

CARLOS FREDERICO RANGEL XAVIER

**SUPORTE AOS PROCESSOS DECISÓRIOS
RELACIONADOS À QUALIDADE DE BOBINAS
DE AÇOS PLANOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

CURITIBA

2004

CARLOS FREDERICO RANGEL XAVIER

**SUORTE AOS PROCESSOS DECISÓRIOS
RELACIONADOS À QUALIDADE DE BOBINAS
DE AÇOS PLANOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Católica do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

Área de Concentração: Gerência de Produção e Logística

Orientador: Prof. Dr. Fabio Favaretto

CURITIBA

2004

TERMO DE APROVAÇÃO

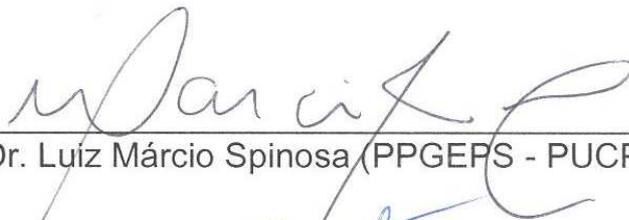
CARLOS FREDERICO RANGEL XAVIER

“SUPORTE AOS PROCESSOS DECISÓRIOS RELACIONADOS À QUALIDADE DE BOBINAS DE AÇOS PLANOS”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, pela seguinte banca examinadora:



Presidente da Banca
Prof. Dr. Fábio Favaretto (PPGEPS - PUCPR)



Prof. Dr. Luiz Márcio Spinosa (PPGEPS - PUCPR)



Prof. Dr. Roberto Antonio Martins (UFSCar)

Curitiba, 26 de março de 2004.

Para Eliane e ao meu filho Thales, que
está por vir.

Agradecimentos

À minha esposa Eliane, pela paciência nas várias noites e finais de semana e pelo apoio para continuar, mesmo nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador, Prof. Dr Fabio Favaretto, pela excelente condução da orientação e pela parceria durante o desenvolvimento da pesquisa.

À CAPES e à PUC-PR, pelos auxílios concedidos que viabilizaram esta pesquisa.

Aos professores do grupo Produtrônica da PUC-PR, pelo auxílio na formação e dicas durante o desenvolvimento da pesquisa.

Aos colegas da PUC-PR, pelo companheirismo durante todo o período da pesquisa.

Resumo

Xavier, Carlos Frederico Rangel; Favaretto, Fabio. **Suporte aos processos decisórios relacionados à qualidade de bobinas de aços planos**. Curitiba, 2004, 116p. Dissertação de mestrado – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

As empresas do setor siderúrgico possuem vários sistemas de informações para suporte à gestão da produção, porém os utilizam de forma limitada para suporte à decisão. Grandes quantidades de dados são armazenadas e poucas decisões são beneficiadas por isto. Os sistemas de informações implementados, entre eles o *Enterprise Resource Planning* (ERP) e o *Manufacturing Execution Systems* (MES), atendem às necessidades operacionais das empresas, porém não possuem ferramentas ágeis e simples para auxílio aos gerentes, além de não trazerem a integração analítica necessária para suporte ao processo de tomada de decisão. A utilização do *data warehouse* e do *On-Line Analytical Processing* (OLAP), apoiado nas bases de dados existentes, propicia que interfaces de fácil consulta e customização sejam utilizadas por vários níveis da empresa para tomada de decisão. Nesta dissertação é proposto um modelo dimensional para os processos de gestão da qualidade e não-conformidade de produtos de aços planos nas empresas siderúrgicas, baseado em pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo. A aplicação do modelo aumenta a eficácia do processo decisório nestas empresas, pois permite a integração e a combinação de dados de vários sistemas de informação em uma única base consistente, além da disponibilização dos mesmos em interfaces amigáveis e customizáveis para consulta.

Palavras-chave

data warehouse; OLAP; integração; tecnologia da informação; gestão da produção; gestão da qualidade; bobinas de aços planos; siderurgia.

Abstract

Xavier, Carlos Frederico Rangel; Favaretto, Fabio (Advisor). **Support to decision process related to quality of flat steel coils**. Curitiba, 2004, 116p. MSc. Dissertation – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

The steel industry companies have several information systems to support production management, however they are used in a limited way for decision support. Great amounts of data are stored but few benefits for decision-making are achieved. Among others, MES and ERP information systems were implemented. They fit the companies operational needs, however they don't have agile and simple tools to help the managers and do not bring the needed analytical integration for decision-making support. The use of data warehouse and OLAP supported by existent database enables that easy and customized interface be used by several levels of company hierarchy for decision-making. This research proposes a dimensional model for quality and non-conformity management process of flat steel products in steel industry companies based on a case study and bibliography research. The application of proposed model improves decision process efficiency in these companies because it allows integration and combination of data from various systems in a consistent way, and also the availability of those data on user friendly and custom-made interface.

Keywords

data warehouse; OLAP; integration; information technology; production management; quality management; flat steel coil; steel industry.

SUMÁRIO

	pág
Resumo	iv
Abstract	v
Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas	xi
Lista de Abreviaturas e Siglas	xii
Capítulo 1 – Introdução	1
1.1 Contextualização	1
1.2 Motivação / Caracterização do Problema	4
1.3 Objetivos.....	8
1.4 Contribuição	8
1.5 Escopo e limitações	9
1.6 Organização	9
Capítulo 2 – Metodologia de pesquisa	11
2.1 Introdução	11
2.2 Classificação e posicionamento	12
2.3 Metodologia adotada	13
Capítulo 3 – Revisão bibliográfica	16
3.1 Gestão da produção	16
3.1.1 Introdução	16
3.1.2 Classificação de sistemas produtivos	17
3.1.3 Planejamento, programação e controle da produção	20
3.1.3.1 Planejamento Estratégico	21
3.1.3.2 Planejamento Mestre da Produção	21
3.1.3.3 Planejamento Detalhado da Produção	21
3.1.3.4 Programação da Produção	22
3.1.3.5 Administração de Estoques	23
3.1.3.6 Controle da Produção	24
3.1.3.7 Gestão da Capacidade	24
3.1.4 Qualidade e indicadores de desempenho	24
3.2 Sistemas de informação	27
3.2.1 Integração de sistemas	27
3.2.2 Sistemas ERP (<i>Enterprise Resource Planning</i>)...	31
3.2.3 Sistemas MES (<i>Manufacturing Execution Systems</i>)	33
3.2.4 Sistemas SFC (<i>Shop Floor Control</i>)	34
3.2.5 Evolução de Sistemas de Informações na Manufatura	35
3.2.6 <i>Data warehouse</i>	35
3.2.6.1 OLTP e OLAP	36
3.2.6.2 Modelo dimensional	38

3.2.6.3 Operações OLAP	40
3.2.6.4 <i>Data warehouse</i> e <i>Data mart</i>	41
3.2.6.5 Estratégias para implementação de <i>data warehouse</i>	42
3.2.6.6 Metadados	43
3.2.6.7 Processo de <i>data warehousing</i>	44
3.2.6.8 Qualidade de dados	46
3.2.6.9 <i>Real Time Data Warehousing</i>	47
3.2.7 <i>Data mining</i>	47
3.2.8 Suporte à decisão	48
3.2.8.1 <i>Data Warehouse / Sistema de Apoio à Decisão / Sistema de Informações Gerenciais / Sistema de Informações Executivas</i>	49
Capítulo 4 – Desenvolvimento do modelo	52
4.1 Descrição do Objeto de estudo: A indústria siderúrgica e a produção de bobinas de aços planos	52
4.2 Pesquisa de Campo – Implementação de Sistemas de Informação em uma Indústria Siderúrgica do Brasil	58
4.2.1 Contexto	58
4.2.2 Alguns Processos Implementados	63
4.2.3 Principais problemas levantados	67
4.2.4 Considerações sobre outras empresas	68
4.3 Modelo Dimensional	69
4.3.1 Considerações sobre o problema	70
4.3.1.1 <i>Data warehouse</i> e OLAP	73
4.3.2 <i>Data Mart</i> processo gerenciamento da qualidade: desvios, não conformidade e decisão de qualidade	77
4.3.2.1 Escolha do processo de negócios a ser modelado	78
4.3.2.2 Granularidade do processo a ser modelado	79
4.3.2.3 Dimensões do processo a ser modelado	79
4.3.2.4 Granularidade das dimensões	81
4.3.2.5 Atributos das dimensões	83
4.3.2.6 Medidas/ métricas do fato	87
4.3.2.7 Modelo Proposto	88
4.4 Análise da aplicação do protótipo	90
4.4.1 Considerações sobre o modelo	91
4.4.1.1 Extrair os dados	92
4.4.1.2 Transformar os dados	93
4.4.1.3 Carregar os dados	94
4.4.2 Impacto no modelo	95
4.5 Operações OLAP e oportunidades no suporte à decisão	95
4.5.1 Cubos OLAP	96
4.5.2 <i>Roll Up</i>	97
4.5.3 <i>Drill Down</i>	98
4.5.4 <i>Slice & Dice</i>	99
4.5.5 <i>Pivot</i>	99

4.5.6 Oportunidades no suporte à decisão	99
4.5.6.1 Decisões Operacionais	100
4.5.6.2 Decisões Táticas	102
4.5.6.3 Decisões Estratégicas	103
Capítulo 5 – Conclusões	105
5.1 Considerações gerais	105
5.2 Resultados obtidos e conclusões	106
5.3 Propostas para trabalhos futuros	110
Referências Bibliográficas	112

Lista de Figuras

	pág
Figura 1.1 Pirâmide de composição Dados/ Informação/ Conhecimento	3
Figura 2.1 Procedimento para desenvolvimento da pesquisa	13
Figura 3.1 Hierarquia do PPCP	20
Figura 3.2 Hierarquia do Planejamento Estratégico	21
Figura 3.3 Hierarquia Funcional ISA S95/S88	29
Figura 3.4 Hierarquia Funcional MESA	30
Figura 3.5 Modelo para integração de sistemas produtivos	31
Figura 3.6 Evolução dos sistemas de manufatura / sistemas de informações	35
Figura 3.7 Arquitetura do processo de <i>Data Warehousing</i>	45
Figura 3.8 Outra arquitetura do processo de <i>Data Warehousing</i>	46
Figura 4.1 Fluxos de processos na siderurgia	53
Figura 4.2 Representação do modelo integrado de sistemas	61
Figura 4.3 Representação técnica do modelo integrado de sistemas	61
Figura 4.4 Representação da geração de relatórios gerenciais	63
Figura 4.5 Elementos básicos de fluxograma	64
Figura 4.6 Macro fluxo para os processos de PPCP	65
Figura 4.7 Macro fluxo para processamento de produtos e decisão de qualidade	66
Figura 4.8 Relação entre DW, OLAP e DSS	76
Figura 4.9 Fases para desenvolvimento do modelo dimensional	78
Figura 4.10 Dimensões do modelo dimensional	81
Figura 4.11 Elementos de representação de modelo dimensional estrela (<i>star schema</i>)	88
Figura 4.12 Modelo dimensional - fato desvios de qualidade e não conformidade	89
Figura 4.13 Representação técnica de integração de sistemas	91

Figura 4.14	Exemplo de possibilidade de análise	97
Figura 4.15	Processo proposto para processamento de produtos e decisão de qualidade	101

Lista de Tabelas

	pág
Tabela 3.1 Principais características de sistemas OLTP e OLAP	37
Tabela 3.2 Comparação entre <i>data mart</i> e <i>data warehouse</i>	42
Tabela 3.3 Comparação entre as abordagens de implementação do DW	43
Tabela 3.4 Tarefas das atividades ILT e os respectivos tópicos que devem ser documentados em metadados	44
Tabela 3.5 Decisões relativas ao planejamento de produção	49
Tabela 3.6 Principais características de SIG, SAD e SIE	50
Tabela 4.1 Produção de aço no Brasil e no mundo	56
Tabela 4.2 Principais processos de produção e defeitos de bobinas de aços planos	57
Tabela 4.3 Cenários para implementação de um modelo integrado de negócios	59
Tabela 4.4 Algumas informações sobre o MES implantado	62

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABM	Associação Brasileira de Metalurgia
AMR	<i>Advanced Manufacturing Research</i> (Pesquisa em Manufatura Avançada)
ANSI/ISA	<i>American National Standard Institute / International Standards Association</i>
BGN	Bobina Galvanizada
BI	<i>Business Intelligence</i> (Inteligência de Negócios)
BPI	<i>Business Process Improvement</i> (Processo de Melhoria de Negócios)
BSC	<i>Balanced Score Card</i> (Cartão de Avaliação Balanceado)
CEP	Controle Estatístico de Processo
CIM	<i>Computer Integrated Manufacturing</i> (Manufatura Integrada por Computador)
CLP	Controlador Lógico Programável
CNC	<i>Computerized Numeric Controllers</i> (Controlador Numérico Computadorizado)
DBMS	<i>Data Base Management System</i> (Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados)
DSS	<i>Decision Support Systems</i> (Sistemas de Apoio à Decisão)
DW	<i>Data warehouse</i> (Armazém de Dados)
EIS	<i>Executive Information Systems</i> (Sistema de Informações Executivas)
ER	Entidade - Relacionamento
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> (Planejamento dos Recursos da Empresa)
HMI	<i>Human Machine Interface</i> (Interface Homem – Máquina)
IBS	Instituto Brasileiro de Siderurgia
JIT	<i>Just in Time</i>
LSC	Limite Superior de Controle

LIC	Limite Inferior de Controle
MES	<i>Manufacturing Execution System</i> (Sistema de Execução da Produção)
MIS	<i>Management Information Systems</i> (Sistemas de Gerenciamento da Informação)
MIT	<i>Massachussets Institute of Technology</i>
MPA	Manual de produtos autorizados
MPS	<i>Master Production Schedule</i> (Planejamento Mestre da Produção)
MRP	<i>Material Requirements Planning</i> (Planejamento de Necessidades de Materiais)
MRP-II	<i>Manufacturing Resource Planning</i> (Planejamento de Necessidades de Manufatura)
OLAP	<i>On Line Analytic Processing</i> (Processamento Analítico On-Line)
OLTP	<i>On Line Transaction Processing</i> (Processamento On-line por Transações)
OV	Ordem de Venda
PPCP	Planejamento, Programação e Controle da Produção
PUCPR	Pontifícia Universidade Católica do Paraná
PPGEPS	Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas
RDQ	Reunião de qualidade
RTDW	<i>Real Time Data warehouse</i> (<i>Data Warehouse</i> em Tempo Real)
SAD	Sistema de Apoio à Decisão
SCADA	<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i> (Controle de Supervisão e Aquisição de Dados)
SFC	<i>Shop Floor Control</i> (Controle de Chão de Fábrica)
SIE	Sistema de Informações Executivas
SIG	Sistema de Informações Gerenciais
SQL	<i>Structered Query Language</i> (Linguagem Estruturada de Pesquisa)

TI	Tecnologia da Informação
TQC	<i>Total Quality Control</i> (Controle Total da Qualidade)
TQM	<i>Total Quality Management</i> (Gerenciamento pela Qualidade Total)

Capítulo 1

Introdução

1.1 Contextualização

Conforme descrito em Machado (2000), em uma única edição do jornal *The New York Times* existe mais informações do que uma pessoa poderia receber durante toda sua existência na Inglaterra do século XVII. O conhecimento humano dobra a cada dez anos e o volume de informações novas é muito maior da década de 70 até hoje, do que foi produzido nos 5.000 anos precedentes.

Jhingran *et al.* (2002) afirmam que estudos recentes indicam que as informações relevantes aos negócios estão crescendo 50% ao ano, com aproximadamente 1 ou 2 *exabytes*(10^{18}) de informações sendo geradas cada ano.

Martin *et al.* (1999) afirmam que o mundo passou pela Revolução Industrial e agora passa pela Revolução da Informação. Nesta nova era da informação, as informações, não mais as matérias-primas ou humanas, são o fator mais importante na produção.

Nesta era da informação, que acompanha a mudança dos ambientes competitivos em que as empresas estão inseridas, a globalização transformou companhias do mundo inteiro em competidoras e o diferencial competitivo não se encontra mais somente na manufatura em si. Quem detém a informação e sabe utilizá-la estrategicamente se torna mais eficiente e competitivo. Porter & Millar (1997) afirmam que a revolução da informação está varrendo a economia. As drásticas reduções dos custos de obtenção, processamento e transmissão de informações estão alterando a maneira de fazer negócios. Afirma também que avanços na tecnologia da informação estão alterando a estrutura industrial.

As corporações precisam responder rápida e prontamente aos desafios e melhorias impostos pelos seus competidores globais e pelo mercado. Neste contexto, o uso da TI (Tecnologia da Informação) se torna fundamental para dar sustentabilidade às vantagens competitivas que as empresas possuem ou estão buscando.

Desde o final dos anos 70, a maioria das empresas vem implantando algum tipo de sistema de TI. Com o avanço rápido da informática, quase todas passaram a possuir alguma espécie de servidor e banco de dados dentro da corporação, com um crescimento exponencial da quantidade de dados armazenados nestes bancos. O primeiro interesse foi em coletar e arquivar estes dados. Isto se reflete na situação que se encontra atualmente, em que as empresas possuem muitos dados, porém menos informação do que seria possível obter e muito menos ainda conhecimento.

Dado é um valor relativo a descrever um objeto de interesse, algo que descreve um atributo de uma atividade, de uma pessoa, de um processo. Oliveira (1999) define dado como qualquer elemento identificado em sua forma bruta que, por si só, não conduz a uma compreensão de determinado fato ou situação. A **informação** acrescenta algo mais que os dados. Ela surge de uma análise dos dados, normalmente um conjunto de dados, que pode ser sobre um processo, por exemplo, e informa que este processo está fora dos parâmetros estabelecidos. A informação geralmente referencia o período de tempo atual, ajudando no gerenciamento de crises, do emergencial, do momento. Inmon *et al.* (2001a) define informação como dados que os humanos assimilam e avaliam para resolver um problema ou tomar uma decisão. O **conhecimento** serve como suporte à análise preditiva e principalmente na análise estratégica. Para isto é necessário um histórico de informações. Com este histórico, o conhecimento é gerado e as corporações podem agir preventivamente, para evitar a emergência, para mudar rumos e seguir as tendências necessárias à preservação e principalmente ao crescimento de seu negócio. Vieira (1993) *apud* Rhoden (2003) define conhecimento como a informação com valor agregado, produzido com a pretensão de validade universal, assimilado pelo indivíduo ou pela organização e integrado a seu saber interior. A Figura 1.1 mostra a pirâmide com a relação entre dados, informações e conhecimento.

Figura 1.1 – Pirâmide de composição Dados/ Informação/ Conhecimento



Fonte: Baseado em Rhoden (2003)

O desafio e o interesse maior é trabalhar para que o topo desta pirâmide seja ampliado. Para isto, as empresas devem desenvolver soluções de TI que transformem seus dados em conhecimento dentro da corporação. O conhecimento que se deseja é que deve determinar as informações necessárias e assim apontar quais dados necessitam serem coletados.

Nesta pesquisa, está-se interessado nas indústrias de produção por processo repetitivo em massa, ligadas às indústrias de base do Brasil, especificamente a siderúrgica. A siderurgia é definida como o conjunto de conhecimentos teóricos e práticos empregados na produção, fundição e preparação do ferro e do aço (HOUAISS, 2001). Taylor (2000) apresenta 387 definições de tipos e variações de aços. Nesta pesquisa, considera-se o aço baixo-carbono produzido por indústrias siderúrgicas integradas. Chama-se uma siderúrgica de integrada quando ela possui os processos de sinterização e redução do ferro em alto-fornos, utilizando-se de sinter e carvão coque.

O produto de interesse deste tipo de indústria para esta pesquisa são as bobinas de aços planos. Essas bobinas são utilizadas como matéria-prima na indústria automobilística (carrocerias, chassis, escapamentos), indústria de eletrodomésticos (geladeiras, fogões, micro-ondas), indústria de alimentos (embalagens, latas), indústria civil (telhas, casas), entre outras.

A maioria das empresas siderúrgicas nacionais faz parte de grandes

corporações e quase todas, senão todas, fizeram um grande investimento em TI desde o final dos anos 80. Com a chegada do “bug do milênio”, na virada do ano 2000, estas empresas foram forçadas a substituir seus sistemas corporativos, geralmente baseados em *mainframes*, para sistemas distribuídos baseados em servidores mais poderosos. Nesta fase, vários sistemas *Enterprise Resource Planning* (ERP), *Manufacturing Execution System* (MES) e *Shop Floor Control* (SFC), além de outros sistemas legados, foram implementados.

Define-se então o assunto e o tema desta pesquisa:

Assunto: “**Gestão da Produção**”

Tema : “**Gestão de Informações e Integração de Sistemas de Informações**”.

1.2 Motivação e Caracterização do problema

Devido à pressão de tempo, a implementação dos sistemas de informação nas indústrias geralmente se preocupou mais em automatizar os processos existentes do que em redesenhá-los. As corporações encontram-se no estágio atual de possuírem vários sistemas de TI, com vários bancos de dados, possuindo excesso de dados se comparado com o conhecimento que poderia ser gerado.

Buckhout *et al.* (1999) afirmam que a implementação de sistemas ERP em 70% dos casos é problemática, pois leva muito tempo, é cara e não traz os benefícios de competitividade e redução de custos que promete. Wyderka (2000) afirma que os sistemas ERP são bons para capturar e armazenar dados, mas têm capacidades limitadas para analisar e reportar dados. Afirma também que o ERP é o “*backbone*” para processamento de dados para várias organizações, mas os usuários, que são os analistas de negócios, são continuamente desafiados a conseguirem retirar informações deles. Schroeck *et al. apud* Favaretto & Vieira (2003) afirmam que atualmente existem várias companhias que fizeram grandes investimentos em soluções ERP e elas estão frustradas com a falta de habilidade destes sistemas de fornecer informações integradas no tempo. Tsang (2002) afirma que os gerentes freqüentemente descobrem que seus sistemas de informações existentes não se comunicam uns com os outros e que suas práticas operacionais são inconsistentes. Isto acontece porque os sistemas legados foram desenvolvidos em momentos diferentes de tempo para servir a funções dedicadas com pouca, ou nenhuma, consideração de integração com outros sistemas. Come

(2001) afirma que o desenvolvimento da TI tem permitido que as empresas manipulem um grande volume de dados ao mesmo tempo, o que facilita a integração entre o mercado produtor e o consumidor. O problema é que esses dados, geralmente, encontram-se espalhados por diversos sistemas e exigem um grande esforço na tentativa de integrá-los para que possam ter alguma utilidade. Além disso, a simples integração não é suficiente, pois após a coleta, os dados devem ser analisados para determinar sua significância. Quanto mais dados se tornam disponíveis, mais complexo se torna o processo de localizar e extrair informações realmente importantes. Singh (1997) diz que as empresas normalmente não sofrem de falta de dados, mas de uma abundância e redundância de dados inconsistentes.

Um outro problema é que a maioria dos sistemas comerciais implantados não possui uma interface amigável para os gerentes, seja ela no próprio computador ou nos relatórios. O que geralmente se encontra são sistemas que dependem de especialistas de informática para qualquer simples alteração, como por exemplo, de uma variável em uma pesquisa na base de dados ou um campo em um relatório. Por isso, acaba por ser necessária a utilização de vários profissionais para que as informações cheguem às mãos dos gerentes, tornando este processo custoso e demorado. Vollman (1993) *apud* Favaretto (2001) afirma que os próprios usuários devem ser capazes de configurar sistemas e relatórios, para atender às suas necessidades, sem intervenção de pessoal especializado. O *data warehouse* (DW) é uma tecnologia que atende a este requisito. Singh (1997) afirma que poucas pessoas de negócios querem tornar-se especialistas em informática para poder usar os sistemas de informações. Por isso eles precisam de ferramentas que associem termos comuns de negócios com as definições de dados. Hasan & Hyland (2001) comentam que os gerentes raramente lêem com entusiasmo os relatórios típicos de sistema de gerenciamento de informações tradicionais. Eles preferem utilizar um sistema interativo e fácil de usar, que possibilite busca de informações específicas e que possibilite navegar e obter um senso geral do que está acontecendo na organização.

De particular interesse são os processos de Gestão da Produção das companhias siderúrgicas, pois neles a aplicação de sistemas de TI obteve investimento acentuado nos últimos 10 anos. Dados da ABM (Associação

Brasileira de Metalurgia, 2002 e 2003) apontam que todas as maiores empresas siderúrgicas nacionais possuem algum tipo de sistema ERP instalado.

Dentro dos processos das indústrias pode-se destacar um que é importante na análise gerencial da produção: o Gerenciamento da Qualidade dos produtos. Os dados sobre qualidade possuem relevância na Gestão de Produção, pois cada vez mais o mercado demanda um controle acentuado de qualidade, não aceitando falhas ou defeitos. Em empresas que produzem milhões de toneladas de produto, como é o caso da siderurgia, o gerenciamento e controle de problemas de qualidade tornam-se essencial para evitar refugos e sucatas e assim garantir a competitividade.

Em *Quality* (2002), é apresentado um caso de uma empresa que fez uma grande instalação do sistema ERP SAP/R3 e obteve uma melhoria significativa de desempenho em seus departamentos de operações e de finanças. Porém, o departamento de garantia de qualidade teve que continuar a utilizar seus métodos manuais, mas eficientes, de coletar dados relacionados à qualidade e preparar os relatórios semanais e mensais requeridos pela empresa. A principal deficiência da implementação era a incapacidade de lidar com dados históricos da forma requerida pelo departamento de qualidade. Tipicamente os dados eram recebidos em vários formatos diferentes, o que requeria que um engenheiro de qualidade utilizasse duas horas por semana apenas para manualmente formatar os dados em um relatório legível. Klentz (2000) afirma que freqüentemente engenheiros de qualidade indicam que uma grande quantidade de seu tempo é requerida para fazer a manipulação e gerenciamento de dados necessários para análise que eles precisam. Quando fazem isto, em outras palavras, eles não estão fazendo o trabalho para o qual foram contratados.

Portanto, uma abordagem incluindo a utilização de dados dos sistemas produtivos, integração e combinação de dados dos vários sistemas de informações e, principalmente, históricos de informações de qualidade, pode trazer um benefício para a gestão da melhoria da qualidade, pois garante aos tomadores de decisão dentro da corporação informações rápidas e abrangentes que o auxiliarão a decidir se deve, por exemplo, aceitar um pedido e um cliente novo, parar uma linha de produção, desviar material para outra linha, classificar um produto como sucata ou desviá-lo para outra encomenda.

Baseado nas referências bibliográficas citadas e na própria experiência profissional do autor, caracterizam-se as seguintes situações:

- Grandes investimentos em tecnologia da informação e integração de sistemas na última década;
- Resultados de implantação obtidos são abaixo dos esperados;
- Soluções apresentam pouca capacidade de customização e de combinação de dados para análise;
- Por outro lado há uma disponibilidade tecnológica para coleta automática de dados – melhor qualidade dos dados;
- Poucas referências bibliográficas sobre *data warehouse* aplicados à gestão da produção, com poucos trabalhos acadêmicos abordando a utilização de DW na Gestão da Qualidade. McFadden (1996) *apud* Lee *et al.* (2001), afirma que o DW tem progredido rapidamente e tecnologias relacionadas a ele têm sido constantemente introduzidas. Porém pesquisas acadêmicas em DW são raras. Favaretto & Rhoden (2003) afirmam que poucas pesquisas científicas apresentam o trabalho necessário para disponibilizar os dados dos sistemas de informações para um DW.

Define-se então o problema, em forma de pergunta, conforme sugerido em Gil (1988):

PROBLEMA: “Como utilizar os sistemas de informações tradicionalmente existentes na indústria siderúrgica para que o suporte à análise e à decisão na gestão da produção de produtos planos, nos processos de gerenciamento da qualidade, seja mais eficaz?”

De acordo com Marconi & Lakatos (1999), hipótese é uma proposição que se faz na tentativa de verificar a validade de resposta existente para um problema. Segundo Silva & Menezes (2001) hipóteses são suposições colocadas como respostas plausíveis e provisórias para o problema de pesquisa. As hipóteses classificam-se como hipótese básica ou hipóteses secundárias, sendo a primeira a principal resposta ao problema proposto e as outras sendo afirmações complementares ao problema.

Hipótese básica:

H1: A disponibilização de dados dos sistemas de operações OLTP (*On-line Transaction Processing*) em um ambiente de *data warehouse* aumenta a

capacidade de decisão nas atividades relativas à gestão da qualidade em empresas que produzam aços planos;

Dão suporte ao problema proposto as seguintes hipóteses:

H2: O padrão de sistemas ERP atende às necessidades operacionais das empresas, porém tem capacidade analítica limitada em relação à gestão da não conformidade;

H3: As empresas geralmente não utilizam toda a potencialidade de seus dados e sistemas de informações disponíveis, no que se refere ao suporte à decisão gerencial nos processos de qualidade;

H4: O padrão de utilização da TI nas empresas de processos repetitivo em massa propicia criação de modelos para suporte à decisão, baseados em dados coletados automaticamente no processo produtivo e *data warehouse*.

1.3 Objetivos

- **O1:** Propor e analisar a utilização de uma tecnologia de integração de dados para resolver o problema apresentado;
- **O2:** Desenvolver o projeto do *data warehouse* para o processo Gerenciamento de Qualidade, propondo o modelo dimensional aplicável às empresas siderúrgicas que trabalham na produção de aços planos;
- **O3:** Definir escopo de variáveis necessárias de serem monitoradas no chão de fábrica para montagem do *data mart* de qualidade e conseqüente benefício ao suporte à decisão; verificar disponibilidade das mesmas nos sistemas de automação tradicionais;
- **O4:** Definir aplicação e oportunidades de análise gerencial para os processos modelados dentro da indústria siderúrgica.

1.4 Contribuição

A contribuição principal desta dissertação é um modelo dimensional. Espera-se contribuir para o suporte à decisão gerencial de produção em linhas de processo siderúrgico, baseado nos dados de processo disponíveis no chão de fábrica integrados com outros dados corporativos, por meio da aplicação da Tecnologia da Informação, normalmente empregada neste setor, ampliando a

capacidade de decisão com relação ao gerenciamento da qualidade em seus produtos planos. Disponibiliza-se, para todos os tomadores de decisão na empresa, um sistema que integra e combina dados de forma abrangente e que possibilita um enfoque multicritério à tomada de decisões.

1.5 Escopo e limitações

Para o desenvolvimento desta pesquisa, as seguintes limitações devem ser ressaltadas:

- Envolve apenas um tipo de indústria: Processo repetitivo em massa, especificamente a siderúrgica;
- Quando se refere à palavra “qualidade”, no título, não se contempla as definições mais amplas do termo, relacionado principalmente à “Qualidade Total” e programas de “Gerenciamento pela Qualidade Total”. Refere-se exclusivamente à qualidade avaliada pelas inspeções realizadas no produto e a não-conformidades do produto. Da mesma forma, não se está referindo às normas internacionais de qualidade, tal qual a ISO 9000;
- A pesquisa de campo foi realizada apenas em uma empresa, não possuindo validade estatística;
- Implementação de protótipo limitada por problemas de acessibilidade e confidencialidade de dados na empresa pesquisada;
- A pesquisa contempla uma aplicação do *data warehouse*, não sendo objetivo a tecnologia do *data warehouse* em si.

1.6 Organização

Esta dissertação está dividida em 5 capítulos. Neste capítulo está a introdução, incluindo a formulação do problema e os objetivos da pesquisa. No Capítulo 2, é descrita metodologia de pesquisa adotada. No Capítulo 3, está a revisão bibliográfica. No Capítulo 4, está descrito o desenvolvimento do modelo proposto pela pesquisa assim como seu desdobramento em processos decisórios. É tratada a pesquisa de campo realizada com o objetivo de levantamento de informações para desenvolvimento do modelo, assim como o protótipo realizado na tentativa de validação do mesmo. No capítulo 5, encontram-se os resultados

obtidos, relacionado-os com os objetivos, assim como as conclusões, relacionando-as com as hipóteses levantadas.

Capítulo 2

Método de Pesquisa

Este capítulo contém a classificação da pesquisa realizada, assim como o método adotado para atingir os objetivos traçados.

2.1 Introdução

Para Thiollent (1996), *“a metodologia é entendida como disciplina que se relaciona com a epistemologia ou a filosofia da ciência. Seu objetivo consiste em analisar as características dos vários métodos disponíveis, avaliar suas capacidades, potencialidades, limitações ou distorções e criticar os pressupostos ou implicações de sua utilização... Além de ser uma disciplina, a metodologia também é considerada como modo de conduzir a pesquisa. Neste sentido a metodologia pode ser vista como conhecimento geral e habilidade que são necessários ao pesquisador para se orientar no processo de investigação, tomar decisões oportunas, selecionar conceitos, hipóteses, técnicas e dados adequados”*.

Segundo Cervo & Bervian (1996), o método científico é a ordem que se deve impor aos diferentes processos necessários para atingir um fim dado ou um resultado desejado. Ele quer descobrir a realidade dos fatos e esses, ao serem descobertos, devem, por sua vez, guiar o uso do método.

Ruiz (1996) define que, a rigor, a palavra **método** reserva-se para significar o traçado das etapas fundamentais da pesquisa, enquanto a palavra **técnica** significa os diversos procedimentos ou a utilização de diversos recursos peculiares a cada objeto de pesquisa, dentro das diversas etapas do método.

2.2 Classificação e Posicionamento

Segundo a classificação apresentada em Silva & Menezes (2001):

- Quanto à **Natureza**, a pesquisa é **Aplicada**, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos.
- Quanto aos **Objetivos**, a pesquisa é **exploratória**, pois visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito e a construir hipóteses.

Quanto aos procedimentos técnicos, os seguintes devem ser destacados:

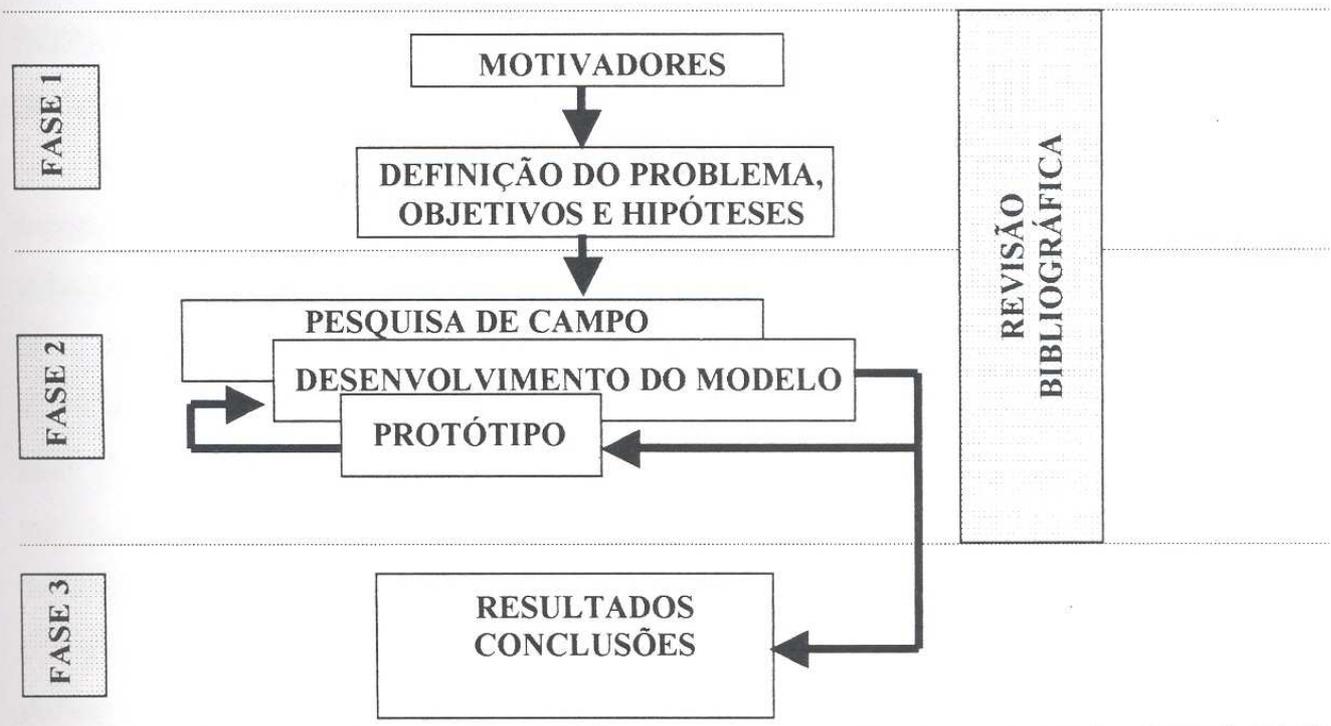
- **Pesquisa Documental:** Marconi & Lakatos (1999) definem que a característica da pesquisa documental é que a fonte de coleta de dados está restrita a documentos, escritos ou não, constituindo as fontes primárias, que podem ser recolhidas no momento em que o fato ou fenômeno ocorre, ou depois.
- **Pesquisa Bibliográfica:** Cervo & Bervian (1996) a definem como pesquisa utilizada para explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas; Marconi & Lakatos (1999) definem que abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, tornando-se fontes secundárias;
- **Pesquisa de campo:** Marconi & Lakatos (1999) a definem como aquela que é utilizada com o objetivo de conseguir informações e/ou conhecimento de um problema para o qual se procura uma resposta, ou de uma hipótese que se queira comprovar, ou, ainda, descobrir novos fenômenos ou as relações entre eles. Ruiz (1996) define que a pesquisa de campo consiste na observação dos fatos tal como ocorrem espontaneamente, na coleta de dados e no registro de variáveis presumivelmente relevantes para ulteriores análises;
- **Observação-participante:** Marconi & Lakatos (1999) a definem como a pesquisa em que a participação real do pesquisador junto ao grupo ou a comunidade pesquisada é presente;
- **Pesquisa-Ação:** Segundo Thiollent (1996), na pesquisa-ação há uma ampla e explícita interação entre pesquisadores e pessoas implicadas na situação investigada e desta interação resulta a ordem de prioridades dos problemas a serem pesquisados e das soluções a serem

encaminhadas sob forma de ação concreta.

2.2 Método Adotado

A estratégia a ser seguida no desenvolvimento da pesquisa é realizada pelo procedimento apresentado na Figura 2.1.

Figura 2.1 – Procedimento para desenvolvimento da pesquisa



Fonte: autor

Cada fase está descrita a seguir:

Fase 1:

A motivação, definição do problema, hipóteses e objetivos desta pesquisa estão descritos no Capítulo 1.

Fase 2:

Após a definição das hipóteses, o próximo passo da pesquisa é o desenvolvimento do modelo. Nesta fase, iniciou-se com uma pesquisa de campo nos sistemas de gestão de informações de uma empresa do setor siderúrgico nacional. Esta pesquisa de campo identificou os padrões e paradigmas utilizados pela empresa, assim como as dificuldades encontradas com relação ao tema

pesquisado. Forneceu ainda os elementos necessários para identificação das lacunas e apontou soluções para resolver o problema. A pesquisa de campo foi utilizada como ferramenta para levantamento de dados e informações que serviram de sustentação para o problema definido e para o modelo a ser desenvolvido para solucionar o problema. Segundo Marconi & Lakatos (1999), a pesquisa de campo requer, em primeiro lugar, a realização de uma pesquisa bibliográfica. Também foi realizada uma pesquisa documental em páginas da INTERNET e em publicação específicas do setor empresarial de interesse na pesquisa.

A metodologia adotada para pesquisa de campo utilizou elementos do exposto em Yin (1994) para “Estudo de Caso”. É importante destacar que, pela definição da metodologia exposta em Yin (1994), esta pesquisa, como um todo, não é um estudo de caso. Segundo o próprio Yin (1994), o estágio exploratório de algum outro tipo de estratégia de pesquisa não deve ser confundido com estudo de caso. Porém utilizou-se das fases de coleta e análise de dados previstas na metodologia para estudo de caso. O estudo de caso se apóia em múltiplas fontes de evidências e se beneficia de desenvolvimento a priori de proposições teóricas para guiar a coleta de dados. Enquadra-se nas perspectivas de explicar, descrever, ilustrar e explorar. Yin (1994) sugere a criação de um protocolo de pesquisa para a realização do estudo de caso. A pesquisa de campo foi conduzida de forma a buscar evidências sobre o problema levantado e as hipóteses definidas. Os tipos de evidências buscadas foram documentos, arquivos, bases de dados, observação direta, observação participante e entrevistas. Conforme sugerido por Yin (1994), os dados foram tabulados, colocados em fluxogramas, figuras e em outras formas que permitam sua apresentação e posterior análise.

A formulação do modelo dimensional utiliza a pesquisa bibliográfica exploratória além dos dados e informações da pesquisa de campo.

Para o modelo proposto foi criado um protótipo, aplicado em uma empresa, com participação efetiva e atuante do pesquisador, influenciando nas decisões tomadas com relação à implantação do sistema de gestão das informações.

A implantação do protótipo buscou elementos no proposto em Thiollent (1996) para “Pesquisa ação”, apesar de que, de acordo com a metodologia, esta fase deve ser classificada como observação-participante, pois não atinge a todos

os requisitos como exposto em Thiollent (1996). De qualquer forma, há, durante o processo, um acompanhamento das decisões, das ações e de toda a atividade intencional dos atores da situação. Ela possui dois objetivos, um de natureza prática e outro de conhecimento. A interferência na realidade pesquisada deve utilizar o raciocínio, conceitos, hipóteses, estratégias, comprovações, avaliações, etc. O pesquisador utiliza-se do problema e hipóteses levantados e do modelo protótipo desenvolvido e o aplica em uma empresa do ramo pesquisado. O autor é um dos atores que trabalham na definição, implementação e também como usuário gerencial das informações propostas pela pesquisa, opinando e direcionando as ações relacionadas à aplicação.

Após o término da aplicação, a análise dos resultados implica em correções do modelo e definição do modelo final.

Fase 3:

Nesta fase algumas considerações e as conclusões são descritas. Esta fase termina com a redação final e apresentação da dissertação.

Todas as fases:

Por tratar-se de assunto que envolve a utilização de tecnologia, todas as fases são acompanhadas de Pesquisa Bibliográfica, para levantamento do estado-da-arte do tema pesquisado. No momento inicial foi enfatizada a pesquisa básica sobre o assunto e tema, e progressivamente foram buscados trabalhos correlatos com cada fase de desenvolvimento.

Capítulo 3

Revisão Bibliográfica

Este capítulo contém a revisão bibliográfica, começando pela gestão da produção, incluindo gestão da qualidade e medição de desempenho, passa pela integração de sistemas de informações e o *data warehouse* e termina com o suporte à decisão.

3.1 Gestão da Produção

A seguir é apresentada a revisão bibliográfica com conceitos da Gestão de produção, conceitos estes que são considerados básicos e estão consagrados, sendo referenciados principalmente em livros usualmente adotados em curso de Engenharia de Produção da PUCPR.

3.1.1 Introdução

Segundo Slack *et al.* (1999), se a função produção for eficaz, deve usar eficientemente os seus recursos e produzir bens e serviços de maneira que satisfaça aos seus consumidores. Além disso, ela deve ser criativa, inovadora e vigorosa para introduzir formas novas e melhoradas de produzir bens e serviços. Se a função produção puder fazer isso, ela proporcionará à organização os meios de sobrevivência a longo prazo, porque dá a ela uma vantagem competitiva sobre os seus rivais comerciais. Corrêa *et al.* (2001) afirmam que ser competitivo é ser capaz de superar a concorrência naqueles aspectos de desempenho, entre eles os de produção, que os nichos de mercado visados mais valorizam.

Para dar suporte ao anteriormente exposto, Slack *et al.* (1999) e Tubino (2000) afirmam que a função produção é a função central da organização, sendo

responsável pelas atividades necessárias e diretamente relacionadas à produção do bem/serviço. Atua também como implementadora e impulsionadora da estratégia corporativa, além de servir de apoio para a mesma. Não se concentra exclusivamente na fabricação e montagem dos bens, mas também atua em atividades de igual importância como as de armazenamento e transporte de bens, resumidos sobre o termo usualmente utilizado nas empresas como Logística.

Portanto, a Gestão da Produção é de interesse das empresas, pois afeta diretamente os seus resultados e a sua posição competitiva.

3.1.2 Classificação de Sistemas Produtivos

Slack *et al.* (1999) e Tubino (2000) propõem algumas categorias para classificação dos sistemas de produção. Segundo Tubino (2000), as formas mais conhecidas são: grau de padronização dos produtos, tipo de operação que o produto sofre e por último a natureza do produto. Segundo Slack *et al.* (1999), a produção pode ser classificada por quatro medidas (ou dimensões): volume, variedade, variação e contato com consumidor.

Grau de Padronização dos Produtos:

- Produtos padronizados: alta uniformidade, baixa ou nenhuma customização, alta utilização dos recursos, grande escala, disponibilidade imediata para o consumidor. Por exemplo, combustíveis, automóveis, linhas aéreas, *fast food*.
- Produtos sob medida: altamente customizados, desenvolvido por cliente, prazo de entrega bem maior que o padronizado, alta ociosidade dos recursos. Por exemplo, construção civil, costura, restaurantes, clínicas médicas.

Tipo de Operações:

- *Processos contínuos*: bens ou serviços que não podem ser identificados individualmente. Características: alta uniformidade, favorece automatização, baixa flexibilidade, custos com equipamentos e manutenção bem maiores do que com mão-de-obra. Por exemplo, energia elétrica, petróleo, serviços de limpeza contínua, etc.
- *Processos discretos*: bens ou serviços podem ser isolados em lotes ou unidades identificáveis individualmente. Subdividem-se em:

- *Processos repetitivos em massa*: Produção em grande escala e altamente padronizada, baixa flexibilidade. Por exemplo, indústria siderúrgica, automóveis, empresas aéreas, etc.
- *Processos repetitivos em lotes*: padronização dentro do lote, variação de lote para lote, sistema produtivo mais flexível, mão-de-obra polivalente. Por exemplo sapatos, alimentos industrializados, laboratório de análises químicas, etc
- *Processos por Projeto*: alta customização, alto contato com o cliente, alta flexibilidade dos recursos produtivos e alta ociosidade dos mesmos. Por exemplo, fabricações de navios, aviões, agências de propaganda, etc.

Natureza do Produto. Por natureza entende-se se o produto refere-se a bens ou serviços. Na verdade, na maioria dos casos existe uma composição entre os dois:

- Orientação ao produto: Bens – orientada ao produto – tangíveis. Serviços – orientado a ação – intangíveis.
- Contato com o cliente: Bens – baixo contato. Serviços – contato direto.
- Uniformidade dos fatores produtivos: Bens – alta uniformidade. Serviços – baixa uniformidade
- Avaliação do sistema: Bens – mais fácil medir, avaliar e controlar. Serviços – torna-se bastante complexo executar a medição e avaliação.

Dimensão Volume:

- Alto volume: especialização – produtos padronizados – custo unitário baixo – menor nível de serviço ao consumidor – repetibilidade.
- Baixo volume: flexibilidade – produto sob medida – custo unitário alto – maior nível de serviço ao consumidor – baixa repetibilidade.

Dimensão Variedade:

- Alta variedade: flexibilidade – complexidade – custo unitário alto.
- Baixa variedade: pouca flexibilidade – padronizada e regular – custo unitário baixo.

Dimensão Variação da Demanda

- Alta variação: capacidade oscilante – flexibilidade – custo unitário alto.
- Baixa Variação: alta utilização – rotineira e pouco flexível – custo unitário baixo.

Dimensão contato com o consumidor

- Alto contato: prazos customizados – satisfação por percepção – alta variedade – custo unitário alto.
- Baixo contato: prazos padronizados – satisfação padronizada – custo unitário baixo.

Classificação da Indústria de Interesse nesta Pesquisa:

A indústria de interesse nesta pesquisa é a indústria siderúrgica. Ela pode ser classificada como:

- Produtos altamente padronizados;
- Processos predominantemente repetitivos em massa, alguns sub-processos são contínuos;
- Produção predominantemente de bens;
- Alto volume;
- Baixa variedade;
- Baixa variação da demanda;
- Baixo contato com o consumidor.

Com isso, a produção siderúrgica caracteriza-se por baixa flexibilidade, alta especialização e automação, alta padronização e repetibilidade dos recursos, baixos custos unitários.

Segundo Santos, Custodio & Martins (2002), a produção de chapas e bobinas de aço trata-se de uma produção contínua de alto volume de produção com equipamentos, materiais e pessoas dedicados somente para a obtenção do aço. A produção é feita para estoque devido ao fato do processo ser estático e qualquer mudança na tecnologia de processo gera altos custos para a empresa e outro fator é a alta demanda presente na necessidade de diversas cadeias produtivas. É um sistema focado no produto e produção para estoque.

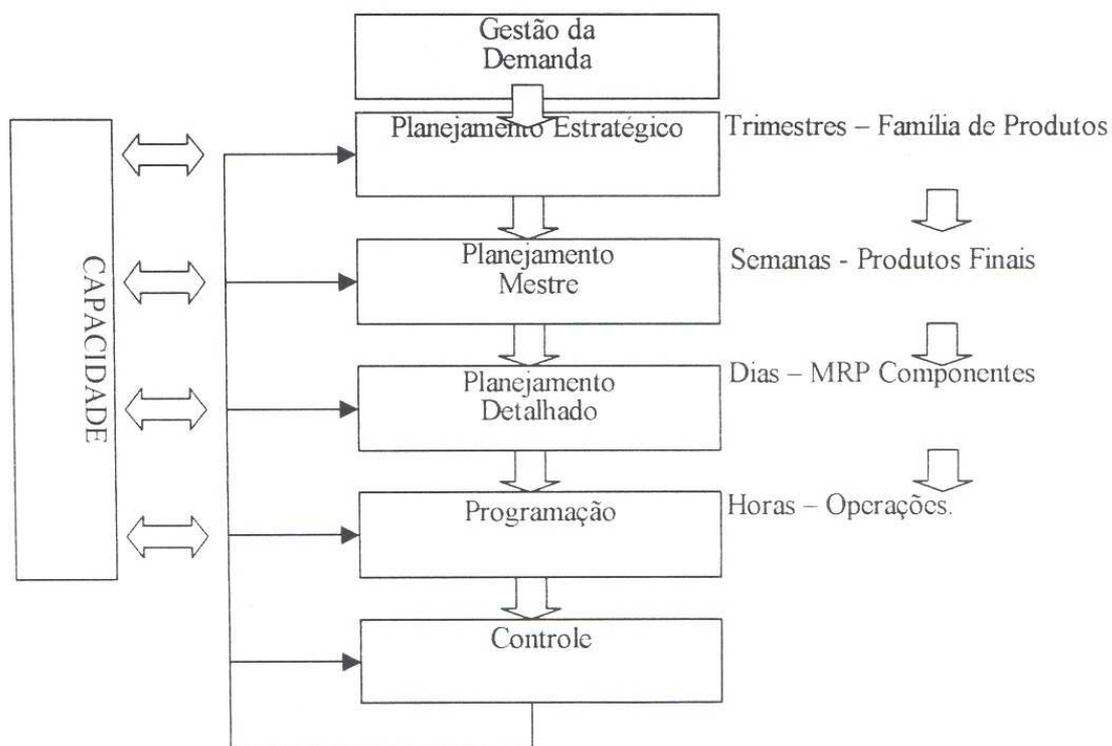
3.1.3 Planejamento, programação e controle da produção.

Segundo Tubino (2000), em um sistema produtivo, ao serem definidas suas metas e estratégias, faz-se necessário formular planos para atingi-las, administrar os recursos humanos sobre os físicos e acompanhar esta ação, permitindo a correção de prováveis desvios. Essas atividades são desenvolvidas pelo Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP).

Corrêa *et al.* (2001) afirmam que o conceito de planejamento hierárquico deve estar presente nos processos de planejamento, para garantir coerência entre os níveis de planejamento e de assegurar que o rumo futuro que foi decidido por níveis gerenciais estratégicos, em níveis hierárquicos superiores de planejamento, seja refletido nas decisões operacionais de níveis mais baixos na organização, garantindo assim que haja soma e não dispersão de esforços e decisões ao longo da hierarquia organizacional.

Logo, a divisão hierárquica das atividades do PCP torna-se de grande utilidade. A Figura 3.1 demonstra esta hierarquia para o PCP.

Figura 3.1 – Hierarquia do PPCP

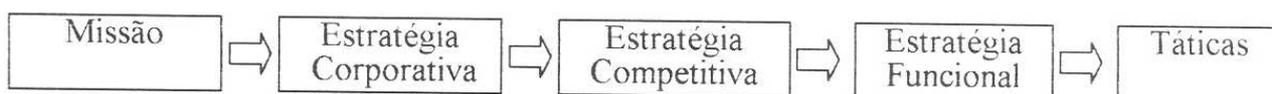


Fonte: baseado em Tubino (2000)

3.1.3.1 Planejamento Estratégico

Segundo Tubino (2000), o **planejamento estratégico** busca maximizar os resultados das operações e minimizar os riscos nas tomadas de decisões das empresas. O impacto de suas decisões é de longo prazo e afeta a natureza e as características das empresas no sentido de garantir o atendimento de sua missão. Planejar estrategicamente consiste em gerar condições para que as empresas possam decidir rapidamente perante ameaças e oportunidades, otimizando as suas vantagens competitivas em relação ao ambiente concorrencial em que atuam, aumentando as chances de sobrevivência e perpetuação no tempo. Estabelece-se a hierarquia da Figura 3.2 para o planejamento estratégico.

Figura 3.2 – Hierarquia do planejamento estratégico



Fonte: Corrêa *et al.* (2001)

3.1.3.2 Planejamento Mestre da Produção

O **Planejamento Mestre da Produção**, do inglês *Master Production Schedule* (MPS), coordena a demanda do mercado com os recursos internos da empresa de forma a programar taxas adequadas de produção de produtos finais. O MPS é uma representação combinada de previsões de demanda, pendências, o estoque projetado disponível e quantidade disponível para promessa. Ele trabalha em um período de tempo de médio prazo, normalmente semanas e com o horizonte de produtos finais, não mais famílias como no plano estratégico de produção. Este tipo de plano é, por sinal, a entrada para o MPS, que operacionaliza o plano estratégico de produção.

O MPS é a entrada para o planejamento detalhado da produção, que é o *Material Requirement Planning* (MRP). O MPS possui estratégias diferentes dependendo do ambiente produtivo em que está inserido. Uma nomenclatura utilizada pelas indústrias é descrita em Corrêa *et al.* (2001) para estes ambientes:

- *Make to stock* – produção para estoques, grande dependência da previsão da demanda;

- *Make to Order* – produção por encomendas, seguimento da demanda, com estoque de matérias primas;
- *Asssembly to Order* – montagem por encomendas, seguimento da demanda, com estoques de semi-acabados;
- *Engineer to Order* – projeto e produção por encomenda, seguimento da demanda.

3.1.3.3 Planejamento Detalhado da Produção

Esta seção é baseada em Corrêa & Gianesi (1996) e Corrêa *et al.* (2001). O **MRP** trabalha na definição dos componentes que compõem cada produto. Ele faz o cálculo das necessidades de materiais, determinando o momento em que estes materiais serão necessários e também as quantidades que serão necessárias para a produção. O MRP utiliza os dados do MPS como entrada de previsão de demanda e responde às seguintes perguntas da produção: O quê será produzido? Quanto será necessário para produzir? Quando será necessário produzir? Estas perguntas são respondidas com o nível de detalhe de componentes do produto e também com o prazo de tempo em dias.

O primeiro passo para o MRP consiste em dividir os produtos em uma lista de materiais necessários para sua fabricação (componentes). Esta lista está normalmente estruturada em itens “pais” e itens “filhos”. O funcionamento do MRP depende profundamente de sua parametrização com a definição de itens muito importantes, como:

- *Lead time*;
- Estoque mínimo/segurança;
- Tamanhos de lotes de produção/compra;
- Exceções.

3.1.3.4 Programação da Produção

Esta seção é baseada em Tubino (2000) e Corrêa *et al.* (2001). A programação e controle trabalham nos recursos produtivos da empresa. Após a definição do que, quanto e quando produzir ser realizada no MRP, a programação define, no horizonte de horas, qual o seqüenciamento de máquinas (*scheduling*).

Como geralmente há uma concorrência pelos recursos, onde vários produtos

diferentes precisam ser processados nas mesmas máquinas, a programação torna-se uma etapa fundamental na determinação da eficiência produtiva de uma empresa.

Devido à sua complexidade, geralmente a programação da produção envolve técnicas heurísticas e modelos matemáticos para determinação do seqüenciamento de máquina. A quantidade de variáveis tende a ser muito grande, dependendo do processo produtivo considerado, normalmente exigindo um esforço computacional elevado.¹

Existem várias formas de programação de produção, destacando-se:

- **Regras:** trabalha com definições de regras e exceções para determinação do seqüenciamento. O conhecimento de priorização das regras por parte da produção é essencial, podendo resultar em resultados satisfatórios para sistemas produtivos mais simples (em relação ao número de variáveis envolvidas);
- **Modelos Matemáticos:** descreve-se matematicamente o modelo produtivo, podendo-se equacionar as variáveis envolvidas. É muito complexo estabelecer um modelo matemático que descreva a realidade e quando possível, geralmente exige grande esforço computacional. Por outro lado, quando corretamente modelado, apresenta resultados eficientes, podendo inclusive encontrar o ponto ótimo;
- **Simulação:** envolve o modelo matemático. A simulação deve testar todas as alternativas possíveis, encontrando a solução ótima. Isto, porém, pode levar um tempo muito grande, inviabilizando a sua utilização na programação da produção;
- **Capacidade finita:** gera programas para as máquinas medindo indicadores de ocupação e utilização das mesmas. Por intermédio de procedimentos e ferramentas permite escolher um bom programa de produção.

3.1.3.5 Administração de Estoques

Corrêa *et al.* (2001) definem que a administração dos estoques é a primeira

¹ Por isso, técnicas de otimização (ótimo = o melhor) geralmente são inviáveis (podendo inclusive o tempo de cálculo de otimização ser maior que o tempo de produção).

diferentes precisam ser processados nas mesmas máquinas, a programação torna-se uma etapa fundamental na determinação da eficiência produtiva de uma empresa.

Devido à sua complexidade, geralmente a programação da produção envolve técnicas heurísticas e modelos matemáticos para determinação do seqüenciamento de máquina. A quantidade de variáveis tende a ser muito grande, dependendo do processo produtivo considerado, normalmente exigindo um esforço computacional elevado.¹

Existem várias formas de programação de produção, destacando-se:

- **Regras:** trabalha com definições de regras e exceções para determinação do seqüenciamento. O conhecimento de priorização das regras por parte da produção é essencial, podendo resultar em resultados satisfatórios para sistemas produtivos mais simples (em relação ao número de variáveis envolvidas);
- **Modelos Matemáticos:** descreve-se matematicamente o modelo produtivo, podendo-se equacionar as variáveis envolvidas. É muito complexo estabelecer um modelo matemático que descreva a realidade e quando possível, geralmente exige grande esforço computacional. Por outro lado, quando corretamente modelado, apresenta resultados eficientes, podendo inclusive encontrar o ponto ótimo;
- **Simulação:** envolve o modelo matemático. A simulação deve testar todas as alternativas possíveis, encontrando a solução ótima. Isto, porém, pode levar um tempo muito grande, inviabilizando a sua utilização na programação da produção;
- **Capacidade finita:** gera programas para as máquinas medindo indicadores de ocupação e utilização das mesmas. Por intermédio de procedimentos e ferramentas permite escolher um bom programa de produção.

3.1.3.5 Administração de Estoques

Corrêa *et al.* (2001) definem que a administração dos estoques é a primeira

¹ Por isso, técnicas de otimização (ótimo = o melhor) geralmente são inviáveis (podendo inclusive o tempo de cálculo de otimização ser maior que o tempo de produção).

atividade dentro da gama de atividades da programação da produção, pois o Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP) programa (*scheduling*) e emite ordens baseando-se também no estado dos estoques e políticas de gerenciamento do mesmo.

3.1.3.6 Controle da Produção

Corrêa *et al.* (2001) definem que o controle da produção faz a realimentação do que foi realmente produzido para o sistema de PPCP. Estes dados devem ser utilizados por todos os níveis do PPCP (planejamento estratégico, plano mestre, MRP, programação), para comparação com o que foi previsto e realinhamento de rotas e modelos, se for o caso.

Favaretto (2001) afirma que o grande problema é a confiabilidade dos dados de produção coletados. Esta coleta pode ser manual, por apontamentos – menos confiável; ou automática, pelo uso de coletores de dados e do sistema de automação das linhas produtivas – mais confiável e rápida.

3.1.3.7 Gestão da Capacidade

Corrêa *et al.* (2001) afirmam que para que o PPCP seja eficiente é necessário que haja uma utilização eficiente da capacidade instalada, sem existência de excesso de capacidade e tampouco de insuficiência de capacidade. As duas situações acarretam em prejuízos para a empresa. Para resolver esta questão, a capacidade também é gerenciada de forma hierárquica, tal qual o PPCP, e está intimamente relacionada com o mesmo, sendo dividida em:

- Planejamento da Capacidade de Longo Prazo;
- Planejamento da Capacidade de Médio Prazo – Planejamento grosseiro;
- Planejamento da Capacidade de Curto Prazo;
- Planejamento da Capacidade de Curtíssimo Prazo.

3.1.4 Qualidade e Indicadores de desempenho

Campos (1992) define um produto ou serviço de qualidade como aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente. Este mesmo autor define ainda que produtividade é produzir cada vez mais e/ou melhor com cada vez menos. No

cálculo da produtividade deve ser considerado o quociente entre o faturamento e os custos. Com isso, o cliente estará envolvido no cálculo da produtividade. Ele define também que o controle de qualidade deve ser abordado com três objetivos:

- **Planejar** a qualidade desejada pelo cliente;
- **Manter** a qualidade desejada pelo cliente;
- **Melhorar** a qualidade desejada pelo cliente.

Cameron *et al.*(1993) *apud* Bhatt (2000) afirmam que as companhias que possuem comprometimento com a qualidade freqüentemente aumentam os seus padrões de qualidade em seus processos de negócios. Elas tentam não somente prevenir que os erros ocorram, mas principalmente atingir novos padrões de qualidade por meio de “*upgrades*” em suas capacidades de qualidade.

Fleury & Muscat (1998) afirmam que a empresa, ao se posicionar frente à competição, deverá criar mecanismos para saber se está sendo realmente competitiva e para verificar se está aperfeiçoando sua forma de atuação relativamente às necessidades dos clientes e à operação dos competidores. A empresa deverá definir, medir e monitorar indicadores, que serão utilizados na estrutura de ações para melhorar seu desempenho competitivo.

Neely *et al.* (1995) afirmam que uma medida de desempenho pode ser definida como uma métrica utilizada para quantificar a eficiência e/ou a eficácia de uma ação. Eficácia refere-se à extensão na qual as necessidades dos clientes foram atendidas, enquanto eficiência mede o quanto economicamente os recursos da empresa foram utilizados para prover um certo nível de satisfação dos clientes. Medidas de desempenho precisam ser posicionadas em um contexto estratégico, pois elas influenciam o que as pessoas irão fazer. As dimensões-chave para desempenho da manufatura podem ser definidas em termos de qualidade, velocidade de entrega, confiabilidade de entrega, preço e flexibilidade. Neely *et al.* (2000) afirmam que os sistemas computacionais têm um impacto na implementação de indicadores de desempenho. Problemas com a infra-estrutura de TI podem impedir a implementação de indicadores. Neely *et al.* (1994) afirmam que estratégias são realizadas por meio da consistência das decisões e ações tomadas. Indicadores de desempenho podem servir de base para que isto aconteça.

Juran *apud* Dahlgaard & Dahlgaard (2002) afirma que objetivos

mensuráveis devem ser definidos para algumas “categorias de controle”, permitindo assim que fatores críticos para o sucesso sejam contemplados. Ele define que estas categorias são:

- Desempenho do produto;
- Desempenho competitiva;
- Melhoria de qualidade;
- O custo dos problemas de qualidade;
- Desempenho dos macro-processos.

Dahlgaard & Dahlgaard (2002) afirmam que em uma nova classificação dos custos da qualidade das empresas devem ser levados em consideração os custos da falha, da avaliação/inspeção e da prevenção. Estes custos devem ter uma ótica interna e externa à corporação e também devem incluir aspectos tangíveis e intangíveis (bom nome junto ao cliente, por exemplo).

Kaplan & Norton (1992,1993,1996) propõe o *Balanced Scorecard* (BSC) como um conjunto de medidas de desempenho balanceadas que fornece aos altos executivos uma visão rápida e ao mesmo tempo abrangente do seu negócio e da implementação das ações estratégicas. Ele inclui indicadores financeiros que mostram o resultado das ações tomadas e ao mesmo tempo as complementa com indicadores não-financeiros, como satisfação do cliente, processos internos, melhorias e inovações atingidas dentro da organização. O BSC inclui indicadores que são montados a partir da estratégia da corporação em relação a quatro perspectivas diferentes:

- Externa: como os clientes nos vêem?
- Interna: em que devemos buscar a excelência?
- Inovação e conhecimento: como melhorar e criar valor?
- Financeira: como se apresenta aos acionistas?

Martins & Carpinetti (2001) realizaram um estudo com empresas de vários setores, multinacionais ou brasileiras, presentes no Brasil e apontaram que em todas elas uma categoria utilizada para indicadores é o de conformidade com a especificação. Em todas elas, uma das principais razões para existência de programas de melhoria contínua é a melhoria da qualidade do produto (conformidade). Em algumas delas uma das prioridades para melhoria de sua posição competitiva era a implantação de sistemas ERP (*Enterprise Resource*

Planning).

3.2 Sistemas de Informação

Segundo Gomes *et al.* (2002), os sistemas de informação são o requisito básico para a decisão automatizada. As informações que a empresa possui devem estar, de preferência, totalmente integradas, e essa integração deve ser preferencialmente feita por computadores em rede, pois isso permitirá aos seus membros o acesso aos dados mais recentes da empresa a qualquer momento.

3.2.1 Integração de sistemas

Bhatt (2000) define integração de sistemas de informação como a extensão em que os dados e aplicações presentes na organização podem ser compartilhados e acessados para uso de toda a corporação. Afirma ainda que o principal objetivo da integração de sistemas de informação é fornecer um suporte consistente de informações em toda a organização, para permitir uma resposta eficiente aos desafios dinâmicos impostos pelos mercados. Jhingran *et al.* (2002) afirmam que há 4 formas distintas de integração:

1. Portais: é a forma mais “rasa” de integração, pelo ambiente *web*, em que aplicações potencialmente diferentes são trazidas para uma mesma interface;
2. *Business Process Integration*: orchestra processos entre aplicações, dentro e possivelmente fora dos limites da empresa, como por exemplo os processos envolvidos na cadeia de suprimentos;
3. Integração de aplicações: comunicação entre as aplicações que fazem tarefas similares ou complementares e é tipicamente focada na transformação e envio de mensagens entre aplicações. Exemplos são as *Message Queue* e o XML;
4. Integração de informações: dados complementares são fisicamente ou logicamente agrupados, tornando possível que aplicações sejam escritas e utilizem todos os dados relevantes para empresa, mesmo que o dado não esteja sobre o seu controle.

Jhingran *et al.* (2002) afirmam que se a informação já estiver integrada, o trabalho para os outros três tipos de integração se torna mais fácil, ou ainda, já foi realizado, uma vez que eles podem ser considerados como pré-requisitos.

Groover (2001) propõe 5 níveis de automação e controle de manufatura em

indústrias de processo:

- Nível 1 – Nível do Dispositivo: sensores e atuadores incluindo as malhas de controle básicas para as unidades de operação;
- Nível 2 – Nível de controle de máquinas ou “regulação”: controle das unidades de operação;
- Nível 3 – Nível Supervisório: controle e coordenação de várias unidades de operação interconectadas que fazem o processo total;
- Nível 4 – Nível da Planta: planejamento, rastreamento de materiais, monitoração de equipamentos;
- Nível 5 – Nível Corporativo: gerenciamento dos sistemas de informações, planejamento estratégico, gerenciamento *high level* da empresa.

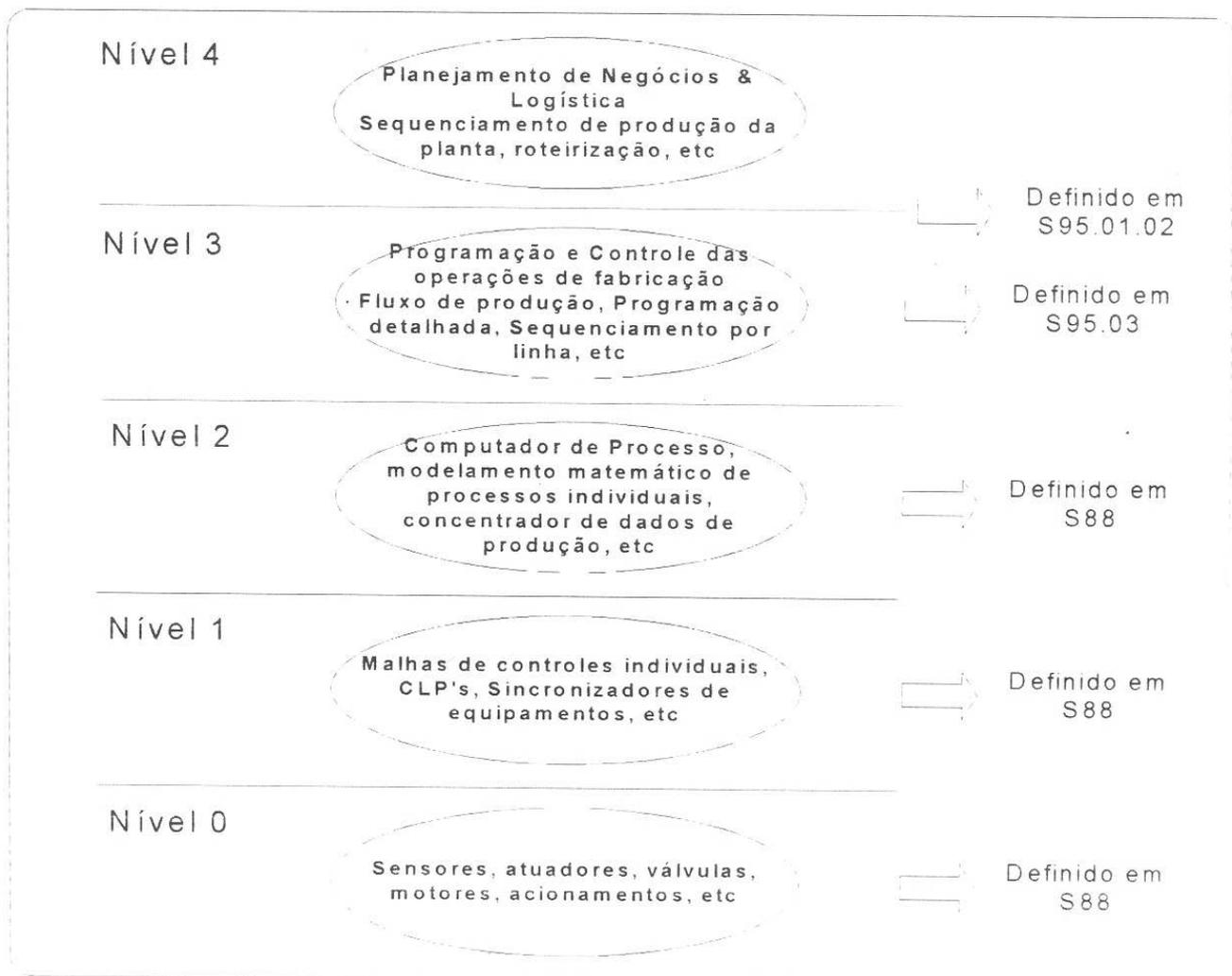
Este mesmo autor descreve ainda os 3 níveis propostos pela norma ANSI/ISA (*American National Standard Institute / International Standards Association*) S88.01-1995:

- Nível 1 – Controle básico: referente ao nível 1 (dispositivo) do modelo de Groover (2001). Inclui funções como controle de realimentação (*feedback control*), intertravamento, interrupções, e gerenciamento de exceções. As funções básicas de controle podem ser ativadas, desativadas ou modificadas pelos níveis superiores de controle ou por comandos do operador;
- Nível 2 – Controle de Procedimentos: refere-se ao nível 2 (regulação) do modelo de Groover (2001). Inclui funções como cálculo de *setpoints* baseado nos dados aquisitados, mudança de *setpoints* e outros parâmetros de controle no nível básico, mudança de ganhos de controladores. Pode incluir também funções de detecção e recuperação de erros, procedimentos de tomada de decisão em relação a risco à segurança que ocorram durante o processo.
- Nível 3 – Controle de Coordenação: refere-se ao nível 3 (supervisão) do modelo de Groover (2001). Ele inicia, direciona ou altera os programas do nível de controle de procedimentos. É um nível mais reativo e adaptativo. Coordena grupo de equipamentos ou processos, coordena transporte de material entre equipamentos, seleciona melhor opção de fluxo e programas

entre processos. Inclui ainda funções do nível 4 e 5 de Groover (2001), como planejamento e programação da produção, supervisão de disponibilidade, utilização e capacidade dos equipamentos.

Um modelo aceito e utilizado nas indústrias siderúrgicas é o estabelecido pela ANSI/ISA, na norma S95.01-03, em complemento à norma S88, exposto e complementado em MESA *International* (2000a). A Figura 3.3 mostra a hierarquia funcional proposta por este modelo, de acordo com a MESA.

Figura 3.3 Hierarquia Funcional ISA S95/S88



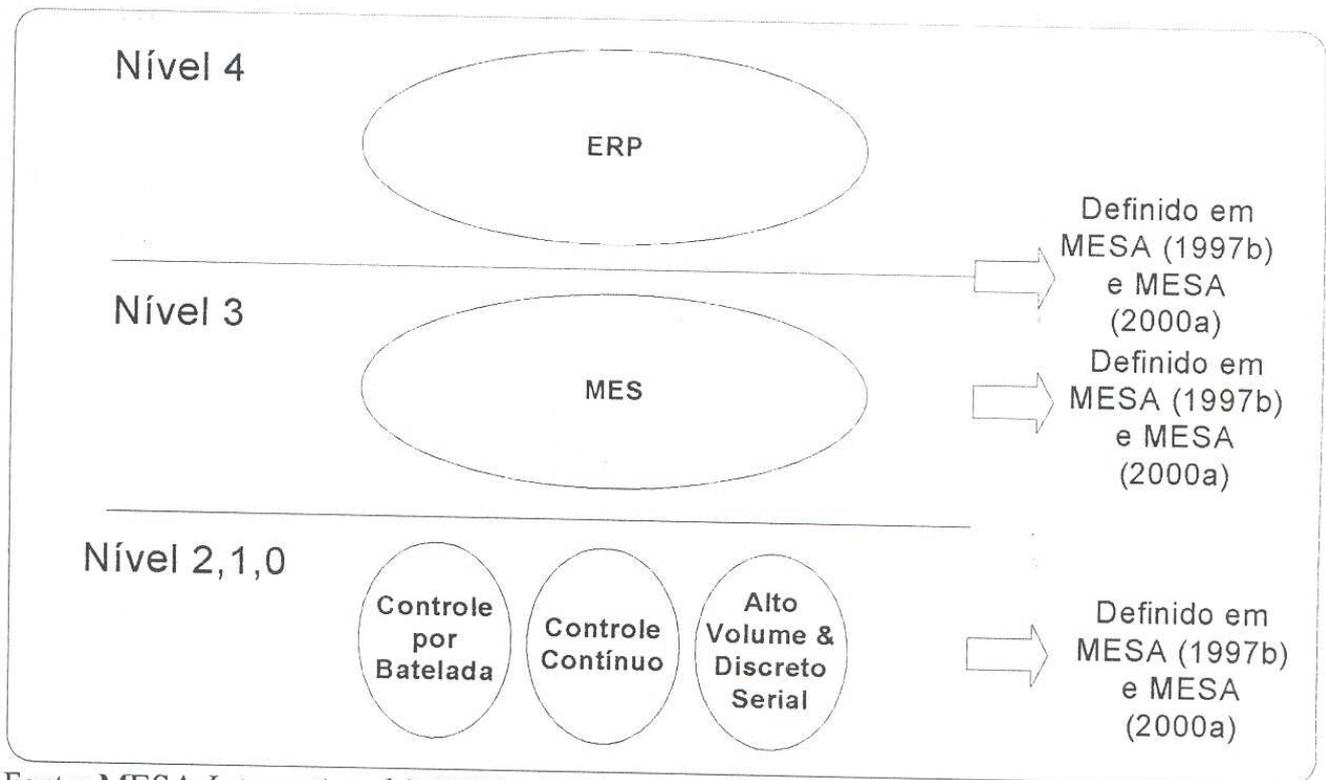
Fonte: MESA *International* (2000a)

O nível 4 trata do planejamento estratégico, negócios e da logística. O nível 3 trata do controle & operações da manufatura, como programação detalhada da produção, seqüenciamento da produção, gerenciamento da manutenção e da qualidade, envolvendo a planta como um todo. O nível 2 é o nível de controle de processo, onde residem os modelos matemáticos para produção. O nível 1 é o

nível de automação de chão de fábrica, onde residem as malhas individuais de controle, os CLP's (Controladores Lógicos programáveis) e os sistemas de supervisão.² O nível 0 contém os elementos de controle, tais quais atuadores, sensores, válvulas, motores e acionamentos. A norma S88 não possui o nível 0, sendo esta parte integrante do nível 1.

Outro organismo internacional que vem atuando desde 1992 para desenvolvimento de terminologias e padronizações é a MESA *International* (*Manufacturing Execution Systems Association*). MESA *International* (2000a, 2000b) define o ERP como o sistema relativo ao nível 4 da ISA S95 e o MES como o sistema relativo ao nível 3 da ISA S95. Na Figura 3.4 é demonstrada esta definição.

Figura 3.4 Hierarquia Funcional MESA

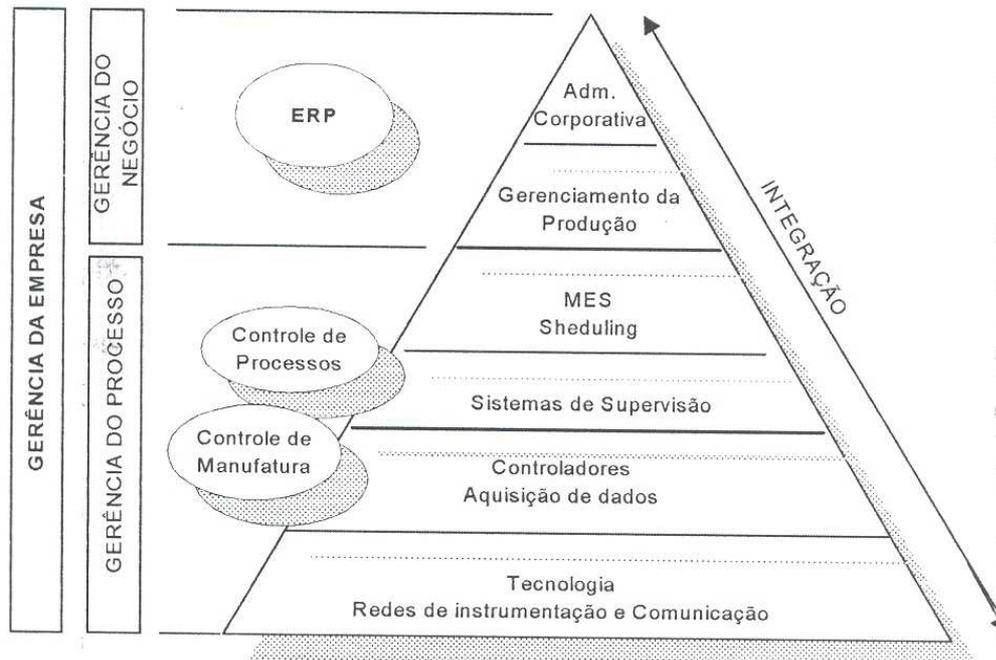


Fonte: MESA *International* (1997b) e MESA *International* (2000a)

A Figura 3.5 apresenta um outro modelo, proposto por Groover (2001), para integração dos sistemas produtivos.

² Alguns fabricantes de produtos de automação consideram os sistemas de supervisão como integrantes do nível que denominam de 1,5, pois possuem algumas funções do nível 1 e também do 2. Outros o colocam no nível 2. Como esta definição não consta nas normas ISA, considera-se para este trabalho estes sistemas como pertencentes ao nível 1.

Figura 3.5 Modelo para integração de sistemas produtivos



Fonte: Groover (2001)

3.2.2 Sistemas *Enterprise Resource Planning* (ERP)

Groover (2001) apresenta que as versões iniciais do MRP eram limitadas à ordens de produção e ordens de processo, não levando em conta fatores como planejamento de capacidade ou realimentação de dados de produção. Com o passar do tempo, tornou-se evidente que o MRP deveria ser integrado a outros pacotes de software que faziam funções de PCP. Estes pacotes de software que evoluíram a partir do MRP, incorporando outras funções e conceitos, como os de capacidade de produção e também outros módulos de programação, planejamento e controle de materiais e recursos necessários ao MPS, passou a ser denominada MRP-II, com o "II" significando uma segunda geração do MRP. A sigla MRP, para o MRP-II, passou a ser denominada *Manufacturing Resource Planning*. O MRP-II pode ser definido como um sistema baseado em computador, para planejamento, programação e controle de materiais e recursos e atividades necessárias para suportar o MPS. Groover (2001) afirma ainda que o ERP possui os módulos tradicionais do MRP-II. O uso do termo *Enterprise* no lugar de *Manufacturing* denota que os módulos foram estendidos para além da fabricação, incluindo aplicações como gerenciamento da manutenção, controle da qualidade e suporte ao *marketing*.

Corrêa *et al.* (2001) afirmam que os sistemas ERP surgiram da necessidade

completos, capazes de integrar toda a empresa, estudos têm demonstrado que existe uma lacuna entre os ERP e o chão de fábrica, ou seja, os ERPs não possuem funcionalidades que suportem as atividades que ocorrem no ambiente operacional.

3.2.3 Sistemas *Manufacturing Execution System* (MES)

Groover (2001) afirma que os módulos do ERP para fabricação (*manufacturing*) podem ser organizados em três grupos: planejamento, execução e controle. A fase de execução e seus módulos são referidos como MES. O MES tipicamente inclui módulos de programação da produção, controle da qualidade e manuseio de materiais.

MESA *International* (2000a) define MES como “sistemas que disponibilizam informações possibilitando a otimização de atividades de produção desde lançamento do pedido (*order*) até o produto acabado. Usando dados atuais e acurados, em tempo-real, o MES guia, responde e reporta atividades na planta assim que elas ocorrem. A resposta rápida a condições que se alteram, acoplada com o foco de reduzir atividades que não adicionam valor, resultam em uma efetiva operação e processo nas plantas”. Define ainda o MES como “sistema de informações que reside no chão de fábrica entre os sistemas de planejamento nos escritórios e os controles industriais no processo propriamente dito”. MESA *International* (1997a) afirma que o termo MES foi primeiramente utilizado em 1990. MESA *International* (2000a,b) e MESA *International* (1997b) definem ainda 11 funcionalidades para o MES:

- Alocação de recursos e seqüenciamento;
- Programação detalhada da produção;
- Gerenciamento de fluxo de unidades produzidas;
- Controle de registros que devem ser mantidos com as unidades produzidas;
- Aquisição de dados de produção - interface com os sistemas de chão de fábrica;
- Gerenciamento de mão-de-obra aplicada na produção;
- Gerenciamento de qualidade;
- Gerenciamento de processo – interface com sistemas de controle de processo;
- Gerenciamento da manutenção – disponibilidade de equipamentos;

- Rastreabilidade de produtos e genealogia;
- Análise de desempenho.

O dicionário APICS (COX & BLACKSTONE JR., 1998) define o MES de uma forma mais ampla: “um sistema de comunicação e informação do chão de fábrica com várias capacidades funcionais. Inclui funções como alocação de recursos e *status*, programação detalhada, despacho de unidades produzidas, controle de documentos, aquisição de dados, gerenciamento de recursos de mão de obra, gerenciamento da qualidade, gerenciamento dos processos, gerenciamento da produção, rastreamento de produtos e genealogia e análise de desempenho. O MES pode fornecer *feedback* do chão de fábrica em tempo real. Ele possui interface e complementa sistemas de contabilidade e sistemas de planejamento de recursos da empresa (ERP)”.

Mardegan *et al.*(2003) afirmam que o termo MES foi criado em 1990 por Bruce Richardson da AMR (*Advanced Manufacturing Research*). Afirmam ainda que a aceleração do mercado de MES surgiu da necessidade de se constituir um nível intermediário entre os sistemas ERP e o chão de fábrica.

Para esta pesquisa, são consideradas as definições da MESA *International* para o termo MES.

3.2.4 Sistemas *Shop Floor Control* (SFC)

O controle de chão de fábrica é definido em MESA *International* (1997c) e em MESA *International* (2000a) como os elementos que atuam nas camadas de controle de processo e equipamentos das linhas de produção. Eles são os CLPs, sensores, robôs, *Computerized Numeric Controllers* (CNCs), *Human Machine Interface* (HMI), redes de comunicação de processos, software de controle, modelos matemáticos de processos. O SFC faz parte dos níveis 0, 1 e 2 do modelo S95 da ISA.

Groover (2001) define que o SFC está relacionado com a liberação de ordens de produção para a fábrica, monitoração e controle do progresso das ordens de produção e aquisitar informações correntes do *status* das ordens. O SFC geralmente possui três fases:

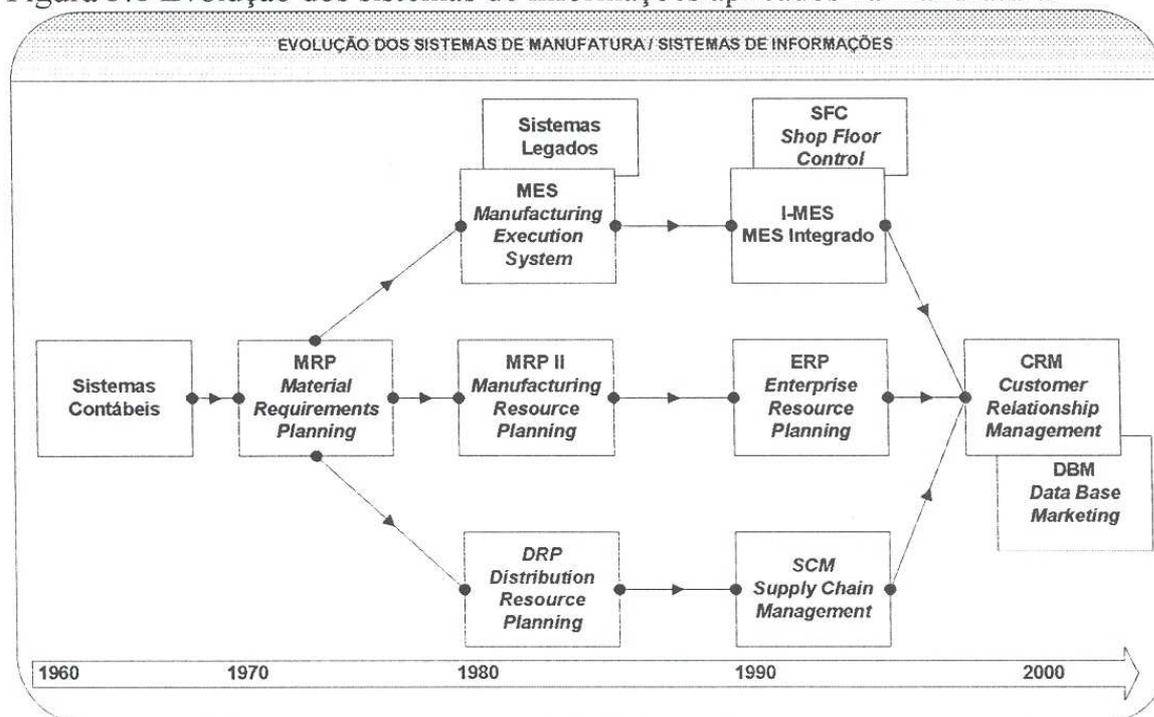
- Liberação de ordens de produção;
- Programação de ordens de produção;

- Progresso da ordem de produção.

3.2.5 Evolução dos sistemas de informações na manufatura

A Figura 3.6 representa a evolução dos sistemas de informações aplicados na manufatura ao longo do tempo.

Figura 3.6 Evolução dos sistemas de informações aplicados na manufatura



Fonte: Baseado em MESA *International* (1997c)

3.2.6 Data warehouse (DW)

Inmon (2001b) afirma que o conceito de DW surgiu devido aos sérios problemas enfrentados pelas empresas no final dos anos 80 e início dos anos 90 causado pelos sistemas legados:

- Não podiam ser substituídos ou feito seu “*upgrade*”;
- Possuíam a perspectiva de dados atuais e não dados históricos;
- Não possuíam integração com outros sistemas legados;
- Eram feitos sobre plataforma de tecnologia antiga.

O DW surgia como uma base de dados que armazenava dados detalhados, integrados, atuais e históricos.

Inmon *et al.* (2001a) afirmam que o ambiente criado pelo uso da tecnologia DW possibilita às companhias a integrar dados de sistemas diversos e módulos

diferentes, criando oportunidades de negócios no seu uso. Afirma também que uma das vantagens desta tecnologia é o fato de que o usuário final das informações, por exemplo os gerentes e analistas de processo podem configurar sua própria pesquisa nos dados através de uma interface amigável. Han & Kamber (2001) afirmam que o DW fornece a arquitetura e ferramentas que permite aos executivos de negócios a sistematicamente organizar, entender e usar seus dados para tomar decisões estratégicas.

Uma definição clássica para o DW é dada em Inmon (1997): “*Data warehouse* é uma coleção de dados orientada por assuntos, integrada, variante e consistente no tempo e não volátil, que tem por objetivo dar suporte aos processos de tomada de decisão”.

Conforme Singh (1997), o DW não é simplesmente um produto ou processo, mas uma estratégia que reconhece a necessidade de consolidar os dados armazenados em sistemas de informações e é dedicada a ajudar os profissionais de negócios a tomarem decisões mais rápidas.

3.2.6.1 *On-Line Transaction Processing (OLTP) e On-Line Analytical Processing (OLAP)*

Machado (2000) define que sistemas ERP trabalham com OLTP, que possuem como base cada simples transação. Por outro lado, existem sistemas multidimensionais, baseados em análises, em que o OLAP é utilizado. Essa abordagem utiliza dados que já estão sumarizados de alguma forma e em uma base de tempo consistente, permitindo análise a partir da base de dados. Thomsen (1997) define o processamento de informação baseado em análise orientado para decisão, como uma categoria mais geral e ampla em que o OLAP e o DW são componentes complementares e importantes. No DW, ferramentas do tipo OLAP encontram o ambiente ideal para serem aplicadas. Come (2001) afirma que enquanto o OLTP praticamente não executa análises, o objetivo do OLAP é analisar relacionamentos complexos e buscar por padrões, tendências e condições de exceção.

Kimball (1996) afirma que sistemas OLTP são profundamente diferentes de sistemas no qual o OLAP é utilizado. Técnicas de *design* apropriadas para sistemas transacionais são inapropriadas e até mesmo destrutivas para sistemas

baseados em informações. O DW e o OLAP não vêm a substituir o OLTP. Eles serão mais um sistema com o objetivo de ampliar a capacidade das empresas realizarem *Business Intelligence* (BI). O servidor de dados do DW geralmente deve ser separado do servidor de dados dos sistemas OLTPs, porque não concorrerá em recursos computacionais e também porque geralmente integram dados de vários sistemas OLTPs diferentes. A Tabela 3.1 resume características de sistemas OLTP e OLAP.

Tabela 3.1 Principais características de sistemas OLTP e OLAP

<i>Característica</i>	<i>OLTP</i>	<i>OLAP</i>
Uso	Processamento Operacional	Processamento Informacional
Orientação	Transações	Análises
Usuário	Profissional de TI	Executivos, gerentes, analistas de negócio
Função	Operações do dia-a-dia	Suporte à decisão, informações de longo prazo
Banco de Dados	Baseado em ER, orientado à aplicação	Dimensional, orientado ao assunto
Dados	Atual, garantia de atualização	Históricos, acurácia mantida ao longo do tempo
Sumarização	Primária, muito detalhamento	Consolidada
Visão	Detalhada, plana	Resumida, multidimensional
Unidade de trabalho	Pequena, transação simples	Pesquisa Complexa
Acesso	Leitura/Escrita	Na maioria leitura
Foco	Entrada de dados	Saída de Informações
Operações	Indexadas, chaves primárias	Várias varreduras
Número de registros acessados	Dezenas	Milhões
Número de usuários	Milhares	Centenas
Tamanho da base de dados	100 MB a GB	100 GB a TB
Prioridade	Alto desempenho, alta disponibilidade	Alta flexibilidade/ Autonomia do usuário
Métricas de desempenho do sistema	Taxa de vazão de transações	Tempo de resposta de pesquisas

Fonte: Han & Kamber (2001)

Kimball (1996) destaca o fator tempo nestes sistemas: sistemas transacionais possuem uma inconsistência temporal intrínseca, devido à sua

constante mudança na base de dados, nos momentos em que as transações ocorrem, sem periodicidade determinística e com volatilidade de dados. O DW é uma séria explícita no tempo. A transferência de dados acontece por um retrato (*snapshot*) do OLTP em uma periodicidade definida, mantendo uma coerência temporal no armazenamento. Em um DW, os dados nunca são sobrescritos, garantindo a consistência histórica dos mesmos.

3.2.6.2 Modelo Dimensional

Kimball (1996) afirma que modelos de dados Entidade-Relacionamento, que são tipicamente utilizados em sistemas OLTP, são um desastre para dispositivos de pesquisa (*query*), porque eles não podem ser entendidos pelos usuários e não podem ser navegados, de forma útil, pelos *softwares* de gerenciamento de bancos de dados. Estes modelos não podem ser utilizados como base para o DW das empresas. O modelo que melhor se aplica ao DW é o modelo dimensional, que é constituído de várias dimensões que giram em torno de um fato.

As definições a seguir estão baseadas em Kimball (1996), Han & Kamber (2001), Machado (2000), Inmon (1997) e Singh (1997).

Um **fato** é uma coleção de itens de dados, composta de dados de medidas (métricas) e de um contexto de negócios. Cada fato representa um item de negócio, uma transação de negócio ou um evento de negócios, e é utilizado para analisar o processo de negócios de uma empresa. O fato reflete a evolução dos negócios do dia-a-dia das empresas. A característica básica de um fato é que ele é representado por valores numéricos e constituem a tabela central nos modelos de DW: as tabelas de fatos. Exemplos de fatos são: unidades produzidas com defeito, desvios de produtos por problemas de qualidade.

As **dimensões** são elementos que participam de um fato, qualificando-o, localizando-o. As dimensões determinam o contexto que o fato se encontra. Elas normalmente não possuem atributos numéricos, pois são somente descritivas e classificatórias dos elementos participantes do fato. Exemplos de dimensões são: tempo, localização, clientes, fornecedores, produtos. As tabelas de dimensões contêm **atributos** que descrevem cada dimensão. Os atributos devem ser textuais, discretos e são usados como fonte de restrições, como um período de tempo, por

exemplo, e cabeçalhos de linhas no conjunto de questões da pesquisa dos usuários. Estes atributos geralmente são do tipo texto (*char*). Os campos que servem como “chaves primárias” nas tabelas de dimensões devem ter sempre uma “chave contra-parte” (ou chave estrangeira) nas tabelas-fato.

Inmon (2000) afirma que as tabelas de dimensões contêm muito menos dados do que as tabelas de fatos. Tabelas de fatos contêm a maioria das ocorrências de dados, sendo estes quase que exclusivamente numéricos. As tabelas de dimensões possuem os dados alfabéticos.

A **granularidade** de dados em um DW refere-se ao nível de sumarização dos elementos de dados e ao nível de detalhe disponível nos dados. Uma dimensão muito importante é o tempo, onde se deve definir o “grão” de armazenamento, por exemplo se será em 1 hora, 1 dia ou 1 semana. Esta decisão é fundamental, pois define qual a possibilidade de análise além de gerar impacto diretamente no desempenho das pesquisas (*query*) na base de dados. Machado (2000), afirma que a granularidade não se limita somente a tempo, mas a todos os fatores de classificação de informação que serão utilizados na análise. Kimball (2003) diz que a granularidade não estiver definida no início do projeto do DW, todo o resto do projeto não possui fundação sólida, resultando em discussões em círculos e introdução de fatos que levam a erros no projeto.

As **métricas** são atributos numéricos que representam um fato. Elas representam o desempenho de um indicador de negócios relativo às dimensões que participam desse fato. As métricas geralmente estão localizadas como atributos nas tabelas de fatos.

Kimball (1996) e Machado (2000) definem duas formas de apresentação do modelo dimensional. A primeira delas é chamada de modelo estrela (*Star Schema*). Neste modelo cada dimensão possui apenas uma tabela. Com isso há uma repetição de dados e o modelo torna-se não normalizado. A hierarquia de dados se encontrará totalmente contida em cada tabela. A outra opção pode ser o modelo floco de neve (*Snow Flake*). Neste modelo, para cada dimensão, se houver uma hierarquia, ela será criada em tabelas diferentes a partir da tabela da dimensão, conectado por chave primária física. Este modelo torna-se normalizado. Kimball (1996) afirma que os dados no modelo *Star Schema* ocupam um maior espaço de armazenamento. Porém, por existirem menos chaves físicas, o

desempenho das pesquisas no modelo é aumentada. O modelo *Snow Flake*, por ser normalizado, economizará espaço de armazenamento. Porém o desempenho de pesquisa será menor do que o *Star Schema*. Como as pesquisas (*query*) são o ponto-chave do DW, segundo Kimball (1996) deve-se sempre que possível utilizar o modelo *Star Schema*.

Han & Kamber (2001) propõem uma outra forma para representação do modelo dimensional. É a forma “Constelação de Fatos” (*Fact Constellation*) ou ainda “Esquema de galáxia” (*Galaxy Schema*). Neste esquema, tabelas diferentes de fatos compartilham algumas mesmas tabelas de dimensões.

Inmon (1997) afirma que o método de desenvolvimento do DW deve ter um apelo universal, colocando o desenvolvedor no caminho racional, destacando o que precisa ser feito, em que ordem e em quanto tempo.

Para desenvolvimento do modelo dimensional Kimball (1996) e Han & Kamber (2001) propõe as seguintes fases:

- Escolha o processo de negócios a ser modelado;
- Escolha a granularidade do processo a ser modelado;
- Escolha as dimensões que serão utilizadas em cada registro da tabela de Fatos. Com a escolha das dimensões, descreva todos os atributos de cada dimensão, no modo texto;
- Escolha as medidas ou métricas dos fatos.

Kimball (1996) define os seguintes pontos de decisão no projeto do DW :

- 1 – Os processos e portanto a identidade das tabelas de fatos;
- 2 – A granularidade de cada tabela de fatos;
- 3 – As dimensões de cada tabela de fatos;
- 4 – Os fatos, incluindo os pré-calculados;
- 5 – Os atributos das dimensões, incluindo a descrição completa e terminologia apropriada;
- 6 – Como descobrir e mapear dimensões variantes;
- 7 – Definir Dimensões agregadas, heterogêneas, minidimensões, modelos de pesquisa e de armazenamento;
- 8 – A urgência com que os dados são extraídos e carregados no DW.

3.2.6.3 Operações OLAP

Han & Kamber (2001) definem que, no modelo dimensional, dados são organizados em múltiplas dimensões e cada uma delas contém múltiplos níveis de abstração definidos pelo conceito de hierarquia. Esta organização fornece ao usuário a flexibilidade de ver dados a partir de diferentes perspectivas. Eles definem também que uma forma de visualizar estas perspectivas pode ser um cubo de dados. Operações OLAP existem para materializar estas perspectivas diferentes, permitindo uma interface de pesquisa interativa e de análise de dados “nas mãos do usuário”. Portanto, o OLAP fornece um ambiente “*user-friendly*” para análise interativa de dados.

As principais operações OLAP são (HAN & KAMBER, 2001; KIMBALL, 1996; HARRISON, 1998; MACHADO, 2000):

- *Roll-Up*: Esta operação faz a agregação de dados no cubo, ou por escalar do nível mais baixo para o nível mais alto uma hierarquia, ou por uma redução de dimensões, removendo uma dimensão da análise;
- *Drill-down*: É o inverso do *roll-up*. Esta operação navega dos dados menos detalhados para os mais detalhados. Ela pode ser realizada ou por descer mais um nível na hierarquia dos dados ou por incluir mais uma dimensão na análise;
- *Drill-across*: É utilizado quando existem duas ou mais tabelas de fatos que compartilham algumas mesmas dimensões. Esta operação pode comparar indicadores de fatos diferentes através de atributos comuns das dimensões;
- *Slice and Dice*: A operação de *slice* faz uma seleção em uma dimensão de um cubo, resultando em um “subcubo”. Já a operação *dice* define o subcubo pela seleção em duas ou mais dimensões;
- *Pivot (rotate)*: É uma operação de visualização que “rotaciona” a visão do eixo de dados, com o objetivo de fornecer uma apresentação alternativa dos dados.

3.2.6.4 Data warehouse e data mart

Quando se trata de um fato específico, departamentalizado, e constrói-se o modelo dimensional para este fato, está-se construindo uma parte do DW que é conhecida por *data mart*. Machado (2000) afirma que um conjunto de *data marts* pode vir a constituir um DW. Kimball (1996) afirma que o DW não é nada mais que a união de todos os *data marts*. Já Inmon (2001c) afirma que a estrutura de

dados de um DW é fundamentalmente e essencialmente diferente de um *data mart*. Afirma ainda que um *data mart* nunca irá crescer e se tornar um DW. Han & Kamber (2001) afirmam que o DW coleta informações que abrangem a organização inteira e que geralmente se utiliza o modelo dimensional “Constelação” para modelar os fatos. Já o *data mart* é um subconjunto do DW que foca em assuntos específicos e normalmente se utiliza o *star schema* ou o *snow flake* em seu modelo dimensional. A Tabela 3.2 apresenta uma comparação feita por Inmon (1999) sobre aspectos de *data marts* e *data warehouse*.

Tabela 3.2 Comparação entre *data mart* e *data warehouse*

<i>Data Mart</i>	<i>Data Warehouse</i>
Departamental	Corporativo
Alto nível de granularidade	Baixo nível de granularidade
Pequena quantidade de dados históricos	Grande quantidade de dados históricos
Tecnologia otimizada para acesso e análise	Tecnologia otimizada para armazenamento e gerenciamento de grandes volumes de dados
Cada departamento tem uma estrutura diferente	Estrutura de adapta ao entendimento corporativo dos dados

Fonte: Inmon (1999)

Para esta pesquisa considerou-se que um *data mart* pode ser construído para uma área específica, sem necessitar do *data warehouse* estar construído

3.2.6.5 Estratégias para implementação do *data warehouse*

Um modelo para desenvolvimento de DW é o apresentado em Kimball (1996) e Han & Kamber (2001). Este é um modelo com abordagem “*Top-Down*”, que possui foco a partir dos processos de negócios.

Para que esta abordagem seja desenvolvida, é necessário o conhecimento da perspectiva do usuário e também dos sistemas de onde os dados serão extraídos. Na maioria das vezes, depara-se com a necessidade de dados que não se encontram disponíveis nos sistemas existentes, sendo necessário criá-los.

Outra abordagem encontrada é a “*Bottom-Up*”, em que o modelamento é feito a partir da análise dos dados e sistemas existentes. Esta abordagem pode resultar em que algumas das informações desejadas pelos gerentes acabam não sendo disponibilizadas da forma esperada.

Hasan & Hyland (2001) propõem uma abordagem mista, que nomeiam de *middle out*, onde se inicia a partir das necessidades do negócio e dos gerentes, porém ao mesmo tempo se leva em consideração a disponibilidade de dados, realimentando as limitações imediatamente aos gerentes. Esta abordagem inclui fases tanto da abordagem *Top-down* quanto da *Bottom-Up*.

A Tabela 3.3 apresenta uma comparação das abordagens.

Tabela 3.3 Comparação entre as abordagens de implementação do DW

Abordagem	Vantagens	Desvantagens
<i>Bottom Up</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Implementação rápida • Rápido retorno do investimento • Equipe focada • Aplicações menores e dirigidas • Herança incremental, reduzindo riscos 	<ul style="list-style-type: none"> • Geralmente não obtém visão corporativa • Várias equipes a serem gerenciadas • Alguns indicadores necessários aos gerentes não são implementados, prevalece a visão do profissional de TI
<i>Top Down</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Visão corporativa • Regras e controle centralizado • Melhores resultados a longo prazo • Repositório de metadados centralizado e simples • Herança de arquitetura 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementação mais longa • Custos e riscos elevados • Dificuldade dos profissionais de TI de identificar os dados necessários • Várias equipes a serem gerenciadas
<i>Middle Out</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Visão corporativa mais real da situação dos sistemas de informação da empresa • Processo interativo de criação de métricas e identificação de disponibilidade de dados • Garantia da consistência de dados • Inclui as vantagens das abordagens <i>Top-down</i> e <i>Bottom-Up</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade de gerenciamento de equipes de TI e gerentes ao mesmo tempo

Fonte: Kimball (1996), Han & Kamber (2001), Hasan & Hyland (2001), Come (2001), Machado (2000)

3.2.6.6 Metadados

Metadados são definidos como “dados sobre dados” (HAN & KAMBER, 2001; KIMBALL, 1996; THOMSEN, 1997). Singh (1997) diz que os metadados são o principal componente do *data warehouse*. Ele afirma também que os metadados servem para definir um contexto relacionado aos dados e devem conter informações sobre a lógica dos mesmos. Come (2001) define o metadado como a descrição do dado, do ambiente onde ele reside, como ele é manipulado e para onde é distribuído. Segundo Inmon (1997), no DW os metadados são obrigatórios desde o início.

Favaretto & Rhoden (2003) apresentam um modelo para construção dos

metadados, referenciando quais tópicos devem ser guardados nos metadados e sua relação com a documentação das atividades de Identificar, Localizar e Tratar os dados (ILT). A Tabela 3.4 apresenta este modelo.

Tabela 3.4 Tarefas das atividades ILT e os respectivos tópicos que devem ser documentados nos metadados

ATIVIDADE	TAREFA	TÓPICOS QUE DEVEM SER REGISTRADOS NOS METADADOS
<i>Identificação</i>	Definir indicadores	- Identificação do indicador - Dados necessários para gerar o indicador - Procedimento de cálculo do indicador
	Mapear a geração e/ou coleta dos dados que geram os indicadores	- Procedimento de coleta e/ou geração dos dados - Significado dos dados - Evento que gera os dados - Pessoa com conhecimento para dar suporte às dúvidas sobre os dados
<i>Localização</i>	Mapear a forma de extração dos dados	- Forma de extração dos dados - Ferramentas de extração dos dados - Procedimentos de extração dos dados
	Mapear frequência de atualização dos dados	- Frequência de atualização dos dados - Procedimento de atualização dos dados
	Mapear acesso aos dados	- Forma de acesso aos dados - Procedimento de acesso aos dados - Senhas de acesso aos dados
<i>Tratamento</i>	Limpar dados	- Procedimento para localizar e eliminar registros incompletos e de teste - Faixa de valores aceitáveis para os dados
	Substituir códigos	- Relacionamento entre os códigos utilizados na organização e suas descrições - Procedimento de substituição dos códigos ou de concatenação com as descrições
	Transformar valores dos dados	- Necessidades de transformação ou conversão - Procedimento de transformação ou conversão
	Converter tipos de dados	- Necessidades de conversão dos tipos de dados extraídos

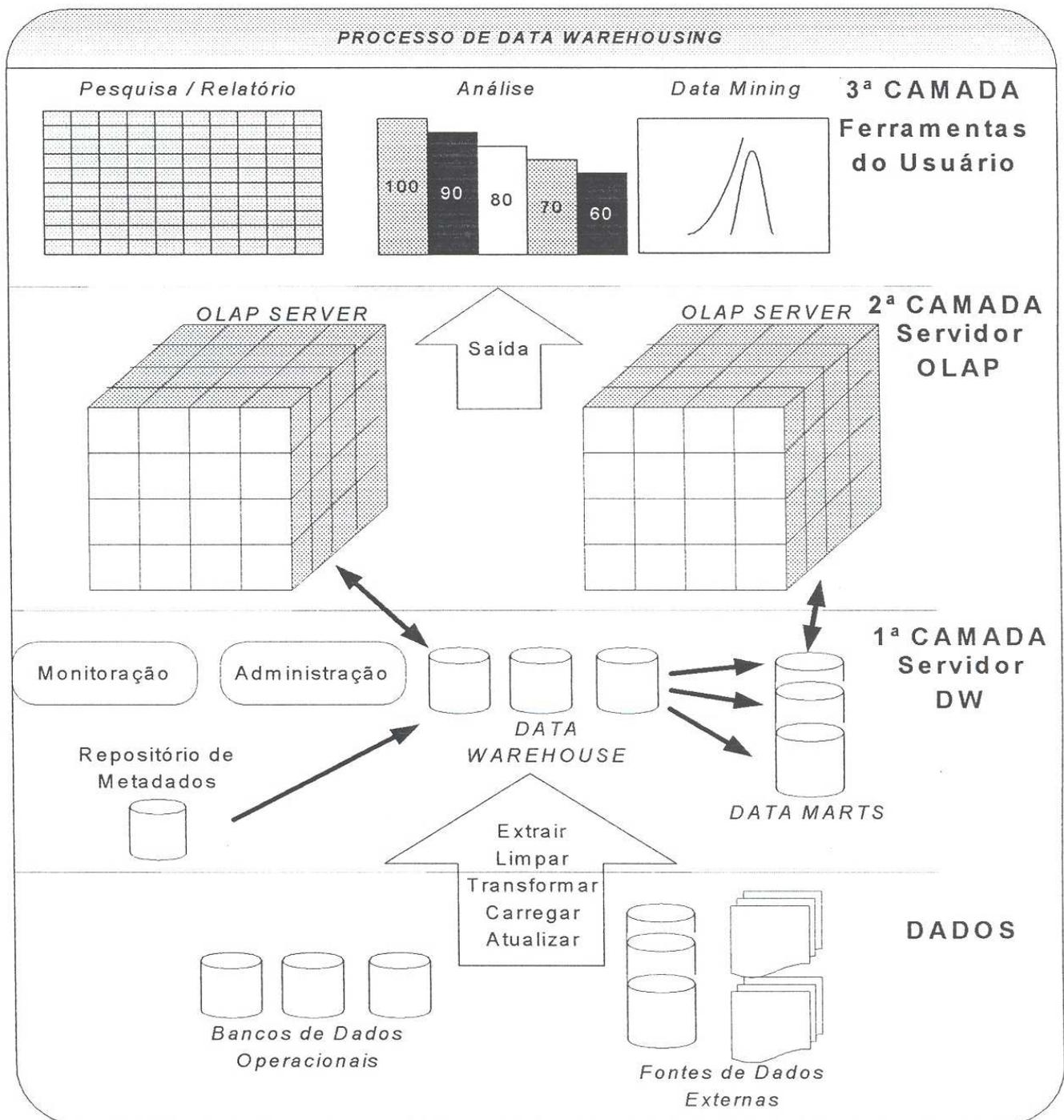
Fonte: Favaretto & Rhoden (2003)

3.2.6.7 Processo de *data warehousing*

A Figura 3.7 demonstra as etapas de uma arquitetura em camadas do processo de *data warehousing*. Han & Kamber (2001) definem este processo como o processo de construir e utilizar o *data warehouse*. Construir requer integração de dados, limpeza de dados e consolidação de dados. Utilizar

frequentemente necessita de uma coleção de tecnologias de suporte à decisão.

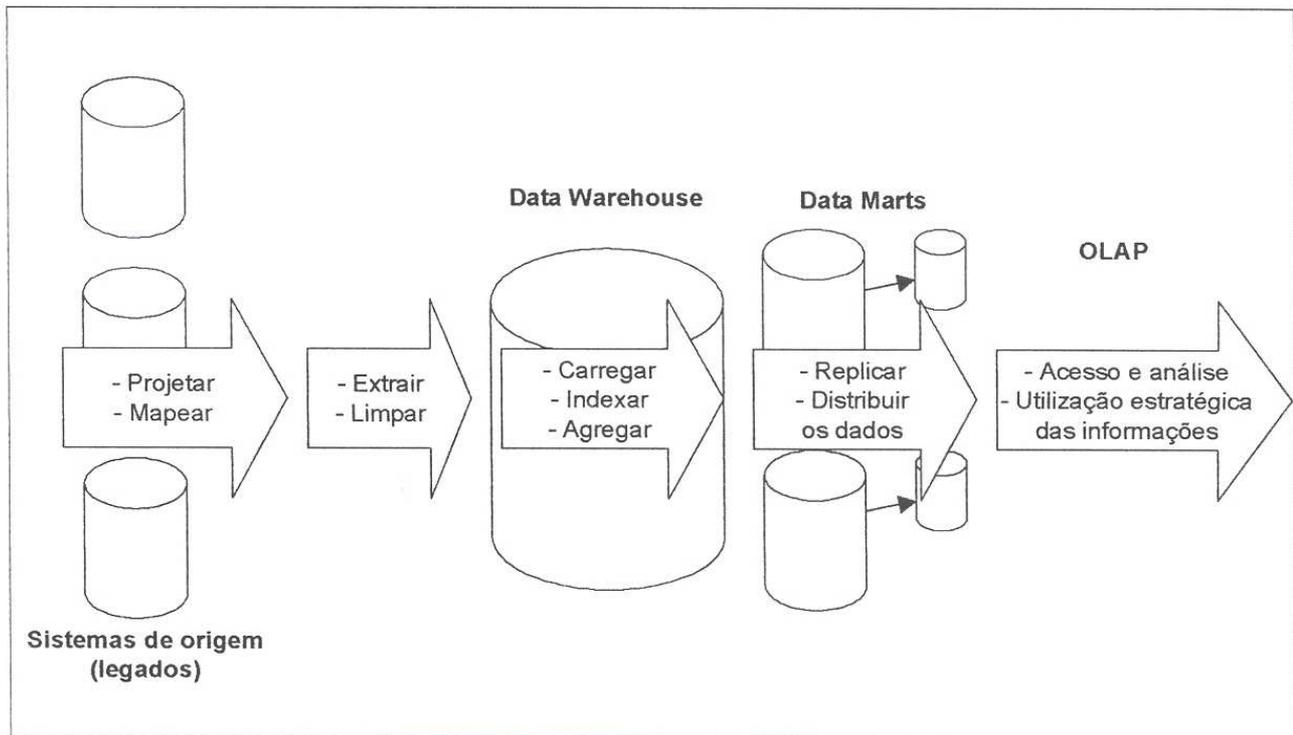
Figura 3.7 Arquitetura do processo de *data warehousing*



Fonte: Han & Kamber (2001)

Outra arquitetura proposta para o processo de *data warehousing* encontra-se na Figura 3.8

Figura 3.8 Outra arquitetura do processo de *data warehousing*



Fonte: Machado (2000)

3.2.6.8 Qualidade de dados

Outro aspecto importante que deve ser considerado é sobre a qualidade dos dados que serão analisados. Os sistemas de coleta de dados tradicionais passam por etapas manuais, ou seja, dependem da realimentação no sistema pelo homem, como por exemplo, preenchendo planilhas e depois as transcrevendo nas bases de dados. Estas etapas manuais geralmente resultam em dados incorretos, seja por erro de digitação ou por omissão, e também possuem problemas de disponibilidade destes dados, uma vez que raramente podem ser alimentados no sistema no momento em que foram coletados. Na sua maioria, são transferidos após o turno de trabalho ou em períodos não determinados, dependendo da disponibilidade do funcionário. Segundo Favaretto (2001), a coleta e realimentação destes dados automaticamente possuem implicações nos sistemas de gestão:

- Devido à rapidez de disponibilização de dados coletados;
- Fornecimento de dados detalhados;
- Confiabilidade de dados;
- Monitoração e supervisão da produção e dos equipamentos.

Após os dados serem coletados e serem armazenados nos sistemas operacionais ou legados, eles precisam ser transferidos para o DW. Kimbal (1996) afirma que um passo essencial para o DW é a “garantia da qualidade dos dados”. Este passo é realizado durante o processo de extração, e neste processo os dados são testados em consistência, verificados se estão completos e limpos, antes de serem publicados no DW.

3.2.6.9 *Real Time data warehousing*

Mais recentemente tem-se discutido o conceito de DW em tempo real, ou RTDW (*Real Time Data Warehousing*). Haisten (1999a,b e 2001) define o RTDW como um sistema que coleta dados continuamente em uma partição de tempo real³, mantendo a transferência por “*snapshot*” em uma partição chamada estática, em intervalos regulares. A partição em tempo real permite agregação de métricas na demanda. A partição estática funciona como um DW tradicional. Fuller (2003) define o RTDW como um sistema que recebe novos dados dos sistemas fonte no mesmo tempo em que estes sistemas recebem os dados. A evolução da tecnologia em termos de velocidade de transferência e armazenamento, além de tecnologias de bancos de dados, abre espaço para este tipo de abordagem.⁴

3.2.7 *Data Mining*

Han & Kamber (2001) definem *data mining* como a atividade de extrair ou “minerar” uma grande base de dados, buscando formas, padrões, que não seriam identificados diretamente pelas operações OLAP. O *data mining*, pela identificação de padrões, é uma ferramenta poderosa no suporte para geração de conhecimento.

Harrison (1998) afirma que o DW fornece memória à empresa. O *data mining* fornece ferramentas e técnicas que acrescentam inteligência ao DW. Ele define ainda que o *data mining* é a exploração e análise, por meios automáticos ou

³ Alguns autores definem “*real time*” como “*near real time*”, uma vez que há um tempo de latência e transporte nos sistemas, existindo portanto um tempo entre geração, armazenamento e disponibilização dos dados. Este tempo geralmente é pequeno.

⁴ Para este trabalho não será considerada a abordagem de RTDW.

semi-automáticos, de grandes quantidades de dados para descobrir modelos e regras significativas. Entre as ferramentas de *data mining* estão incluídas as de estatística e as de inteligência artificial.

3.2.8 Suporte à decisão

Gomes *et al.* (2002) afirmam que uma decisão precisa ser tomada sempre que se está diante de um problema que possui mais de uma alternativa para sua solução. Mesmo quando se tem uma única ação a tomar, há a alternativa de tomar ou não esta ação. Um processo de tomada de decisão pode ser visto como a eleição por parte de um centro decisor (um indivíduo ou grupo de indivíduos) da melhor alternativa entre as possíveis.

Em organizações industriais, centenas de decisões são tomadas diariamente em todos seus níveis gerenciais. A natureza das decisões tomadas pelo alta administração é diferente das decisões tomadas pelos gerentes das linhas no chão de fábrica. Tipicamente, decisões estratégicas são feitas pelo alto comando, decisões táticas pelos gerentes intermediários e decisões operacionais pelos gerentes das linhas. Uma decisão estratégica pode ser uma expansão da capacidade da fábrica. Derivada dessa decisão, a decisão tática será a escolha dos melhores equipamentos para atingir esta expansão. Como instalar este equipamento será uma decisão operacional. Além disso, os diferentes tipos de decisão incluem também tempos diferentes (horas, dias ou meses), e também abrangências diferentes, podendo envolver somente a operação ou também o departamento financeiro, comercial, marketing, qualidade, etc (SIPPER & BULFIN, 1997). A Tabela 3.5 ilustra as decisões relativas ao planejamento da produção.

Tabela 3.5 Decisões relativas ao planejamento da produção

	Estratégica Alto Comando	Tática Comando Intermediário	Operacional Comando das Operações	Operacional Chão de Fábrica Chefe das Linhas
Tempo	Longo termo, 3 a 10 anos	6 meses a 3 anos	Uma semana a seis meses	Minutos a 1 semana
Unidade	Monetário; horas	Monetário; horas; linhas de produtos; famílias de produtos	Famílias de produtos; produtos individuais	Linhas de produção dos produtos individuais
Entradas	Plano agregado; capacidade da planta	Plano mestre; capacidade da planta por produtos	Plano detalhado; força de trabalho; processos, estoques	Programação diária; disponibilidade de máquinas; manutenção
Decisões	Capacidade; produtos; fornecedores; política de qualidade	Força de trabalho; processos; taxas de produção; níveis de estoque; contratos com fornecedores; nível de qualidade; custo da qualidade	Alocar ordens de produção para as máquinas; recebimento de fornecedores; prazos de entregas; qualidade do produto	Parar máquinas, alterar roteiro, alterar fluxo; alterar seqüência das Ordens de Produção.

Fonte: Baseado em Sipper & Bulfin (1997)

3.2.8.1 Datawarehouse / Sistemas de Apoio à Decisão / Sistema de Informações Gerenciais / Sistema de Informações Executivas

Machado (2000) afirma que sistemas de informação podem ser utilizados para que decisões sejam tomadas com uma maior possibilidade de acerto. Um dos sistemas utilizados para este fim é conhecido por SAD (Sistema de Apoio à decisão) ou em inglês, DSS (*Decision Support Systems*), e faz parte do conjunto de sistemas de Inteligência de Negócios ou *Business Intelligence* (BI) das corporações. BI é o conjunto de tecnologias orientadas a disponibilizar informação e conhecimento em uma empresa. Uma destas tecnologias que pode ser utilizada é o *data warehouse*. Uma análise de dados históricos pode apresentar indicadores de crescimento ou sinalizadores de perigos nos negócios. O DW é uma das tecnologias disponíveis para dotar as empresas desta capacidade de análise.

Sprague (1991) *apud* Come (2001), define SIG (sistema de Informações

Gerenciais), em inglês MIS (*Management Information Systems*), como um conjunto de sistemas e atividades necessárias ao gerenciamento, processamento e uso de informações como um recurso dentro da empresa. A abordagem do SIG elevou o foco das atividades dos sistemas de informações, dando ênfase adicional na integração e planejamento das funções desses sistemas. Segundo Gomes *et al.* (2002), o SIG permite fornecer aos executivos, de forma selecionada e resumida, os dados necessários para entendimento da situação-problema.

Segundo Come (2001), o termo SIE (Sistema de Informações Executivas), em inglês EIS (*Executive Information Systems*), foi criado no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) no final da década de 1970. Gomes *et al.* (2002) afirmam que ao contrário do SIG, o SIE destina-se a um pequeno número de usuários executivos e, ao contrário do SAD, não permitem desenvolvimento interativo e não se capacitam a alterar seus modelos.

Inmon (1997) afirma que o DW atua no ambiente dos SIE e torna sua tarefa mais fácil do que quando não há um alicerce de dados para operar, em outras palavras, o DW proporciona o alicerce de dados de que o analista de SIE precisa para atender eficientemente ao processamento do SIE.

A Tabela 3.6 resume as características dos SIG, SAD e SIE.

Tabela 3.6 Principais características de SIG, SAD e SIE

<i>Dimensão</i>	<i>SIG</i>	<i>SAD</i>	<i>SIE</i>
Foco	Processamento de informações	Análise, apoio à decisão	Acesso ao status
Usuários típicos	Executivos de nível médio e baixo, às vezes sênior	Analistas, profissionais, gerentes	Executivos sêniores
Objetivo	Eficiência	Eficácia	Conveniência
Aplicação	Controle da produção, projeção de vendas, análise financeira e gerenciamento de recurso humanos	Diversas áreas onde são tomadas decisões gerenciais	Análise de ambientes, avaliação de desempenho, identificação de problemas e oportunidades
Banco de dados	Da empresa	Especial	Especial
Apoio à decisão	Direto ou indireto, principalmente problemas estruturados, utilizando operações padrão, pesquisa e outros modelos	Apoio a atividades decisórias semi ou não estruturadas, ad hoc	Indireto, principalmente para problemas de alto nível e não estruturados
Tipo de informação	Relatórios sobre operações internas, fluxos estruturados, relatórios das operações internas	Informações de apoio para situações específicas	Novos itens, informações externas sobre clientes, concorrentes, ambiente, e relatórios de operações internas

<i>Dimensão</i>	<i>SIG</i>	<i>SAD</i>	<i>SIE</i>
Uso principal	Controle	Planejamento, organização e controle	Acompanhamento e controle
Capacidade de adaptação do usuário	Normalmente nenhuma	Permite julgamento individual, recursos de simulação, algumas escolhas de estilos de diálogo	Adaptável ao estilo decisório do executivo, oferece várias opções de entrada
Gráficos	Desejável	Parte integrada de muitos SAD	Essencial
Facilidade conversacional	Desejável	Essencial se não forem usados intermediários	Essencial
Tratamento das informações	As informações são fornecidas a um grupo diversificado de usuários que as manipula	Informações fornecidas pelo SIE e/ou SIG são usadas como entrada para o SAD	Filtra e resume informações, acompanha dados e informações cruciais
Informações detalhadas	Inflexibilidade de relatórios, impossibilidade de obter detalhes com rapidez	Podem ser programadas no SAD	Acesso instantâneo aos detalhes de qualquer resumo
Banco de modelos	Modelos padrão disponíveis, mas não gerenciáveis	Parte essencial do SAD	Pode ser acrescentado, normalmente não incluído ou limitado
Desenvolvimento	Fornecedores ou especialistas em sistemas de informação	Usuários sozinhos ou com ajuda de especialistas em informática	Fornecedores ou especialistas em sistemas de informação
Hardware	Mainframe, micro ou distribuído	Mainframe, micro ou distribuído	Sistemas distribuído
Natureza dos pacotes computacionais	Orientado por aplicativos, recursos para geração de relatórios, modelos administrativos, contábeis, estatísticos e financeiros	Recursos para geração de modelos, simulação, aplicativos e geradores de SAD	Interativa, acesso fácil a vários bancos de dados, acesso on-line, recursos sofisticados de DBMS, ligações complexas

Fonte: Turban & Shaeffer (1991) *apud* Come (2001)

Capítulo 4

Desenvolvimento do modelo

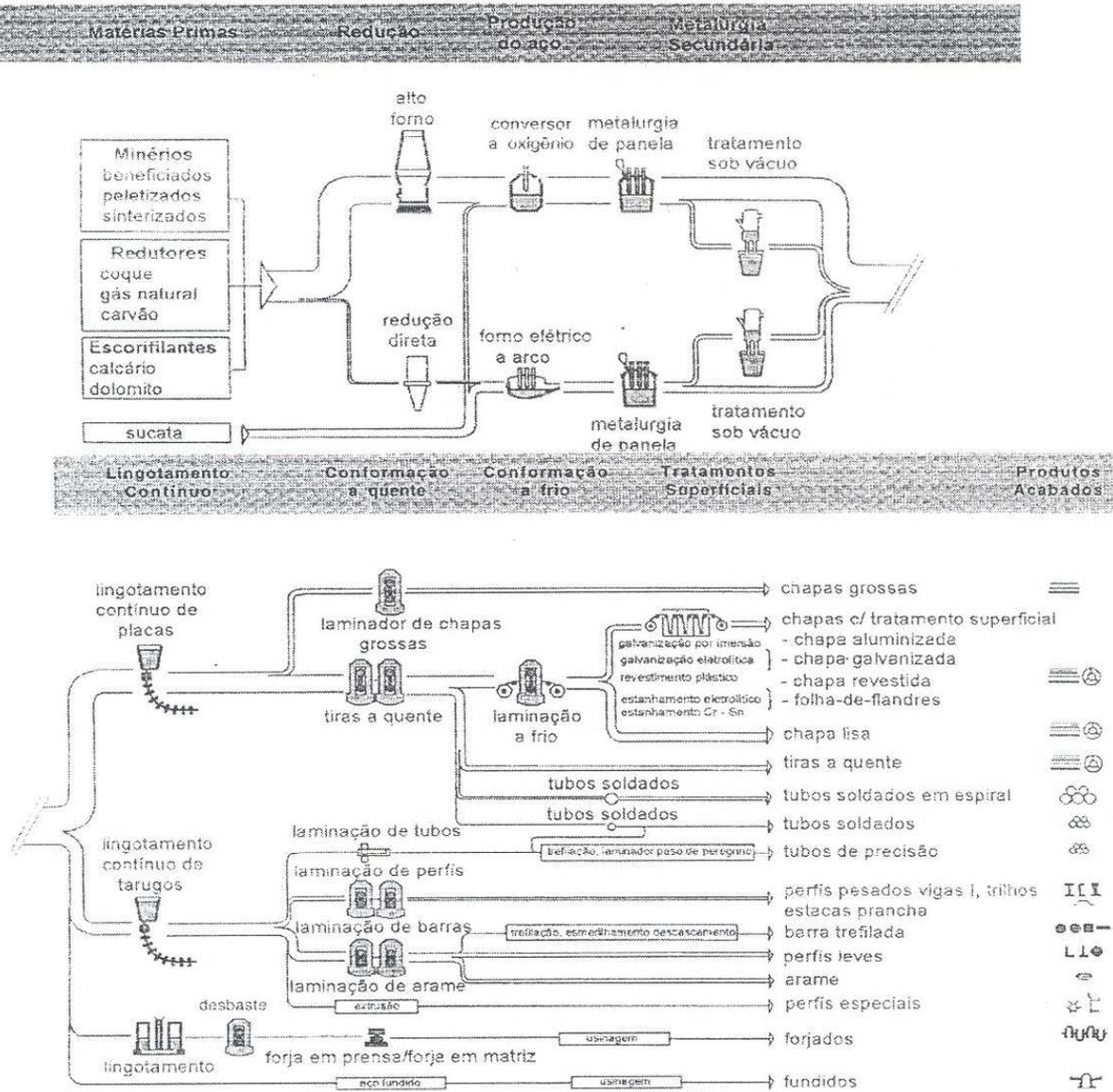
Neste capítulo o modelo é desenvolvido. As fases, como definidas no capítulo de métodos de pesquisa, são descritas, assim como a pesquisa de campo e a pesquisa documental realizada. O desenvolvimento do modelo é descrito e a análise de implementação do protótipo é abordada.

4.1 Descrição do objeto de estudo: A indústria siderúrgica e a produção de bobinas de aços planos

Nesta pesquisa, está-se particularmente interessado nas indústrias de produção por processo repetitivo em massa, ligadas às indústrias de base do Brasil, especificamente a siderúrgica. A siderurgia é definida como o conjunto de conhecimentos teóricos e práticos empregados na produção, fundição e preparação do ferro e do aço (HOUAISS, 2001). Taylor (2000) apresenta 387 definições de tipos e variações de aços. Nesta pesquisa, considera-se o aço baixo carbono produzido por indústrias siderúrgicas integradas. A Figura 4.1 demonstra algumas possibilidades de fluxos de processo e produtos gerados na siderurgia.

O aço é uma liga formada principalmente pelo elemento químico ferro (Fe), ao qual adicionam-se quantidades variadas de outros elementos, como carbono (C), cromo (Cr), manganês (Mn) e silício (Si), que são responsáveis pelas características atribuídas ao aço no decorrer do processo. Ele é um produto importante devido às suas características de dureza, elasticidade e plasticidade, servindo de base para a produção de inúmeros bens intermediários, devido à sua alta resistência e ao seu baixo custo de produção.

Figura 4.1 Fluxos de processo na siderurgia



Fonte: Araújo (1997)

De acordo com o grau de concentrações de elementos da liga e outras características, o aço possui alguns tipos de classificação:

- **Aço carbono:** além do carbono contém na sua composição até 1,65% de manganês e quantidades limitadas de elementos como silício, alumínio, enxofre e cobre. Outros elementos existem apenas em quantidades residuais. A quantidade de carbono presente no aço define a sua classificação:

- Baixo carbono possuem no máximo 0,30% de Carbono ;
- Médio carbono possuem de 0,30% a 0,60% ;
- Alto carbono possuem de 0,60% a 1,00%.

Os aços baixo carbono possuem, normalmente, baixas resistência e dureza e altas tenacidade e ductilidade. Além disso, são bastante usináveis e soldáveis e apresentam baixo custo de produção. Estes aços normalmente não são tratados termicamente. Entre as suas aplicações típicas estão as chapas automobilísticas, perfis estruturais e placas utilizadas na fabricação de tubos, construção civil, pontes e latas de folhas-de-flandres.

- **Aços-liga:** contém quantidades específicas de elementos de liga diferentes daqueles normalmente utilizados nos aços comuns. Estas quantidades são determinadas com o objetivo de promover mudanças nas propriedades físicas e mecânicas que permitam ao material desempenhar funções específicas. Os aços-liga costumam ser designados de acordo com o(s) seu(s) elemento(s) predominante(s), como por exemplo, aço-níquel, aço-cromo e aço-cromo-vanádio. Os aços-liga, por serem uma família ampla de diferentes tipos de aço, com propriedades bastante distintas, encontram aplicações igualmente vastas. Podem ser encontrados em praticamente todos os segmentos industriais, desde a construção civil até a construção naval, passando pela indústria petrolífera, automobilística e aeronáutica.
- **Aços-inoxidáveis:** Os aços-inoxidáveis são aqueles que contém um mínimo de 10,5% de cromo como principal elemento de liga. São aços onde não ocorre oxidação em ambientes normais. Alguns aços inoxidáveis possuem mais de 30% de cromo ou menos de 50% de ferro. Suas características de resistência são obtidas graças à formação de um óxido protetor que impede o contato do metal base com a atmosfera agressiva. Alguns outros elementos como níquel, molibdênio, cobre, titânio, alumínio, silício, nióbio, nitrogênio e selênio podem ser adicionados para a obtenção de características mecânicas particulares. É utilizado em sistemas de exaustão de automóveis, em recipientes de alimentos, em trocadores de calor e em tubulações contendo soluções com cloretos e água do mar.
- **Aços-ferramenta:** são aqueles utilizados nas operações de corte, formação, afiação e quaisquer outras relacionadas com a modificação de um material para um formato utilizável. Estes aços se caracterizam pelas sua elevada dureza e resistência à abrasão, geralmente associadas à boa tenacidade e manutenção das

propriedades de resistência mecânica em elevadas temperaturas. Estas características normalmente são obtidas com a adição de elevados teores de carbono e ligas, como tungstênio, molibdênio, vanádio, manganês e cromo. Boa parte dos aços-ferramenta são forjados, mas alguns também são fabricados por fundição de precisão ou por metalurgia do pó. A seleção da matéria-prima para a fabricação dos aços-ferramenta é um fator importante do processo, e a sua seleção costuma ser cuidadosamente realizada inclusive na utilização de sucata. A fusão dos aços-ferramenta é realizada, normalmente, em quantidades relativamente pequenas nos fornos elétricos, tomando-se um especial cuidado com as tolerâncias de composição química e homogeneidade do produto final. Estas e outras particularidades tornam o aço-ferramenta um material de custo mais elevado do que os aços comuns.

A produção de aço é tradicionalmente dividida em quatro grupos, levando em consideração critérios como a escala de produção, agregação de valor, aplicabilidade:

- **Produtos semi-acabados:** são constituídos de placas, que são a matéria-prima para a produção de laminados planos, e pelos tarugos, que o são para laminados não planos;
- **Laminados planos comuns:** agrupam as chapas grossas, as bobinas e chapas finas a quente e a frio, as folhas de flandres, as chapas galvanizadas e outras chapas revestidas e/ou pintadas;
- **Laminados não planos comuns:** trilhos e acessórios ferroviários, vergalhões, fio-máquinas, tubos sem costura, perfis leves, médios e pesados de aço comum;
- **Laminados em aço especial:** todos os produtos fabricados com os tipos citados anteriormente podem ser fabricados em aço especial, possuindo qualidade superior, seja pela adição de elementos mais nobres ou pelo controle mais rigoroso das condições de processo. Exemplos são as chapas silicosas, as chapas de aço inoxidável, barras de aço especial, tubos sem costura.

O produto de interesse deste tipo de indústria para esta pesquisa são as bobinas de aços laminados planos comuns de baixo carbono. Essas bobinas são

utilizadas como matéria-prima na indústria automobilística (carrocerias, chassis, escapamentos), indústria de eletrodomésticos (geladeiras, fogões, fornos de micro-ondas), indústria de alimentos (embalagens, latas), indústria civil (telhas, casas), entre outras.

A Tabela 4.1 mostra a produção de aço bruto no mundo e a produção brasileira de aços laminados planos desde 1996.

Tabela 4.1 Produção de aço no Brasil e no mundo

**INDICADORES DA SIDERURGIA/
STEEL INDICATORS**

INDICADOR/INDICATOR	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
PRODUÇÃO MUNDIAL DE AÇO BRUTO/ WORLD CRUDE STEEL PRODUCTION (10⁶t)	750	799	777	788	848	850	902
CHINA	101	109	115	124	127	151	182
UE/EU	147	160	160	155	163	159	158
JAPÃO/JAPAN	99	105	94	94	106	103	108
C.I.S./C.E.I.	77	81	74	86	98	100	100
EUA/USA	96	98	99	97	102	90	92
OUTROS/OTHER	230	246	235	232	252	247	262
PRODUÇÃO SIDERÚRGICA BRASILEIRA/ BRAZILIAN STEEL PRODUCTION (10³t)							
AÇO BRUTO/CRUDE STEEL	25.237	26.153	25.760	24.996	27.865	26.717	29.604
LAMINADOS/ROLLED PRODUCTS	16.683	17.425	16.433	16.793	18.213	18.073	19.032
PLANOS/FLAT PRODUCTS	11.022	11.267	10.386	10.121	11.213	10.648	11.408
LONGOS/LONG PRODUCTS	5.661	6.158	6.047	6.672	7.000	7.425	7.624
SEMI-ACABADOS P/VENDA/ SEMI-FINISHED PRODUCTS FOR SALE	6.468	6.724	6.856	7.131	7.584	7.717	8.841
FERRO-GUSA/PIG IRON	23.978	25.013	25.111	24.549	27.723	27.391	29.650

Fonte: Infomet (2003)

A Tabela 4.2 apresenta os principais processos de produção de bobinas laminadas planas assim como seus principais defeitos.

Tabela 4.2 Principais processos de produção e defeitos de bobinas de aços planos

Processo	Descrição	Produto / Aplicação do produto	Alguns defeitos do produto
Laminação de Tiras a quente	É o primeiro processo a gerar bobinas planas. O processo é realizado a partir de placas de aço e com o aço em temperaturas acima do regime plástico (temperatura > 1200°C)	Bobina a quente: Botijões de gás, alguns tipos de compressores	Defeito de Perfil, <i>camber</i> , variação de largura, defeitos de espessura, excesso de carepa, esfoliação
Decapagem	Processo para retirar a oxidação (carepa) da bobina laminada a quente. Pode ser ácida ou mecânica	Bobina a quente decapada: Compressores de geladeiras, rodas de automóvel, silos, botijões de gás que serão pintados, perfis para a construção civil	Manchas, mal ou super decapado, riscos, quebra de superfície, defeitos de bordas aparadas
Laminação de Tiras a Frio	Processo para reduzir a espessura da bobina, trabalhando com o aço em temperatura em que ele não está no regime plástico (<500°C).	Bobina a frio "full-hard": Telhas, preparação e recozimento em terceiros	Manchas de superfície, desvios de espessura, desvios de aplainamento, <i>camber</i>
Recozimento Contínuo	Através de aquecimento e cura em fornos, recupera característica metalúrgica do aço laminado a frio. Por ser contínua, material fica no forno por tempo bem menor do que em recozimento em caixa	Bobina a frio: Móveis, estantes, prateleiras, indústria automobilística	Ponto de sujeira, depósito carbono, aplainamento, borda serrilhada
Recozimento em Caixa	Bobinas são empilhadas em fornos tipo campânula e recozidas por um período longo (10 ou mais horas)	Bobina a frio: Móveis, indústria automobilística	Ponto de sujeira, depósito carbono, aplainamento, borda serrilhada
Laminação de Encruamento	Recupera características de superfície de bobinas recozidas.	Bobina a frio: Móveis, indústria automobilística	Arranhado, marcas de cilindro, mal olcado, mal enrolado
Linha de Galvanização	Aplica revestimento de zinco ou liga zinco-alumínio na bobina decapada ou laminada a frio, concedendo-lhe maior resistência contra corrosão	Bobina galvanizada: Carroceria de automóveis, construção civil	Má aderência de revestimento, pontos de sujeira, defeitos superficiais, camada de revestimento

Processo	Descrição	Produto / Aplicação do produto	Alguns defeitos do produto
Linha de Pré-Pintura	Pinta bobina laminada a frio ou galvanizada na cor desejada para o produto final	Bobina pré-pintada: Eletrodomésticos, construção civil	Vários relacionados à aplicação da tinta
Linha de Estanhamento	Aplica uma liga de estanho na bobina	Bobina estanhada – Folha de flandres: Latas de alimentos, como óleo, creme de leite	Má aderência de revestimento, pontos de sujeira, defeitos superficiais, camada de revestimento

Fonte: Autor

Cada processo acima gera bobinas planas como produto. As bobinas de um processo podem ser matéria-prima de outro processo. Alguns processos citados podem ser combinados em uma única linha de produção, como por exemplo uma linha de decapagem acoplada em um laminador de tiras a frio.

4.2 Pesquisa de Campo – Implementação de Sistemas de Informação em uma Indústria Siderúrgica do Brasil

Nesta fase, iniciou-se com uma pesquisa de campo nos sistemas de Gestão de Informações de uma empresa do setor siderúrgico nacional. A pesquisa realizada, segundo Marconi & Lakatos (1999), foi do tipo exploratória, cuja finalidade é a de aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno para a realização de uma pesquisa futura mais precisa ou modificar a clarificar conceitos. A empresa escolhida pelo pesquisador para esta pesquisa de campo foi a matriz de uma indústria siderúrgica integrada do Brasil. A empresa possui várias unidades fabris localizadas em algumas cidades do Brasil além de outros países. A empresa produziu, em 2002, mais de 5 milhões de toneladas de aço bruto e possui mais de 20 linhas de produção dos tipos citados na Tabela 4.2, possuindo várias opções de fluxo de material.

4.2.1 Contexto

Até 1998 a empresa possuía vários sistemas não integrados, desenvolvidos internamente para suportar seus processos de negócios. A partir de um novo

planejamento estratégico, definiu-se que novas tecnologias e sistemas seriam introduzidos, visando modernizar e alinhar as práticas de negócios com o mercado. Foi definido o contexto do projeto, compreendendo:

- Viabilização de um modelo integrado de negócios;
- Transformação dos processos de negócios;
- Atualização tecnológica das ferramentas de suporte.

Foi identificado então o cenário existente e o futuro pretendido. A Tabela 4.3 identifica estes cenários.

Tabela 4.3 Cenários para implementação de um modelo integrado de negócios

<i>Cenário Existente (1998)</i>	<i>Cenário Futuro Pretendido</i>
Vários Sistemas não integrados para suportar os processos de negócios	Sistema integrado para suportar os processo de negócios da empresa, objetivando a gestão dos negócios com compartilhamento das informações, planejamento integrado e precisão na execução dos recursos produtivos
Existência de mais de um sistema dentro de cada área de negócios para suportá-la	

Fonte: Moura *et al.* (2002)

Após uma pesquisa técnica, a empresa optou por implementar o sistema comercial SAP/R3 como ERP. Uma importante premissa adotada foi de que a empresa deveria adaptar-se, sempre que possível, aos módulos padrões do software e não o contrário. Deveria-se portanto, sempre que possível, evitar a customização. Tendo em vista a grande quantidade de alterações necessárias nos processos de negócios e considerando a complexidade existente na empresa, que não pode ter sua cadeia de negócios interrompida, decidiu-se implantar o sistema SAP/R3 em duas fases distintas, sendo:

1ª Fase- implantar módulos administrativos e corporativos, tais quais: gerenciamento de materiais (MM), financeiro (FI), custos (CO), vendas (SD).

2ª Fase- Implantar os módulos de produção, como o de ordens de produção (PP) e gerenciamento da qualidade (QM). Nesta fase da implantação, também foi desenvolvida uma camada MES, conforme definida pela MESA *International* (2000a), integrada com o SAP/R3 e com a camada SFC. Também foi desenvolvido um sistema legado otimizador (Bronner - PPS/Aspentech) para planejamento da produção, atuando como MPS e MRP, somente para a matéria

prima “aço”. Para outros insumos e materiais, o MRP é realizado no SAP/R3. A empresa possui um sistema legado para gerenciamento da manutenção (SIGMA – Sistema Informatizado para Gerenciamento da Manutenção) desenvolvido internamente, e resolveu desenvolver interface deste sistema com o SAP/R3 ao invés de desativá-lo e implementar o módulo PM do SAP/R3.

O início da primeira fase de implantação ocorreu no final do ano de 1998. O sistema MES juntamente com o otimizador e os módulos PP e QM foram colocados em produção em julho/2001, totalizando um período de 2,5 anos desde a concepção até o final da implantação.

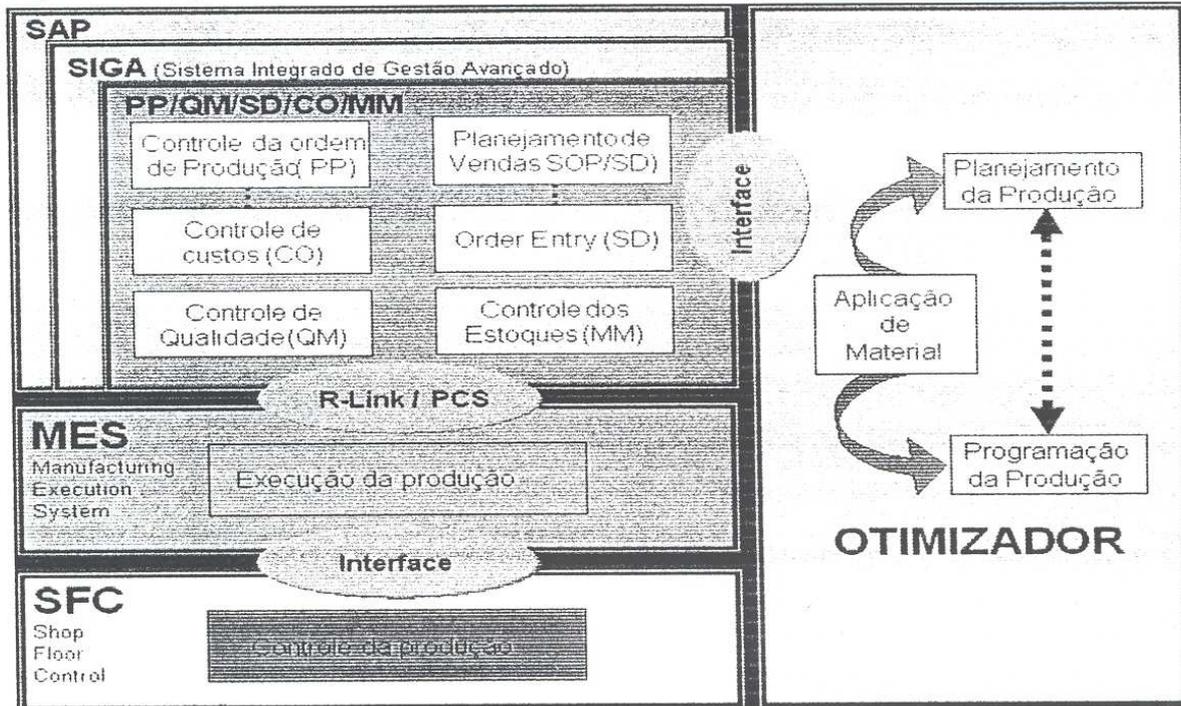
A empresa optou por implantar um sistema MES que atendesse às 11 funcionalidades definidas pela MESA *International* (2000a). Para isso foi contratado um integrador e o sistema foi desenvolvido na plataforma Microsoft®, com os produtos de mercado Windows® NT, Microsoft® SQLserver® e Visual Basic®.

Alguns dados de produção e de qualidade gerados continuamente pelo processo são enviados e tratados na camada MES. Aqueles com perfil de séries temporais são destinados a um sistema legado de informação, que atua como CEP, entre outras funções (Sistema comercial PI®). Os dados transacionais são enviados para um banco de dados relacional da própria camada MES. A transferência de transações entre MES e o ERP SAP/R3 se dá por um conector comercial (RLINK). A comunicação entre o MES e a camada SFC ocorre de três maneiras distintas:

- 1- Interface com o sistema de dados de Processo (PI);
- 2- Interface pelo software de tratamento de filas de comunicação (Bea Message Queue®) com os computadores de processo que estão na função de nível 2 do modelo S95 MESA *International* (2000a). Estes computadores são parte do SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*)
- 3- Entrada manual de dados. Todas as entradas manuais são direcionadas ao banco de dados relacional do MES.

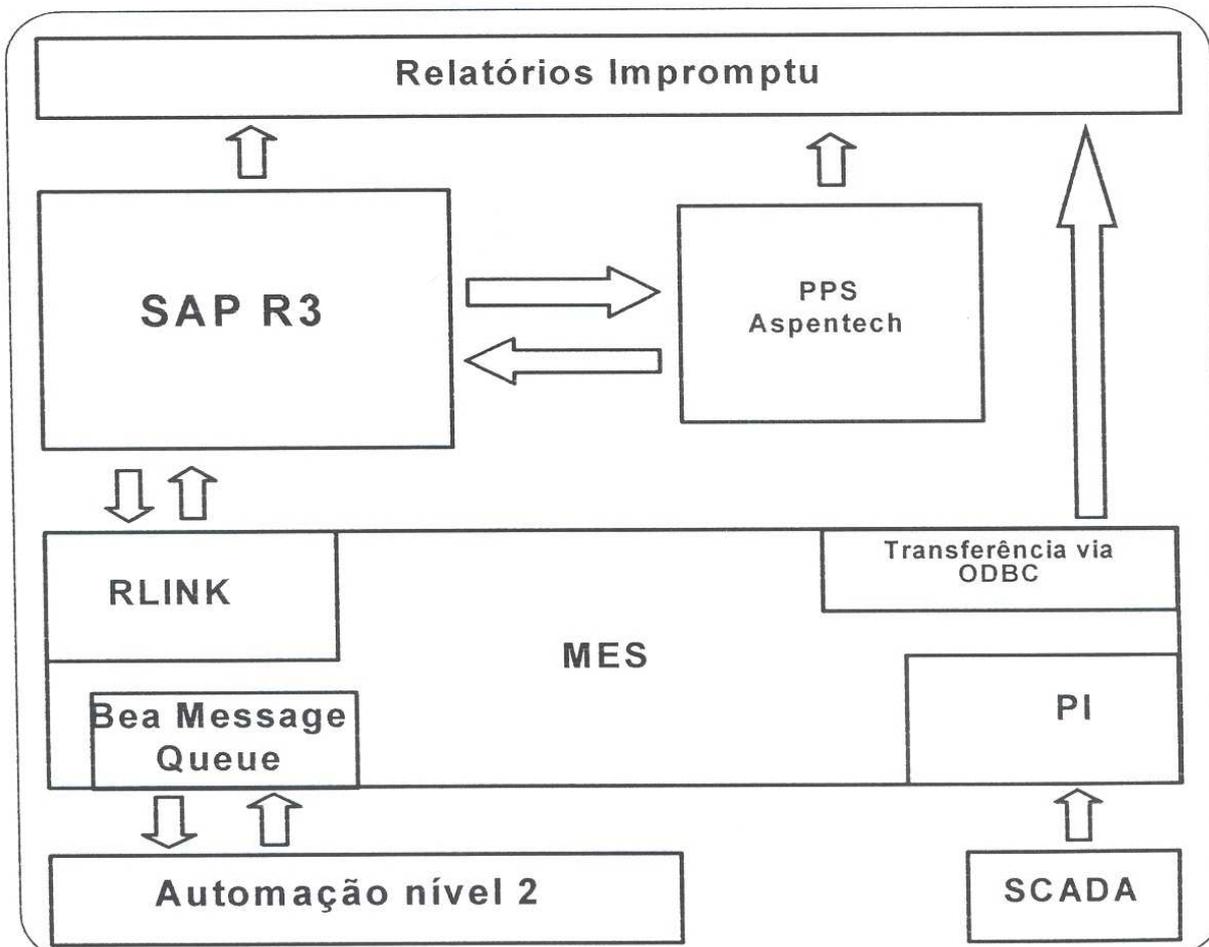
A implantação dos sistemas SAP/R3, PPS/Aspentech Bronner e MES possibilitou à empresa desativar 22 sistemas legados. Alguns sistemas legados foram preservados, porém há um planejamento para desativá-los até 2004. As Figuras 4.2 e 4.3 representam os sistemas integrados de negócios implantados.

Figura 4.2 Representação do modelo integrado de sistemas



Fonte: Não Disponível

Figura 4.3 Representação técnica do modelo integrado de sistemas



Fonte: Não Disponível

O MES possui terminais espalhados em todo o chão de fábrica, em todas as linhas de produção, que funcionam como interface com a operação para entrada de dados manuais. Estes dados são:

- 1- Dados de produção consolidados;
- 2- Dados de qualidade, vindos de inspeção nas linhas de produção ou do laboratório;
- 3- Dados de consumo de insumos, matérias primas e utilidades;
- 4- Dados de equipamentos relativos a paradas e manutenção.

Para algumas linhas de produção, que possuem equipamento fazendo a função de nível 2 da ISA, há a interface com o MES para dados de produção. A Tabela 4.4 mostra algumas informações sobre o MES.

Tabela 4.4 Algumas informações sobre o MES implantado

<i>DESCRIÇÃO</i>	<i>QUANTIDADE</i>
Número de usuários	3000
Estações de operação	320
Impressoras	100
Interface com sistemas nível 2 e sistemas supersisórios	18
Número de tabelas do banco de dados	494
Número de “ <i>procedures</i> ”	1628
Ordens de processo por mês	60.000
Mensagens trocadas por dia entre o MES e o SAP/R3	50.011
Mensagens trocadas com o nível 2 via “ <i>message queue</i> ”	10.000
Telas de operação	536
Relatórios	58

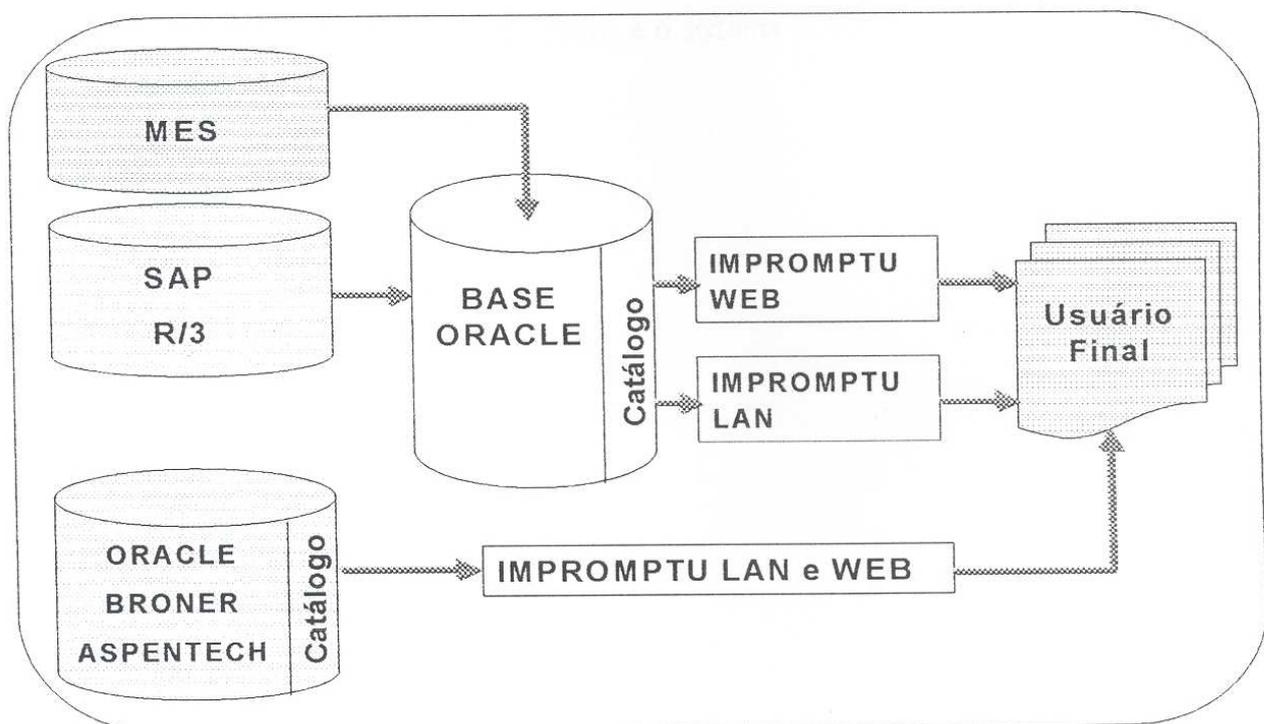
Fonte: Moura *et al.* (2002)

De acordo com a Tabela 4.4, o sistema MES possui 58 relatórios. Estes relatórios são desenvolvidos em “*forms*” da ferramenta Microsoft® Visual Basic e não são “customizáveis” pelo usuário. Se os usuários quiserem qualquer

informação diferente das que constam nos relatórios-padrão, devem fazer um pedido formal ao departamento de TI e aprovar o orçamento para pagamento da empresa terceirizada que executa a programação do relatório.

Para a realização de outros relatórios gerenciais, a empresa utiliza a ferramenta IMPROMPTU. Os dados são carregados diariamente, durante a noite, dos sistemas SAP/R3, MES e Bronner para base do IMPROMPTU. Alguns relatóriosu-padrão são gerados pela manhã e disponibilizados na INTRANET. Eles são estáticos, não permitindo customização pelo usuário. Cada setor da empresa possui uma equipe especializada na ferramenta IMPROMPTU, que desenvolve os relatórios que são solicitados pela gerência de cada setor. Os usuários podem também solicitar que dados sejam exportados em planilhas, desde que ele selecione os campos que estão disponíveis. A Figura 4.4 demonstra a representação da geração de relatórios aplicada.

Figura 4.4 Representação da geração de relatórios gerenciais

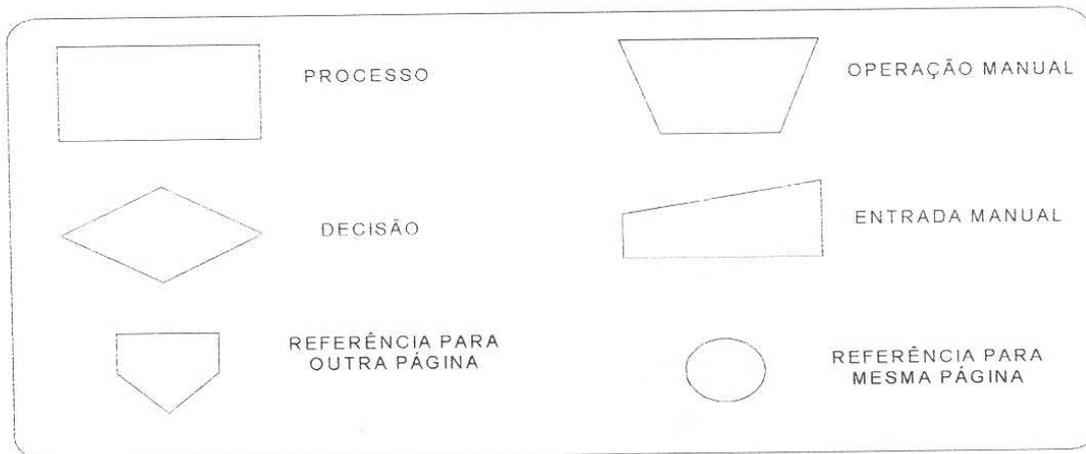


Fonte: Não disponível

4.2.2 Alguns Processos Implementados

Os processos estão descritos em forma de fluxograma. Os elementos básicos utilizados nos fluxogramas estão descritos na Figura 4.5.

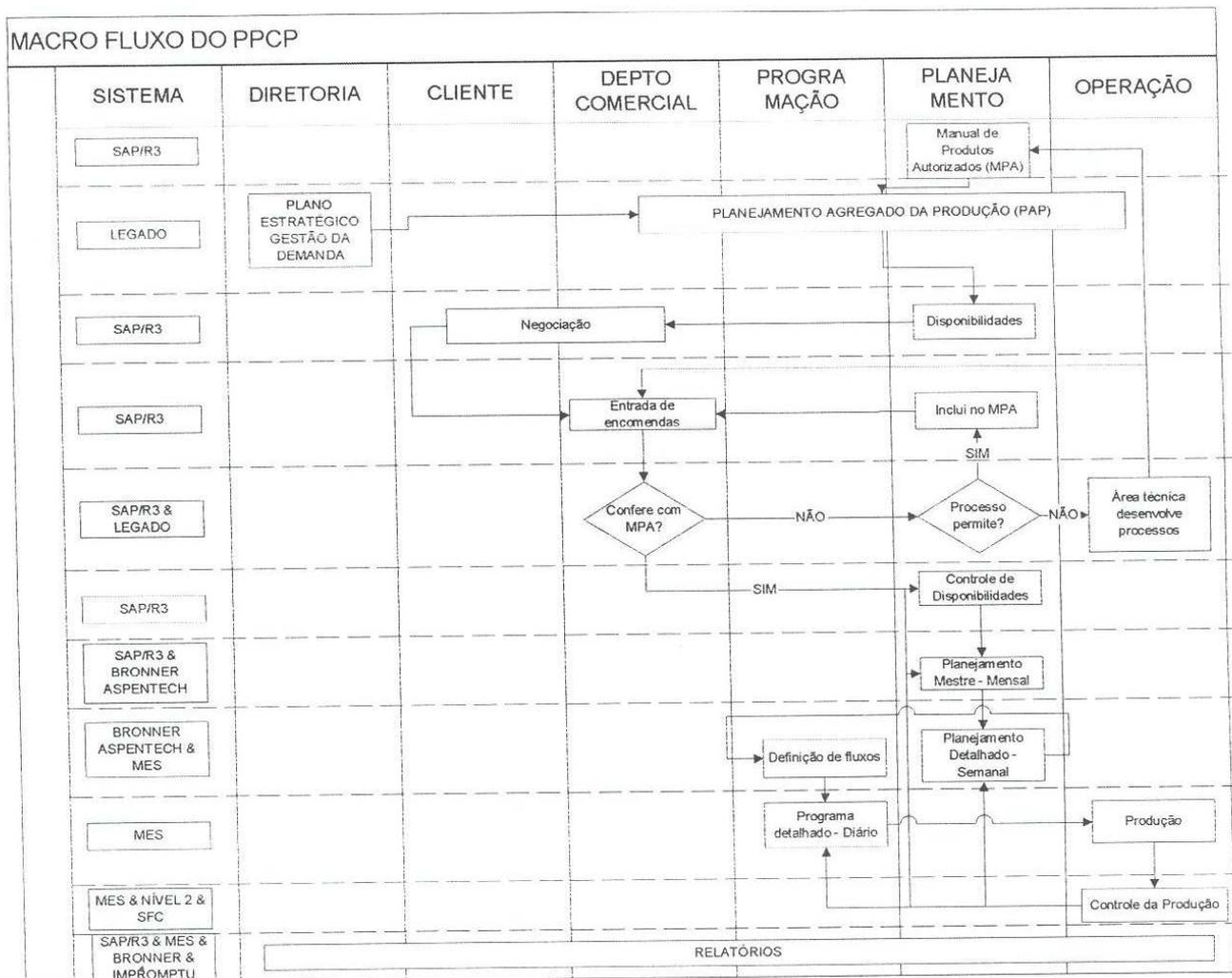
Figura 4.5 Elementos básicos de fluxograma



Fonte: Microsoft® Visio® 2000

Entre os processos implementados, conforme o cenário pretendido (Tabela 4.3), foram destacados alguns de interesse nesta pesquisa. A Figura 4.6 mostra o macro fluxo para os processos de PPCP implementados, assim como o respectivo departamento responsável por cada processo e o sistema utilizado para realização de cada atividade.

Figura 4.6 Macro Fluxo para os processos de PPCP

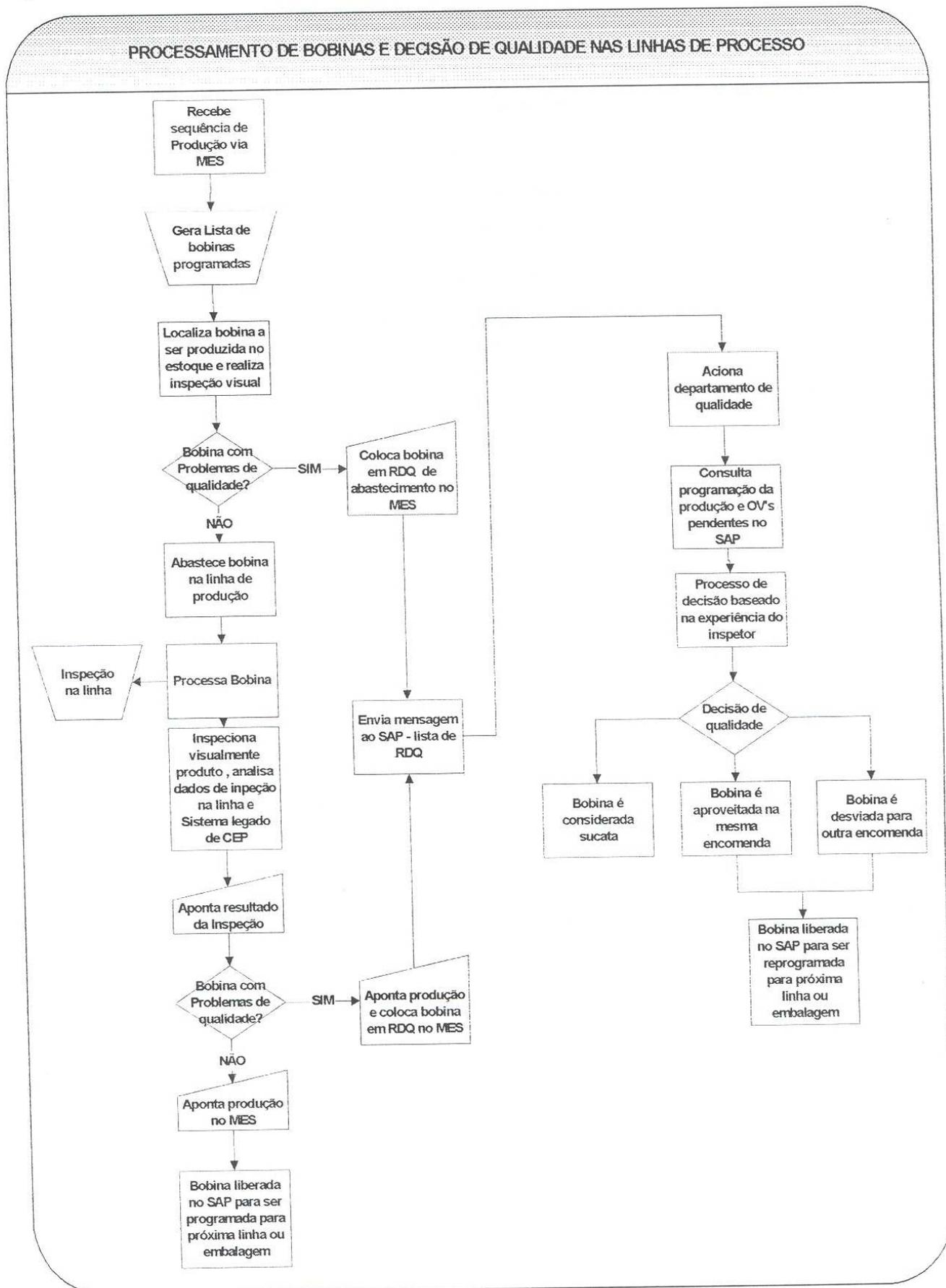


Fonte: Autor

Na Figura 4.7 encontra-se o fluxograma das atividades para controle dos problemas de qualidade dos produtos na linha de produção. É importante destacar que nesta empresa, sempre após a detecção dos problemas de qualidade, é realizada uma RDQ (Reunião de Qualidade), com a participação do departamento de qualidade e outros envolvidos, como por exemplo, o departamento de assistência técnica ao cliente e a própria produção. Nesta reunião é tomada a decisão se o produto pode ser utilizado na mesma encomenda, desviado para outra encomenda ou ser classificado como sucata.

Para controle das paradas de equipamentos e manutenção nas linhas de produção, o apontamento é feito de forma manual, dependendo dos funcionários da operação entrarem com os dados no sistema MES.

Figura 4.7 Macro fluxo para processamento de produtos e decisão de qualidade



Fonte: Autor

Deve-se destacar também a forma como a empresa realiza a monitoração de sua produção. Pelo fato da empresa existir desde a década de 50, existem linhas de produção de várias idades e possuem sistemas de automação dos mais variados fornecedores e de várias gerações diferentes. A empresa no final do século passado investiu na modernização de várias linhas para lidar com o problema do “bug do milênio”. Foram instalados vários sistemas de automação nível 0, 1 e 2 da ISA, mais relacionados ao controle de processo. A entrada destes equipamentos fez com vários itens de processo passassem a ser monitorados em relação ao que existia anteriormente. Apesar desta modernização, a interface de comunicação do chão de fábrica com o MES ainda possui uma característica predominantemente manual, por digitação de dados. A empresa possui poucos armazéns com coletores de dados e a movimentação de materiais, produtos e estoques é feita de forma predominantemente manual.

4.2.3 Principais problemas levantados

Baseado nos dados e informações pesquisados, os seguintes problemas foram identificados:

Quanto ao Gerenciamento da Informação:

- 1- Os relatórios disponíveis para os gerentes são padronizados, não permitindo customização sem o envolvimento de especialistas em ferramentas de informática;
- 2- A ferramenta corporativa disponibilizada para combinar dados de sistemas diferentes é limitada aos dados dos sistemas OLTP na forma como eles lá residem, sem transformação. Qualquer transformação requerida deve ser solicitada aos especialistas de TI que avaliam caso a caso;

Quanto ao Gerenciamento da Qualidade:

- 1- Não possui sistema com histórico de informações globais envolvendo todas as linhas de processo para consulta. Os históricos encontram-se nos sistemas legados de cada linha de produção e apenas a sumarização no ERP e MES;
- 2- A decisão de qualidade é demorada e baseada principalmente na experiência das pessoas.

4.2.4 Considerações sobre outras empresas

A pesquisa de campo não envolveu outras empresas do setor siderúrgico. Porém, como estabelecido no capítulo de métodos de pesquisa, foi realizada uma pesquisa documental, a partir de publicações e participação de congressos do setor siderúrgico.

As informações a seguir foram retiradas a partir de ABM (2002, 2003) - Anais do VI e do VII Seminário de Automação de Processos, realizados em 2002 e 2003 respectivamente, promovidos pela Divisão Técnica de Engenharia Industrial/Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais. Este seminário envolve as maiores empresas do setor metalúrgico do Brasil, apresentando como se encontra o estado da arte deste setor com relação a sistemas de informações, integração de sistemas e controle de processo.

O autor participou dos referidos seminários e teve acesso aos anais dos mesmos. Em ABM (2002) foram apresentados 34 trabalhos, enquanto em ABM (2003) foram apresentados 42 trabalhos. Os artigos foram tabulados, classificando, para cada um, as seguintes características:

- Empresa, ramo, é siderúrgica?
- Trata de integração?
- Trata de ERP?
- Trata de MES?
- Trata de SFC?
- Trata de CEP?
- Trata de qualidade?
- Trata de melhoria de processos?
- Qual *software* utiliza?
- Trata de suporte à decisão?

De acordo com as apresentações e artigos dos seminários citados, conforme classificação acima:

- As maiores empresas do setor siderúrgico brasileiro possuem sistema ERP instalado – CSN, USIMINAS, CST, VEGA DO SUL, COSIPA, AÇOMINAS, GERDAU, conforme trabalhos apresentados;
- Das maiores empresas siderúrgicas nacionais supracitadas, apenas uma utiliza o ERP da empresa *PeopleSoft*. Todas as outras utilizam o SAP/R3;
- Há uma variedade de soluções para integração do chão de fábrica com o ERP. Estas soluções são geralmente “customizadas” para cada empresa. Há uma tendência da utilização do MES (4 empresas em 11, de todos os setores

metalúrgicos que trataram desta integração, apresentaram esta solução);

- Várias empresas apresentaram trabalhos com foco em soluções para análise gerencial. Nestes trabalhos, todas elas apresentaram alguma ferramenta desenvolvida para permitir integração de sistemas, porém sem trabalhar na consistência das bases de dados;
- Trabalhos sobre conformidade e controle de processo, visando melhoria da qualidade do produto, são a maioria (mais da metade) dos trabalhos apresentados nos seminários.

Além disso, o pesquisador abordou alguns apresentadores de trabalhos de empresas siderúrgicas que trabalham com produtos planos. Um questionário simples foi apresentado a eles:

- 1- Você está satisfeito com a forma de obter/utilizar informações do sistema ERP da empresa?
- 2- A sua empresa utiliza soluções baseadas em *datawarehouse*?
- 3- Há algum sistema de informação proprietário desenvolvido para suporte à decisão na empresa?

As seguintes características foram levantadas:

- Para as empresa que utilizam o software SAP/R3 como ERP, as respostas demonstraram que estas empresas têm sempre alguma reclamação sobre como obter/utilizar informações do sistema SAP/R3.
- Vários fabricantes e integradores de sistemas apresentaram soluções proprietárias para criar sistemas de informações analíticos para suporte à decisão. O foco principal é a integração de dados e sistemas.
- Nenhum trabalho ou fornecedor ou empresa citou o *data warehouse*.

4.3 Modelo Dimensional

Conforme defino pelo método de pesquisa, o próximo passo foi o desenvolvimento do modelo dimensional. Para isso, baseou-se na revisão bibliográfica e pesquisa exploratória e os dados e as informações coletadas na pesquisa de campo e na pesquisa documental serviram como suporte para definição dos principais problemas enfrentados pela empresa, assim como para apontar soluções e direcionar o modelo.

4.3.1 Considerações sobre o problema

O problema colocado para esta pesquisa foi:

“Como utilizar os sistemas de informações tradicionalmente existentes na indústria siderúrgica para que o suporte à análise e à decisão na gestão da produção de produtos planos, nos processos de gerenciamento da qualidade, seja mais eficaz?”

Os dados referentes à qualidade estão presentes em vários departamentos das organizações, tais como produção, garantia da qualidade, engenharia, serviço de atendimento ao cliente, compras. Geralmente estes departamentos coletam uma grande quantidade de dados de sistemas separados e desconexos, na sua maioria, sistemas baseados em transações. Estes sistemas são:

- Sistemas legados e Controle Estatístico de Processo (CEP), executado no nível do SFC;
- Sistemas de gerenciamento de informações de laboratório;
- MES;
- MRP (geralmente o MRP é parte do ERP);
- ERP (módulos de custos, financeiro, produção).

Para retirar dados e informações destes sistemas, algumas opções são possíveis e tradicionalmente utilizadas nas empresas:

1. Relatórios de cada sistema OLTP citado;
2. Elaboração de interface de consulta pela utilização de ferramentas SQL (*Structured Query Language*);
3. Planilhas com dados extraídos dos sistemas OLTP;
4. Aplicativos customizados para cada necessidade do negócio;

Cada uma destas opções é abordada a seguir.

Relatórios de cada sistema OLTP

Os relatórios de cada sistema podem trazer informações importantes sobre o processo em análise. Porém estes relatórios possuem capacidade limitada devido principalmente a:

- Serem estáticos, não permitindo customização;
- Não integrarem dados de outros sistemas;

- Os relatórios são baseados na granularidade, acurácia e características dos dados armazenados nos sistemas transacionais;
- A alteração ou geração de novos relatórios exige que pessoal especializado nos sistemas programe os relatórios, tornando este processo demorado e custoso;
- Por serem estáticos, dependem de uma prévia definição dos usuários, acabando por gerar retrabalho.

Todas as características citadas acabam por limitar a visualização de oportunidades de negócios e de decisão. Os relatórios dos sistemas OLTP possuem serventia para principalmente mostrar o *status* do sistema na hora da geração do relatório, servindo para visualização de estoques e produção, entre outros.

Consulta por ferramentas SQL

O SQL é a linguagem mais utilizada para se fazer pesquisas em bancos de dados relacionais. É uma ferramenta dominada principalmente pelos profissionais de TI, apesar de mais recentemente outras ferramentas de nível mais alto disponibilizarem para os usuários uma forma mais intuitiva de criar as pesquisas, sendo o SQL gerado automaticamente.

Thomsen (1997) afirma que analisar dados, explorar e comparar relações entre dados, não são parte do vocabulário do SQL. Afirma também que o SQL por si só não atende adequadamente às necessidades do usuário para as funcionalidades OLAP.

Kimball (1996) explora algumas construções complexas em SQL que permitiriam que as comparações fossem efetuadas na base de dados. Sugere porém que estas comparações sejam pré-montadas por uma equipe de especialistas e disponibilizadas “ao toque de um botão” no *front end* para o usuário. Kimball *apud* Thomsen (1997) afirma que o homem novo de negócios precisaria ser um PhD. em SQL para realizar todas as consultas necessárias à análise do negócio.

Além disso o SQL aplicado nos sistemas OLTP possui as seguintes limitações:

- Para fazer uma análise complexa seria necessário realizar vários “*joins*”

em tabelas, o que tornaria inviável a realização das pesquisas diretamente nos sistemas OLTP, pois reduziria drasticamente o desempenho dos mesmos;

- Como para realizar a análise é necessário que dados sejam coletados de bancos de dados diferentes, não é possível realizar uma consulta SQL em vários bancos ao mesmo tempo. É necessário transferir os dados para uma outra base independente.

Han & Kamber (2001) expõem que uma abordagem possível para integrar bancos de dados diferentes é a utilização de *integrators* (ou *mediators*) no topo das bases de dados heterogêneas. Quando uma *query* é realizada pelo lado “cliente”, um dicionário de metadados é utilizado para traduzir esta *query* em várias *queries* apropriadas para cada banco de dados envolvidos na pesquisa. Estas *queries* são enviadas para o processador SQL de cada base de dados. Os resultados de cada *query* individual são integrados em um conjunto de respostas globais. Esta abordagem requer um processo de filtragem e integração complexo e compete com os recursos de processamento nas fontes locais. Ela é ineficiente e potencialmente custosa para pesquisas freqüentes, especialmente para aquelas envolvendo agregações nas variáveis pesquisadas.

Portanto, o SQL possui limitações para aplicações voltadas para a análise e por si só não resolve o problema mais proeminente, que é a falta de integração e inconsistência temporal entre as várias bases de dados.

Planilhas

O uso de planilhas eletrônicas é consagrado no ambiente empresarial para cálculo, análise e apresentação de dados. Thomsen (1997) afirma que o uso de planilhas para criar modelos dimensionais e permitir operações OLAP não é adequado. O primeiro problema é decidir sobre a base de dados. Transferir os dados e construir uma planilha gigante não é factível. O ponto principal é que as planilhas não conseguem separar a estrutura do modelo das visões possibilitadas por este, sem que seja usada uma quantidade enorme de “macros”, o que fragiliza o modelo.

As planilhas possuem a vantagem de possibilitar que consultas quase que “naturais” sejam realizadas, porém com a desvantagem de não utilizar uma grande

variedade de dados e ser apenas bi-dimensional.

Apesar disto, a visualização de modelos dimensionais e operações OLAP por planilhas é uma das formas mais utilizadas para realização da análise em cima de modelos dimensionais.

A planilha mais utilizada pelo mercado é a Microsoft® Excel®. Ela possui a funcionalidade de “tabela dinâmica”, que permite que várias análises e algumas operações OLAP sejam realizadas. Esta ferramenta utiliza um software de *query* no *background*, sendo assim, por definição não se está usando a funcionalidade de planilha eletrônica quando se executa esta função.

Thomsen (1997) conclui que apesar de ser teoricamente possível criar hierarquias multidimensionais com uma planilha tradicional, isto é praticamente inviável.

Mais uma vez, a falta de integração e inconsistência temporal entre as várias bases de dados não se resolve apenas com planilhas.

Aplicativos customizados

Na pesquisa de campo realizada e também a partir dos seminários da ABM (2002 e 2003), percebeu-se que várias empresas do setor siderúrgico partiram para o desenvolvimento de ferramentas customizadas para dotar a empresa de capacidade de análise. Estas soluções geralmente atendem às necessidades iniciais das empresas, mas acabam por esbarrar nos seguintes problemas:

- Dependem muito da especificação dos usuários para desenvolvimento do sistema. Como a necessidade analítica é dinâmica, há um grande risco de surgirem novas necessidades que o aplicativo desenvolvido não esteja preparado para atender, gerando frustração no usuário;
- Dependem mais da ferramenta escolhida do que da metodologia escolhida, criando dependência na ferramenta;
- Como para o SQL e para planilhas, geralmente não resolvem o problema de falta de integração e inconsistência temporal entre as várias bases de dados.

4.3.1.1 Data warehouse e OLAP

As alternativas apresentadas anteriormente possuem limitações quando se

trata de processamento analítico das informações para suporte à decisão. Outra alternativa é o uso do DW e do OLAP.

Thomsen (1997) descreve que os termos DW e OLAP emergiram independentemente e há bastante sobreposição nas definições encontradas para cada termo. Porém, há também algumas diferenças que tornam os sistemas como complementares um do outro.

Han & Kamber (2001) dizem que o *data warehousing* é uma alternativa interessante para integração de base de dados heterogêneas. Ela é melhor do que a abordagem de múltiplas *queries*, pois os dados são primeiro integrados no DW, e após isto as *queries* e análises são feitas diretamente nesta base já integrada, não competindo com recursos dos sistemas-fonte. O DW não possuirá os dados mais recentes, porém obterá um desempenho para análise superior, pois os dados já estão copiados, pré-processados, integrados, sumarizados e consolidados em uma base semântica.

Hedelin & Allwood (2002) afirmam que o ambiente de DW pode integrar dados de vários sistemas transacionais, aumentar a qualidade dos dados e armazená-los em um banco de dados otimizado para pesquisas complexas e processamento analítico. No DW, os dados são armazenados por um período de tempo mais longo do que é possível ou conveniente nos sistemas que suportam a operação. Também é possível combinar informações de fontes internas e externas e possibilitar análise históricas de dados. O DW pode, portanto, suportar com mais eficácia e eficiência decisões táticas e estratégicas. Já o OLAP permite que os usuários formulem hipóteses intuitivas sobre relacionamentos nos dados e testem estas hipóteses com a ajuda do computador. Estes mesmos autores realizaram uma pesquisa com 41 executivos de empresa dos setores privado e público e constataram que a maioria dos executivos queria:

1. Sistemas onde as informações poderiam ser facilmente extraídas de várias fontes / bancos de dados e integradas em uma base de dados voltada para análise;
2. Informações estruturadas, fáceis de buscar, de melhor qualidade e que permitissem acompanhamento de dados;
3. Uma base de dados que incluísse informações invariantes no tempo, vindas dos sistemas de produção, e também estatísticas;

4. Um software tão amigável que eles próprios poderiam manusear, não apenas os especialistas de TI;
5. Capacidade de OLAP, incluindo busca por informações de falhas.

Os resultados do “*survey*” apontaram que as funcionalidades que os executivos necessitavam coincidiam em uma grande extensão com o que DW e o OLAP preconizam.

Bhatt (2000) fez um estudo empírico “*survey*” em 115 empresas dos mais diversos setores, todas citadas na revista *Fortune* 500, sobre os efeitos da integração dos sistemas de informação na melhoria dos processos de negócios (ou BPI – *Business Process Improvement*). O BPI, segundo Harrington (1991) *apud* Bhatt (2000) possui os seguintes objetivos principais:

- Tornar os processos mais efetivos: produzir os resultados desejados;
- Tornar os processos mais eficientes: minimizar os recursos utilizados;
- Tornar os processos adaptáveis: ser apto a atender as mudanças de necessidades dos clientes e dos negócios.

Geralmente as iniciativas para BPI podem ser categorizadas em:

- Prevenção dos defeitos;
- Ações de melhoria;
- Custo da qualidade.

Com o estudo estatístico realizado em cima das respostas, Bhatt (2000) confirma algumas hipóteses, entre elas:

- “Um maior nível de integração de dados é associado com um maior nível de iniciativas de BPI”;
- “Um maior nível de integração de dados é associado com um maior nível de foco no cliente”;
- “Quanto maior o grau de intensidade de informação na indústria, mais forte o efeito da integração de dados nas iniciativas de BPI”.

Portanto, a integração de dados e informações possibilita que iniciativas relacionadas à não-conformidade, melhorias e custo da qualidade sejam realizadas de maneira mais intensa nas empresas.

Favaretto *et al.* (2003) destacam que se os sistemas não estiverem integrados, as informações disponíveis ficam limitadas e conseqüentemente limitam as decisões tomadas. O DW possui uma natureza integradora, pois para

disponibilizar a análise em várias dimensões, é necessário que os dados sejam extraídos de diferentes sistemas de origem, promovendo assim a sua integração.

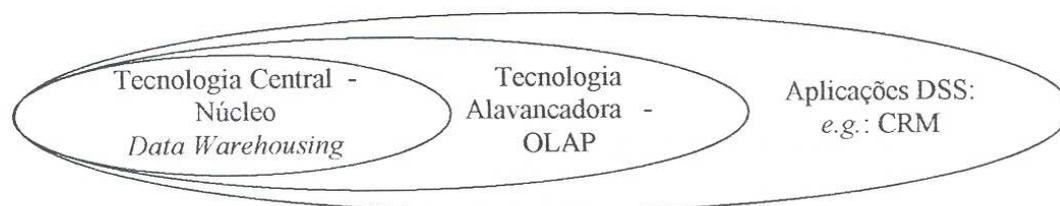
Hasan & Hyland (2001) afirmam que os gerentes vêem informações como recurso crítico e exigem sistemas que permitam que este recurso seja explorado. Uma maneira para melhorar o uso da informação na organização é com o uso OLAP.

Klenz (1999) afirma que o DW pode transpor a barreira de disponibilidade de dados, integrando os dados dos vários sistemas necessários para o fornecimento de informações que permitam às empresas desenvolverem sistemas de decisões gerenciais para a Qualidade. A utilização do DW permite a integração de dados de vários estágios do processo produtivo, permitindo explorar e identificar relações ao longo deste processo. Podem ser identificadas, por exemplo, como variações nos estágios iniciais do processo afetam estágios subseqüentes do mesmo.

Favaretto & Vieira (2003) afirmam que um *data mart* de qualidade pode ser útil não somente para o departamento de qualidade, mas também para a assistência técnica, gerenciamento da manutenção, *design* de produtos, departamento de recursos humanos e de compras.

A Figura 4.8, proposta por Wells & Hess (2002), apresenta uma forma de visualizar a relação entre o DW, OLAP e sistemas de suporte à decisão.

Figura 4.8 Relação entre DW, OLAP e DSS



Fonte: Wells & Hess (2002)

Quando se passa a abordar especificamente sistemas de qualidade, algumas necessidades específicas podem ser colocadas. Klenz (1999) afirma que para desenvolvimento de um Sistema de Melhoria de Qualidade as seguintes questões devem ser consideradas:

- Os dados são coletados em todo o processo produtivo. Há dados de

matérias-primas entrando no processo, assim como características de qualidade medidas nos produtos que saem das linhas. Como todos estes dados podem ser relacionados em toda a cadeia do processo produtivo?

- Reclamações de clientes devido a garantias de produtos freqüentemente ocorrem via departamento comercial. É de interesse relacionar estas reclamações com as condições de processo que existiam na planta no momento da ocorrência do fator gerador do problema. Os dados da garantia do produto são identificados pelo seu próprio sistema. Os dados de processo possuem sua própria identificação nos sistemas legados e/ou no SFC. Alguns dados de identificação de produtos podem relacionar estes dois sistemas. Porém, como combiná-los e analisá-los para encontrar o padrão dos problemas e assim promover melhoria dos processos e reduzir a taxa de reclamações dos clientes, incluindo variáveis como matérias-primas e fornecedores?
- Quando há múltiplas plantas que produzem produtos semelhantes, apesar das diretivas corporativas, freqüentemente as plantas e seus dados evoluem diferentemente. Como estes diferentes dados podem ser combinados e possibilitar aos analistas aprender por meio desta “referência cruzada” entre as plantas?

Estas perguntas possuem uma abrangência maior que cada sistema tradicional, SFC, MES e ERP pode isoladamente propiciar.

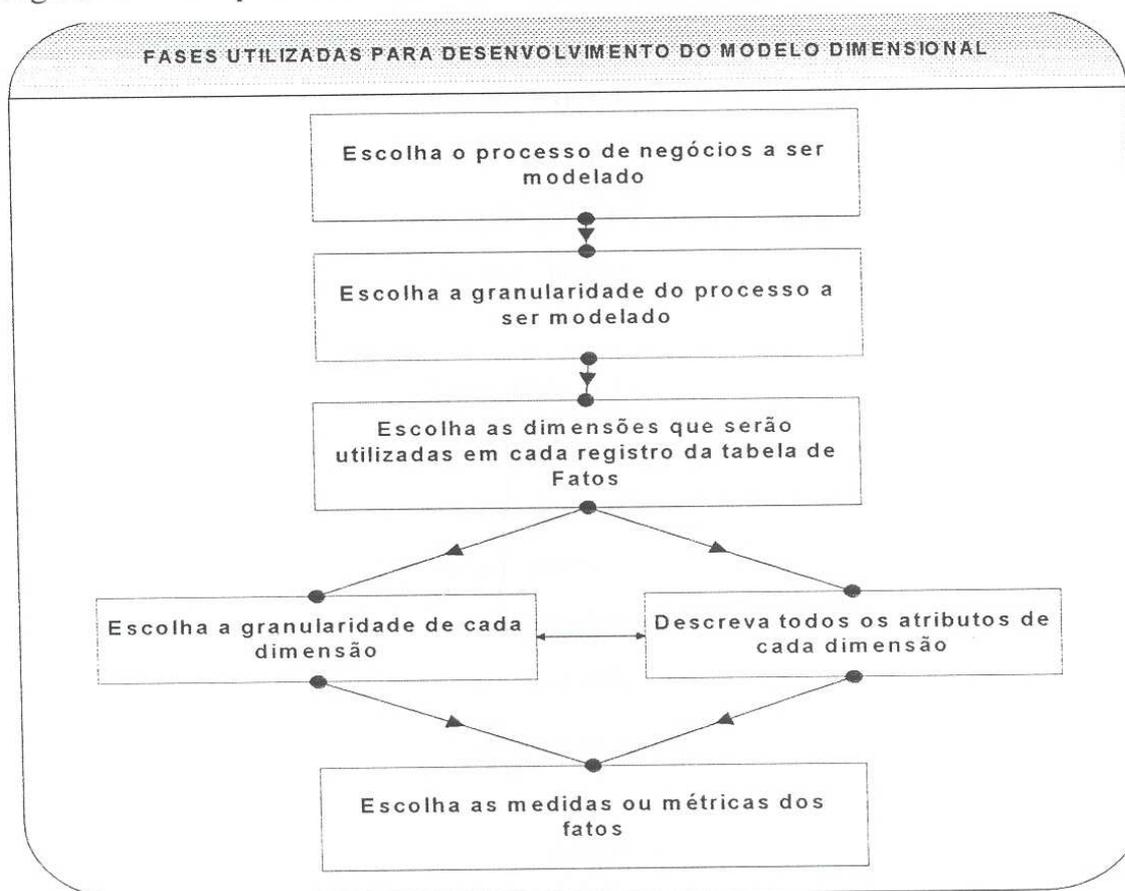
Baseado no exposto nesta seção, justifica-se que o DW e o OLAP são potencialmente métodos adequados para resolver o problema proposto.

4.3.2 Data mart processo gerenciamento da qualidade: desvios, não-conformidade e decisão de qualidade

Para criação do modelo dimensional, baseou-se na metodologia proposta por Kimbal (1996) e Han & Kamber (2001) (ver página 39 desta dissertação). Esta metodologia baseia-se em fases. Nas fases propostas por Kimbal (1996) e Han & Kamber (2001), a definição da granularidade acontece antes da definição das dimensões. A granularidade tem uma estreita relação com as dimensões e atributos da mesma. Para Kimball (2003), a definição de granularidade permite ao projetista pensar criativamente sobre adicionar dimensões a uma tabela de fatos.

Para este trabalho utilizou-se o conceito de definir a granularidade para todas as dimensões do modelo dimensional. No caso específico de que se trabalha com produtos, esta dimensão é a mais importante e será a que define a granularidade do processo como um todo. Por isso, se propõe a divisão da definição da granularidade em duas fases distintas. Primeiro define-se a granularidade do processo, que afetará toda a tabela de fatos. Após isso, se definem as dimensões antes de definir a granularidade de cada dimensão. Esta será definida juntamente com os atributos das dimensões. A Figura 4.9 mostra as fases seguidas.

Figura 4.9 Fases para desenvolvimento do modelo dimensional



Fonte: Baseado em Kimball (1996) e Han & Kamber (2001)

Cada fase é descrita a seguir.

4.3.2.1 Escolha do processo de negócios a ser modelado

Como exposto na revisão bibliográfica, a indústria siderúrgica caracteriza-se por alto volume, alta padronização e baixa variação da demanda. É um sistema focado no produto. Por isso, a vantagem competitiva deste setor deve ser focada

na conformidade com a especificação dos seus produtos. O mercado siderúrgico possui uma característica de preços inelásticos. Quando não se concorre nos preços, passa-se a depender dos custos para melhor desempenho da corporação. Assim, as decisões relacionadas com a qualidade e conformidade dos produtos, desde o nível estratégico até o operacional, pode afetar diretamente os resultados das empresas deste setor.

Portanto, justifica-se o fato escolhido para as empresas siderúrgicas: desvio de qualidade e não-conformidade de seus produtos.

4.3.2.2 Granularidade do processo a ser modelado

Como a produção siderúrgica é de alto volume, a quantidade de bobinas produzidas é muito grande. Como exemplo, na empresa onde se realizou a pesquisa de campo, uma linha de decapagem produz em média 4.500 toneladas/dia. Com o peso médio de 20 toneladas/bobina, chega-se à quantidade de 225 bobinas/dia. Esta empresa possui ainda mais de 20 outras linhas produzindo bobinas.

O elemento mais importante para o processo é cada bobina produzida. A identificação de bobina é usualmente feita por um número único, e esta identificação é utilizada como chave de busca em todas os sistemas, para permitir rastreamento. Pode-se considerar, portanto, a bobina como o elemento de granularidade adequada para o processo. Uma granularidade menor possível seria partes de bobinas (alguns metros). Esta informação costuma estar disponível em sistemas SFC, não trazendo benefício na análise que se deseja com o DW.

4.3.2.3 Dimensões do processo a ser modelado

Para medição da conformidade dos produtos, as seguintes dimensões tornam-se importantes para permitir uma capacidade analítica que englobe todos os fatores envolvidos no fato escolhido:

- **Tempo:** o tempo é parte fundamental em qualquer modelo dimensional, por garantir o registro histórico dos fatos;
- **Localidade:** as empresas siderúrgicas geralmente fazem parte de grandes corporações, possuindo unidades em localidades diferentes. Por exemplo, o grupo ARCELOR possui fábricas na Europa e no Brasil, a CSN

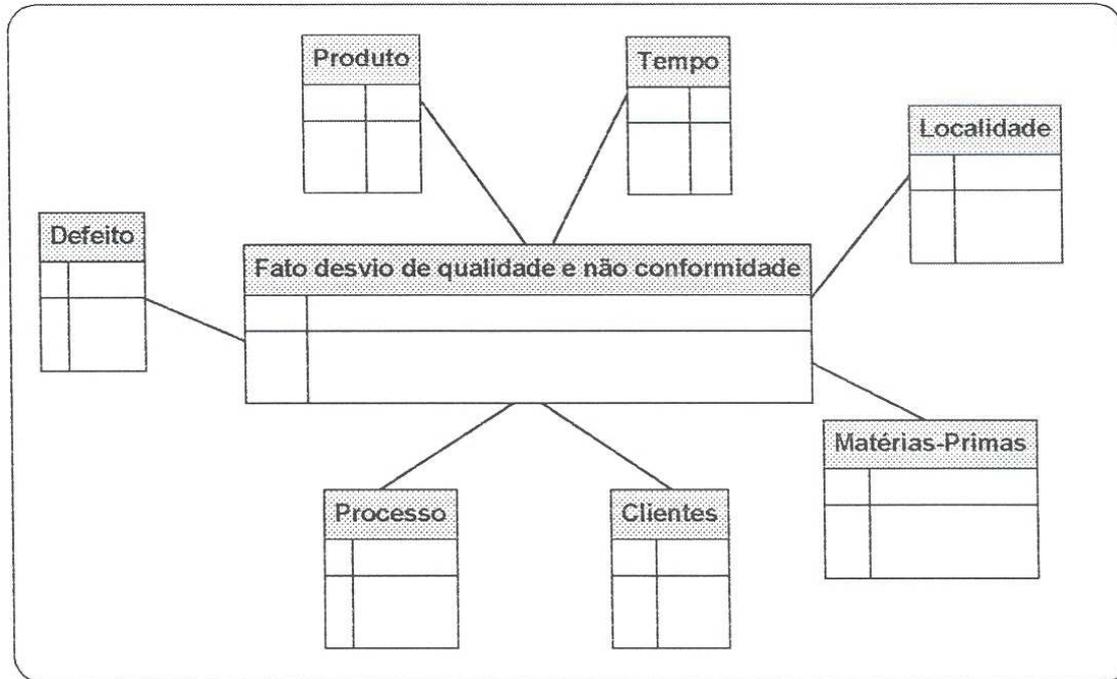
possui fábricas na Europa, E.U.A. e Brasil, a Thyssen Krupp possui unidades em várias localidades, todas produzindo produtos semelhantes ou idênticos, apenas citando algumas entre as grandes empresas siderúrgicas mundiais. Portanto, a dimensão localidade pode trazer informações importantes na análise dimensional;

- **Cliente:** os produtos laminados planos podem possuir vários clientes diferentes com requerimentos de qualidade diferentes. Portanto, informações sobre os clientes devem fazer parte do modelo dimensional para permitir análise envolvendo estes requerimentos;
- **Produto:** esta dimensão é uma das bases de análise, sendo considerada fundamental para o processo analítico e também para o processo decisório, uma vez que os resultados do fato são mensurados em cima desta dimensão;
- **Processo:** as bobinas laminadas planas podem ser produtos de vários processos diferentes. As empresas siderúrgicas geralmente possuem mais de uma linha de processo para o mesmo tipo de produto. Além disso, informações de genealogia dos processos anteriores e posteriores são importantes para a análise. Esta dimensão poderia estar embutida nas dimensões defeito ou produto, uma vez que estas duas outras dimensões obrigatoriamente possuem um processo relacionado. Porém, esta dimensão é adequada para armazenar os dados advindos do CEP, o que poderia sobrecarregar as outras duas dimensões citadas.
- **Defeito:** como o fato trata de não-conformidades, é fundamental a criação de uma dimensão que as contextualize;
- **Matérias-Prima:** as bobinas laminadas planas possuem matérias-prima chave para cada tipo de processo. Estas matérias-prima podem ser, por exemplo, a própria bobina que veio do processo anterior ou de outro fornecedor, zinco para a galvanização, óleo para a laminação, tintas para a pintura. Portanto, informações como dos fornecedores destas matérias-prima, por exemplo, trarão uma maior amplitude das análises suportadas.

Outras dimensões são importantes, como as características inspecionadas nos produtos e as decisões de uso dos produtos com não-conformidade. Porém, estas informações podem fazer parte das dimensões anteriormente citadas, como o Processo e Defeito respectivamente.

A Figura 4.10 mostra o corpo básico do modelo dimensional com as definições de fato e dimensões.

Figura 4.10 Dimensões do modelo dimensional



Fonte: Autor

4.3.2.4 Granularidade das dimensões

Definidas as dimensões do modelo, passa-se a definir a granularidade em cada dimensão. Esta definição também afetará a necessidade dos atributos de cada dimensão.

Baseado na granularidade do processo definida no item 4.2.2.2 passa-se a definir a granularidade de cada dimensão:

- **Tempo:** Neste tipo de indústria normalmente se opera em regime de 24 horas por dia, 7 dias por semana, em turnos de operação. Utilizar uma granularidade maior do que um turno de operação impede que informações importantes, como por exemplo, qual era a equipe que estava operando naquele turno, sejam levadas em consideração na análise. Uma opção seria armazenar a hora da geração do defeito, o que seria a menor granularidade possível. Porém, do ponto de vista do analista de negócios, traria uma dificuldade de entendimento devido à inconsistência causada pela não

periodicidade determinística da geração dos defeitos. Isto acabaria por gerar uma necessidade de agrupamentos de tempos na ferramenta “*front-end*”, o que não é desejável. Além disso, a quantidade de dados armazenados tenderia a ser muito maior. Por outro lado, esta granularidade menor permitiria que informações, como em qual período do turno (início, meio ou fim) é gerada a maior quantidade de defeitos, fossem obtidas. Para este trabalho considera-se que os benefícios da menor granularidade não justificam sua adoção. Portanto, foi considerado como granularidade o “turno de operação”, que pode variar, dependendo da empresa, entre 6, 8 ou 12 horas.

- **Localidade:** devido ao porte de indústrias siderúrgicas, é pouco provável que haja mais de uma planta da mesma empresa na mesma cidade. Portanto, a granularidade para localidade foi definida como “cidade”. Nos raros casos em que ocorra esta situação de duas plantas na mesma cidade, o nome da planta pode ser utilizado como elemento para diferenciá-la;
- **Cliente:** os clientes normalmente são definidos pelo seu nome. Porém é provável que haja mais de uma localidade para um mesmo cliente, portanto, como parte da dimensão cliente, a localização do mesmo deve ser informada. Considera-se que a granularidade definida como “cidade” atenderá às necessidades analíticas relacionadas à cliente;
- **Produto:** a granularidade do produto será cada bobina produzida. Normalmente, as bobinas possuem números de identificação únicos. Estes números são utilizados para rastreabilidade em todos os sistemas corporativos, como o CEP, controle de estoques e laboratório;
- **Processo:** Esta dimensão traz informações importantes sobre o processo onde o defeito foi gerado e/ou detectado. Além disso, as informações sobre a genealogia podem ser armazenadas, como por exemplo os processos posteriores e os processos anteriores. A granularidade do processo considerada foi uma linha de produção;
- **Defeito:** Esta dimensão contém informações sobre cada tipo de defeito possível. Como uma bobina pode ter mais de um defeito, pode ser considerado mais de um defeito por bobina. A granularidade de geração e detecção considerada foi um sistema funcional que possa gerar defeito no

produto. Um sistema funcional pode ser um equipamento ou conjunto de equipamentos, sendo sua classificação dada pela função executada no produto;

- **Matérias-Prima:** a granularidade será cada matéria-prima possível no processo.

4.3.2.5 Atributos das dimensões

Para a escolha dos atributos das dimensões, pode-se partir de algumas questões-chave sobre o processo a ser modelado, com a visão de negócios para o processo escolhido. Estas questões indicarão quais atributos necessitam serem incluídos para qualificar o fato no modelo e permitir análise pelos gerentes. Além disso, o modelo servirá de suporte para decisões estratégicas, táticas e operacionais, e os atores que tomam cada tipo de decisão necessitam de informações diferentes. O maior nível de detalhe necessário ao modelo será definido normalmente pelo usuário operacional.

Klenz (1999) coloca algumas questões genéricas que devem ser consideradas para um modelo de DW relacionado à qualidade, conforme citado na Seção 4.2.1. Outras questões também devem ser colocadas, baseadas na pesquisa de campo realizada e na própria experiência do autor. Estas questões contemplarão também informações que servirão de base para escolha dos indicadores (ou métricas ou medidas) para a tabela fato.

- Quantas toneladas/bobinas foram desviadas pra segunda encomenda e/ou sucata por cliente?
- Quantas horas foram perdidas por ano/mês/turno por causa do retrabalho?
- Quantas encomendas não foram atendidas por período / equipamento / turno / equipe produtiva, por tipo de defeito?
- Qual o custo da má qualidade?

Outras variáveis podem ser incorporadas para cada uma das questões acima, aumentando a complexidade do relacionamento entre dimensões e conseqüentemente da pesquisa (*query*) realizada:

- Quais tipos de produtos?
- Quantas bobinas?

- Quantas toneladas de produtos?
- Quais clientes?
- Qual a localidade/área/linha/seção/equipamento geradora de defeitos? E onde o mesmo é identificado?
- Qual o código e a causa do defeito?
- Qual a solução do defeito e o tempo para recuperação?

Todas as questões descritas anteriormente apontam para a topologia e necessidade de dados na formatação das tabelas de um modelo dimensional.

Muitos atributos encontrados nas tabelas de dimensões podem ser coletados automaticamente nos sistemas de automação. Os dados presentes nas tabelas de produtos e defeitos seriam beneficiados por esta coleta automática, uma vez que são dados que interagem mais diretamente com o chão de fábrica. Em indústrias de processo repetitivo em massa, geralmente, existem sistemas legados que coletam informações sobre o produto e problemas de qualidade em seus processos.

- **Tempo:** Conforme definido pela granularidade, é necessária a armazenagem até o “grão” turno. A dimensão tempo possui uma hierarquia bem definida.
 - Ano
 - Trimestre
 - Mês
 - Semana
 - Dia_da_semana
 - Turno
 - Equipe
- **Localidade:**
 - País
 - Estado
 - Cidade
 - Planta
- **Cliente:**
 - Setor
 - Nome
 - Código
 - País

- Estado
 - Cidade
- **Produto:** Kimball (1996) define esta dimensão como “*big dimension*”. É uma dimensão importante presente em praticamente todos os processos de negócios das empresas. Deve possuir todos os atributos que qualificam os produtos fabricados pelas empresas.

- Descrição
- Lote_bobinas
- *Coil_ID*
- Ordem_Venda
- Ordem_Processo
- Faixa_largura
- Largura_real
- Faixa_espessura
- Espessura_real
- Faixa_peso
- Peso_real
- Diâmetro_Int
- Diâmetro_Ext
- Comprimento
- Tempo_produção
- Tipo_Superfície
- Espec_acabamento(1)
-
- Espec_acabamento(n)
- Perfil_Tira_A1
- Perfil_Tira_A2
- Perfil_Tira_A3
- Temperatura_Bob
- Temperatura_Acab
- Aplicação
- Norma_Técnica
- Grau_aço
- Grau_norma
- Aplainamento_restritivo
- Lote_placa
- Número_corrida
- Rugosidade
- Revestimento
- Cristalização
- Dureza
- Têmpera

- **Processo:**

- Descrição
- Área_Geral
- Linha_Produção
- Próxima_Linha
- Linha_Anterior
- Código_Genealogia
- Variável_Processo(1)
- Limite_CEP_LSC(1)
- Limite_CEP_LIC(1)
- ...
- Variável_Processo(n)
- Limite_CEP_LSC(n)
- Limite_CEP_LIC(n)
- Processo_Opcional(1)
- ...
- Processo_Opcional(n)

- **Defeito:** Esta dimensão contém informações sobre cada tipo de defeito possível.

- Descrição(1)
- Código(1)
- Categoria(1)
- Causa(1)
- Intensidade(1)
- Face(1)
- Local_Deteção(1)
- ...
- Descrição(n)
- Código(n)
- Categoria(n)
- Causa(n)
- Intensidade(n)
- Face(n)
- Local_Deteção(n)
- Empeno
- Ondulado
- Rebarba
- Decisão_Qualidade
- Responsável_RDQ
- OBS_RDQ

- **Matérias-Primas:**

- Matéria_Prima(1)

- Descrição(1)
- Código(1)
- Categoria(1)
- Nome_fornecedor(1)
- Característica_técnica(1)
- ...
- Matéria_Prima(n)
- Descrição(n)
- Código(n)
- Categoria(n)
- Nome_fornecedor(n)
- Característica_técnica(n)

4.3.2.6 Medidas/ métricas do fato

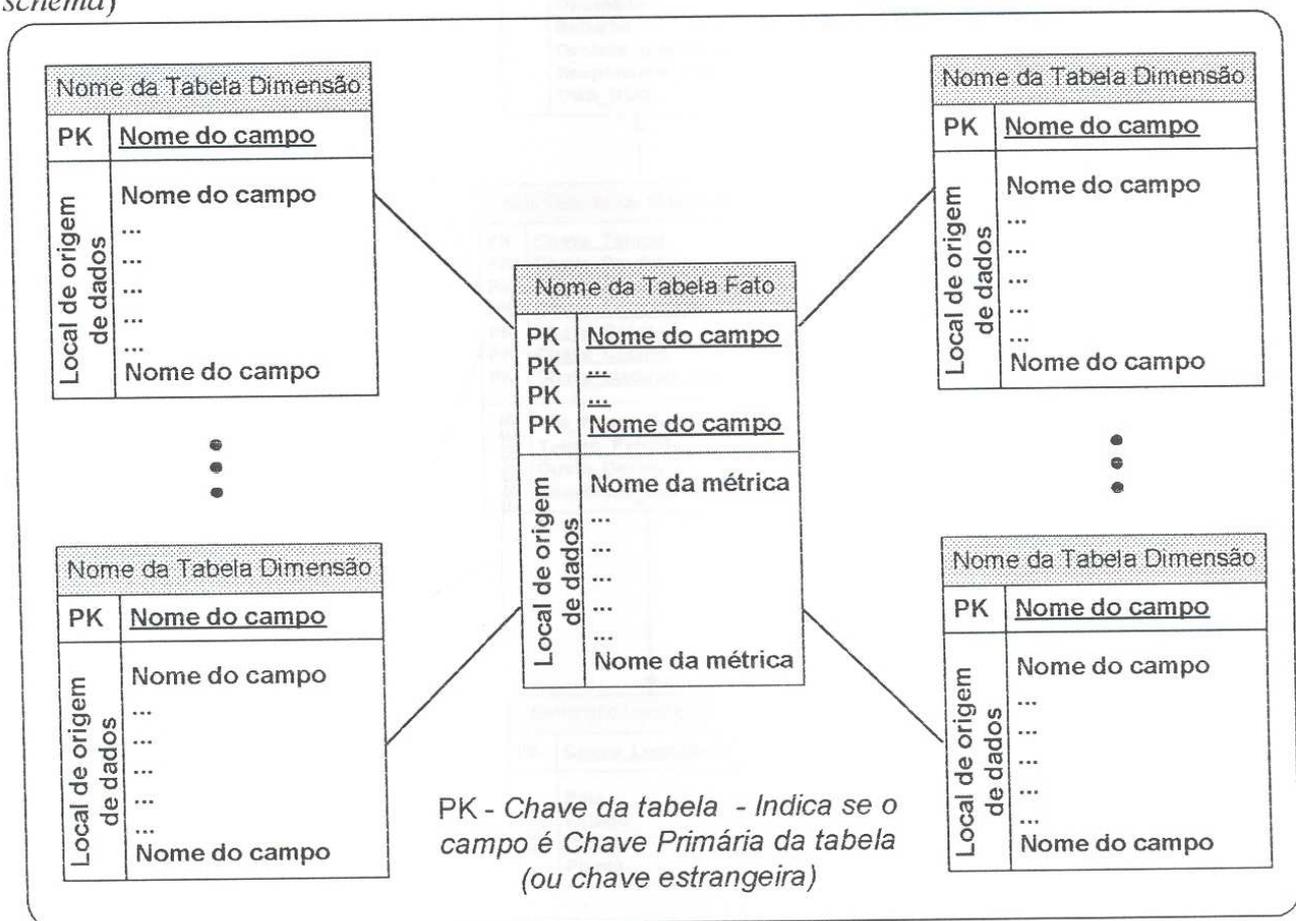
As métricas devem representar os indicadores que são utilizados na análise do processo modelado. Pelas questões colocadas anteriormente, a análise é feita a partir das bobinas não-conforme, e para permitir análise gerencial, os seguintes indicadores podem ser utilizados na indústria siderúrgica:

- **Quantidade de toneladas desviadas:** na indústria siderúrgica a principal unidade utilizada para identificar produção, encomendas, desvios é a tonelada. Portanto, o indicador de quantidade de toneladas desviadas é fundamental para o processo modelado;
- **Quantidade de bobinas desviadas:** pode permitir que algumas análises secundárias sejam realizadas, como por exemplo, peso médio das bobinas desviadas, características de transporte (o transporte é feito por unidade além de peso), estoque;
- **Custo do desvio:** o custo do desvio pode ser definido como o custo direto operacional causado por ele, levando-se em consideração que todo processamento anterior não foi aproveitado como planejado, uma vez que outra bobina terá que ser fabricada para substituir a bobina desviada. Este é um indicador gerencial que geralmente não pode ser confundido com o custo contábil da empresa. Este custo geralmente é calculado pelo custo-padrão presente nos sistemas ERP, e leva em consideração todas as etapas processadas até o momento da detecção da não conformidade;
- **Tempo perdido:** tal qual o custo do desvio, é um indicador gerencial, que pode ser calculado pelos tempos padrões esperados para processamento do produto desviado.

4.3.2.7 Modelo Proposto

Não foi encontrada na literatura uma simbologia padronizada para representação de modelos dimensionais. A Figura 4.11 apresenta os elementos utilizados nos modelos dimensionais que serão utilizados nesta pesquisa, baseado nos modelos “estrela” de Kimball (1996) e Han & Kamber (2001). Para construção da figura foi utilizado o diagrama de “*ER Source Model*” do software Microsoft® Visio®.

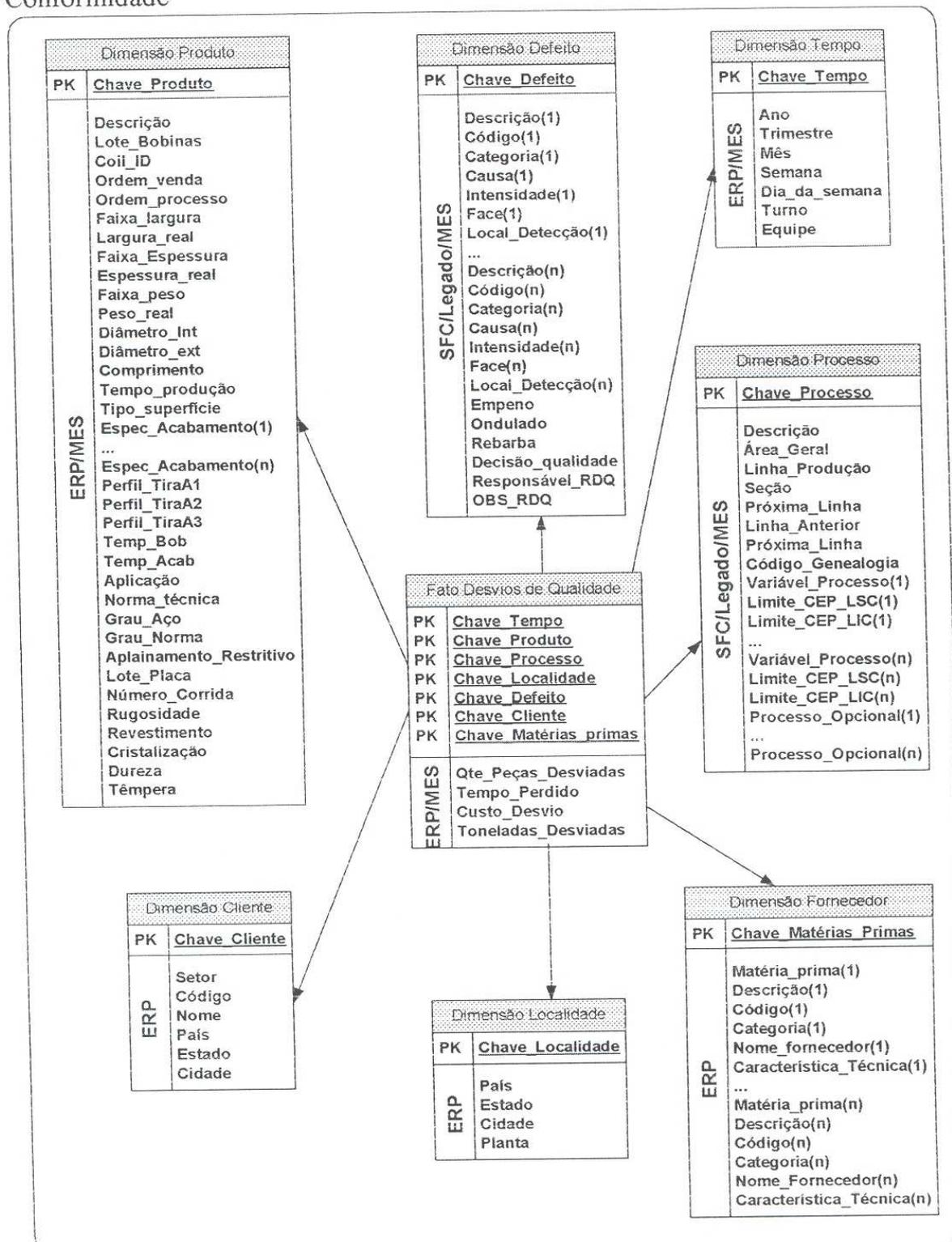
Figura 4.11 Elementos de representação de modelo dimensional “estrela” (*star schema*)



Fonte: Baseado em Kimball (1996) e Han & Kamber (2001)

A Figura 4.12 mostra o modelo dimensional do *data mart* proposto. O modelo inclui atributos que serão retirados de vários sistemas dentro das corporações, principalmente o SFC, o MRP, o MES e o ERP. A localização de onde cada dado de cada atributo é tradicionalmente retirado está demonstrada.

Figura 4.12 Modelo dimensional - Fato Desvios de Qualidade e Não-Conformidade



Fonte: Autor

Este modelo permitirá que consultas OLAP e operações de análise do tipo “roll up”, “drill down”, “slice and dice” e “pivot” forneçam informações combinadas, de forma rápida, que os sistemas tradicionais implantados nas empresas não conseguem fornecer sem que haja um grande esforço de uma equipe

especializada.

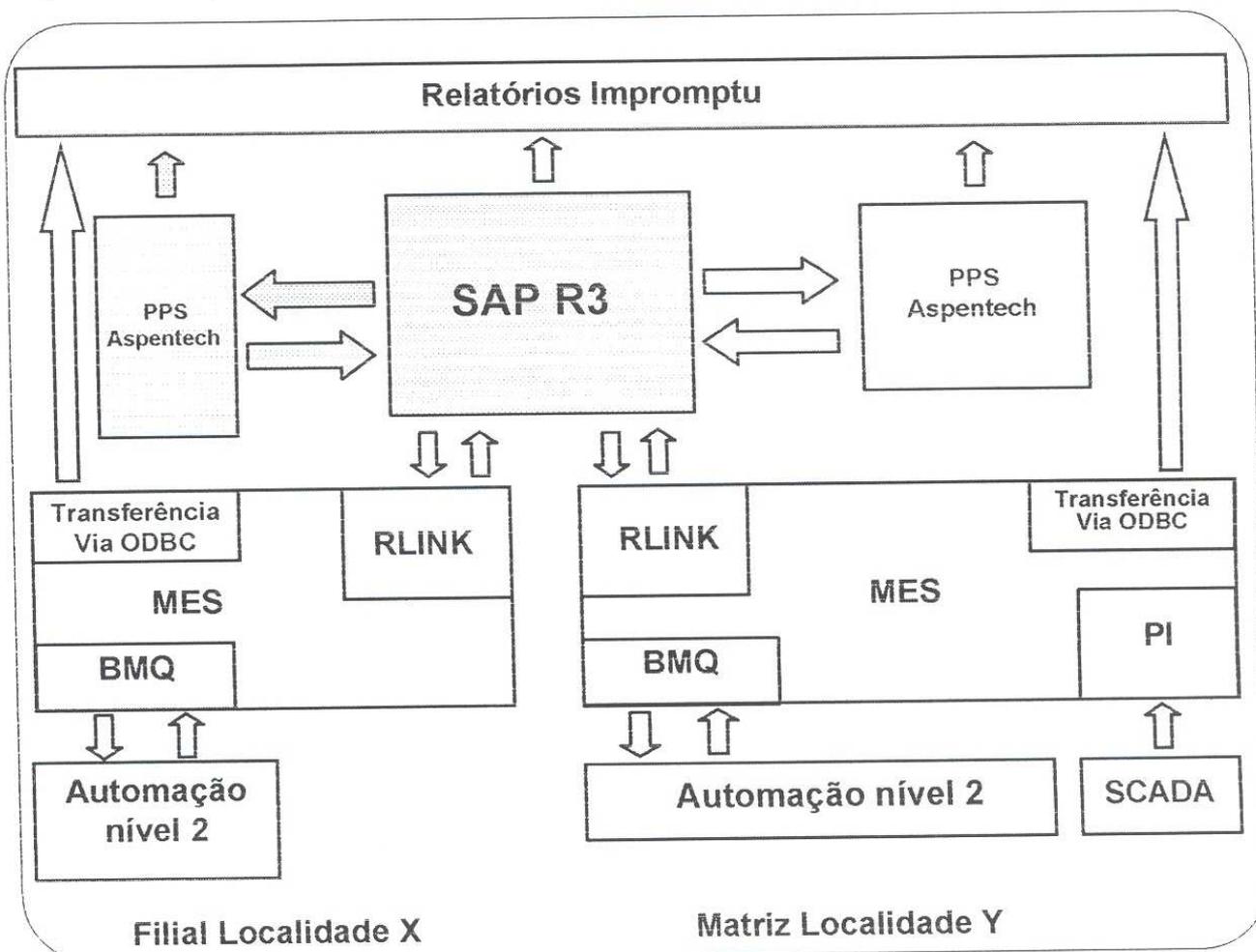
4.4 Análise da aplicação do protótipo

Como definido pelo procedimento adotado (Capítulo 2), foi realizado um protótipo do modelo e analisada sua implantação em uma empresa.

A empresa é uma filial da empresa na qual foi realizada a pesquisa de campo. Esta empresa possuía, no momento da pesquisa, o estado da arte em sistemas de automação nos níveis 0, 1 e 2 definidos pela ISA. O sistema ERP utilizado é o mesmo da matriz, ou seja, o SAP/R3. Para esta filial foi desenvolvida uma camada MES tomando-se como premissa que sempre que possível todos os conceitos aplicados na matriz serão replicados.

Um fato importante é que por possuir um alto grau de integração e padronização nos sistemas de automação e controle de processo, foi definido que todas as linhas de produção possuiriam comunicação direta com o MES, via filas de mensagem. A Figura 4.13 mostra a representação do modelo integrado de negócios definido para a filial e sua conexão com a matriz.

Figura 4.13 Representação técnica de integração de sistemas



Fonte: Não disponível

Foram coletados dados existentes na corporação e as etapas de extração, limpeza, integração e transformação de dados foram realizadas de forma manual. Estes dados foram carregados em um banco de dados do Microsoft® Access. O modelo dimensional foi criado sob uma base relacional do próprio Microsoft® Access. Para funcionar como ambiente de consultas foi escolhido o software Microsoft® Excel.

4.4.1 Considerações sobre o Modelo

Devido à variedade dos sistemas provedores de dados para o modelo, o processo de *data warehousing* torna-se um desafio para implementação do modelo, no que se refere a extrair, limpar, transformar (consolidar), carregar e atualizar os dados. Estas fases são comumente relacionadas na literatura como ETL (*Extract, Transform, Load*) (KIMBALL, 1996; HAN & KAMBER, 2001;

MACHADO, 2000; SINGH, 1997).

- *Extract* (Extrair):
 - Identificar
 - Localizar
- *Transform* (Transformar):
 - Limpar
 - Agregar
 - Consolidar
- *Load* (Carregar):
 - Carregar
 - Atualizar

4.4.1.1 Extrair os dados

Para o processo de extração, a utilização das fases IL (identificar e localizar) e a utilização de metadados é fundamental para que os dados extraídos sejam consistentes. A Tabela 3.4 apresentada é uma das formas possíveis que permitem que a extração de dados seja documentada e assim garantida sua replicação, e principalmente que seja possível executar manutenções no processo de extração, incluindo-se ou alterando-se dados.

Como dados são extraídos de vários sistemas OLTP, com bases de dados relacionais distintas, as atividades de identificação e localização de dados tornam-se desafiadora para o projeto do DW. O modelo dimensional gera a necessidade do dado. Para efetiva identificação do mesmo, será necessário o conhecimento do modelo ER no qual o dado está armazenado. É necessário conhecer os critérios de armazenamento assim como significado detalhado do dado armazenado. Somente após isto é possível estabelecer as rotinas necessárias para extração deste dado. Como estabelecido na Figura 4.10, os sistemas ERP são a principal fonte de dados para o modelo dimensional. Sistemas ERP tradicionais, entre eles o SAP/R3, não utilizam nomes dos campos nas tabelas que conduzam a um entendimento direto do dado. Será necessário utilizar a experiência do projetista da base de dados relacional assim como os analistas que implementaram o sistema ERP e principalmente a documentação de implementação. Esta pode ser uma barreira muito grande, pois geralmente as empresas contratam consultorias para

implementação do ERP, e após a sua implementação, o *know-how* da implementação não permanece na empresa e a documentação normalmente não é prioridade nas implementações.

A frequência de extração de dados é um dos pontos de decisão do projetista do DW (KIMBALL, 1996). Para este trabalho recomendar-se-ia a extração ao final do turno de operação, que é o menor grão de tempo utilizado. Porém, devido à necessidade de acesso às várias tabelas dos sistemas OLTP, a extração de dados influencia no desempenho do mesmo, podendo apresentar problemas de drástica redução durante a extração. Para evitar problemas operacionais nas empresas, esta extração deve ser feita no período em que há menos transações ocorrendo no sistema. Geralmente isto ocorre no horário entre 00:00 e 06:00.

A extração de dados deve ser realizada preferencialmente de forma automática. Para o protótipo implementado, a extração foi solicitada ao departamento de TI, que o fez por encomenda, não sendo criada a rotina de extração que seria necessária em um caso de extração automática. Para a extração automática, porém, no caso específico do ERP SAP/R3, existem algumas tabelas que não podem ser acessadas sem que seja utilizada senha de administrador.

4.4.1.2 Transformar os dados

Após extrair os dados, é necessário transformá-los para a forma requerida pelo modelo dimensional. Devido à característica principal dos sistemas provedores de dados ser o OLTP, geralmente os dados não estarão em uma forma adequada para serem carregados no modelo dimensional. Uma atividade requerida será a limpeza dos dados. Ela consiste em eliminar ou corrigir dados que estejam incoerentes. Uma das formas de fazê-lo é utilizando-se regras para formação de dados, como por exemplo, estabelecendo-se limites inferiores e superiores para valores. É uma decisão importante para o projetista determinar o que fazer com dados incoerentes. Ele pode deixar o valor em branco, utilizar valores padrão (*default*) ou simplesmente ignorar o registro inteiro. Não se recomenda deixar valores em branco. Para o modelo implementado, estabeleceu-se uma regra para limpeza de dados pela determinação de quais campos não poderiam ser deixados em branco e quais não poderiam conter erro. Muitas vezes, esta fase exigirá com que correções sejam feitas no modelo relacional dos sistemas OLTP. A forma da

coleta de dados também influencia a qualidade de dados que serão extraídos. Coleta automática pode reduzir a necessidade de limpeza.

Após serem limpos, os dados precisam ser agregados ou consolidados. A granularidade definida para o modelo dimensional raramente será a mesma dos sistemas OLTP. Portanto, esta atividade somará valores, consolidará dados vindo de sistema diferentes para os dados a serem carregados no DW.

Esta atividade deve ser realizada logo após a extração ser concluída. Normalmente será necessária a utilização de ferramentas para agregação e consolidação dos dados. É recomendado que toda a atividade de transformação seja realizada de forma automática, sem precisar da intervenção de nenhuma pessoa da empresa. Nem sempre isto é possível, principalmente por problemas de acesso de dados, que exige a intervenção de uma pessoa, com a entrada de senhas, por exemplo, para permitir que dados sejam exportados. Para efeitos de consistência, deverá ser padronizada a forma que os dados extraídos serão apresentados para a(s) ferramenta(s) de transformação. Um exemplo pode ser a utilização de arquivos texto, que geralmente existe como opção de exportação de dados em sistemas comerciais.

No protótipo implementado, a atividade de transformação foi realizada totalmente manualmente. Verificou-se que é possível a automatização de todo este processo.

4.4.1.3 Carregar os dados

Depois de transformados, os dados devem ser imediatamente carregados nas tabelas do modelo dimensional. A partir daí estarão disponíveis para análise. Com isso há um *lead-time* entre o final do turno de operação e a disponibilização dos dados no modelo dimensional. Se o processo de extração e transformação for realizado de forma automática, este *lead-time* tende a ser pequeno, podendo ser desprezado. Porém, no caso da necessidade de intervenção manual, os analistas que estarão consultando o modelo devem levar em consideração que o último turno de operação não estará contemplado na análise. Como o DW possui uma característica de análise predominantemente histórica, este fato não é impeditivo da utilização do modelo para tomada de decisão.

4.4.2 Impacto no modelo

A aplicação do modelo permitiu que algumas análises fossem realizadas e algumas delas serão descritas na próxima seção. Após a aplicação, alguns atributos foram incorporados às dimensões, outros foram eliminados.

Para aplicação do protótipo, o método observação-participante foi utilizado. As pessoas envolvidas foram os analistas de produção, qualidade e logística. O protótipo foi utilizado em reuniões já existentes entre estas pessoas. Primeiramente era realizada a reunião da forma como rotineiramente é feita, com as ferramentas e sistemas atuais. No final era colocado o modelo para verificar a sua aplicação. O pesquisador manuseava a ferramenta e conduzia a reunião para algumas das questões que haviam surgido anteriormente na mesma.

De acordo com as pessoas acima referidas envolvidas neste procedimento, houve uma unanimidade em relação a algumas características da aplicação do modelo, comparado ao proporcionado pelos sistemas atualmente utilizados na empresa:

- Flexibilidade de montagem de cenários para Análise, incluindo e retirando variáveis;
- Facilidade de utilização e customização pelo próprio usuário;
- Integração de dados de sistemas diferentes na mesma análise;
- Facilidade em visualizar histórico.

4.5 Operações OLAP e oportunidades no suporte à decisão

Após o *data mart* estar completo, com o modelo dimensional desenvolvido e com a base de dados “povoada”, passa-se a utilizar a segunda camada do processo de *data warehousing*, que são as operações OLAP (HAN & KAMBER, 2001). A partir destas operações são identificadas as oportunidades de decisões que o modelo proporcionará, assim como a maneira como será apresentada para o usuário no “*front-end*”. Segundo Kimball (1996), o modelamento dimensional físico e lógico corresponde a 60% do trabalho. Os outros 40% estão no “*front-end*”.

4.5.1 Cubos OLAP

Uma visão presente na literatura para visualização dos dados em um modelo dimensional é a visualização por cubos (KIMBALL, 1996; SINGH, 1997; MACHADO, 2000; HAN & KAMNBER, 2001). Apesar dos cubos possuírem apenas 3 dimensões, eles apresentam uma forma visual de analisar as dimensões do modelo dimensional. Machado (2000) afirma que quando um cubo possui mais de três dimensões ele é conhecido como hipercubo.

No modelo proposto, um cubo pode ser montado com todas as dimensões consideradas. Um cubo com os atributos principais de cada dimensão pode ser utilizado com uma perspectiva de negócios que seja considerada corporativa, seja ela estratégica, tática ou operacional. A partir deste primeiro cubo, as operações OLAP permitirão outras visões, dependendo do grupo que está utilizando o modelo ou dos problemas específicos que se quer resolver ou ainda do tipo de decisão que precisa ser tomada. Outros atributos devem ser inseridos na análise sempre que julgado necessário pelos analistas de negócios. Na verdade, quando se escolhem os atributos de um cubo está-se fazendo uma operação OLAP. A Figura 4.14 apresenta um exemplo de cubo para o fato desvio de qualidade, apresentado na forma de planilha. O exemplo foi obtido de uma tabela dinâmica no software Microsoft® Excel®, tabela esta obtida pela importação de dados do modelo dimensional implementado no Microsoft® Access®. Os números do exemplo são fictícios. A forma de planilha é considerada adequada para visualização dos dados, pois a maioria dos usuários dos sistemas de informações já estão habituados com a utilização de planilhas.

Algumas operações OLAP possíveis serão exploradas a seguir. Deve-se destacar que mais de uma operação pode ser executada ao mesmo tempo, dependendo da análise desejada. É importante ressaltar que estas operações são apenas alguns exemplos de possibilidades de análise. Uma das características do DW e OLAP é que, devido à facilidade de geração de consultas em interfaces amigáveis, uma quantidade muito grande de possibilidades de análise estará disponível para os analistas.

Figura 4.14 Exemplo de possibilidade de análise

Descrição_Produto	BGN	▼
Descrição_Defeito_1	Serrilhado	▼
Data	8/10/2003	▼
Linha_Produção	(Tudo)	▼
Fornecedor_1	(Tudo)	▼
Nome_cliente	(Tudo)	▼
Cidade	SE	▼

Dados	Total
Soma de Tempo_perdido	70
Soma de Custo_desvio	12344
Soma de Toneladas_desviadas	25
Soma de Qtde_peças_Desviadas	1

Fonte: Autor

Este cubo simples já pode responder à algumas questões colocadas anteriormente:

- Quantas toneladas/bobinas foram desviadas pra segunda encomenda e/ou sucata por cliente?
- Quantas horas foram perdidas por ano/mês/turno por causa do retrabalho?
- Qual o custo da má qualidade?

R: Para estas três questões, basta escolher na caixa de seleção os atributos pertinentes a cada uma, que o analista terá as informações desejadas.

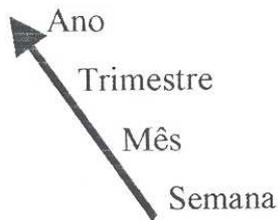
Estes exemplos mostram aplicações simples considerando apenas o atributo principal de cada dimensão. As outras questões podem ser respondidas pelas operações OLAP em cima do modelo desenvolvido.

Da mesma forma, pode-se criar gráficos por esta mesma consulta OLAP que foi construída. Com este exemplo, utilizando-se a tabela dinâmica, o usuário final pode rapidamente realizar consultas pelas “caixas de seleção” (*combo box*). A facilidade de fazer operações OLAP deve ser a principal premissa na escolha da ferramenta que será utilizada pela empresa.

4.5.2 Roll-Up

O *roll-up* consiste em ampliar a visão da análise “subindo” a hierarquia na dimensão escolhida. Para isto, outros atributos da dimensão em que se está

executando o *roll-up* serão incluídos na análise. Partindo-se do exemplo da Figura 4.14, o *roll-up* na dimensão tempo seria verificar os indicadores pelos atributos semana, mês, trimestre e ano.



A mesma análise pode ser feita na dimensão localidade:



O *Roll-up* também pode ser executado em outras dimensões do modelo.

4.5.3 Drill down

Kimball (1996) define que *drill-down* não significa somente descer em nível de detalhe em uma pré-determinada hierarquia. Significa poder rapidamente incluir novas colunas de qualquer uma das dimensões da tabela de fatos. Significa também remover colunas e penetrar em detalhes em qualquer direção. O “*drill down*” pode se visto como uma série de “por quês?” que se colocam para aprofundar mais a pesquisa que se está realizando.

No modelo desenvolvido, alguns exemplos de realização de “*drill down*”, seriam, para as questões:

- Quantas bobinas? (Já está agregado na tabela fato)
- Quantas toneladas de produtos? (Já está agregado na tabela fato)
- Quais tipos de produtos? (Significa escolher mais um campo da tabela produto e incluir na consulta)
- Quais clientes? (Significa escolher mais um campo da tabela clientes e incluir na consulta – adiciona-se mais uma dimensão na análise)
- Qual a localidade / área / linha / seção / equipamento geradora de

defeitos? E onde o mesmo é identificado? Qual o código e a causa do defeito? Qual a solução do defeito e o tempo para recuperação?

Estas questões deste último tópico são exemplos típicos da utilização de *drill down*. Quando se identifica que um defeito é gerado, por exemplo, a partir do primeiro cubo, identifica-se que o produto com a maior quantidade de defeitos é o BGN (bobina galvanizada). A partir daí, efetua-se o *drill-down* na dimensão defeito, buscando efetuar comparações e buscar mais informações sobre este problema.

4.5.4 *Slice & Dice*

Uma oportunidade interessante para a execução do *slice* é pela fixação de uma variável na análise. Esta variável pode ser de qualquer dimensão, por exemplo o mês, ou um produto específico (como o BGN do exemplo anterior). A partir deste ponto podem ser incluídas outras variáveis que permitirão a montagem de sub-cubos (*dice*), partindo da fatia que foi definida pela variável fixada.

4.5.5 *Pivot*

O *pivot* apresenta simplesmente uma visualização diferente do conjunto de dados que se está analisando, basicamente transformando linhas em colunas e vice-versa, como se estivesse girando a visualização sobre um *pivot*.

4.5.6 Oportunidades no suporte à decisão

O processo de tomada de decisões é baseado geralmente em informações reunidas como resultado de uma rápida série de indagações, começando com consultas simples e aumentando a complexidade à medida que cada questão precedente é respondida. Um relatório simples é com frequência o catalisador que aciona uma variedade de perguntas. Um relatório pode iniciar questões sobre um problema ou oportunidade identificada. Isso é seguido por uma série de “por quês?”. Identificado o problema e relacionados alguns “por quês?”, passa-se para os próximos passos da tomada de decisão, que podem ser por exemplo: geração de alternativas, execução da análise custo-benefício, escolha entre alternativas, implementação da decisão. O DW permite que os passos para a tomada de decisão sejam suportados com mais eficácia pelas informações proporcionadas. O DW

deve ser projetado para suportar três tipos de decisões: operacionais, táticas e estratégicas (HARRISON, 1998).

Favaretto&Vieira (2003) afirmam que as oportunidades de decisão proporcionadas por um *data mart* de qualidade são inumeráveis.

4.5.6.1 Decisões operacionais

Decisões operacionais são feitas cada dia, principalmente pelos gerentes e chefes das linhas de produção. Harrison (1998) afirma que estas decisões tendem a consistir na análise repetitiva de novos dados e requer normalmente sistemas de relatório e análise de dados altamente direcionados. O *drill down* é amplamente utilizado nestas análises.

A Figura 4.15 mostra o modelo para o processo de coleta e realimentação de dados de controle de defeitos de qualidade e decisão de desvios para a empresa siderúrgica, baseado no modelo apresentado na pesquisa de campo (Figura 4.7) e destacando-se dentro dos processos onde pode ser utilizado o DW para suporte à decisão. Com o DW amplia-se a capacidade de decisão no âmbito operacional permitindo que em algumas vezes a operação tome decisões de qualidade, que é tomada mais rapidamente e com mais segurança.

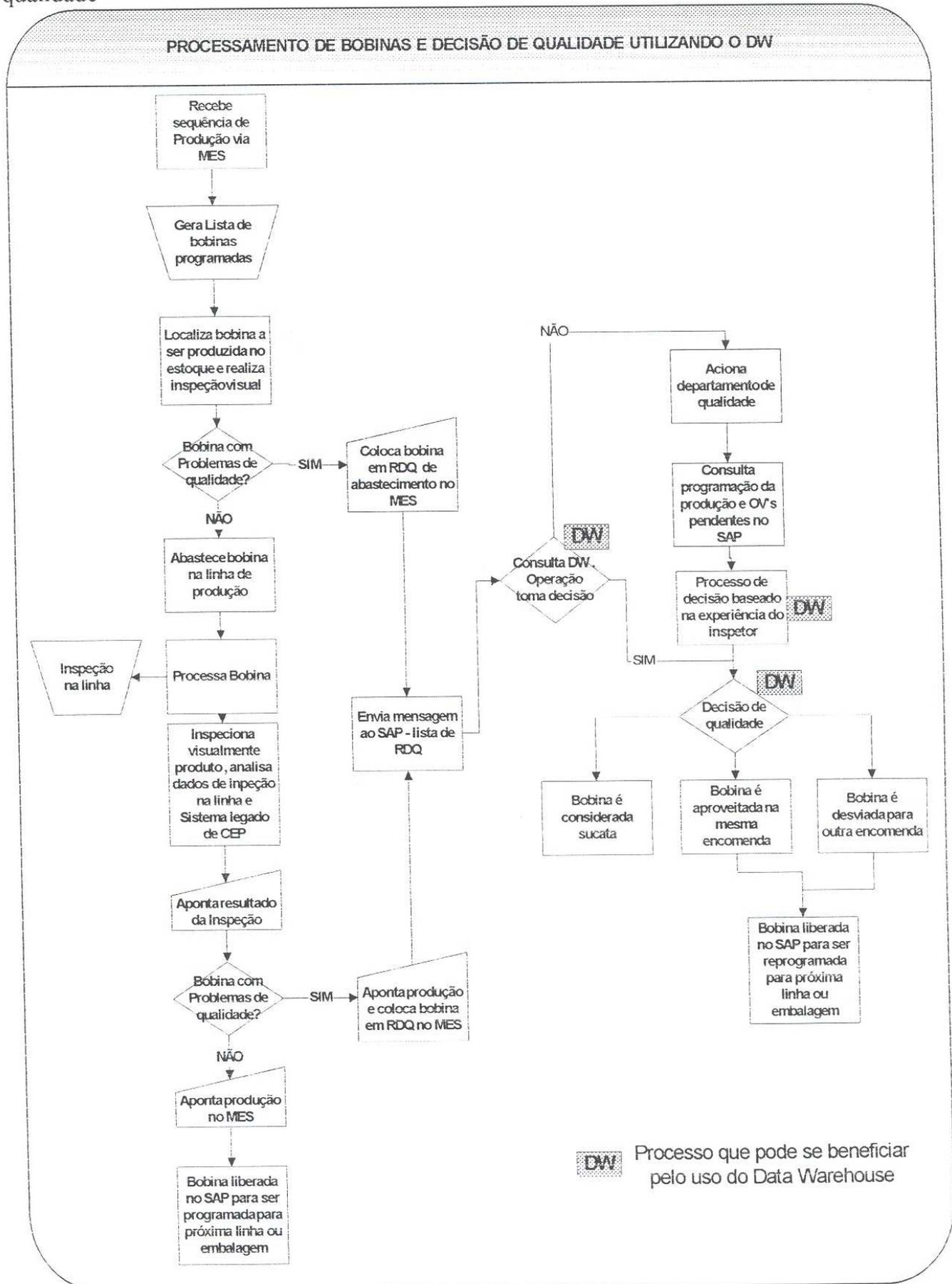
No caso de um problema de qualidade do produto detectado, as seguintes opções para tomada a decisão são identificadas:

- 1- O produto pode ser utilizado na mesma encomenda;
- 2- O produto pode ser desviado para outra encomenda;
- 3- O produto deve ser classificado como sucata.

Nas empresas siderúrgicas, esta decisão afeta diretamente o resultado da empresa, pois há um grande custo associado quando as opções 2 e 3 são tomadas, seja ele por perda de material ou por não atendimento a prazos de clientes. O modelo proposto permite análise detalhada de cada tipo de defeito, permitindo direcionar dados para cada tipo de situação enfrentada no chão de fábrica e consultar qual o histórico deste mesmo tipo de situação.

Este é considerado o principal processo operacional que terá sua capacidade de decisão aumentada dentro da indústria siderúrgica.

Figura 4.15 Processo proposto para processamento de produtos e decisão de qualidade



Além disso, o modelo poderá trazer benefício nas seguintes decisões operacionais, entre outras:

- Alocar ordens de produção para as máquinas: Com o modelo pode-se decidir qual linha de produção está com um histórico melhor com relação a conformidades, custos e tempos. O chefe da linha quando tem que tomar a decisão de qual linha utilizar, tem no modelo dimensional desenvolvido mais uma fonte de análise para tomar a melhor decisão, baseado na qualidade;
- Prazos de entregas: a partir de análise de tempos da tabela de fatos a operação pode analisar impactos em entregas de produtos;
- Qualidade do produto: várias decisões podem ser tomadas, principalmente a partir de comparações e dados de processo;
- Parar máquinas: problemas crônicos de qualidade podem levar à decisão de paradas de máquinas. O modelo aumenta esta capacidade de decisão na medida que permite que análises de custos e também de atendimento a clientes sejam realizadas;
- Alterar roteiro, alterar fluxo: pelo histórico de geração de defeitos, análise principalmente nas dimensões tempo, produto, defeito e processo, decisões operacionais de alteração de roteiros e fluxos de produção podem ser suportadas;
- Alterar seqüência das Ordens de Produção: se uma linha passa a produzir refugos para um tipo de produto, a causa é conhecida, então a decisão de alterar as seqüências de ordens de produção pode ser beneficiada pelo DW;
- Equipes produtivas: o modelo permitirá que várias análises sejam feitas em relação às equipes produtivas, qual delas está gerando mais defeito, por tipo de equipamento e produto. Pode suportar portanto decisões de mesclar equipes, mudar o turno de operação por equipes.

4.5.6.2 Decisões táticas

As decisões táticas requerem maior flexibilidade do que as decisões operacionais em termos de acesso aos dados e capacidades analíticas fornecidas aos usuários. A análise nas dimensões não é tão profunda quanto no caso das decisões operacionais, porém freqüentemente mais dimensões são incluídas em cada análise.

As operações de análise disponibilizadas pelo modelo poderão influenciar decisões táticas, tais quais:

- **Processos:** permite identificar quais processos estão relacionados com geração de não-conformidade e permite decidir sobre alterações de processos;
- **Taxas de produção:** a partir dos indicadores de geração de refugo, decisões sobre taxas de produção podem ser tomadas, reduzindo produção de linhas historicamente mais problemáticas, por exemplo;
- **Contratos com fornecedores:** pelas análises permitidas pela dimensão matéria-prima, o efeito do fornecedor sobre o produto pode ser identificado, permitindo que decisões sobre troca de fornecedores possuam melhor base para análise;
- **Nível de qualidade:** pela análise do nível global da qualidade, decisões sobre implantação de programas específicos de qualidade podem ser tomadas;
- **Treinamento de pessoal:** pela análise das equipes produtivas, defeitos e processos, as decisões de como, quanto e onde investir em treinamentos podem ser tomadas.

4.5.6.3 Decisões estratégicas

As decisões estratégicas freqüentemente irão requerer que outro dados que não estão contidos no *data mart* de qualidade sejam utilizados. As decisões estratégicas são bastante beneficiadas pela utilização de um *data warehouse* corporativo, que não foi escopo deste trabalho. O *roll-up* é freqüentemente utilizado como operação para suporte à decisões estratégicas, uma vez que a janela de tempo neste tipo de decisão é maior (alguns anos).

De qualquer forma o modelo proposto aumenta a capacidade de decisão nos seguintes aspectos, entre outros:

- **Produtos:** a partir de análise de qualidade podem ser definidas as forças da corporação e a alteração no mix de produtos ofertados ao mercado. Esta alteração pode ser por exemplo, ofertar mais materiais estreitos (bobinas com larguras menores), diminuir a participação de um certo produto, como por exemplo bobinas vermelhas, porque historicamente geram problemas crônicos de qualidade. Podem também transferir produtos entre plantas, baseado na qualidade. Estas decisões envolvem bastante o departamento comercial das empresas;

- Fornecedores: a qualidade é um fator importante para definições de parcerias com fornecedores. Por exemplo, pelo modelo proposto podem ser inferidas informações sobre fornecedores de óleos para vários processos, identificando quais obtém melhores resultados. Uma decisão estratégica é escolher fornecedores para atender várias plantas, garantindo que esta variável (matéria-prima) seja a mais adequada para os processos entre plantas.
- Política de qualidade: O modelo pode identificar as fraquezas em relação à conformidade dos produtos e indicar uma decisão estratégica de qual política de qualidade deve ser adotada pela empresa. Um conceito consagrado com relação a gerenciamento da qualidade é o de que políticas de qualidade devem ser *top-down*, no sentido de que a alta administração deve estar comprometida e deve ser a alavancadora da implantação da política.

Capítulo 5

Conclusões

Neste capítulo são traçadas algumas considerações sobre a pesquisa. São apresentados os resultados obtidos, relacionando-os com os objetivos. As conclusões são apresentadas, relacionando-as com as hipóteses. Finalmente são feitas sugestões para trabalhos futuros.

5.1 Considerações gerais

- O ponto de partida para o desenvolvimento de um modelo de DW pode ser a necessidade dos usuários. No decorrer da pesquisa, quando se passa a utilizar um modelo que permite várias visões diferentes do negócio, percebeu-se que as necessidades também são alteradas. Outros indicadores são vislumbrados e outras metas também. Por isso, recomenda-se na composição dos atributos de cada tabela de cada dimensão, que seja incluído o maior nível possível de detalhes de contextualização das dimensões. Os usuários, ao utilizarem o modelo dimensional irão vislumbrar outras oportunidades de análise que exigirão um nível maior de detalhes de cada dimensão;
- Devido às novas maneiras de análise possibilitadas, muitas vezes as abordagens, unidades de análise e indicadores tradicionais das empresas serão alterados. Por isso, a utilização do DW pode implicar em alterações culturais e mudanças de paradigmas da empresa em relação ao processo modelado;
- As empresas siderúrgicas brasileiras fizeram investimentos elevados em TI e todas as maiores empresas possuem um sistema ERP instalado. O primeiro passo foi melhorar a “operação” das empresas. O segundo passo é a ampliação da capacidade analítica que os sistemas instalados podem proporcionar. Porém,

devido principalmente ao alto investimento já realizado para implantar o ERP, estas empresas ainda não estão investindo neste segundo passo na mesma proporção como o fizeram no primeiro;

- Dados de processos normalmente não devem ser monitorados diretamente em um DW, porque são de uma diversidade e quantidade muito grandes. Porém os dados identificados como componentes de um modelo que possa atender às necessidades gerenciais devem ser transferidos para o DW. O DW pode determinar quais os dados que devem ser monitorados, a partir da análise do histórico de informações. Sistemas de tempo-real podem usar informações históricas a partir do DW e juntamente com medições correntes (atuais) definir parâmetros e limites que permitam suporte a decisões em tempo próximo ao real nas plantas, porém levando em consideração dados históricos consolidados;
- Os sistemas transacionais tem sido desenvolvidos na tentativa de incorporar arquiteturas abertas para compartilhamentos de dados, porém a realidade é que eles tem dificuldade em **combinar** estes dados para permitir sua análise. Os sistemas atuais de ERP são muito bons integrando transações nas operações dos negócios. Entretanto, estes sistemas não foram projetados para fazer integração e combinação de dados que permitam sua análise abrangente;
- As empresas siderúrgicas no Brasil possuem sistemas ERP implementados, ou algumas variações dos mesmos, mas mesmo quando os dados estão integrados, as bases de dados geralmente não possuem consistência que permita uma análise, por problemas de base de tempo de armazenamento, falta de histórico de informações, volatilidade de dados, etc;
- Com esta pesquisa confirmou-se o apresentado na literatura pesquisada de que a facilidade de geração de consultas e relatórios pode trazer benefícios para o processo de decisão gerencial, verificado na análise de implementação do protótipo.

5.2 Resultados Obtidos e Conclusões

Quanto aos Objetivos e Hipóteses:

Para a realização desta pesquisa partiu-se do seguinte problema:

“Como utilizar os sistemas de informações tradicionalmente existentes na indústria siderúrgica para que o suporte à análise e à decisão na gestão da produção de produtos planos, nos processos de gerenciamento da qualidade, seja mais eficaz?”

- **H1:** A disponibilização de dados dos sistemas operacionais em um ambiente de *data warehouse* aumenta a capacidade de decisão nas atividades relativas à gestão da qualidade em empresas que produzam aços planos;

Como se demonstrou no Capítulo 4, Seção 4.5, o modelo dimensional desenvolvido possibilita que várias oportunidades de análise sejam criadas, assim como se aumenta o universo de possibilidades de utilização de dados, pela natureza integradora do modelo. Comparando-se o cenário atual com o cenário permitido pelo modelo pelas operações OLAP, conclui-se que as condições para decisão no processo de gerenciamento da não-conformidade são ampliadas. A capacidade de decisão, como proposto na hipótese, é um elemento de difícil medição, dependendo de outros fatores, principalmente o fator humano, para sua confirmação. Algumas oportunidades de aplicação nas decisões estratégicas, táticas e operacionais foram identificadas. Os seguintes fatores também contribuem para confirmação do aumento das condições para decisão, com a aplicação do modelo:

- aumento da abrangência dos dados considerados na análise, conseguindo reunir, por exemplo, dados de Controle Estatístico de Processo com dados de Ordens de Vendas, Clientes e Matérias primas;
- garantia de disponibilidade dos dados para análise na demanda, não exigindo mais que especialistas de qualidade se envolvam em processo rotineiros de limpeza e transformação de dados;
- devido à facilidade de disponibilização de interfaces para consulta, mais pessoas da corporação passam a ter acesso aos dados, permitindo com que mais decisões possam ser tomadas por um número maior de pessoas;

Além disso, algumas características inerentes ao DW solidificam a hipótese:

- Natureza integradora;
- Certificação da acurácia e confiabilidade dos dados;
- Garantia de acessibilidade dos dados;

- Não volatilidade e históricos garantidos.

- **H2:** O padrão de sistemas ERP atende às necessidades operacionais das empresas, porém tem capacidade analítica limitada em relação à gestão da não conformidade; **H3:** As empresas geralmente não utilizam toda a potencialidade de seus dados e sistemas de informações disponíveis, no que se refere ao suporte à decisão gerencial nos processo de qualidade;

A empresa pesquisada, Capítulo 4, Seção 4.2, a aplicação do protótipo, Capítulo 4, Seção 4.4, e as outras empresas em que se inferiu através do seminário da ABM (2002 e 2003), Capítulo 4, seção 4.2.4, além do encontrado na pesquisa bibliográfica, Capítulo 3, conduzem à confirmação das hipóteses H2 e H3.

- **H4:** O padrão de utilização da TI nas empresas de processos repetitivo em massa propicia criação de modelos para suporte à decisão, baseados em dados coletados automaticamente no processo produtivo e *data warehouse*.

De acordo com a empresa pesquisada na pesquisa de campo, Capítulo 4, Seção 4.2, no protótipo, Capítulo 4, Seção 4.4 e as outras empresas em que se inferiu através do seminário da ABM (2002 e 2003), Capítulo 4, seção 4.2.4, e também pela constatação dos grandes investimentos das empresas em sistemas de gestão e controle de processo na última década, por indução, pode se considerar esta hipótese como verdadeira, para o ramo siderúrgico:

- O modelo proposto utiliza dados vindos do chão de fábrica e dados dos sistemas corporativos, ERP, MES e SFC;
- As empresas de processos repetitivos em massa siderúrgicos investiram nestes sistemas e os possuem instalados;
- Logo estas empresas possuem a “base” necessária para a aplicação do modelo e conseqüente ampliação da capacidade de decisão.

Descrevem-se os resultados obtidos a partir dos objetivos traçados:

- **O1:** Propor e analisar a utilização de uma tecnologia de integração de dados para resolver o problema apresentado;

Foi discutida a utilização de algumas tecnologias, como os próprios relatórios dos sistemas OLTP, planilhas e SQL. A utilização do *data warehouse*

para resolver o problema foi proposta e a análise de sua utilização foi abordada, atendendo ao objetivo proposto.

- **O2:** Desenvolver o projeto do *data warehouse* para o processo Gerenciamento de Qualidade, propondo o modelo dimensional aplicável a uma empresa siderúrgica, que trabalha na produção de aços planos;

O modelo dimensional foi desenvolvido no Capítulo 4, assim como a análise da implantação do *data mart*.

- **O3:** Definir escopo de variáveis necessárias de serem monitoradas no chão de fábrica para montagem do *data mart* de qualidade e conseqüente benefício ao suporte à decisão; verificar disponibilidade das mesmas nos sistemas de automação tradicionais;

A necessidade de atributos das dimensões do modelo dimensional define quais as variáveis deverão ser coletadas no chão de fábrica, conforme apresentado na Seção 4.3. Para controle dos processos apresentados na Seção 4.2, estas variáveis são coletadas e utilizadas nos níveis 0 e 1 da ISA (sensores e controle de processo). Variáveis de inspeção de qualidade e algumas outras variáveis podem ser coletadas automaticamente, ou anotadas em planilhas, mas tradicionalmente são coletadas na empresa considerada na pesquisa para garantir monitoração e controle do processo. Não foi possível definir nesta pesquisa, qual o nível de acessibilidade destas variáveis na empresa. Isto depende do estado da arte, principalmente dos sistemas de automação. Porém, como foi constatado um grande investimento das empresas no evento do “*bug*” do milênio, as variáveis do modelo deverão estar disponíveis em pelo menos um dos sistemas de informações das empresas.

- **O4:** Definir aplicação e oportunidades de análise gerencial para os processos modelados dentro da indústria siderúrgica.

Na Seção 4.5 foram destacadas algumas possibilidades de decisões no âmbito estratégico, tático e operacional. Estas oportunidades foram abordadas porém as opções não foram extintas. Várias outras oportunidades podem ser prospectadas a partir do modelo.

Quanto ao modelo desenvolvido:

- Baseado na pirâmide de formação de dados/informações/conhecimento apresentada na Figura 1.1, conclui-se que o DW situa-se mais na camada de transformar **dados** em **informações** por agrupamentos, organização, categorização e padronização. As operações OLAP, a partir do momento que as oportunidades de decisão são identificadas no modelo, passam a transformar as **informações** em **conhecimento**. Outras ferramentas, entre elas o *data mining*, podem ser utilizadas para ampliar esta capacidade de gerar conhecimento;
- Com relação ao suporte ao processo decisórios, conclui-se pelo apresentado na Seção 4.5.6 que as decisões operacionais e táticas serão as mais beneficiadas pelo modelo. Decisões estratégicas podem utilizar o modelo para algumas áreas específicas, porém precisarão de mais dados do que o modelo possui;
- O processo de *data warehousing* exige, durante sua implementação, que os modelos de dados e sistemas de informações existentes nas empresas sejam transferidos para uma base integrada, consistente, resolvendo problemas de acessibilidade, acurácia e confiabilidade de dados. O DW pode ser visto como um sistema que garante que os dados/informações possam ser manuseados de forma integrada e possam ser estruturados para propósitos específicos, mais fáceis de efetuarem-se buscas, permanecendo não volátil e podendo ser utilizado para acompanhamento de dados. Todas estas funcionalidades foram consideradas por este pesquisador a maior virtude do *data warehouse*.

5.3 Propostas para trabalhos futuros

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, algumas outras oportunidades de pesquisa foram identificadas, entre elas:

- Projeto e desenvolvimento de modelos dimensionais para os processos: gerenciamento da manutenção, controle de custos operacionais, controle de produção, controle estatístico de processo;
- Desenvolvimento de metodologia para implementar sistemas ERP, MES e SFC com visão analítica, utilizando o DW desde a concepção da implantação;

- Desenvolvimento do *data warehouse* corporativo, que permita que vários departamentos utilizem seus *data marts* em outros processos de negócios;
- Pesquisar a aplicação de outras técnicas de *data mining*, além do OLAP, com base na base de dados criada pelo modelo proposto, propondo oportunidades de “conhecimento” que podem ser identificadas;
- Desenvolvimento de SAD para as decisões propostas nesta pesquisa, utilizando o modelo dimensional como base;
- Aplicar e adaptar o modelo em outros tipos de indústrias, como as de processo contínuo e em batelada;
- Avaliar os impactos culturais e aplicabilidade do modelo, como suporte a decisão, baseado na experiência dos usuários e cultura de gestão das empresas.

Referências Bibliográficas

- 1- ARAÚJO, L.A. (1997), *Manual de Siderurgia, Vol.1 – Produção e Vol. 2 - Transformação*. Ed. Arte e Ciência, São Paulo.
- 2- ASHBY, M.F. (2000), *How to write a paper*. Engineering Department, University of Cambridge, Version 5, January, 2000.
- 3- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METALURGIA (2002). *Anais do VI Seminário de Automação de Processos – Vitória / ES – 2002*. Divisão Técnica de Engenharia Industrial/Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – São Paulo.
- 4- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METALURGIA (2003). *Anais do VII Seminário de Automação de Processos – Santos / SP – 2003*. Divisão Técnica de Engenharia Industrial/Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – São Paulo.
- 5- BAUER, A. ; BOWDEN, R.; BROWNE, J.; DUGGAN, J.; LYONS, G. (1991), *Shop floor control systems: from designing to implementation*. Editora Chapman & Hall.
- 6- BHATT, G. D. (2000), *An empirical examination of the effects of the information systems integration on business process improvement*. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 20, No. 11 , 2000, pp 1331-1359.
- 7- BUCKHOUT, S., FREY, E., NEMEC JR.,J., (1999), *Por um ERP*, HSM Management 16, setembro-outubro 1999.
- 8- CAMPOS,V.F. (1992), *TQC - Controle da Qualidade Total (No estilo Japonês)*. Universidade Federal de Minas Gerais- Escola de Engenharia - Fundação Christiano Ottoni, Bloch Editores S.A., Rio de Janeiro.
- 9- CASTELLS, M. (2000), *A Sociedade em Rede*. 4ª Edição, Editora Paz e Terra S.A., São Paulo.
- 10- CERVO, A.L.; BERVIAN, P.A. (1996). *Metodologia Científica*. 4ª Edição, Editora Makron Books, São Paulo.
- 11- COME, G. (2001), *Contribuição ao estudo de implementação de Data Warehousing: um caso no setor de telecomunicações*. Dissertação de Mestrado, FEA/USP, São Paulo.
- 12- CORRÊA, L.; GIANESI, I.; CAON, M. (2001), *Planejamento, Programação e Controle da Produção*. Editora Atlas, São Paulo.
- 13- CORRÊA, L.; GIANESI, I.; (1996), *Just In Time, MRP II e OPT: Um Enfoque Estratégico*. Editora Atlas, São Paulo.
- 14- COX, J.F.; BLACKSTONE JR., J.H. (1998), *APICS Dictionary Educational Society for Resource Management*, 9th edition, Terry College of Business, University of Georgia.
- 15- DAHLGAARD, J.J.; DAHLGAARD, S.M.P. (2002) *From defect reduction to reduction of waste and customer/stakeholder satisfaction (understanding the new TQM metrology)*. Total Quality Management, VOL 13, NO. 8, 2002, p 1069-1085.
- 16- FAVARETTO, F. (2001), *Uma contribuição ao processo de gestão da produção pelo uso da coleta automática de dados de chão de fábrica*. São Carlos, 2001, 223p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- 17- FAVARETTO,F.; VIEIRA, G.E. (2003), *Decision support based on data from integrated manufacturing systems*. Proceedings of 17th International Congress of Mechanical Engineering - São Paulo, Brazil, 2003
- 18- FAVARETTO, F.; VIEIRA, G.E.; XAVIER, C.F.R. (2003), *Proposta de gerenciamento logístico baseado na integração de sistemas através de um data warehouse*. Anais do I Congresso de Tecnologias para Gestão de Dados e Metadados do Cone Sul, Ponta Grossa, PR.
- 19- FAVARETTO, F.; RHODEN, C.A. (2003), *Considerações sobre atividades de identificação, localização e tratamento de dados na construção de um data warehouse*.

Anais do I Congresso de Tecnologias para Gestão de Dados e Metadados do Cone Sul, Ponta Grossa, PR.

- 20- FLEURY, A., MUSCAT, A (1998). *Indicadores da Qualidade e da Produtividade na Indústria Brasileira*. Revista Indicadores da Qualidade e da Produtividade, Junho/1998, Artigo IV.
- 21- FULLER, D.R. (2003), *The fundamentals of Data Warehousing: Real-Time Data Warehousing*, Publicado em 27/05/2003 em <www.data warehouse.com>. Acesso em 25 jun. 2003.
- 22- GIL, A.C. (1988), *Como elaborar projetos de pesquisa*. Editora Atlas, São Paulo.
- 23- GOMES, L.F.A.M.; GOMES, C.F.S.; ALMEIDA, A.,T. (2002), *Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério*. Ed. Atlas, São Paulo.
- 24- GROOVER, M.P. (2001), *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. Second Edition, Prentice Hall, Inc., New Jersey, USA.
- 25- HAISTEN, M. (1999a), *Real-Time Data Warehousing defined*. DM Review On-Line, Outubro 1999. Disponível em <www.dmreview.com>. Acesso em 21 abr. 2003.
- 26- HAISTEN, M. (1999b), *Real-Time Data warehouse: The next stage in Data warehouse Evolution - part 1, 2 and 3*. DM Review On-Line, Junho 1999. Disponível em <www.dmreview.com>. Acesso em 11 fev. 2003.
- 27- HAISTEN, M. (2001), *Real-Time Data warehouse: Is Data warehouse dead?*. DM Review On-Line, Outubro 2001. Disponível em <www.dmreview.com> Acesso em 21 abr. 2003.
- 28- HAN, J.; KAMBER, M. (2001), *Data Mining: Concepts and Techniques*. Morgan Kaufmann Publishers, New York.
- 29- HARRISON, T. H. (1998), *Intranet Data Warehouse*. Editora Berkeley Brasil, São Paulo.
- 30- HASAN, H., HYLAND, P. (2001), *Using OLAP and Multidimensional Data for Decision Making*, IEEE, IT Pro, September / October 2001 pp44-50.
- 31- HEDELIN, L.; ALLWOOD, C. M. (2002), *IT and strategic decision making. FMERAIID - Industrial Management & Data Systems*, Vol. 102, No. 3 , 2002, pp 125-139.
- 32- HOUAISS, A., VILLAR, M.S., FRANCO, F.M.M. (2001), *Dicionário Houaiss da língua portuguesa*. Editora Objetiva, Rio de Janeiro.
- 33- INFOMET (2003). *Site de informações em metalurgia*. Disponível em <http://www.infomet.com.br/estatisticas/e_bs29_set03.htm>. Acesso em 01 nov. 2003
- 34- INMON, W.H., (1997), *Como Construir o DATA WAREHOUSE*. Tradução da Segunda Edição, Editora Campus, Rio de Janeiro.
- 35- INMON, W.H. (1999), *Data Mart ≠ Data warehouse*. DM Review On-Line, November 1999. Disponível em <www.dmreview.com>. Acesso em 14 mar. 2003.
- 36- INMON, W.H. (2000), *Information Management: Different Data warehouse Types*. DM Review On-Line, Junho 2000. Extraído de <www.dmreview.com>. Acesso em 14 mar. 2003.
- 37- INOMN, W.H., TERDERMAN, R., IMHOFF, C. (2001a), *Data Warehousing: como transformar informações em oportunidades de negócios*. Editora Berkeley, São Paulo.
- 38- INMON, W.H. (2001b), *A retrospective look at Data warehouse*. DM Review On-Line, Fevereiro 2001. Disponível em <www.dmreview.com> Acesso em 14 mar. 2003.
- 39- INMON, W.H. (2001c), *Information Management: Charting the course: What a Data warehouse is Not*. DM Review On-Line, julho de 2001. Disponível em <www.dmreview.com>. Acesso em 14 mar. 2003.

- 40- JHINGRAN, A.D.; MATTOS, N.; PIRAHESH, H. (2002) *Information integration: A research agenda*. IBM Systems Journal, Vol. 41, NO. 4, 2002, pp 555-562
- 41- KAPLAN, R.; NORTON, D. (1992), *The balanced scorecard measures that drive performance*. Harvard Business Review, Jan/Fev, Vol. 70, pp 71-79
- 42- KAPLAN & NORTON (1993) KAPLAN, R.; NORTON, D. (1993), *Putting the balanced scorecard to work*. Harvard Business Review, Set/Out, Vol. 73, pp 134-147
- 43- KAPLAN & NORTON (1996) KAPLAN, R.; NORTON, D. (1996), *Using the balanced scorecard as a strategic management system*. Harvard Business Review, Jan/Fev, Vol. ??, pp 75-85
- 44- KIMBALL, R., (1996), *The Data warehouse Toolkit*. Ed. John Wiley & Sons, 1st Edition.
- 45- KIMBAL, R. (2003), *Declaring the grain*. Disponível em <http://www.intelligententerprise.com/030301/604warehouse1_1.shtml>. Acesso em 26 ago. 2003.
- 46- KLENZ, B.W. (1999), *The Quality Data warehouse – Serving the Analytical needs of the Manufacturing Enterprise*. Quality Congress – ASQ’s 53rd Annual Quality Congress Proceedings - 1999. ABI/INFORM Global pg 521
- 47- KLENZ, B.W. (2000), *Leveraging the Data warehouse for supplier quality analysis*. Quality Congress – ASQ’s 54th Annual Quality Congress Proceedings - 2000. ABI/INFORM Global pg 519
- 48- LEE, H.; KIM, T.; KIM, J. (2001) *A metadata oriented architecture for building data warehouse*. Journal of Database Management, Outubro-Dezembro, 2001, pp 15-25.
- 49- MACHADO, F.N.(2000), *Projeto de Data warehouse – Uma Visão Multidimensional*. Editora Érica, São Paulo.
- 50- MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. (1999). *Técnicas de Pesquisa*. 4^a Edição. Editora Atlas, São Paulo.
- 51- MARDEGAN, R.; MARTINS, V.; OLIVEIRA, J.F.G. (2003), *Estudo da integração entre sistemas SCADA, MES e ERP em empresa de manufatura discreta que utilizam processos de usinagem*. Anais do XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, 21 a 24 de outubro de 2003, Ouro Preto, Minas Gerais.
- 52- MARTIN, E.W., et al. (1999), *Managing Information Technology*. Ed. Prentice Hall, 3rd Edition.
- 53- MARTINS, R.A.; SANTOS, A.C.; CUSTODIO,F.A. (2002), *Configuração da Modelagem de Data Warehouse sob a Ótica dos Tipos de Sistema de Produção*. Anais do IX SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção.
- 54- MARTINS, R.A.; CARPINETTI; L.C.R. (2001), *Continuous improvement strategies and production competitive criteria: Some findings in Brazilian industries*. Total Quality Management, VOL 12, NO. 3, 2001, p 281-291.
- 55- MESA INTERNATIONAL, (1997a), *The Benefits of MES: A Report from the Field*. Manufacturing Execution Systems Association – White Paper Number 1 – May/ 1997.
- 56- MESA INTERNATIONAL, (1997b), *MES Functionalities and MRP to MES Data Flow Possibilities*. Manufacturing Execution Systems Association – White Paper Number 2 – March/ 1997.
- 57- MESA INTERNATIONAL, (1997c), *MES Explained – A High Level Vision*. Manufacturing Execution Systems Association – White Paper Number 6 – September/ 1997.
- 58- MESA INTERNATIONAL, (2000a), *Controls Definitions and MES to Controls Data Flow Possibilities*. Manufacturing Execution Systems Association – White Paper Number 3 – February/ 2000.

- 59- MESA INTERNATIONAL, (2000b), *Justifying MES: A Business Case Methodology*. Manufacturing Execution Systems Association – White Paper Number 7 – May/ 2000.
- 60- MOURA, M.A.F., *et al.* (2002), *MES na CSN – A Integração da Informação em Toda a Empresa*. Anais do VI Seminário de Automação de Processos – Vitória / ES – 2002. Divisão Técnica de Engenharia Industrial/Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – São Paulo.
- 61- NEELY, A.; PLATTS, K.; GREGORY, M. (1994), *Realizing Strategy through measurement*. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 14, No. 3, 1994, pp 140-152
- 62- NEELY, A.; PLATTS, K.; GREGORY, M. (1995), *Performance measurement system design – A literature review and research agenda*. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 15, No. 4, 1995, pp 80-116
- 63- NEELY, A.; PLATTS, K.; *et al.* (2000), *Designing, implementing and updating performance measurement systems*. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 20, No. 7, 2000, pp 754-771
- 64- OLIVEIRA, D.P.R., (1999), *Sistema de Informações Gerenciais: estratégias, táticas, operacionais*, 7ª edição-2001, Editora Atlas, São Paulo.
- 65- PORTER, M.E., MILLAR, V.E. (1997), *Como a informação lhe proporciona vantagem competitiva*, *Revolução em tempo Real – Série Harvard Business Review Book*, trad. Cristina Bazán, Ed. Campus, Rio de Janeiro.
- 66- QUALITY, ANONYMOUS (2002), *Data Warehouse aids QA reporting*. *Quality-* Aug 2002, 41, 8; ABI/INFORM Global, pg 57. Disponível em <www.qualitymag.com>
- 67- RHODEN, C.A. (2003), *Uma contribuição à integração de dados em instituições financeiras do segmento agronegócios*. Dissertação de mestrado, PUCPR, PPGEPS, Curitiba.
- 68- RUIZ, J.A. (1996), *Metodologia Científica*. Ed. Atlas, São Paulo, 4ª Ed.
- 69- SILVA, E.; MENEZES, E. (2001) *Metodologia de pesquisa e Elaboração da dissertação*. 3a Edição, UFSC.
- 70- SINGH, H. (1997) *Data Warehousing: Concepts, Technologies, Implementation, and Management*. Ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- 71- SIPPER, D.; BULFIN, R.L. (1997) *Production: planning, control, and integration*. New York: McGraw-Hill, c1997. 630 p. ISBN 0-07-115843-X
- 72- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R.; (1999), *Administração da Produção (edição compacta)*. Editora Atlas, São Paulo.
- 73- TAYLOR, J.L. (2000), *Dicionário Metalúrgico*. 2ª Edição, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, São Paulo.
- 74- THIOLENT, M. (1996), *Metodologia da Pesquisa-Ação*. 6ª Ed, Cortez, São Paulo.
- 75- THOMSEN, E., (1999), *OLAP Solutions – Building Multidimensional Information Systems*, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- 76- TSANG, A.H.C., (2002), *Strategic dimensions of maintenance management*. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 8, No. 1, 2002, pp 7-39.
- 77- TUBINO, D. F. (2000), *Manual de Planejamento e Controle da Produção*. Editora Atlas, São Paulo.
- 78- VOLLMAN, T.E.; BERRY, W.L.; WHYBARK, D.C. (1993), *Integrated production and inventory management*. Editora Business One Irwin.
- 79- WELLS, J.D.; HESS, T.J. (2002), *Understanding Decision-Making in Data Warehousing and Related Decision Support Systems*. *Information Resources Management Journal*, Oct-Dec 2002, Vol.15, No.4, pp16-32.

- 80- WYDERKA, K.C. (2000), *Unlocking your ERP Data: Business Intelligence for ERP Systems - Part 1 & 2*. DM Review On-Line, Julho 2000. Disponível em <www.dmreview.com>. Acesso em 14 Abr. 2003.
- 81- YIN, R.K.(1994), *Case Study Research: Design and Methods*. 2nd Ed Thosand Oaks, Sage.