum;
11. Performance Measurement Questionnaire (PMQ);
12. Modelo de Medição de Desempenho para Manufatura Classe Mundial;
13. Sistema de Avaliação do Desempenho do Negócio;
14. Modelo de Medição de Desempenho;
15. Medição de Desempenho para Gestão por Processos;

16. Sistema de Medição de Desempenho Integrado;
17. Sistema de Medição de Desempenho Proativo;
18. Sistema de Medição de Desempenho Integrado e Dinâmico;
19. Accountability Scorecard
20. *Strategic Scorecard*

Neste trabalho, detalharemos somente o *Balanced Scorecard*, uma vez que ele é o mais utilizado comercialmente e difundido na literatura.

2.12.6 *Balanced Scorecard*

Segundo KAPLAN & NORTON (1996b), o *scorecard* cria uma estrutura, uma linguagem para comunicar a missão e a estratégia da empresa. O *balanced scorecard* utiliza-se de 4 (quatro) perspectivas, que equilibram os objetivos de curto e longo prazos. Essas perspectivas são:

Figura 16: As quatro perspectivas do *Balanced Scorecard* –

Adaptado de KAPLAN & NORTON (1996b)

1. Perspectiva Financeira:

O BSC conserva a perspectiva financeira, visto que as medidas financeiras são valiosas para sintetizar as consequências econômicas imediatas de ações consumadas. As medidas financeiras de desempenho indicam se a estratégia de uma empresa, sua

implementação e execução estão contribuindo para a melhoria dos resultados financeiros.

2. Perspectiva do Cliente:

Na perspectiva do cliente, o *Balanced Scorecard* permite que os executivos identifiquem os segmentos de clientes e mercados nos quais a unidade de negócios competirá e as medidas do desempenho da unidade nesses segmentos-alvo. A perspectiva do cliente permite que os gerentes das unidades de negócios articulem as estratégias de clientes e mercados que proporcionarão maiores lucros financeiros futuros.

3. Perspectiva dos Processos Internos:

Na perspectiva dos processos internos, os executivos identificam os processos internos críticos nos quais a empresa deve alcançar a excelência. Esses processos permitem que a unidade de negócios:

Ofereça as propostas de valor capazes de atrair e reter clientes em segmentos-alvo de mercado;

Satisfaz às expectativas que os acionistas têm de excelentes retornos financeiros.

O BSC incorpora processos de inovação à perspectiva de processos internos. Os sistemas tradicionais de medição de desempenho focalizam os processos relacionados com a criação de valor que começa com o recebimento do pedido de um cliente existente, relativo a um produto (ou serviço) existente, e termina com a entrega do produto ao cliente. A empresa cria valor a partir da produção, entrega e assistência a esse produto e ao cliente por um custo inferior ao preço recebido. O processo de inovação, é para muitas empresas um vetor de desempenho financeiro futuro mais poderoso do que o ciclo de operações de curto prazo. Para muitas empresas, a capacidade de gerenciar com sucesso um processo que se estende por vários anos ou a capacidade de atingir categorias totalmente novas de clientes pode ser mais crítica para o desempenho econômico futuro do que gerenciar as operações existentes de forma eficiente, coerente e ágil.

4. Perspectiva do Aprendizado e Crescimento:

A quarta perspectiva do *Balanced Scorecard*, aprendizado e crescimento, identifica a infra-estrutura que a empresa deve construir para gerar crescimento e melhoria a longo prazo.

O aprendizado e o crescimento organizacionais provêm de três fontes principais: pessoas, sistemas e procedimentos organizacionais. Os objetivos financeiros, do cliente

e dos processos internos no *Balanced Scorecard*, normalmente revelam grandes lacunas entre as capacidades atuais das pessoas, sistemas e procedimentos, e o que será necessário para alcançar um desempenho inovador. Para fechar essas lacunas, as empresas terão de investir na reciclagem de funcionários, no aperfeiçoamento da tecnologia da informação e dos sistemas, e no alinhamento dos procedimentos e rotinas organizacionais.

2.12.7 Relações de Causa e Efeito no *Balanced Scorecard*

Os melhores *Balanced Scorecards* não são apenas conjuntos de indicadores críticos ou fatores-chave de sucesso. As diversas medidas que compõem um *Balanced Scorecard* bem elaborado devem compor uma série articulada de objetivos e medidas coerentes que se reforçam mutuamente (KAPLAN & NORTON, 1996b).

O sistema de medição de desempenho deve refletir a estratégia de uma empresa. Para tanto, é fundamental que as medidas de desempenho do BSC reflitam as relações de causa e efeito existente entre elas, já que a estratégia é um conjunto de hipóteses sobre essas mesmas causas-e-efeitos (KAPLAN & NORTON, 1996b). O sistema de medição deve tornar explícitas as relações entre os objetivos e as medidas nas várias perspectivas, para que elas possam ser gerenciadas e validadas. Segundo KAPLAN & NORTON, 1996b, a cadeia de causa e efeito deve permear todas as quatro perspectivas de um *Balanced Scorecard* (Figura 17).

Uma das críticas que são lançadas sobre o BSC é que ele focaliza indicadores no nível estratégico da organização, enquanto que os níveis operacionais ficam negligenciados.

Figura 17: Relacionamento genérico entre medidas de um *Balanced Scorecard*

3 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA

Como mencionado anteriormente, o desenvolvimento da proposta da rede de relacionamento de indicadores de desempenho se restringiu principalmente nos níveis operacional e tático. Nesses níveis, o número de indicadores é relativamente grande.

De acordo com Chang & Morgan (2000), muitos gerentes medem muitos itens, encobrendo os poucos vitais que provêm discernimento para a performance. É necessário evitar isso avaliando se a sua medição contém as medidas certas para o seu nível organizacional.

Chang & Morgan (2000) exemplificam que o nível de medidas pode ser definido pelos termos M1, M2, M3, ou M4, ou mesmo M5 ou M6 (Figura 18).

As medidas relacionadas com M1 são as medidas do nível da alta cúpula da empresa. Elas fornecem um sumário da performance das diversas áreas da empresa ou unidades de negócio.

Já as medidas M2, são as subdivisões das medidas M1, ou seja, M2 são as medidas dos sub-processos de M1. As medidas M3 são uma composição das medidas M2 e assim sucessivamente (Figura 18).

Figura 18: Ilustração de Indicadores variando de acordo com os níveis organizacionais

Adaptado de CHANG & MORGAN (2000)

Sendo assim, é natural que no nível operacional se tenha um número maior de indicadores, que serão condensados à medida que eles forem usados por níveis hierárquicos superiores.

3.1 Estrutura de um sistema de medição de desempenho

Neely (1997) desenvolveu uma estrutura que procura especificar o que constitui um bom sistema de medição de desempenho. A estrutura consiste de 10 elementos:

1. Título: Um bom título é aquele que explica o que é a medida e qual a sua importância. Deve ser auto explicativo e não possuir jargões.
2. Propósito: toda medida deve ter propósitos, tais como: possibilitar o monitoramento das taxas de melhorias; assegurar que todas as ordens atrasadas estão sendo eliminadas; estimular melhorias no desempenho de entregas dos fornecedores; assegurar que o lead time de introdução de novos produtos está sendo reduzido.
3. Relacionamento: a medida deve estar relacionada com algum objetivo do negócio, e esse objetivo deve ser identificado.
4. Meta: o objetivo de qualquer negócio é função da necessidade de seus proprietários e seus clientes. O nível de performance que o negócio precisa para satisfazer esses objetivos depende da qualidade dos seus competidores. Sem conhecer a qualidade dos seus competidores e uma meta específica que identifica o nível de performance que deve ser alcançado e tempo para que isso seja alcançado, é impossível estimar se as melhorias estão sendo suficientes e se o negócio estará apto para competir no médio e longo prazo. Uma meta apropriada para cada objetivo deve ser registrada. Por ex.: 20% de melhorias ano a ano; 15% de redução durante os próximos 12 meses; obter 98% das entregas no tempo estipulado até o fim do ano;
5. Fórmula: este é um dos elementos mais desafiadores a ser especificado, pois a fórmula (o modo como o desempenho é medido) afeta o comportamento das pessoas.
6. Frequência: a frequência com que o desempenho deve ser registrado e relatado, é uma função de importância para a medida e para o volume de dados disponíveis.
7. Quem mede: a pessoa que coleta e faz o relatório dos dados deve ser identificada.
8. Fonte de dados: a fonte dos dados deve ser especificada. A importância dessa questão implica no fato de que uma fonte de dados consistente é vital na medida em que o desempenho será comparado ao longo do tempo.
9. Quem age sobre o dado: a pessoa que age sobre o dado deve ser identificada.
10. Decisões: este é provavelmente o elemento mais importante dessa lista, não porque contém as informações mais importantes, mas sim porque ele deixa explícito o fato de que ao menos que o loop de gerenciamento esteja fechado, não há razão para se

ter a medida. Em suma, esse elemento tenta retratar a decisão que a medida irá proporcionar.

Ex.: publicar todas os dados de desempenho e um sumário executivo no chão de fábrica como forma de demonstrar comprometimento das pessoas; identificar ocorrência de problemas comuns: ajustar time de inspeção; consistência de vendas; estabelecer materiais alternativos que poderão ser utilizados.

De maneira geral, nessa pesquisa teve-se a preocupação de detalhar:

- O título de cada indicador: na rede de relacionamento desenvolvida, o nome dado aos indicadores foi desenvolvido a partir de uma pesquisa feita na literatura, a fim de se chegar ao significado correto de cada termo.
- Propósito: procurou-se fazer com que o título de cada indicador e seu relacionamento com outros indicadores refletisse o seu propósito. Ex.: o indicador estoque em processo, tem como propósito reduzir o estoque em processo para diminuição dos custos, identificação de problemas, etc.
- Relacionamento: o objetivo da rede é mostrar, além do relacionamento entre cada indicador, a influência destes indicadores nas cinco dimensões competitivas da manufatura.
- Fórmula: a partir da definição de cada indicador, foi estabelecida a sua fórmula correspondente.
- Quem mede: nesse caso, a grande maioria dos dados é coletada automaticamente via o sistema de supervisão de chão de fábrica.
- Fonte de dados: a grande maioria dos dados, foi retirada das máquinas envolvidas no processo produtivo e, em um segundo momento, dos sistemas SCADA, MES e ERP.
- Quem age sobre o dado: na rede de relacionamento desenvolvida, fundamentalmente o gerente industrial, o supervisor da fábrica ou da linha de produção tomará as decisões cabíveis para atingir os objetivos estabelecidos.
- Decisões: o simples fato de existir um relacionamento entre os indicadores já dá uma forte contribuição para que se consiga enxergar quais as possíveis decisões poderão ser advindas a partir a análise dos resultados de cada indicador. Porém, mesmo assim, deve-se detalhar ainda mais as decisões que poderão ser tomadas de acordo com os eventos ocorridos. Porém, nesse trabalho, não foi realizado este nível de detalhamento.

- Os outros elementos (meta, frequência de medição) não foram considerados nesse trabalho.

3.2 Desenvolvimento da rede de relacionamento entre indicadores de desempenho

O intuito dessa rede de relacionamento é servir de base para um melhor entendimento das relações de causa e efeito entre alguns indicadores envolvidos no nível operacional. Além disso, procurou-se enfatizar indicadores que podem ser obtidos pelos sistemas SCADA, e subseqüentemente, pelos sistemas MES e ERP.

O desenvolvimento dessa rede também se deve à entrevista realizada na empresa metal-mecânica que auxiliou na identificação de indicadores relevantes para os fins deste trabalho. A explicação conceitual de todos os indicadores utilizados, encontra-se no Anexo A.

3.2.1 Relação de causa e efeito dos indicadores de desempenho relacionados com a dimensão competitiva custo

Como citado na revisão bibliográfica, existe uma forte tendência de que, atacando-se as outras dimensões competitivas, a dimensão custo será extremamente beneficiada.

Nesse sentido, perceber-se-á que muitos indicadores utilizados nas dimensões competitivas qualidade, flexibilidade e desempenho nas entregas serão utilizados na dimensão custo.

Um dos componentes mais representativos da dimensão competitiva custo é um indicador denominado “custos de produção”. O custo de produção foi definido como a somatória dos custos envolvidos com setup, retrabalho, defeitos, manutenção corretiva e preventiva e estoques em processo. E é este último indicador, estoque em processo, um dos grandes responsáveis pelos “custos de produção”.

Diminuindo-se os estoques em processo teremos como consequência: a necessidade de se diminuir os tempos de setup; diminuir os tempos de manutenção corretiva e melhorar a eficiência da manutenção preventiva; além de maior facilidade na identificação de defeitos e retrabalho; e uma menor utilização de capital de giro. Ou seja, a diminuição dos estoques em processo tem como consequência a diminuição dos custos de produção. Outro indicador extremamente importante é a “eficiência da operação” que, neste caso, significa quanto os processos de produção estão próximos com os padrões estabelecidos. Operações ineficientes querem dizer que a quantidade que foi produzida

está em desacordo com o planejado, seja para mais ou para menos. Nesse sentido, os efeitos do mau planejamento, irão refletir em outros pontos do processo produtivo, e tais desacordos irão gerar problemas tais como apagação de incêndios, falta ou sobra de peças, etc. Logo, aumentando-se a “eficiência da operação”, diminuem-se os custos de produção.

Outros indicadores da dimensão competitiva custo que não estão sendo citados aqui, serão mencionados nas próximas redes de relacionamento.

3.2.2 Relação de causa e efeito dos indicadores de desempenho relacionados com a dimensão competitiva flexibilidade

Em relação à flexibilidade, iremos trabalhar com a flexibilidade de mix de produtos e de volume de produção.

Um importante indicador de desempenho que mede quanto uma empresa é flexível ou não é a quantidade de diferentes setups que esta empresa executa durante um determinado período de tempo. Isso tende a mostrar que a empresa trabalha com diferentes mix de produtos e, além disso, ela consegue executá-los em pequenos lotes tal que consiga obter economia de escopo. Reduzir os tempos de setup é fundamental para que se tenha flexibilidade de mix.

Em relação a flexibilidade de volume, um dos indicadores que serão utilizados como meio para medi-la será a carga de trabalho, que nada mais é que a quantidade de trabalho planejado em relação ao real num dado período de tempo. Esse indicador poderá mostrar se a empresa consegue se adaptar às grandes flutuações de demanda, logicamente considerando a capacidade máxima da empresa.

Para que a flexibilidade de volume ocorra, faz-se necessário que os outputs de um equipamento fiquem muito próximos ao que foi planejado e isto é medido através de um indicador denominado “eficiência da operação”.

Trabalhadores flexíveis também auxiliam na flexibilidade de mix e de produtos. É o que mostra o indicador “força de trabalho flexível”, que se refere à multifuncionalidade dos operadores do chão de fábrica, a fim de que linhas de produção ou estações de trabalho que ditam o ritmo do processo de produção e cujas paradas podem gerar atrasos nos processos como um todo, não sejam interrompidas devido à falta de um operador especializado.

3.2.3 Relação de causa e efeito dos indicadores de desempenho relacionados com a dimensão competitiva qualidade

Antes de descrevermos a rede de relacionamento, temos que definir o significado de qualidade para o que estamos propondo fazer.

Como foi exposto no item 2.11.1, a qualidade pode ser subdividida em 8 dimensões, que são: desempenho, características, confiabilidade, conformidade, durabilidade, assistência técnica, estética e imagem do produto. Ao se analisar quais dessas dimensões poderiam ser influenciadas pelos dados coletados via sistema SCADA, temos a dimensão conformidade como sendo a mais adequada.

Já em relação às outras dimensões, torna-se mais difícil se medir os benefícios de uma coleta automática de dados. Logo, nosso enfoque será fundamentalmente na dimensão conformidade.

Em relação aos indicadores envolvidos na dimensão qualidade, a acurácia da programação da produção é de extrema importância para que não haja estoque em processo. Este último, quando estão em grandes quantidades, não estimulam a necessidade de correção de falhas nos processos produtivos.

Quando se tem pouco estoque em processo, a má qualidade das peças que estão sendo produzidas pode parar toda uma linha ou célula produtiva, pelo simples fato de não haver mais peças para o processo seguinte. Neste caso, todas as atenções da fábrica estarão voltadas na resolução desse problema, o qual, no longo prazo, tender-se-á a não mais ocorrer. Por outro lado, quando se tem alto estoque em processo, na hipótese de se produzir peças com má qualidade, as peças defeituosas simplesmente serão deixadas de lado, a origem daquele problema não será muito bem analisada, a linha e as células de produção não irão parar e tudo continuará normalmente como se nada tivesse acontecido. Como consequência, esses defeitos continuarão surgindo num prazo indeterminado e a qualidade dos produtos dessa empresa continuarão sendo pouco confiáveis.

Logo, a quantidade de falhas no processo tende a diminuir à medida que os estoques em processo diminuem e, conseqüentemente, a redução de não conformidades para o processo seguinte.

3.2.4 Relação de causa e efeito dos indicadores de desempenho relacionados com a dimensão competitiva velocidade de entrega

Foi considerado nessa rede o indicador “eficiência do ciclo de manufatura”, como fundamental para uma empresa competir em termos de velocidade de entrega. Este indicador, poderá ser melhorado a partir da eliminação de atividades de pouco valor agregado, tais como movimentação, tempos de fila e espera, além da própria inspeção. Uma das maneiras de se reduzir as filas é através da diminuição do estoque em processo. Esse último, poderá ser atacado a partir da redução do tamanho dos lotes. Por sua vez, reduzir o tamanho dos lotes de produção requer um amplo esforço na minimização dos tempos de setup. Nesse caso, será considerado apenas o setup interno como responsável pelo aumento ou diminuição do lead time de manufatura. Alto “lead time de manufatura” diminui a “eficiência do ciclo de manufatura”, diminuindo-se assim a velocidade de entrega.

O indicador “taxa de tempo inativo da máquina em relação ao programado”, está diretamente relacionado com outros indicadores, tais como: tempo de máquina parada devido à falta de ferramenta; tempo de manutenção devido à quebra de máquina; tempo de máquina parada devido à falta de material; tempo de máquina parada devido à falta de operador e tempo de correção de falhas no processo. Ou seja, se estes tempos de inatividade não tiverem sido programados, afetará o indicador “quantidade de horas máquina programadas disponíveis”.

Por outro lado, diminuindo-se a “quantidade de horas-máquina programadas disponíveis”, diminuir-se-á a carga de trabalho, a qual afetará diretamente a eficiência da operação.

A “eficiência da operação” está relacionada ao lead time de manufatura pois, quanto menor for a eficiência, maior serão as discrepâncias das saídas (*outputs*) de um recurso comparado com o planejado, tanto para mais quanto para menos. Isso afetará os tempos de fila e espera, ou seja: baixa eficiência da operação com quantidades produzidas abaixo do esperado irá aumentar o tempo de fila; baixa eficiência da operação com quantidades produzidas acima do esperado, irá aumentar o tempo de espera no processo seguinte.

Verifica-se também nessa rede de relacionamento, que a produtividade tem uma relação direta com a eficiência da operação, já que tanto um quanto outro, serão comparados com um padrão estabelecido. Se a realidade estiver fora desses padrões, poderemos ter

alguns efeitos indesejáveis nos processos como um todo, pelo simples fato de que aquilo que ocorreu não estava dentro do planejado. Agora, se um determinado ganho de produtividade fica estabelecido como o novo padrão de produtividade, a empresa obterá maiores ganhos se esse novo padrão estiver dentro do planejado. Portanto, aumentar a produtividade da máquina para padrões que estejam em desacordo com o planejado, à primeira vista pode trazer benefícios, porém num segundo momento pode impactar negativamente em outras áreas da empresa.

Outro indicador que também irá impactar na “eficiência do ciclo de manufatura” é o “tempo de correção de falhas no processo”, que é consequência da taxa de não conformidade com as especificações, gerando-se refugo e retrabalho.

Geralmente, empresas com baixa qualidade em seu processo produtivo, utilizam-se das inspeções como meio de tentar evitar que produtos com má qualidade cheguem até seus clientes. Portanto, também foi considerado nessa rede de relacionamento o indicador “tempo de inspeção” como um perturbador da “eficiência do ciclo de manufatura”.

3.2.5 Relação de causa e efeito dos indicadores de desempenho relacionados com a dimensão competitiva confiabilidade de entrega

Existem poucas diferenças entre as dimensões competitivas velocidade e confiabilidade de entrega, tanto que muitos autores as agrupam sob o nome de desempenho nas entregas.

Apesar de se poder atingir alta confiabilidade com tempos de entrega longos, pode-se questionar se essa diferença entre o tempo esperado e o tempo cotado ao cliente não é devido a uma falta de confiabilidade dentro do sistema (SLACK, 2002).

Portanto, tanto indicadores relacionados com a confiabilidade e com a velocidade de entrega devem andar juntos. É o caso, por exemplo do “*lead time* de manufatura”, já que a boa confiabilidade também é resultado do fluxo rápido de materiais. Quanto menor o *lead time* de manufatura, maior será a eficiência do ciclo de manufatura, que irá resultar em uma velocidade de entrega maior e, conseqüentemente, numa melhor confiabilidade de entrega.

Outro indicador a ser destacado é a acurácia da programação da produção, que irá mostrar se é possível confiar no planejado, a partir da comparação com o realizado. Um reflexo da acurácia da programação da produção será o indicador denominado “taxa crítica”.

Além da confiabilidade de entrega, foi colocado um outro indicador que é consequência deste último, que é o “desempenho da programação da produção no tempo”, que representa o número de pedidos entregues no tempo estipulado. O bom desempenho deste indicador dentro de limites de tempo de espera toleráveis pelo cliente, irá mostrar uma empresa com alta confiabilidade de entrega de seus produtos.

3.3 Comentários sobre a rede de relacionamento entre indicadores de desempenho

O que está sendo mostrado nessa relação de causa e efeito entre indicadores de desempenho, é apenas uma proposta inicial de indicadores que poderão ser utilizados no nível de chão de fábrica. Não se pretende com essa proposta, relacionar todos os indicadores de desempenho que seriam úteis para as cinco dimensões competitivas da manufatura.

Cada empresa poderá por si só definir seus próprios indicadores de acordo com as suas realidades e, diagnosticar o impacto de cada indicador em sua estratégia competitiva.

Nesse sentido, foi colocado em cada rede de relacionamento um indicador fictício denominado “outros indicadores”, a fim de se ilustrar que a proposta apresentada não se restringe apenas aos indicadores citados.

Deve-se também tomar bastante cuidado ao analisar os indicadores isoladamente. Muitas vezes, a simples melhoria de um indicador não necessariamente implicará na melhoria de outro indicador relacionado, pois pode haver outras variáveis que não foram consideradas na rede de relacionamento, já que o foco principal foi o desenvolvimento dessa rede a partir de dados coletados automaticamente do chão de fábrica.

3.4 Quem irá se utilizar esses indicadores

Se analisarmos o organograma genérico de uma empresa, verificaremos que tais indicadores de desempenho serão úteis para os supervisores de chão de fábrica e para os gerentes industriais ou de manufatura.

Eles terão que adaptar os seus processos produtivos de acordo com a estratégia global adotada pela empresa, ou seja, à medida que se muda a estratégia competitiva da empresa, a meta de desempenho de um determinado indicador pode ser reduzida ou aumentada.

3.5 Contribuição dos sistemas de informação para a aquisição dos dados relacionados aos indicadores

Nesta etapa do trabalho, será descrito qual dos sistemas (ERP, MES e SCADA) serão os mais propícios a fornecer os dados necessários aos indicadores de desempenho

mostrados na rede de relacionamento desenvolvida anteriormente. Para isso, foi feita uma análise dos possíveis fluxos de dados entre os sistemas.

Logicamente, alguns destes dados poderão ser obtidos em mais de um sistema, pois não existe um limite bem definido das funcionalidades dos três sistemas.

Uma conclusão prévia que se chega é que, a grande maioria dos indicadores de desempenho utilizados neste trabalho, poderão ser obtidos a partir dos dados dos sistemas SCADA e MES. Já era de se esperar que isso acontecesse, uma vez que o foco principal desses sistemas está no nível de chão de fábrica, que também é o enfoque dessa pesquisa.

Em contrapartida, poucos dados poderão ser obtidos dos sistemas ERP, devido ao seu enfoque principal nas atividades de nível estratégico e tático.

Outro fato a ser destacado é que, muitas das fórmulas contidas abaixo, foram elaboradas a partir de uma análise e interpretação do significado de cada indicador. Sendo assim, isso não limita a utilização de uma única fórmula para representá-lo.

3.5.1 Sistemas SCADA:

- *Horas-máquina*
- *Número de peças defeituosas*
- *Quantidade de peças produzidas;*
- *Quantidade de setups;*
- *Quantidade de setups devido a refugo e retrabalho*
- *Tamanho do lote*
- *Tempo de correção de falhas no processo*
- *Tempo de máquina parada devido à falta de ferramenta;*
- *Tempo de máquina parada devido à falta de material;*
- *Tempo de máquina parada devido à falta de operador;*
- *Tempo de manutenção devido à quebra de máquina;*
- *Tempo de máquina parada devido à quebras;*
- *Tempo de processamento da peça/lote;*
- *Tempo de set up interno;*
- *Tempo disponível da máquina;*

3.5.2 Sistemas MES:

- *Acurácia da Previsão de Manutenção* = tempo de manutenção real / tempo de manutenção programado
- *Acurácia da Programação da Produção* = programação real da produção / programação planejada da produção
- *Carga de trabalho* = (hora de trabalho planejado – hora de trabalho real) / tempo pré-estabelecido (minutos, horas, etc.)
- *Eficiência da Manutenção Preventiva* = tempo de máquina parada para manutenção / tempo padrão esperado de manutenção da máquina
- *Eficiência da Operação* = quantidade de *output* real / quantidade de *output* padrão
- *Eficiência do Ciclo de Manufatura* = *lead time* real / *lead time* padrão
- *Estoque em Processo* = quantidade de material em processo
- *Flexibilidade de Mix* = taxa de componentes diferentes processados pelo equipamento / tempo de processamento destes componentes
- *Flexibilidade de Volume* = quantidade de peças produzidas no tempo / demanda de peças do recurso no tempo (tendendo sempre a 1)
- *Índice de Refugo* = quantidade de peças refugadas / quantidade total de peças processadas
- *Lead Time de Manufatura* = tempo processamento + *setup* + *fila* + *espera* + *movimentação*
- *Número de inspeções* = número de peças inspecionadas / quantidade de peças produzidas
- *Produtividade da Máquina* = quantidade de peças produzidas / tempo de processamento (minutos, horas, etc.)
- *Quantidade de horas máquina programadas disponíveis* = quantidade de horas-máquina real - quantidade de horas-máquina programada
- *Taxa crítica* = tempo de entrega restante / trabalho restante
- *Taxa de capacidade* = quantidade de peças produzidas x tempo de processamento da peça / tempo disponível
- *Taxa de não conformidade com as especificações* = (quantidade de peças fora dos padrões estabelecidos – quantidade de refugos) / quantidade total de peças processadas

- *Taxa de operações de inspeção* = quantidade de peças inspecionadas / quantidade de peças produzidas
- *Taxa de Retrabalho* = (quantidade de peças defeituosas – quantidade de peças refugadas) / quantidade total de peças produzidas
- *Taxa de tempo inativo da máquina em relação ao programado* = tempo inativo real da máquina / tempo inativo programado da máquina
- *Taxa de utilização*: tempo disponível - tempo inativo real da máquina / tempo disponível
- *Tempo de fila*
- *Tempo de espera*
- *Tempo de Inspeção*
- *Tempo de movimentação*;
- *Tempo inativo real da máquina* = tempo de parada no processo devido a falta de operador + tempo inativo no processo devido a falta de ferramenta + tempo de parada no processo devido a falta de material + tempo de máquina parada devido à manutenção (corretiva e preventiva) + tempo perdido no processo devido a má qualidade
- *Tempo perdido no processo devido à má qualidade* = tempo gasto no retrabalho de peças + tempo gasto devido ao refugo de peças
- *Tempo total de setup diário não programado*

3.5.3 Sistemas ERP:

- *Custo das Falhas Internas* = custo de retrabalho + refugo + degradação + reinspeção + perdas no processo
- *Custo das Inspeções*
- *Custos de Produção* = custos de setup + custos dos defeitos + custos de manutenção corretiva + custos de manutenção preventiva
- *Custos de Setup* = custos refugo + custos de calibração + custos de manutenção + custo de perda de vendas
- *Desempenho da Programação da Produção no tempo* = número de pedidos entregues na data prevista

- *Estoque em Processo* = quantidade de material em processo x valor monetário de cada material
- *Força de trabalho flexível*
- *Número de Inspeções para Produtos Fornecidos* = número de peças inspecionadas / quantidade de peças fornecidas
- *Qualidade na fonte* = quantidade de material rejeitado / quantidade total de material inspecionado

3.6 Desenvolvimento de uma proposta de uso do sistema SCADA como meio de auxiliar o processo de medição de desempenho

Como já dito anteriormente, o uso dos sistemas SCADA estão calcados fundamentalmente em empresas de processo contínuo. Porém, já existem empresas de processo discreto que estão fazendo uso desse sistema. É o caso da empresa metal-mecânica estudada nesse trabalho.

O uso deste sistema na empresa estudada tem sido eminentemente para a coleta automática de dados, a fim de dar suporte a algumas informações que a empresa julga necessárias. Tais informações encontram-se em anexo.

Tem-se como proposta futura o uso desses dados para o processo de tomada de decisão, as quais poderão ser tomadas imediatamente pelo operador ou gerente da linha de produção, através da visualização na tela do sistema, pontos onde os indicadores não correspondem aos parâmetros pré-estabelecidos.

A Figura 19 da página seguinte é um exemplo de uma tela de um sistema SCADA, onde se poderia utilizar os dados coletados para o processo de tomada de decisão.

Figura 19: Exemplo de uma tela de um sistema SCADA

4 CONCLUSÕES FINAIS

A introdução dos sistemas ERP no início dos anos 90 e a sua implementação na grande maioria das empresas até o fim do século passado, trouxe maior competitividade para as mesmas. Porém, o uso desses sistemas deixou de ser um critério ganhador de pedido, passando a ser um critério qualificador.

Apesar desses sistemas buscarem a integração entre todos os processos da empresa, eles deixaram lacunas nos níveis operacionais. Nesse sentido, os sistemas MES e SCADA, atualmente são tidos como de grande valia à gestão dos processos de chão de fábrica.

A utilização dos sistemas SCADA se dá fundamentalmente em empresas cujo processo produtivo é caracterizado por ser contínuo, devido à facilidade do uso de sensores para a aquisição de dados nestes processos.

Porém, atualmente, pesquisas estão sendo desenvolvidas para o uso do SCADA em empresas de manufatura discreta, principalmente naquelas que utilizam processos de usinagem.

A integração entre esses três sistemas é tida como uma grande vantagem competitiva, visto que os dados do chão de fábrica que alimentariam os sistemas ERP passam a ser mais precisos, confiáveis e em tempo real.

Não bastasse essa integração como um grande diferencial das empresas, o uso de sistemas de medição de desempenho virá potencializar ainda mais o poder de uso conjunto desses sistemas.

Muitos dos trabalhos relacionados com sistemas de medição de desempenho focam principalmente nos níveis estratégicos das organizações, enquanto que é menor a quantidade de trabalhos enfatizando os níveis operacionais.

Com o desenvolvimento deste trabalho, dando-se o enfoque no nível de chão de fábrica, minimizou-se as deficiências de indicadores neste nível e, paralelamente a isso, potencializou a importância da integração entre os sistemas SCADA e MES, a fim de utilizá-los como suporte ao processo de tomada de decisão.

Através do uso de sistemas SCADA, pode-se ter um monitoramento em tempo real do desempenho de alguns indicadores e se tomar decisões com maior velocidade, não deixando que algum evento fora dos padrões pré-estabelecidos tome proporções que possam gerar malefícios para a organização.

Na entrevista realizada em uma empresa metal mecânica, observou-se claramente que os indicadores utilizados no nível operacional são isolados, e nem supervisores e gerentes conhecem o impacto de cada indicador nas estratégias adotadas pela empresa.

A falta de um entendimento do impacto de cada indicador na estratégia competitiva das empresas é uma constante, como pode ser observado em muitos trabalhos da área.

Nesse sentido, a rede de relacionamento proposta dará uma grande contribuição aos gestores, principalmente àqueles comprometidos com o chão de fábrica, que terão uma melhor visão do impacto de cada indicador nas cinco dimensões competitivas de manufatura (custo, qualidade, flexibilidade, velocidade de entrega e confiabilidade nas entregas), a partir de um melhor entendimento das relações de causa e efeito entre estes indicadores.

4.1 Proposta para Trabalhos Futuros

A fim de se dar continuidade a este trabalho, alguns temas poderão ser abordados com maior profundidade, tais como:

- Desenvolver a arquitetura computacional necessária para a integração entre os 3 sistemas (SCADA, MES e ERP) e um sistema de medição de desempenho;
- Dar um detalhamento ainda maior a rede de relacionamento de indicadores de desempenho, dando ênfase não somente aos dados coletados automaticamente do chão de fábrica, mas a outros possíveis dados;
- Desenvolvimento da rede de relacionamento com indicadores de desempenho mais específicos para as tipologias de produção (produção para estoque, produção para montagem e produção sob encomenda) e para os diversos setores e tamanhos de empresas;
- Implementar no sistema SCADA indicadores de desempenho que apontem em tempo real o comportamento do chão de fábrica;
- Estudar a viabilidade de se usar conjuntamente os sistemas SCADA, MES e ERP e os sistemas de produção enxuta;

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNOLD, J. R. T.; CHAPMAN, S.T (2001). *Introduction to Materials Management*. 4th ed. Prentice-Hall.

BAUER, A. et al. (1991). *Shop Floor Control Systems – from design to implementation*. Chapman & Hall.

BITITCI, U. S.; CARRIE, A. S.; McDEVITT, L. (1997). Integrated performance measurement systems: a development guide. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 17, n. 5, p. 522-534.

BRAGG, D. J; DUPLAGA, E. A.; WATTS, C.A. (1999). The effects of partial order release and component reservation on inventory and customer service performance in a MRP environment. *International Journal of Production Research*, v.37, n.3, p. 523-538.

BROWN, J. P.(2001). “Is ERP a Silver Bullet ?”. *APICS - The Performance Advantage*, v. 11, n. 1.

CAETANO, André G.L.S. (2000). *Sistemas de Supervisão de Chão de fábrica: Uma Contribuição para Implantação em Indústrias de Usinagem*. 110p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2000.

CARUSO, D. (1998). Get a backbone. *Intelligent Enterprise*, p. 18-20, dec.

CHAUDHRY, O. (1998). Enterprise Supply Chain Management: An Expanding Software Horizon. *APICS - The Performance Advantage*. v.8, n.9, sept.

CHANG, R.Y.; MORGAN, M.W. (2000). *Performance Scorecards: measuring the right things in the real world*. 1st ed., Jossey-Bass.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.(1993). *Just in Time, MRP II e OPT - um enfoque estratégico*. 2^a ed., São Paulo: Atlas.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M.(1997). *Planejamento, Programação e Controle da Produção: MRP II / ERP*. São Paulo: Atlas.

COX JR., T.J.(1989). Toward the Measurement of Manufacturing Flexibility. *Production and Inventory Management Journal*. 1st Quarter, vol.30, n.1, p. 68-72.

COX, J. F.; BLACKSTONE JR., J. H. (1998). APICS dictionary. 9th ed., Terry College of Business, University of Georgia.

DAVENPORT, T.H. (1998). Putting the Enterprise into the Enterprise System. *Harvard Business Review*, v. 76, n.4, p.121 – 131, Jul./Aug.

EXON-TAYLOR, M. (1997). Beyond MRP – the operation of a modern scheduling system. *Supply Chain Management*, v.2, n.2, p. 43-48.

FAVARETTO, F. (2001). *Uma Contribuição ao Processo de Gestão da Produção pelo Uso de Coleta Automática de Dados de Chão de Fábrica*. 81p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos. 2001.

FERDOWS, K.; DE MAYER, A. (1990). Last improvements in manufacturing performance: in search of a new theory. *Journal of Operations Management*, v.9, n.2, p.168-184.

FILHO, C. S. (2000). Alguns Aspectos do MES. *Revista In Tech Brasil*, ano 3, n, 29, Nov.

GHALAYINI, A. M.; NOBLE, J. S. (1996). The changing basis of performance measurement. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 16, n. 8, p. 63-80.

GARVIN, D.A. (1987). Competing on the Eight Dimensions of Quality. *Harvard Business Review*, p. 101-109, Nov-Dec.

LAURINDO, F.J.B.; MESQUITA, M.A. (2000). Material Requirement Planning: 25 anos de história – Uma revisão do passado e prospecção do futuro. *Revista Gestão & Produção*, v.7, n.3, p. 320-337, dez.

LINDAU, R.A. (1997). Automatic data capture and its impact on productivity. *International Journal of Production Economics*, n. 52, p. 91 –103.

KAPLAN, R.S. (1983) Measuring manufacturing performance – a new challenge for managerial accounting research. *The Accounting Review*, v.58, n.4, p.686-705, oct.

KAPLAN, R.S.; NORTON, D. P. (1996). Using the balanced scorecard as a strategic management system. *Harvard Business Review*, v.74, n.1, p.75-85, jan./feb.

KAPLAN, R.S.; NORTON, D.P. (1996). *Balanced Scorecard – a estratégia em ação*. Rio de Janeiro. Ed. Campus.

KIM, K. H.; SONG, J. Y.; WANG, K. H. (1997). A negotiation based scheduling for items with flexible process plans. *Computers in Industrial Engineering*, v.33, n. 3-4, p. 785-788.

MAHALIK, N.P.; MOORE, P.R. (1997). Fieldbus technology based distributed control in process industries: a case study with LonWorks Technologies. *Integrated Manufacturing Systems*, v.8, n.4, p. 231-243.

MARTIN, R. (1997). Do we practice quality principles in the performance measurement of critical success factors? *Total Quality Management*. v. 8, n. 6, p.429-444.

MARTINS, R.A. (1999) Sistemas de Medição de Desempenho – um modelo para estruturação do uso. 248 p., Tese (Doutorado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

MASKELL, B.H. (1991). *Performance measurement for world class manufacturing: a model for american companies*. Portland: Productivity Press.

MELLO, R.G.(2002). Desenvolvimento de Sistemas de Supervisão de Manufatura para Empresas de Usinagem. 72p., Dissertação (Qualificação em Engenharia Mecânica) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos. 2002.

MEIRELES, G.S.C. (2000). *Desenvolvimento de Sistemas de Aquisição de Dados em Operações de Usinagem visando o Monitoramento de Linhas ou Células de Produção*. 97p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

MESA (2002). *MRP to MES Data Flow Possibilities*. Disponível em: <http://www.mesa.org/whitepapers/index.htm>. Acesso em Abr. 2002.

NEELY, A.; GREGORY, M.; PLATTS, K. (1995). Performance Measurement System Design – a literature review and research agenda. *International Journal of Operations & Production Management*, v.15, n. 4, p. 80-116.

NEELY, A. (1999). The performance measurement revolution: why now and what next? *International Journal of Operations and Production Management*, v. 19, n. 2, p. 205-228.

PIRES, S.R.I. (1995). *Gestão Estratégica da Produção*. Piracicaba: Unimep.

PORTER, J. K. et al. (1996). Production Planning and Control System developments in Germany. *International Journal of Operations in Production Management*, v.15, n.1, p. 27-39.

PORTER, K. et al. (1999). Manufacturing classifications – relationships with production control systems. *Integrated Manufacturing Systems*, v.10, n.4, p. 189-198.

RENTES, A. F.; VAN AKEEN, E. M.; ESPOSTO, K. F. (2001). Processo de desenvolvimento de um sistema de medição de desempenho baseado em uma metodologia de transformação organizacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP, Salvador, BA.

SAP. Product Lifecycle Management with mySAP.com. (2002). Disponível em <http://www.sap.com/solutins/plm/plm_over.htm>. Acesso em Abril de 2002.

SAP. my SAP Business Intelligence (2002). Disponível em <<http://www.sap.com/brazil/solutions/bi>>. Acesso em Abril de 2002.

SAP. my SAP Supply Chain Management. (2002). Disponível em <<http://www.sap.com/brazil/solutions/scm>>. Acesso em Abril de 2002.

SLACK, N. et al. (1995). *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas.

SLACK, N. et al. (1999). *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas.

SLACK, N. (2002). *Vantagem Competitiva em Manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais*. 2 ed., São Paulo: Atlas.

SMITH, D. (1998). Creating the data collection infrastructure that maximizes ERP functionality. *APICS On-Line*, v.8, n.5.

STOODER, D. (1999). CRM: aka, the Intelligent Enterprise. *Intelligent Enterprise*, p.4-5, Nov.

VOLLMANN, T. E.; BERRY, W. L.; WHYBARK, D. C. (1993). Integrated Production and Inventory Management, *Business One Irwin*.

VOLLMANN, T. E.; BERRY, W. L.; WHYBARK, D. C. (1997). *Manufacturing Planning and Control Systems*. 4th ed., Irwin McGraw-Hill.

WESTON, R. (1999). Model driven, component-based approach to reconfiguring manufacturing software systems. *International Journal on Operations & Production Management*, v.19, n.8, p. 834-855.

WHEELWRIGHT, S.C. (1978). Reflecting corporate strategy in manufacturing decisions. *Business Horizons*, , p.57-66, Feb.

WHITE, G.P. (1996). A survey and taxonomy of strategy-related performance measures for manufacturing. *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 16, n.3, p.42-61.

YUSUF, Y.; LITTLE, D. (1998). An empirical investigation of enterprise-wide integration of MRP II. *International Journal of Operations & Production Management*, v.18, n.1, p. 66-86.

ZANCUL, E. S. (2000). Análise da Aplicabilidade de um Sistema ERP no Processo de desenvolvimento de Produtos. São Carlos, 192p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção Mecânica) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2000.

ANEXO A

A seguir, serão colocados em ordem alfabética a explicação conceitual dos indicadores de desempenho presentes na rede de relacionamento desenvolvida no item 3.2, além de outros que não estão presentes na rede, mas que poderão ser utilizados pelas pessoas envolvidas na gestão do chão de fábrica. Para isso, foram consultadas bibliografias de diversos autores, tais como ARNOLD (2001); CORRÊA (1997); COX & BLACKSTONE (1998), VOLLMANN (1997). Apesar de alguns autores não chegarem a um consenso sobre algumas definições, fez-se necessário julgar qual definição se enquadraria melhor no modelo empregado.

(A)

Acurácia da Previsão de Manutenção: define a assertividade da previsão de manutenção.

Acurácia da Programação da Produção: reflete o quanto a programação da produção está de acordo com o planejado. É uma medida de controle entre o planejado e o efetivamente realizado. Se tal controle ocorrer em tempo real, trará grandes benefícios para a programação da produção.

Atrasos de entrega: falha em atender as expectativas dos clientes em relação os prazos de entrega prometidos.

Automação flexível: automação que fornece tempos de setup pequenos e a habilidade de trocar de um produto para outro rapidamente. Uma indicador poderia ser a quantidade de máquinas flexíveis utilizadas pela empresa.

(C)

Capacidade disponível: é a capacidade de um sistema ou recurso de produzir uma quantidade de *output* num determinado período de tempo.

Capacidade do período: o número de horas padrão de trabalho que podem ser desempenhadas num equipamento ou centro de trabalho num dado período de tempo.

Capacidade inativa: é a capacidade geralmente não utilizada em um recurso. Consiste em uma capacidade de proteção ou excesso de capacidade.

Carga de trabalho: é a quantidade de trabalho planejado e o real trabalho liberado para um equipamento ou centro de trabalho num período de tempo específico. Usualmente é

expresso em termos de horas padrão de trabalho ou, quando itens consomem recursos similares na mesma taxa, unidades de produção.

Confiabilidade: é a probabilidade de um produto desempenhar suas funções nas condições descritas sem falhas durante um período de tempo especificado.

Conformidade: uma indicação ou julgamento de que um produto ou serviço atingiu as especificações necessárias.

Custo da manutenção corretiva: são todos os custos decorrentes de se ter manutenção corretiva.

Custo da ordem: usada para calcular a quantidade de pedidos, ou seja, o custo aumenta conforme o número de ordens aumenta.

Custo da qualidade: todos os custos associados com as atividades de prevenção e melhoria da qualidade, antes, durante e depois da produção de um produto. Esses custos recaem em quatro categorias: falhas internas, falhas externas, custos de avaliação e custos de prevenção.

Custo das falhas externas: refere-se aos problemas encontrados depois do produto chegar ao cliente. Geralmente são custos relacionados com garantia e retorno.

Custo das falhas internas: custos associados com a observação de defeitos antes do produto chegar ao consumidor. Alguns desses custos são: retrabalho, refugo, degradação, reinspeção e perdas no processo.

Custo de manuseio: custo envolvido na movimentação de material. Em alguns casos, ele depende do tamanho do inventário.

Custo de Produção: é a somatória dos custos envolvidos com: excesso de estoques (matéria prima, em processo e produto acabado), grandes tempos de setup, grande quantidade de materiais retrabalhados e refugados; além dos custos decorrentes da manutenção corretiva. Nesses custos, estão envolvidos tanto custos diretos quanto indiretos.

Custos das Inspeções: são os custos decorrentes de se ter inspeção de peças, tanto vindas de fornecedores internos quanto de fornecedores externos. Nesses custos podem estar envolvidos alocações de pessoas para inspeção, uso de equipamentos, etc.

Custos de avaliação: são custos associados com a avaliação formal ou auditorias realizadas na empresa. Alguns desses custos incluem: inspeção, auditorias de qualidade, testes e calibração.

Custos de distribuição: itens de custo relacionados com atividades associadas com a movimentação e a estocagem de produtos finais. Custos de distribuição incluem: custos de estoques, custos de transporte e custos de processamento do pedido.

Custos de prevenção: são os custos causados por atividades de melhorias, focando na redução de falhas. Alguns desses custos são: treinamento dos funcionários, certificação de qualidade e qualidade do fornecedor. Custos de prevenção são uma das quatro categorias de custos da qualidade.

Custos de setup: associado aos custos de refugo, custos de calibração, custos de manutenção, e perda de vendas associadas com a preparação do recurso para o próximo produto.

(D)

Desempenho da programação da produção no tempo: é uma medida que indica o número de pedidos entregues no tempo estipulado. Essa medida pode ser expressa através de número de pedidos ou em valor monetário dos itens que foram entregues no tempo estipulado.

Deteção de falhas no processo produtivo: é uma medida que tenta mostrar a capacidade da empresa na detecção de possíveis falhas no processo produtivo que poderão afetar alguma dimensão relacionada com a qualidade do produto.

Disponibilidade: porcentagem de tempo que um trabalhador ou máquina é capaz de trabalhar. A fórmula é:

$$\text{Disponibilidade} = ((S-B)/S) \times 100\%$$

Onde: S é o tempo de programação e B é o tempo de manutenção.

Disponibilidade de capacidade: a medida deve ser balanceada para assegurar que a capacidade e os recursos estarão disponíveis quando necessário, mas isso deve ser alcançado com o uso eficiente dos recursos. A disponibilidade de capacidade pode estar focada no recurso gargalo, possibilitando confiabilidade de entrega ao cliente e maior produtividade da organização.

Disponibilidade de máquina / tecnologia: o balanço entre utilidade e disponibilidade de tecnologia deve ser estimado pela empresa, baseado nos critérios competitivos de manufatura. Gastos excessivos em tecnologia em áreas estratégicas ou em itens estratégicos podem ser justificados se disponibilidade e flexibilidade são prioridades competitivas.

(E)

Eficiência da operação: é uma porcentagem das saídas de um equipamento, departamento ou planta comparado com o planejado ou o output padrão.

Eficiência da performance: uma taxa, usualmente expressa como uma porcentagem, do tempo de processamento padrão de uma peça dividida pelo tempo de processamento real. Setups são excluídos desse cálculo para se evitar distorções.

Eficiência do ciclo de manufatura: é a taxa de valor agregado ao lead time de manufatura ou tempo de ciclo. Tempo de ciclo de manufatura pode ser melhorado pela redução do lead time de manufatura, através da eliminação de atividades que não possuem valor agregado, tais como inspeção, movimentação e fila.

Eficiência: medida geralmente expressa em porcentagem do output real com o output padrão esperado. Em contraste, a produtividade mede a quantidade de output relativa a um input. (ex. ton / hora de trabalho). Eficiência é (1) a taxa de unidades reais produzidas em relação ao padrão de produção esperado num período de tempo ou, (2) horas padrão de produção por horas reais de trabalho (quanto maior, menor a eficiência), ou (3) volume monetário real de output em relação a um padrão estabelecido para um período de tempo. Ex.: Há um padrão de 100 peças por hora e 780 peças são produzidas durante um período de 8 horas. Logo a eficiência será de 97,5%.

Esforço para a qualidade: todos os esforços associados com as atividades de prevenção e melhoria da qualidade, antes, durante e depois da produção de um produto,

Eficiência da Manutenção Preventiva: expressa o tempo realmente gasto com manutenção, em relação ao tempo padrão esperado para a manutenção de uma máquina.

Estoque em Processo: são peças nos vários estágios produtivos da fábrica, incluindo-se as matérias primas em seus processos iniciais até o processamento completo do produto final.

Excesso de capacidade: situação na qual a capacidade de output num recurso não gargalo excede a quantidade necessária para se ter um nível adequado de processamento no gargalo.

Excesso de inventário: qualquer inventário no sistema que exceda a quantidade mínima necessária para obter a desejada taxa de processamento em um recurso gargalo ou que exceda a quantidade mínima necessária para obter o desempenho da data de entrega desejada. Inventário total = inventário produtivo + inventário de proteção + excesso de inventário.

(F)

Fator de perda de tempo: é o complemento da utilização, ou seja, 1 (um) menos o fator de utilização. É a porcentagem de tempo perdido devido à indisponibilidade de máquinas, ferramentas e trabalhadores. Pode ser calculado como as horas planejadas menos as horas reais, dividido pelas horas planejadas.

Fila: peças num determinado centro de trabalho esperando para serem processadas. Quanto maior a fila, maior o tempo médio de fila e estoque em processo.

Flexibilidade de Material: é a habilidade do processo de transformação de manejar variações inesperadas nos inputs de material.

Flexibilidade de Mix: é a habilidade de manipular uma grande gama de produtos ou variantes através do uso de equipamentos, tendo-se um tempo de setup pequeno.

Flexibilidade de Modificações: é a capacidade do processo de transformação para implementar rapidamente pequenas mudanças no projeto dos produtos.

Flexibilidade de rotas: (rerouting flexibility): capacidade de adaptar rápido e facilmente as rotas de produção através da alternância de máquinas.

Flexibilidade de volume: é a habilidade do processo de transformação para rapidamente acomodar grandes variações no nível de produção.

Flexibilidade do processo: a facilidade e a velocidade com que o processo de transformação das tarefas de manufatura pode responder às mudanças internas ou externas.

Flexibilidade do Produto: é a facilidade com que os projetos atuais podem ser modificados em resposta às mudanças de mercado.

Flexibilidade no mix de produtos: habilidade de mudar rapidamente para outros produtos produzidos num determinado equipamento, de acordo com as requisições de mudança feitas pela demanda.

Flexibilidade: é a habilidade do sistema de manufatura em responder rapidamente, em termos de “tempo” às mudanças internas ou externas. Seis diferentes categorias de flexibilidade podem ser consideradas: flexibilidade de mix, flexibilidade de mudança de projeto, flexibilidade de modificação, flexibilidade de volume, flexibilidade de rota, e flexibilidade de material. Flexibilidade pode ser útil em enfrentar vários tipos de incertezas (relativo a mix, volume, etc.).

Follow up : monitoramento do progresso do trabalho para saber se a operação está sendo executada dentro do programado ou os materiais comprados serão recebidos dentro do prazo programado.

Força de trabalho flexível: são pessoas treinadas para executar diferentes tipos de tarefas.

Frequência de calibração: intervalo de dias decorridos na calibração de ferramentas.

(H)

Horas máquina: é a quantidade de tempo, em horas, que uma máquina está realmente trabalhando. Horas máquina, no lugar de horas de trabalho, pode ser usada para planejamento de capacidade para a programação da produção, e também como forma de alocação de custos.

Hora homem: uma unidade de medida que representa uma pessoa trabalhando durante uma hora.

Horas – máquina não programadas: horas em que a máquina não está disponível para a programação da produção. Ex.: noites, finais de semana, feriados, almoço, reparos e reconstruções.

(I)

Índice de Refugos: índice que identifica a quantidade de material fora das especificações a tal ponto que, inviabiliza o retrabalho.

(L)

Lead Time: espaço de tempo necessário para se desempenhar um processo ou uma série de operações. Os componentes individuais do lead time podem ser tempo de preparação do pedido, tempo de fila, tempo de espera, tempo de processamento, tempo de movimentação ou transporte e tempo de recebimento e inspeção.

Lead time de retrabalho: o tempo necessário para retrabalhar um material in company ou em um fornecedor.

Lead time de manufatura: é o tempo total necessário para se manufaturar um item, menos o lead time de compra. Num ambiente MTO, é o tempo entre o lançamento de um pedido para o processo de produção e o seu embarque para o cliente final. Num ambiente MTS, é o tempo entre o lançamento de um pedido e o recebimento no estoque de produtos finais.

(M)

Manutenção corretiva: manutenções não programadas para retornar um produto ou processo para o nível de desempenho especificado após uma falha ou mal funcionamento.

Manutenção preventiva: são atividades que incluem ajustes, acertos, substituições e até limpeza que tentam evitar a quebra de máquinas. O propósito é assegurar que tanto a qualidade de produção quanto a programação serão mantidos.

Material não conforme: qualquer matéria prima, peça, componente ou produto com uma ou mais características que saem das especificações, desenho ou outra descrição do produto.

Medidas de benchmarking: um conjunto de medidas que são usadas para estabelecer metas para a melhoria dos processos, funções, ou produtos. Essas medidas são derivadas de outras empresas que possuem competência comprovada daquilo que está se comparando.

Manutenção devido à quebra da máquina: manutenção corretiva que ocorre quando o equipamento falha, tendo que ser reparado emergencialmente.

(N)

Número de inspeções: indica o número de peças inspecionadas pela quantidade de peças produzidas.

Número de inspeções para produtos fornecidos: indica o número de peças inspecionadas pela quantidade de peças fornecidas.

Número de peças defeituosas: quantidade de peças que serão reprocessadas ou retrabalhadas

(P)

Peça defeituosa: peça que será reprocessada ou retrabalhada.

Previsão de manutenção: baseado em testes não destrutivos e análises estatísticas, usadas para prever quando uma manutenção necessária deverá ser programada.

Produtividade: é uma medida global da habilidade de se produzir uma mercadoria ou serviço. É o output real de produção comparado com a entrada real de recursos.

Produtividade da máquina: é a taxa de output de uma máquina por unidade de tempo comparado com um padrão estabelecido. Pode ser expressa em termos de output por unidade de tempo ou output por horas-máquina.

Processamento do pedido: é a atividade necessária para administrativamente processar o pedido do cliente e deixá-lo pronto para o embarque ou produção.

(Q)

Qualidade na fonte: é a responsabilidade do produtor de fornecer material com qualidade 100% aceitável ao consumidor. O objetivo é reduzir ou eliminar inspeções de qualidade ou paradas no processo com resultado de defeitos dos produtos fornecidos.

Quantidade de conclusão esperada: quantidade planejada de manufatura de um pedido após o refugo (*scrap*) esperado.

Quantidade de falhas no processo: é o número de falhas ocorridas durante o processo produtivo, num determinado período de tempo.

Quantidade de peças produzidas: representa a quantidade de peças produzidas por um recurso num determinado período de tempo

Quantidade de horas-máquina programadas disponíveis: é a quantidade de tempo, em horas, que uma máquina está trabalhando, comparado com a sua disponibilidade previamente estipulada.

Quantidade de máquinas flexíveis: número de máquinas que tem como propósito manufaturar múltiplos produtos. Usualmente, consiste de máquinas CNC.

Quantidade de setups: é o número de setups que uma máquina realizada durante um determinado período de tempo.

(R)

Refugo: material fora das especificações e que possui características que fazem com que o retrabalho seja impraticável.

(S)

Setup externo: tempos associados com os elementos de um procedimento de setup enquanto a máquina está trabalhando. É o contrário de setup interno.

Set up Interno: tempo associado aos procedimentos de setup enquanto uma máquina não está processando.

Sobrecarga : condição onde o número total de horas de trabalho num centro de trabalho excede a capacidade desse centro.

(T)

Tamanho do lote: é a quantidade de peças que são produzidas entre dois intervalos consecutivos de setup.

Taxa crítica: uma regra de despacho que calcula um índice dividindo a data de entrega restante pelo tempo decorrido esperado para se terminar o trabalho.

Taxa de capacidade: é a capacidade esperada de output de um recurso ou sistema.

Taxa de falta de estoque: é uma medida da efetividade com que a empresa responde à sua demanda real. Pode ser medida através do total de pedidos que tinham falta de estoque com relação ao total de pedidos.

Taxa de não conformidade com as especificações: quantidade de peças ou produtos fora dos padrões estabelecidos, porém que ainda podem ser retrabalhados.

Taxa de operações de inspeção : é a relação entre a quantidade de peças inspecionadas com a quantidade total de peças produzidas.

Taxa de processamento: é o inverso de tempo de ciclo, por ex.: 360 unidades por turno ou 0,75 por minuto.

Taxa de refugo: um fator percentual da estrutura do produto usada para aumentar as necessidades brutas a fim de se antecipar perdas na manufatura de um produto em particular.

Taxa de retrabalho = quantidade de peças que apesar de serem defeituosas, ainda podem ser recuperadas.

Taxa de serviço ao cliente: é uma medida do desempenho de entrega de produtos finais, usualmente expressa como uma porcentagem. Essa porcentagem é usualmente representada por número de itens ou valor monetário que foram entregues aos clientes dentro do prazo estabelecido, comparado com o total que eram supostos a ser entregues naquele período de tempo.

Taxa de tempo inativo da máquina em relação ao programado: é o tempo em que a máquina esteve inativa devido a alguma falha no processo de produção (falta de operador, falta de ferramenta, falta de material, manutenção corretiva, etc.), ou ainda, não processando determinada peça a que foi programada.

Taxa de utilização: é uma medida da intensidade que um recurso está sendo usado para produzir um bem ou serviço. É o tempo máximo que o recurso pode ser utilizado menos o tempo perdido devido à indisponibilidade da máquina, ferramenta ou trabalhador. Em

outras palavras, a taxa de utilização compara o tempo real de máquina (setup + tempo de processamento) com o tempo disponível.

Tempo de ciclo de produção: é o tempo entre a produção completa de dois produtos. Por ex.: o tempo de ciclo de motores montados a uma taxa de 120 por hora seria 30 segundos.

Tempo de correção de falhas no processo: é o tempo gasto para se corrigir alguma falha no processo produtivo e que não estava programado para ocorrer.

Tempo de espera: é o tempo que uma peça espera num centro de trabalho para ser movimentada para outro centro, após ter sido processada.

Tempo de fila: é o tempo que uma peça espera num centro de trabalho antes do *setup* ou de ser produzida. Tempo de fila é um dos elementos do lead time de manufatura.

Tempo de Inspeção: é o tempo gasto para se saber se o produto está dentro dos padrões estabelecidos.

Tempo de manipulação do material: é o tempo necessário para a movimentação de material de um centro de trabalho para outro. Esse tempo inclui o tempo de manejo do material no equipamento e sua respectiva movimentação.

Tempo de manutenção devido à quebra de máquina: é o tempo gasto para se realizar manutenção corretiva, devido à quebra de uma máquina.

Tempo de máquina parada devido à falta de ferramenta: é o tempo em que se poderia estar produzindo determinada peça, mas que não ocorre devido à falta de ferramental necessário à operação

Tempo de máquina parada devido à falta de material: é o tempo em que se poderia estar produzindo determinada peça, mas que não ocorre devido à falta de matéria prima ou produto em processo.

Tempo de máquina parada devido à falta de operador: é o tempo em que se poderia estar produzindo determinada peça, mas que não ocorre devido à falta de um operador necessário à operação

Tempo de movimentação: o tempo que um item gasta no trânsito de uma operação para outra dentro de uma planta.

Tempo de operação: é o tempo de setup + o tempo de processamento de uma tarefa específica.

Tempo de processamento: é o tempo no qual o material está sendo mudado, mesmo sendo uma operação de máquina ou uma montagem.

Tempo de proteção : é a quantidade de tempo que o material é lançado para o processo produtivo à frente da data designada.

Tempo de setup externo: é o tempo de set up realizado fora da máquina e, conseqüentemente, podendo a mesma estar em movimento.

Tempo de setup interno: é o tempo no qual o set up é realizado na própria máquina e, conseqüentemente, com a mesma parada.

Tempo de setup: é o tempo de trabalho necessário para se mudar uma máquina, um recurso, um centro de trabalho ou linha de produção depois de se produzir a última peça de um item A para a produção da primeira peça de um item B.

Tempo de tolerância do cliente: é o tempo que clientes potenciais podem esperar por uma entrega de um produto.

Tempo disponível: é o tempo disponível por turno, menos descanso, reuniões e tempo de limpeza.

Tempo do produto: é o total de tempo necessário para receber, produzir e entregar o pedido de um produto para um cliente, ou seja, é o tempo entre o pedido e o recebimento do produto.

Tempo gasto devido ao refugo de peças: é o tempo gasto para se processar novas peças, as quais irão substituir os refugos.

Tempo gasto no retrabalho de peças: tempo gasto para se recuperar peças defeituosas.

Tempo inativo: é o tempo que operadores ou recursos não estão produzindo devido à setup, manutenção, falta de material, falta de ferramenta ou falta de programação.

Tempo perdido no processo devido à má qualidade: é o tempo a mais na programação da produção devido a produtos que estão sendo retrabalhados ou a produtos que foram refugados.

Tempo total de setup diário não programado: é o tempo de setup que está além do tempo programado, devido à produção de peças defeituosas.

ANEXO B

ROTEIRO DA ENTREVISTA

Essa entrevista foi uma das ferramentas utilizadas como forma de coleta de dados para esta pesquisa, conforme definido no item 1.7 (método de pesquisa). A seguinte entrevista obteve alguns indicadores de desempenho de uma empresa metal-mecânica, onde está sendo implementado um sistema de coleta automática de dados. A pedido da empresa, os resultados dessa entrevista serão apresentados de forma genérica, ou seja, não serão detalhadas as respostas de cada uma das perguntas realizadas.

Objetivo da Entrevista: Obter informações relativas aos sistemas de medição de desempenho utilizados pela empresa.

Data da Entrevista:

Nome da Empresa:

Nome do Entrevistado:

Função ou Cargo do Entrevistado:

PARTE 01: - Apresentação do Projeto

Faz-se uma breve explicação sobre os objetivos do projeto e qual a importância da entrevista para o desenvolvimento do mesmo.

Além disso, realiza-se um detalhamento conceitual sobre as 5 (cinco) dimensões competitivas da manufatura.

PARTE 02: Coleta dos Dados

1. Que nível (operacional, tático ou estratégico?) o entrevistado se enquadraria no processo de tomada de decisão da empresa ?
2. Quais indicadores desse nível relacionado à:

qualidade;
custo;
flexibilidade;
velocidade das entregas;
confiabilidade das entregas.

3. Qual é a fórmula ou relação matemática desse indicador?
4. É conhecido o reflexo de cada indicador na estratégia da empresa?
Se sim, qual é a relação desse indicador com a estratégia da empresa?
5. Como esses indicadores foram criados ou porque foram criados?
6. A empresa utiliza de algum software que auxilie o sistema de medição de desempenho?
7. Como é feita a coleta de dados para esses indicadores?
8. Os dados coletados são confiáveis?

RESULTADO DA ENTREVISTA:

Os indicadores mais relevantes obtidos na empresa estudada foram:

Indicadores de nível operacional

- Hora de Set-up / Hora planejada;
- Quantidade de refugos;
- % de refugos / total de peças produzidas;
- Peças produzidas / hora planejada;
- Peças produzidas / hora trabalhada;
- Hora parada / hora planejada ;
- Hora de falta de peça / hora planejada;
- Hora de recuperação de falhas / hora planejada;
- Hora de manutenção / hora planejada;
- Hora de reparo / hora planejada;
- Hora de diversos / hora planejada;

Indicadores de nível estratégico⁸⁹

- Segurança (frequência de acidentes);
- Segurança (severidade de acidentes);
- Rejeição de linha no cliente (ppm);
- Qualidade no fornecedor;
- Índice de qualidade;
- Entrega no prazo para o cliente;
- Entrega no prazo pelo fornecedor;
- Gasto com frete extra;
- Giro do ativo fixo;
- Produtividade;
- Dias de inventário;
- Contas a pagar;
- Contas a receber.

Conclusões sobre a Entrevista realizada:

A partir da entrevista realizada, constatou-se que os indicadores de desempenho estabelecidos são pontuais, ou seja, esses indicadores não possuem muita relação com a estratégia organizacional e, além disso, os funcionários não têm conhecimento do impacto desses indicadores na estratégia competitiva da empresa.

Com exceção da linha de produção onde está instalado o software SCADA, a coleta de todos esses indicadores de desempenho são realizadas manualmente, gerando-se grande imprecisão dos dados.

Outro ponto a ser comentado é que a frequência da medição de desempenho no nível operacional é de um mês, gerando-se assim uma defasagem muito grande entre a análise dos dados e as ações corretivas. Por exemplo: o indicador *% de refugos sobre o total de peças produzidas* do mês de janeiro só será conhecido no mês seguinte, ou seja, em

⁸⁹ Os indicadores de nível estratégico não foram considerados no desenvolvimento desse projeto.

fevereiro. Logo, ações corretivas que poderiam ser tomadas com antecedência, são realizadas com no mínimo um mês de atraso.

Diante dessa constatação, foi proposto à empresa colocar no próprio sistema SCADA, índices de desempenho de nível operacional para verificar diariamente ou, se for o caso, até de hora em hora, alguns indicadores considerados importantes e relevantes para a competitividade da empresa.

Ou seja, a partir dos dados coletados automaticamente das máquinas que fazem parte do processo produtivo, se poderá ter indicadores de desempenho em tempo real que irão mostrar se os eventos ocorridos no chão de fábrica estão ou não de acordo as metas estipuladas pela empresa. Isso possibilitará a tomada de decisões corretivas mais rápidas, caso haja algo fora dos padrões estabelecidos.

APÊNDICE

Prêmio Internacional

Recentemente, o NUMA recebeu um Prêmio Internacional da SAP (líder de mercado na fabricação de *Softwares* de Gestão Empresarial).

Numa disputa com cerca de 80 concorrentes da América Latina e Anglo Saxônica, o NUMA obteve o primeiro lugar com um projeto de pesquisa intitulado *INTEGRATED PRODUCTION AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT*,

A proposta do projeto era desenvolver um *Production Cockpit* (Painel de Controle da Produção) utilizando, além do R/3, outros produtos da SAP tais como o APO (*Advanced Planner and Optimizer*) e o BW (*Business Warehouse*), junto com um sistema de monitoramento da produção (SCADA).

Pretende-se, com a integração entre esses sistemas, avaliar possíveis melhorias na programação da produção bem como no gerenciamento logístico e da cadeia de suprimentos. Além disso, permitir um fluxo contínuo de dados entre os parceiros da cadeia de suprimentos e convertê-los em informações para as pessoas envolvidas tanto no chão de fábrica quanto na alta gerência.

A principal justificativa para o projeto é a importância de informações confiáveis e disponíveis do ambiente produtivo, para que as atividades de planejamento e tomada de decisão possam contribuir efetivamente para a melhoria de desempenho do chão-de-fábrica e da empresa como um todo. Este fato vem corroborar com a importância deste projeto de pesquisa.